



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS
DE AIRE PARA UN MOTOR SHERCO MONOCILÍNDRICO DE
250CC Y CUATRO TIEMPOS PARA EL EVENTO
MOTOSTUDENT 2013- 2014”**

AUTOR: FAUSTO ANDRÉS JÁCOME GUEVARA

DIRECTOR: ING. FABIÁN SALAZAR

LATACUNGA

2016



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS DE AIRE PARA UN MOTOR SHERCO MONOCILÍNDRICO DE 250CC Y CUATRO TIEMPOS PARA EL EVENTO MOTOSTUDENT 2013- 2014”*** realizado por el señor ***FAUSTO ANDRÉS JÁCOME GUEVARA***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor ***FAUSTO ANDRÉS JÁCOME GUEVARA*** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, enero del 2017


Ing. Fabián Salazar
DIRECTOR



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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **FAUSTO ANDRÉS JÁCOME GUEVARA**, con cédula de identidad N° 1717579609, declaro que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS DE AIRE PARA UN MOTOR SHERCO MONOCILÍNDRICO DE 250CC Y CUATRO TIEMPOS PARA EL EVENTO MOTOSTUDENT 2013- 2014**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, enero del 2017


Fausto Andrés Jácome Guevara
C.C.: 1717579609

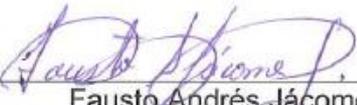


**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Yo, **FAUSTO ANDRÉS JÁCOME GUEVARA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS DE AIRE PARA UN MOTOR SHERCO MONOCILÍNDRICO DE 250CC Y CUATRO TIEMPOS PARA EL EVENTO MOTOSTUDENT 2013- 2014**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, enero del 2017


Fausto Andrés Jácome Guevara
C.C.: 1717579609

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y haberme permitido culminar uno de mis más grandes sueños, y ayudarme a superar todos los obstáculos que se han presentado a lo largo de mi vida.

A mi padre, por ser un apoyo incondicional durante toda mi vida, por sus consejos, ejemplo de perseverancia y constancia que me han demostrado que cualquier adversidad se puede superar con una sonrisa, pensando siempre que cada día es una nueva oportunidad de salir adelante.

A mi madre, por todo su sacrificio, ejemplo de rectitud y honradez que cada día me han permitido ser una mejor persona, por poner mis pies sobre la tierra para lograr mis objetivos un paso a la vez.

A mis hermanas, Karla por su cariño incondicional, paciencia y sabias enseñanzas en el campo laboral, Dolores mi confidente, consentidora que siempre ha sabido estar a mi lado en cada momento, Mireya mi pequeña con quien he vivido tantas anécdotas que no las cambiaría por nada.

A Joselyn Viviana, el amor de mi vida quien con su amor me ayudo a superar cada obstáculo y cada día me convierte en una mejor persona.

A mis familiares y amigos, que han sido parte fundamental durante el estudio de mi carrera.

Fausto Andrés Jácome Guevara

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por todo el sacrificio que hicieron en conjunto para permitirme realizar los estudios en esta prestigiosa institución.

A mis hermanas, por darme aliento y apoyo en cada momento.

A mi novia, quien cambio mi forma de pensar para convertirme en una mejor persona.

Al ingeniero Fabián Salazar, por sus sabias enseñanzas las cuales me han permitido desarrollar el presente proyecto.

Al ingeniero Luis Mena, por toda su ayuda y conocimientos impartidos durante todo mi ciclo de estudio.

Fausto Andrés Jácome Guevara

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Descripción resumida del proyecto	3
1.4. Justificación e importancia	4
1.5. Objetivos del proyecto.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos	5
1.6. Metas	6
1.7. Hipótesis	6
1.8. Variables de investigación	6

1.9.	Área de influencia	6
1.10.	Marco Teórico	7
1.11.	Motor de cuatro tiempos	8
1.12.	Motocicletas Sherco.....	9
1.13.	Subsistema de admisión	10
1.13.1.	Rendimiento volumétrico.....	11
1.13.2.	Efectos de las ondas de presión en la admisión	11
1.13.3.	Flujo turbulento	12
1.13.4.	Colector de admisión (ram- air).....	13
1.13.5.	Filtro de aire	15
1.14.	Subsistema de escape.....	16
1.14.1.	Criterio de diseño	17
1.14.2.	Escapes de motocicletas	17
1.14.3.	Contrapresión al escape	18
1.14.4.	Ondas de presión en los conductos de escape	18
1.15.	Resultados obtenidos por otros investigadores en el diseño del subsistema RAM - AIR.	20
1.15.1.	Universidad de Sevilla.....	20
1.16.	Metodología del desarrollo del proyecto	21
1.17.	Fuentes y técnicas de recopilación de información y análisis de datos:	22

CAPÍTULO II

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: SUBSISTEMAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE

2.1.	Selección de material para el subsistema de admisión	23
2.1.1.	Criterio de selección del material.	26
2.2.	Cálculos del motor	27
2.2.1.	Cálculo de la cilindrada total del motor.	27
2.2.2.	Relación de carrera de diámetro	28
2.2.3.	Volumen de la cámara de combustión	28

2.2.4.	Diseño del sistema RAM AIR.....	29
2.2.5.	Diseño de las tomas de aire.....	29
2.2.6.	Diseño de los conductos de admisión.....	30
2.2.7.	Diseño del Airbox.....	31
2.2.8.	Diseño con dos conductos de admisión de mismo diámetro.	31
2.2.9.	Diseño con dos conductos de admisión de diferente diámetro	32
2.2.10	Selección del diseño adecuado.	33
2.3.	Cálculos del escape del motor.....	34
2.3.1.	Cálculo de la longitud del tubo de escape.....	34
2.3.2.	Cálculo del diámetro del tubo de escape	35
2.4.	Diseño de tubo de escape	36
2.5.	Diseño del muffler	37

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS DE ADMISIÓN Y

ESCAPE 39

3.1.	Construcción de las tomas de aire.....	39
3.2.	Construcción de los conductos de admisión.....	41
3.2.1.	Materiales	41
3.2.3.	Fabricación	42
3.3.	Construcción del air- box	46
3.4.	Selección del filtro de aire adecuado para el subsistema	49
3.4.1.	Características específicas del filtro de aire.....	49
3.5.	Selección del material para el subsistema de escape	50
3.6.	Construcción del colector de escape	51
3.7.	Construcción del muffler	53
3.7.1.	Materiales	53
3.7.2.	Construcción	54

CAPÍTULO IV

PROPUESTA..... 56

4.1.	Instalación de los subsistemas en el prototipo.....	56
4.1.1.	Colocación del RAM AIR.....	56
4.1.2.	Colocación del escape.....	57
4.1.3.	Colocación de los conductos de admisión.....	57
4.2.	Pruebas en carretera.....	58
4.2.1.	Pruebas del RAM - AIR.....	58
4.2.2.	Comparación de resultados.....	60
4.2.3.	Pruebas del escape.....	60
4.3.	Análisis de resultados.....	61
4.3.1.	Verificación del air- box.....	61
4.3.2.	Verificación del sistema de escape.....	63
4.4.	Resultados de carrera.....	65
4.5.	Recursos Fabricación.....	65
4.5.1.	Subsistema de admisión.....	65
4.5.2.	Subsistema de escape.....	66

CAPÍTULO V

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1.	Conclusiones.....	67
5.2.	Recomendaciones.....	68
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Logotipos de MotoStudent y de Moto Engineering Foundation	1
Figura 2	Ciclo de un motor de 4 tiempos.	3
Figura 3	Vista del subsistema Ram- Air; moto Kawasaki ZX6- R 2007..	7
Figura 4	Muffler	8
Figura 5	Ciclo del motor de 4 tiempos.....	9
Figura 6	Transmisión y reflexión de ondas en el conducto de admisión de un motor.....	12
Figura 7	Esquema de funcionamiento de un Ram- Air.....	14
Figura 8	Diferentes tipos de filtro de aire.....	16
Figura 9	Sistema de escape de alto rendimiento	16
Figura 10	Ondas de presión en los conductos de escape	19
Figura 11	Ondas de presión en los conductos de escape	20
Figura 12	Ondas de presión en los conductos de escape	21
Figura 13	Características de los materiales puestos en análisis para la construcción del RAM - AIR.....	25
Figura 14	Sistema de las tomas de aire	30
Figura 15	Airbox y conductos de admisión mismo diámetro	32
Figura 16	Airbox y conductos de admisión	33
Figura 17	Diseño del escape.....	37
Figura 18	Análisis del comportamiento de trabajo del tubo de escape ..	37
Figura 19	Vista en corte silenciador tipo bala.....	38
Figura 20	Diseño del catalizador	38
Figura 21	Modelado de cartón de la parte frontal de carenado.....	39
Figura 22	Colocación de la fibra en el molde de cartón	40
Figura 23	Carenado frontal ubicado antes de la pintura	40
Figura 24	Carenado frontal con tomas aire	41
Figura 25	Equipo de protección personal.....	42
Figura 26	Cortes realizados en las tuberías.....	43
Figura 27	Procedimientos de soldadura con arco de tungsteno en gas para acero inoxidable.....	43

Figura 28	Procedimientos de soldadura con arco de tungsteno en gas para acero inoxidable.....	44
Figura 29	Proceso de soldadura para la construcción de los conductos de admisión	45
Figura 30	Acabado final del proceso de soldadura tubería de 1plg	45
Figura 31	Acabado final del proceso de soldadura tubería de 2plg	46
Figura 32	Molde primario realizado en cartón y papel de cocina	46
Figura 33	Air- Box retirado del molde primario.....	47
Figura 34	Sistema Ram- Air colocado en la ubicación propuesta.....	48
Figura 35	Sistema Ram- Air en su ensamble completo	48
Figura 36	Filtro seleccionado para el sistema K&N.....	50
Figura 37	Soporte principal del colector.....	51
Figura 38	Sueldas sanitarias en el primer codo	52
Figura 39	Acabados finales del colector de escape.....	53
Figura 40	Muffler con sus acabados finales.....	54
Figura 41	Colocación de cinta aislante en la salida del escape	55
Figura 42	Colocación del sistema Ram- Air	56
Figura 43	Colocación del escape	57
Figura 44	Colocación del escape	58
Figura 45	Pruebas Autódromo internacional de Yahuarcocha.....	59
Figura 46	Medidor de decibeles	61
Figura 47	Inspección del Ram- Air	62
Figura 48	Inspección de sonoridad del escape.....	64
Figura 49	Sellos de verificación de aprobación del sistema.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ficha técnica Sherco 250i-R Ficha técnica Sherco 250i-R.....	10
Tabla 2	Criterios de calificación Criterios de calificación	26
Tabla 3	Criterios de elección de material	26
Tabla 4	Fuerzas generadas en los conductos de admisión.....	29
Tabla 5	Fuerzas generadas en los conductos de admisión del mismo diámetro	32
Tabla 6	Fuerzas generadas los conductos de admisión diferente diámetro	33
Tabla 7	Análisis comparativo de resultados	34
Tabla 8	Características específicas del material seleccionado.....	44
Tabla 9	Características específicas del filtro seleccionado	49
Tabla 10	Criterios de elección de material para el subsistema de escape	50
Tabla 11	Pruebas en pista sin Ram- Air	59
Tabla 12	Pruebas en pista con Ram- Air.....	59
Tabla 13	Pruebas en pista con Ram- Air.....	60
Tabla 14	Resultado de la motocicleta.....	65
Tabla 15	Costos de fabricación del subsistema de admisión	65
Tabla 16	Costos de fabricación del subsistema de escape	66

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Cilindrada total del motor	27
Ecuación 2	Relación de carrera de diámetro	28
Ecuación 3	Volumen de la cámara de combustión	28
Ecuación 4	Longitud del tubo de escape.	34
Ecuación 5	Diámetro interno del tubo de escape	36

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño y construcción de los subsistemas de aire para un motor Sherco de 250 centímetros cúbicos y cuatro tiempos para el evento Motostudent 2013- 2014, de manera que estos diseños permitan optimizar el funcionamiento del motor durante la competición. El diseño del subsistema de admisión así como el de escape deben cumplir varios tipos de normas impuestas en el reglamento del concurso, por lo cual al realizar los diseños se ha tomado en cuenta las restricciones y ventajas que se pueden obtener al momento de construir cada elemento. Para el subsistema de admisión se realizaron varios diseños con simulaciones de flujos tomando en cuenta el diseño previo de la moto y los espacios que se pueden ocupar de esta manera se determinó que la mejor opción es el uso dos conductos de diámetros diferentes que incrementan la presión del aire y al mismo tiempo disminuyen la velocidad del mismo. En el diseño y construcción del subsistema de escape igualmente se realizó un diseño previo con análisis de flujos y se tomó en cuenta los mejores materiales existentes en el país para su construcción. El material seleccionado fue acero inoxidable 304 ya que permite un aislamiento adecuado del calor lo que mejora la liberación de los gases de escape.

PALABRAS CLAVE:

- **MOTOSTUDENT**
- **COMPETENCIAS UNIVERSITARIAS**
- **MOTOCICLETA - COLECTOR DE ADMISIÓN**
- **MOTOCICLETA - SUBSISTEMA DE ESCAPE**

ABSTRACT

The present work aims to design and build the air subsystems for a 250cc and four stroke Sherco engine for the Motostudent 2013-2014 event, so that these designs allow optimizing the engine performance during the competition. The design of the intake subsystem as well as the exhaust subsystem must comply with several types of rules imposed in the competition rules, so that when designing the designs have taken into account the restrictions and advantages that can be obtained at the time of constructing each element . For the subsystem of admission several designs were made with simulations of flows taking into account the previous design of the motorcycle and the spaces that can be occupied in this way it was determined that the best option is the use of two ducts of different diameters that increase the pressure Of the air and at the same time decrease the speed of the same. In the design and construction of the exhaust subsystem, a previous design with flow analysis was also carried out and the best materials in the country were taken into account for its construction. The material selected was 304 stainless steel as it allows adequate insulation of the heat which improves the release of the exhaust gases.

KEYWORDS:

- **MOTOSTUDENT**
- **UNIVRSITY COMPETITION**
- **MOTORCYCLE- RAM- AIR**
- **MOTORCYCLE- SUBSYSTEM EXHAUST**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

(Motostudent) En Europa y todo el mundo “La MOTO ENGINEERING FOUNDATION (logotipo figura 1) promueve la competición MotoStudent, un desafío entre equipos de estudiantes universitarios”.

El objetivo es diseñar, fabricar y evaluar un prototipo de moto de competición con una cilindrada de 250cc y cuatro tiempos, la cual será puesta a prueba y valorada en una prueba final en el circuito de MotorLand Aragón.

La competencia en si representa un desafío para los estudiantes. Donde tendrán que poner a prueba su creatividad y habilidades para innovar aplicando directamente sus capacidades como ingenieros contra otros equipos universitarios de todo el mundo durante un período de tres semestres.



Figura 1 Logotipos de MotoStudent y de Moto Engineering Foundation

Fuente: Reglamento General MotoStudent

Se pide a los equipos que jueguen el papel de una firma de motos, por lo que tendrán que diseñar, fabricar y evaluar un prototipo de moto de competición destinado al público no profesional, de fin de semana y el mercado de competición. Los equipos tendrán que ponerse en la situación de vender su producto al público general de modo simulado, como si de una

fábrica de motos se tratara en cualquier otro proyecto industrial. Por ello el desafío no es sólo un proyecto de ingeniería, sino también la creación de un modelo empresarial.

Aspectos como aceleración, frenada, manejabilidad y durabilidad serán evaluados durante el evento de MotoStudent en el circuito de MotorLand Aragón. Otros factores en el diseño son: fabricación, aspectos económicos, ergonómicos, estéticos, mantenimiento, innovación en el diseño y fiabilidad.

- Los prototipos serán sometidos a banco de pruebas y deberán cumplir con los requerimientos mínimos de frenada, resistencia de chasis.
- Se llevará a cabo un test final para evaluar la calidad de la conducción del prototipo en la pista principal. Para la prueba final las motos desarrollan una carrera en el circuito de MotorLand Aragón, España.

Cada proyecto será evaluado frente a los otros proyectos competidores para determinar la mejor moto.

1.2. Planteamiento del problema

En nuestro medio existe mínima información sobre el diseño, construcción y manufactura en los múltiples de admisión y escape llamados técnicamente subsistemas de aire.

1.3. Descripción resumida del proyecto

El presente estudio se refiere al diseño y construcción de los subsistemas de aire para un motor SHERCO monocilíndrico de 250 cc de cuatro tiempos para el evento MotoStudent 2013- 2014. Se basará en las condiciones planteadas por los organizadores del evento propuestas en un reglamento vigente durante el concurso que se llevará a cabo en el periodo 2013- 2014, conociendo los parámetros de funcionamiento del motor de cuatro (figura 2) se determinará el mejor diseño de los subsistemas de admisión y escape.

En este diseño se utilizará un software de simulación para el colector de admisión (Ram- Air) el cual debe admitir la cantidad precisa de flujo para conseguir una mezcla aire- combustible ideal y de esta forma no obtener mezclas ricas que provocarían desperdicios de combustible, ni mezclas pobres que provocarían el calentamiento excesivo del motor y detonación.

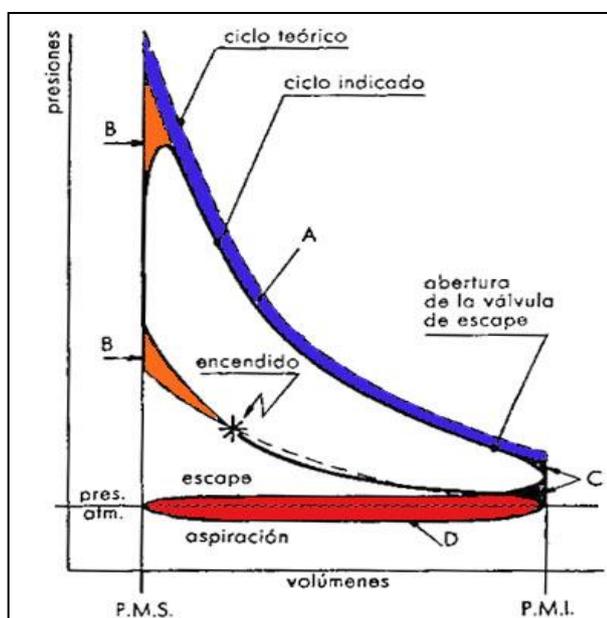


Figura 2 Ciclo de un motor de 4 tiempos.
Fuente: (Demotor.net)

Además se realizará el diseño de un sistema de escape con el que se obtendrá la mayor eficiencia de evacuación de gases mediante su diseño y

elección de material. Es importante el diseño de un silenciador (muffler) el cual limitará el sonido que producirá el motor al evacuar los gases de escape este no debe sobrepasar los 115db a 5500 RPM. (Motostudent)

Posteriormente se continuará con la construcción de los subsistemas que serán montados en el motor Sherco de 250cc 4 tiempos y ser probado en el prototipo diseñado para la competencia.

1.4. Justificación e importancia

La realización de este proyecto da a la “Universidad de la Fuerzas Armadas”- ESPE una proyección internacional de gran importancia, ya que cabe recalcar que pocas universidades de América han logrado participar en eventos de este tipo.

Romper el paradigma de que el Ecuador apenas es capaz de producir materia prima sino que también somos capaces de diseñar y construir a nivel internacional lo que podría provocar inclusive la inversión extranjera para poder desarrollar mayores y mejores avances tecnológicos en la rama automotriz.

A la vez buscamos incentivar a futuras generaciones de estudiantes para participar en eventos internacionales de manera que se dé a conocer nuestras capacidades en el mundo y al mismo tiempo aprender de las habilidades y tecnología que desarrollan nuestros colegas en el exterior.

1.5. Objetivos del proyecto

El presente proyecto tiene los siguientes objetivos.

1.5.1. Objetivo general

Diseñar y construir los subsistemas de aire para un motor Sherco monocilindrico de 250 CC; cuatro tiempos para el evento MotoStudent 2013-2014”.

1.5.2. Objetivos específicos

- Investigar información teórica relacionada con el diseño de prototipos de subsistemas de aire para motores de cuatro tiempos.
- Cumplir el reglamento vigente del evento MotoStudent 2013- 2014.
- Diseñar y construir un sistema de admisión de aire (Ram- Air) eficiente que permita el mejor desempeño de un motor Sherco monocilindrico de 250 cc de cuatro tiempos.
- Diseñar y construir un sistema de escape que cumpla con las normativas y reglamentos para su aplicación en el evento MotoStudent 2013- 2014.
- Implementar los diseños realizados tanto del sistema de admisión de aire (Ram- Air) como el de escape en el prototipo que se elaborará para el evento MotoStudent 2013- 2014.
- Evaluar los resultados obtenidos del diseño y construcción.

1.6. Metas

- Crear un prototipo de aspiración y expulsión de gases con las cualidades necesarias para competir en un evento internacional.
- Incentivar el motociclismo de pista en el Ecuador.

1.7. Hipótesis

El diseño y construcción de los subsistemas de aire para un motor Sherco 250cc monocilindrico y cuatro tiempos permitirá la participación del prototipo en el evento MotoStudent 2013- 2014.

1.8. Variables de investigación

- Variable Dependiente

Participación en el evento Motostudent.

- Variable independiente

Normas establecidas para el diseño y construcción de los subsistemas del vehículo a participar.

1.9. Área de influencia

Este proyecto influye en la participación de la Universidad en el Evento MotoStudent que se llevará a cabo en España. Además en la industria

nacional de ensamblaje de motocicletas, así como también en la necesidad de creación de industrias motopartistas para el país.

1.10. Marco Teórico

El presente proyecto se basará en las condiciones planteadas por los organizadores del evento que se realizará en el circuito de Motorland propuestas en un reglamento vigente durante el concurso que se llevará a cabo en el periodo 2013- 2014, conociendo los parámetros de funcionamiento del motor Sherco 250 I-R se determinará el mejor diseño de los subsistemas de admisión y escape.

La eficiencia se logrará determinar mediante el diseño en un software de simulación de un Ram- Air (ver figura 3) el cual debe admitir la cantidad precisa de aire para conseguir una mezcla aire- combustible ideal en consumo y eficiencia en función a lo necesario en carreras de motociclismo.



**Figura 3 Vista del subsistema Ram- Air; moto
Kawasaki ZX6- R 2007**

Fuente: (MOTO-STATION.COM, 2000-2016)

Además se realizará el diseño de un sistema de escape con el que se obtendrá la mayor eficiencia de evacuación de gases mediante su diseño y

elección de material. Es importante el diseño de un silenciador (muffler) (figura 4) el cual limitará el sonido que producirá el motor al evacuar los gases de escape este no debe sobrepasar los 115db a 5500 RPM.



Figura 4 Muffler

Fuente: (MecanicaMotor, 2012)

Posteriormente se continuará con la construcción de los subsistemas que serán montados en el motor Sherco de 250cc cuatro tiempos y ser probado en el prototipo diseñado para la competencia.

1.11. Motor de cuatro tiempos

El motor de cuatro tiempos es aquel que necesita cuatro carreras del pistón o émbolo para completar un ciclo termodinámico.

Estos ciclos son: Admisión, compresión, expansión y escape.

Para la investigación se tomará en cuenta el ciclo Otto de 4 tiempos (Figura 5) debido a que el motor en uso es un motor de marca Sherco el cual funciona con gasolina.

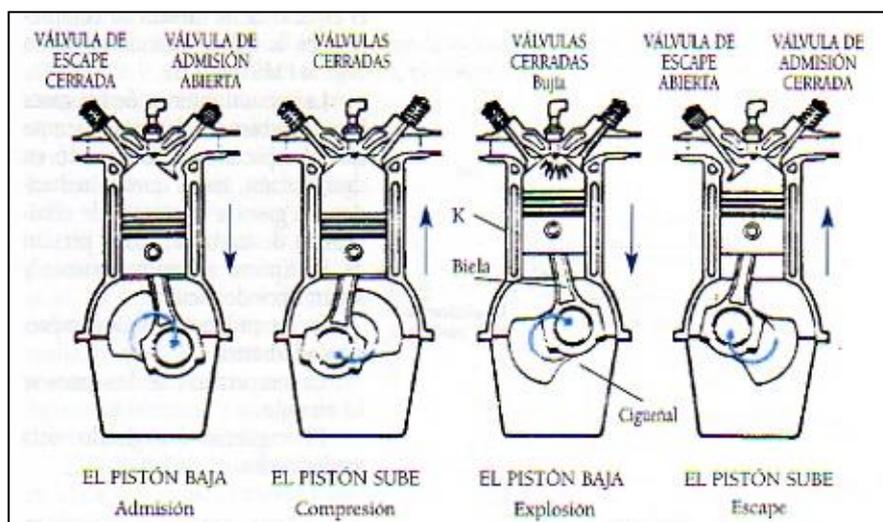


Figura 5 Ciclo del motor de 4 tiempos

Fuente: vincinetforoactivos.net

1.12. Motocicletas Sherco

(MOTOS.ES) Sherco es una empresa de origen francés que se inició en 1998 por Marc Teissier, en menos de 10 años, esta empresa se ha convertido en una fuerza a tener en cuenta en el segmento de los ensayos del mercado, innovando constantemente y trayendo nuevas soluciones a la mesa.

Con su sólida posición en el mercado, en 2002 comenzó una nueva empresa, la compra del fabricante francés de DRH, que se especializó en la producción de ciclomotores pequeños, y fabricando Enduro y Supermotard, logrando gran éxito en Francia.

En 2003 Sherco introdujo el 4-tiempos Citicorp 125. Este fue un paso previo a la introducción de la línea Enduro que ofreció motores de inyección electrónica de 4 tiempos en 2004, seguido por el Supermotard, con 450 y 510cc.

En 2004 Sherco se convirtió en el primer fabricante del mundo en incorporar un motor de 4 tiempos en su línea, y al igual que en los motores de 2 tiempos, fue diseñado y desarrollado por completo por la misma marca.

- **PALMARÉS**

Sherco ha tenido un éxito notable, destacando: ganar los Seis Días de Trial en Escocia o SSdT y el Campeonato General español.

- **FICHA TÉCNICA DEL MOTOR 4 TIEMPOS 250I-R**

Tabla 1
Ficha técnica Sherco 250i-R

Ciclo de motor	4 tiempos
Distribución	DOHC, 4 válvulas
Diámetro del cilindro (mm)	76,0
Carrera del cilindro (mm)	54,80
Relación de compresión	12,6:1
Alimentación	Inyección electrónica digital Magnetti Marelli
Arranque	Sistema único de arranque eléctrico
Voltaje batería (V)	12,0
Amperaje de la batería (A)	4,0
Potencia del alternador (W)	220
Embrague	Hidráulico. Multidisco en baño de aceite
Transmisión	Manual
Número de marchas	6
Tipo de Transmisión	Cadena

Fuente: (Arpem Networks, S.L., 2016)

1.13. Subsistema de admisión

Las motocicletas han ido mejorando sus sistemas de admisión para aumentar el rendimiento del motor. Estas mejoras han tenido lugar en muchos y muy distintos ámbitos, principalmente en la utilización de materiales más ligeros y resistentes, así como en el desarrollo de nuevos carburantes, y la optimización del proceso de inyección de combustible, entre otros.

Una importante revolución tuvo lugar con la creación de los conocidos turbos, mediante la utilización de turbinas, y su posterior mejora con la utilización del intercooler. Todos estos cambios han tenido como resultado que los sistemas de admisión hayan sido objeto de una notable evolución en los últimos años.

Sin embargo, los sistemas de admisión en las motocicletas cuentan con un problema añadido, el tamaño; Las motocicletas no poseen el espacio suficiente como para instalar un sistema basado en una turbina. Por este motivo se ha optado por buscar soluciones más prácticas. Llegados a este punto es donde surge la idea del sistema de admisión dinámica o Ram-Air.

1.13.1. Rendimiento volumétrico

Según (Payri & Desantes, 2011) "El rendimiento volumétrico es el parámetro más útil para cuantificar el proceso de llenado del cilindro en motores de cuatro tiempos. Este se calcula como el cociente entre el gasto real de carga fresca admitida por el motor y un cierto gasto que se alcanzará en condiciones de referencia."

1.13.2. Efectos de las ondas de presión en la admisión

(Payri & Desantes, 2011) Enuncia "El proceso de admisión de un motor genera una onda de rarefacción que se va a transmitir a lo largo del conducto de admisión hasta que es reflejada en alguna discontinuidad. En un motor monocilíndrico que aspira de un conducto de sección constante y de longitud L con el extremo abierto de la atmósfera como el que se muestra en la (figura 6). La onda de rarefacción se refleja como onda de sobrepresión. La onda de sobrepresión viaja entonces hacia la válvula y puede llegar antes de que la válvula se haya cerrado produciendo un aumento de la presión en la válvula produciendo un aumento de la presión en la válvula al final de la carrera de admisión."

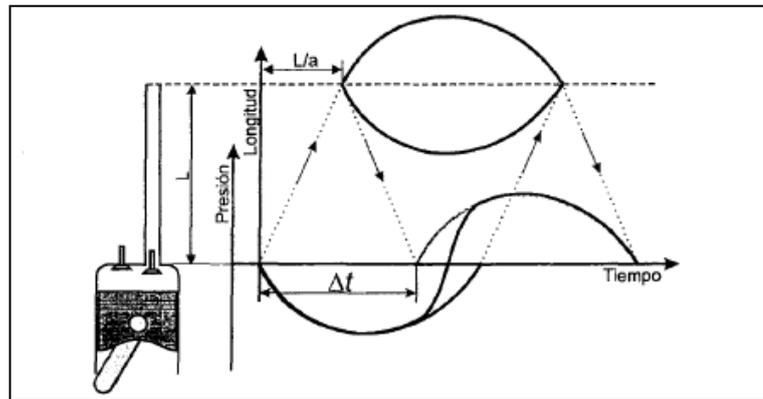


Figura 6 Transmisión y reflexión de ondas en el conducto de admisión de un motor

Fuente: Motores de combustión interna alternativos

1.13.3. Flujo turbulento

(Payri & Desantes, 2011) "La estructura del flujo turbulento en el cilindro, tanto del flujo medio como de la componente turbulenta, desempeña un papel primordial en la preparación de la mezcla, combustión, y procesos de formación y destrucción de contaminantes en cualquier tipo de motores de combustión interna."

"Una difusión de flujo turbulento es una consecuencia de las fluctuaciones locales del campo fluido y juega un papel dominante en el desarrollo de la combustión en un motor de combustión interna. Sin embargo, hay dos aspectos fundamentales de la turbulencia a tener en cuenta: en primer lugar, la turbulencia es rotacional, y por lo tanto, viene caracterizada por una elevada vorticidad, de tal modo que las fluctuaciones de velocidad en un flujo turbulento puede entenderse como asociadas a la existencia de vórtices en el flujo de diferentes tamaños y velocidades de rotación. En segundo lugar, los flujos turbulentos son siempre disipativos: la energía cinética asociada a la turbulencia se disipa por fricción viscosa, produciendo un incremento en la energía interna del flujo. Por lo tanto, mantener las elevadas tasas de mezcla del flujo turbulento requiere el aporte de energía para generar y/o mantener esa turbulencia y evitar que decaiga".

1.13.4. Colector de admisión (ram- air)

El Ram-Air, es un sistema de admisión que se vale de la presión dinámica del aire creada por el movimiento de la moto para conseguir un incremento de la presión estática en el interior del motor. Este aumento de la presión estática provoca que el flujo de masa que entra en el motor sea mayor, consiguiendo de esta manera incrementar la potencia del motor. Este resultado se podría equiparar al obtenido en otros automóviles con el uso del turbo.

Con el Ram-Air se consigue reducir la velocidad del fluido mediante un incremento de la sección transversal de los conductos de admisión, con esta disminución de la velocidad se consigue que la presión dinámica también lo haga, y por el contrario aumente la presión estática.

El aumento de la presión estática en la caja de aire (Air-Box), tiene un efecto muy positivo en la potencia del motor, ya que junto con el incremento de la presión estática se produce un aumento de la densidad del aire.

Como ya se ha comentado, la tendencia a diseñar estos sistemas de admisión dinámicos es relativamente nueva. Sin embargo se ha demostrado su importante papel en el aumento del rendimiento, por lo que cada vez son más las marcas que invierten su tiempo y dinero en crear o mejorar los sistemas de admisión de sus motos.

En esencia, el Ram-Air funciona de manera similar que los motores sobrealimentados, pero a un menor nivel. Cuando una moto está en movimiento, produce el desplazamiento de un volumen de aire. Este aire desplazado tendrá mayor presión que el aire atmosférico, por lo que situando la toma de aire del carenado en un punto en el que el aire tenga mayor presión que el atmosférico, conseguiremos que el flujo de aire del Air-Box tenga una presión superior.

El resultado que obtenemos con esta operación es que el flujo de aire sea más denso y frío, por lo que su contenido en partículas de oxígeno es mayor. Con esto conseguimos que en los cilindros pueda entrar más combustible y en consecuencia que la potencia obtenida sea mayor.

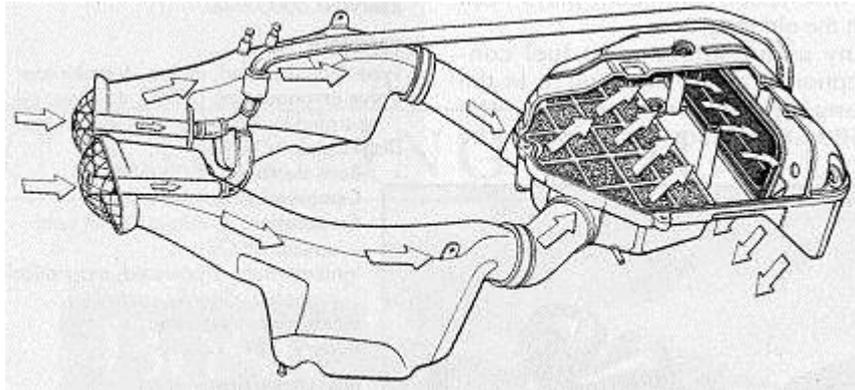


Figura 7 Esquema de funcionamiento de un Ram- Air
Fuente: (MOTO-STATION.COM, 2000-2016)

En la (Figura 7) se representa el esquema de funcionamiento del sistema Ram- Air. En este esquema se observa el camino recorrido por el flujo de aire a través de los conductos, hasta llegar al Air-Box donde se consigue aumentar la presión estática en detrimento de la presión dinámica, mejorando de este modo las condiciones del aire absorbido por el motor.

Con todo lo dicho anteriormente podemos tener una idea básica del funcionamiento del Ram-Air. En resumen, podemos decir que es un sistema ideado para conseguir mejorar los flujos de aire que posteriormente serán absorbidos por el motor. La base teórica para conseguir estos flujos es transformar la presión dinámica del aire desplazado en el movimiento de la moto en un aumento de la presión estática.

Si analizamos el resumen realizado, podemos concluir fácilmente según el siguiente razonamiento. Para obtener mayor presión estática deberemos conseguir más presión dinámica y ésta aumentará cuando se incremente la velocidad con la que la moto atraviesa la masa de aire. Por todo esto se puede

afirmar que el Ram-Air no tiene un rendimiento lineal, si no que a mayores velocidades, el rendimiento obtenido aumentara y el incremento de potencia entregado al motor será también mayor.

1.13.5. Filtro de aire

Según (J.M. Alonso, 1997) “La instalación de un depurador o filtro de aire eficaz, es de la máxima importancia con el fin de proteger las partes internas del motor. Dado que el aire aspirado por el mismo suele llevar en suspensión polvo y partículas silíceas (arena), o cualquier otro tipo de impurezas, si no se dispone un sistema de filtrado, estas partículas se depositan sobre las paredes de los cilindros, mezclándose con el aceite de lubricación, formando una pasta abrasiva capaz de producir un rápido desgaste del cilindro por acción de esmerilado.

Los requisitos esenciales de un filtro de aire son:

- Elevada eficiencia filtrante, es decir, capacidad de retener un elevado porcentaje de impurezas.
- Buen poder acumulador, es decir, posibilidad de funcionar durante largos períodos de tiempo, sin necesidad de limpieza ni cambio de los elementos filtrantes.
- Baja pérdida de carga, es decir, escasa resistencia al paso de aire.
- Conseguir una buena eficiencia de filtrado es el factor más importante en el diseño de un filtro de aire. Esta cualidad de lograrse sin restringir el paso de aire con el fin de que el volumen del mismo suministrado al motor sea el suficiente para que este pueda desarrollar la potencia máxima.

El filtro de aire actúa también como silenciador, reduciendo o eliminando el ruido producido por el aire que entra al motor. El carácter pulsante del flujo

de aire producido por la succión en las aspiraciones, es la causa del llamado “zumbido de la aspiración”.”



Figura 8 Diferentes tipos de filtro de aire
Fuente: (Fexilf LLC., 2010 - 2016)

1.14. Subsistema de escape

(Moto-station.com, 2013) Un subsistema de escape (figura 9) está constituido por lo general de tuberías utilizados para guiar los gases de escape de reacción lejos de una combustión controlada dentro de un motor o de la estufa. Todo el sistema transmite los gases quemados del motor e incluye uno o más tubos de escape.



Figura 9 Sistema de escape de alto rendimiento

Fuente: (Ruta CV 90, 2016)

Dependiendo del diseño general del sistema, el gas de escape puede fluir a través de uno o más de:

- La culata y colector de escape
- Un turbocompresor para aumentar la potencia del motor.
- Un convertidor catalítico para reducir la contaminación del aire.
- Un silenciador/silenciador para reducir el ruido.

1.14.1. Criterio de diseño

Un tubo de escape debe ser cuidadosamente diseñado para llevar a gases tóxicos y/o nocivos lejos de los usuarios de la máquina.

Generadores de interior y hornos pueden llenar rápidamente un espacio cerrado con monóxido de carbono y otros gases de escape tóxicos si no tiene la ventilación adecuada al exterior. Además, los gases de la mayoría de los tipos de máquinas son muy calientes, el tubo debe ser resistente al calor, y no debe pasar a través o cerca de cualquier cosa que pueda quemarse o puede dañarse por el calor.

Una chimenea sirve como un tubo de escape en una estructura estacionaria. Para el motor de combustión interna es importante para que el sistema de escape "sintonizado" para una eficiencia óptima. También este debe cumplir con las normas reglamentarias que se mantienen en cada país. En los países europeos, EURO 5, India BS-4, etc.

Cabe recalcar que en esta competición no se aplica ningún tipo de normas de control del medio ambiente debido a la necesidad del aprovechamiento máximo de la eficiencia del motor.

1.14.2. Escapes de motocicletas

En la mayoría de las motocicletas todo o la mayor parte del sistema de escape es visible y puede ser cromada como una característica de pantalla. Los tubos de escape del mercado de accesorios pueden estar hechos de acero, aluminio, titanio, o fibra de carbono.

Extractores de la motocicleta vienen en muchas variedades dependiendo del tipo de motor y su uso previsto. Un cilindro de doble puede fluir su escape en secciones separadas de escape. O bien, pueden fluir en una sola sección de escape conocido como una de dos en-uno. Motores más grandes que vienen con 4 cilindros, como supersport o superbikes japonesa a menudo vienen con un sistema de escape doble. Un "sistema completo" puede ser comprado como accesorio del mercado de accesorios, también llamado un 4-2-1 o 4-1, dependiendo de su diseño. En el pasado, estas motos venían de serie con una única salida, como se ve en las ZX-6R 2000 y 2001 modelos de Kawasaki (figura 3). Sin embargo, las regulaciones de ruido y la contaminación de la Unión Europea en general han dejado esta práctica, obligando a las empresas a utilizar otros métodos para aumentar el rendimiento de la moto.

1.14.3. Contrapresión al escape

(Thiessen & Dales, 2001) “La contrapresión al escape es la presión que se origina en el sistema de escape debido a las restricciones en el silenciador y en el convertidor catalítico. Una alta contrapresión al escape reduce la potencia del motor, porque los gases de escape no pueden ser expulsados de los cilindros. Esto deja menos espacio para aire en la carrera de admisión, reduciendo por tanto la presión de combustión en el cilindro. La contrapresión en el sistema de escape está diseñada para acoplarse con el diseño del sistema de admisión y obtener el mejor fluido de gases de admisión y de escape bajo diversas velocidades y cargas”.

1.14.4. Ondas de presión en los conductos de escape

(Payri & Desantes, 2011) “Las ondas que circulan por el sistema de escape pueden ser de dos tipos: de compresión o de rarefacción, que también son conocidas como onda incidente y onda reflejada (figura 10).

- Onda de compresión: es aquella, en la que las partículas se desplazan en el mismo sentido de propagación de la onda. Esta onda empuja a las partículas a su paso.
- Onda de rarefacción: aquí la velocidad de las partículas tiene sentido contrario a la propagación de la onda. Es decir esta onda succiona a las otras partículas. Es el resultado de la reflexión de la onda de compresión en el extremo del conducto abierto del escape.”

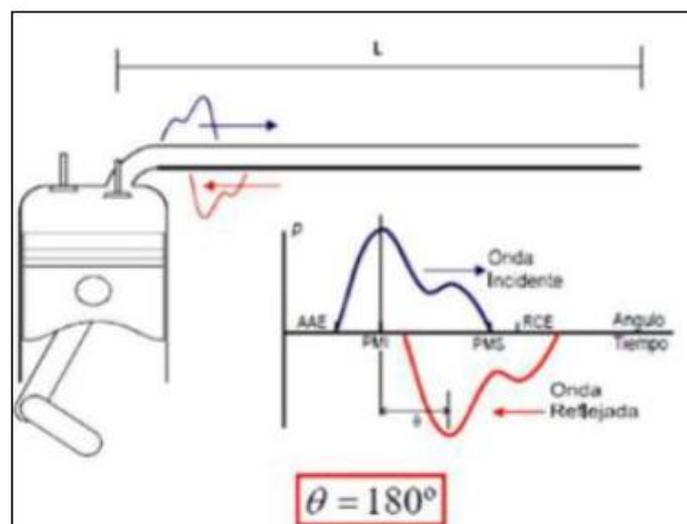


Figura 10 Ondas de presión en los conductos de escape

Fuente: (Payri & Desantes, 2011)

(Payri & Desantes, 2011) “El pulso de la presión del sistema de escape genera una onda que tiene dos picos, el primero producido por la descarga espontánea del cilindro y el segundo producido por la descarga inducida en el movimiento del émbolo.

La onda de rarefacción reflejada puede producir dos tipos de beneficios en el motor. Por una parte, si la onda reflejada llega durante el cruce de válvulas puede producir un efecto de succión que ayuda a evacuar los gases del cilindro, a reducir residuales y eventualmente a producir un cortocircuito desde la admisión al escape. Se dice que el colector de escape está sintonizado cuando la onda de rarefacción llega durante el cruce de válvulas, lo cual puede ayudar a mejorar hasta un 5% el rendimiento volumétrico”.

1.15. Resultados obtenidos por otros investigadores en el diseño del subsistema RAM - AIR.

1.15.1. Universidad de Sevilla

- **RAM AIR**

Según investigadores de la “Universidad de Sevilla” y su equipo “USRacing” participantes habituales del evento Motostudent su sistema de Ram- Air ha logrado disminuir la velocidad de flujo en el conducto de admisión aumentando la presión mejorando de esta manera la combustión con lo que ha obtenido un incremento de 2 a 6 CV de potencia del motor (figura 11).

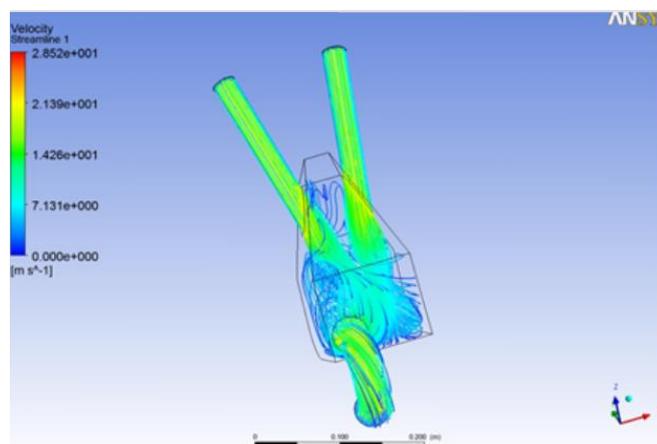


Figura 11 RAM- AIR universidad de Sevilla
Fuente: (Racing Engineering, 2013)

- **ESCAPE**

La construcción del escape constó de un diseño tradicional el cual estaba acorde con el diseño estructural de la motocicleta el silenciador no fue objeto de construcción, seleccionaron un escape de competencia.

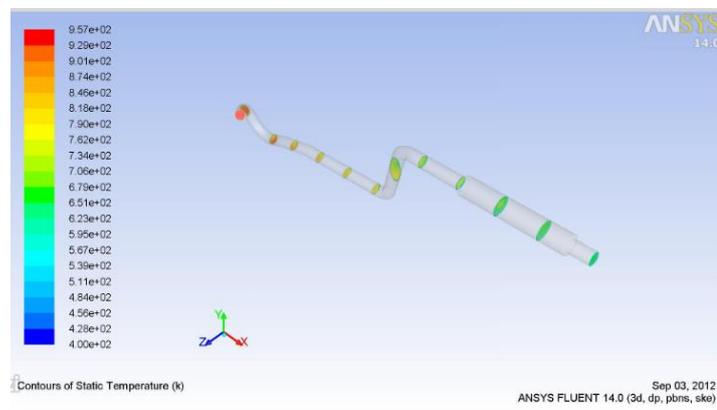


Figura 12 Escape Universidad de Sevilla
Fuente: (Racing Engineering, 2013)

1.16. Metodología del desarrollo del proyecto

- Inductivo
- Deductivo
- Análisis
- Síntesis

Inducción y Deducción

Se realizara un análisis previo a la fabricación los subsistemas de aire, con el fin de obtener el mejor resultado, teniendo en cuenta el criterio de cada

uno de los miembros de nuestro equipo; todo este análisis técnico permitirá hacer una correcta selección de cada uno de los materiales.

Nuestro segundo pasó y bajo los parámetros anteriores será la construcción de los subsistemas de aire de un motor Sherco de 250cc monocilíndrico.

Este enfoque permite realizar un análisis completo y cumplir con los objetivos específicos ya planteados.

Análisis

El estudio del análisis de los subsistemas de aire ayudara a la identificación y separación de los conceptos técnicos fundamentales los cuales permitirán hacer cálculos de diseño, selección de materiales, mejoras en aspectos técnicos, simulaciones y construcción del proyecto.

Finalmente se completará el proyecto con una síntesis detallada del trabajo, que es la recopilación de todo el estudio realizado anteriormente, es decir, que el resultado engloba un análisis de resultados y conclusiones finales, de todas las apreciaciones que se han venido haciendo a lo largo de todo el proyecto.

1.17. Fuentes y técnicas de recopilación de información y análisis de pruebas:

- Investigación bibliográfica
Edward F. Obert, Motores de combustión interna, Análisis y aplicaciones, primera edición, editorial Continental, México 1966.
M.S. Jójvaj, Motores de automóvil, primera edición, editorial MIR, Moscú 1982.
Mott R, "Diseño de elementos de máquinas", Pearson educación
- Consultas de Internet.
- Trabajos de campo.
Comprobar el desempeño de la moto en pista.

- Trabajos de Laboratorio.

Medir de manera práctica los resultados obtenidos y compararlos con los calculados.

- Técnicas de Simulación

Modelación y simulaciones con el software de diseño de ingeniería por elementos finitos.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: SUBSISTEMAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE

2.1. Selección de material para el subsistema de admisión

En la selección del material ideal para la construcción de Ram- Air se debe considerar parámetros en función al peso y resistencia de acuerdo a las exigencias y limitaciones impuestas en el reglamento que se aplicará en el evento.

Según el artículo 5 literal B.5.1 del reglamento de la competición MotoStudent 2013- 2014 el diseño del Ram- Air es de libre elección por lo que se tiene la opción de elegir cualquier tipo de material.

Considerando los materiales usados generalmente en la construcción de un Ram- Air tenemos fibra de carbono, fibra de vidrio, acero, aluminio. (figura 13)

- **Fibra de Carbono:** La Fibra de Carbono es un material largo y delgado de aproximadamente 0.0002-0.0004 pulgada (0.005-0.010mm) en diámetro y compuesto principalmente de átomos de carbono. Los átomos de carbono están unidos entre sí y en los cristales microscópicos son más o menos alineados en paralelo al eje longitudinal de la fibra.
- **Fibra de Vidrio:** La fibra de vidrio se obtiene gracias a la intervención de ciertos hilos de vidrio muy pequeños, que al entrelazarse van formando una malla, patrón o trama.
- **Acero inoxidable:** El acero inoxidable es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro.
- **Aluminio:** El aluminio es un elemento químico, de símbolo Al y número atómico 13. Se trata de un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8 % de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales.

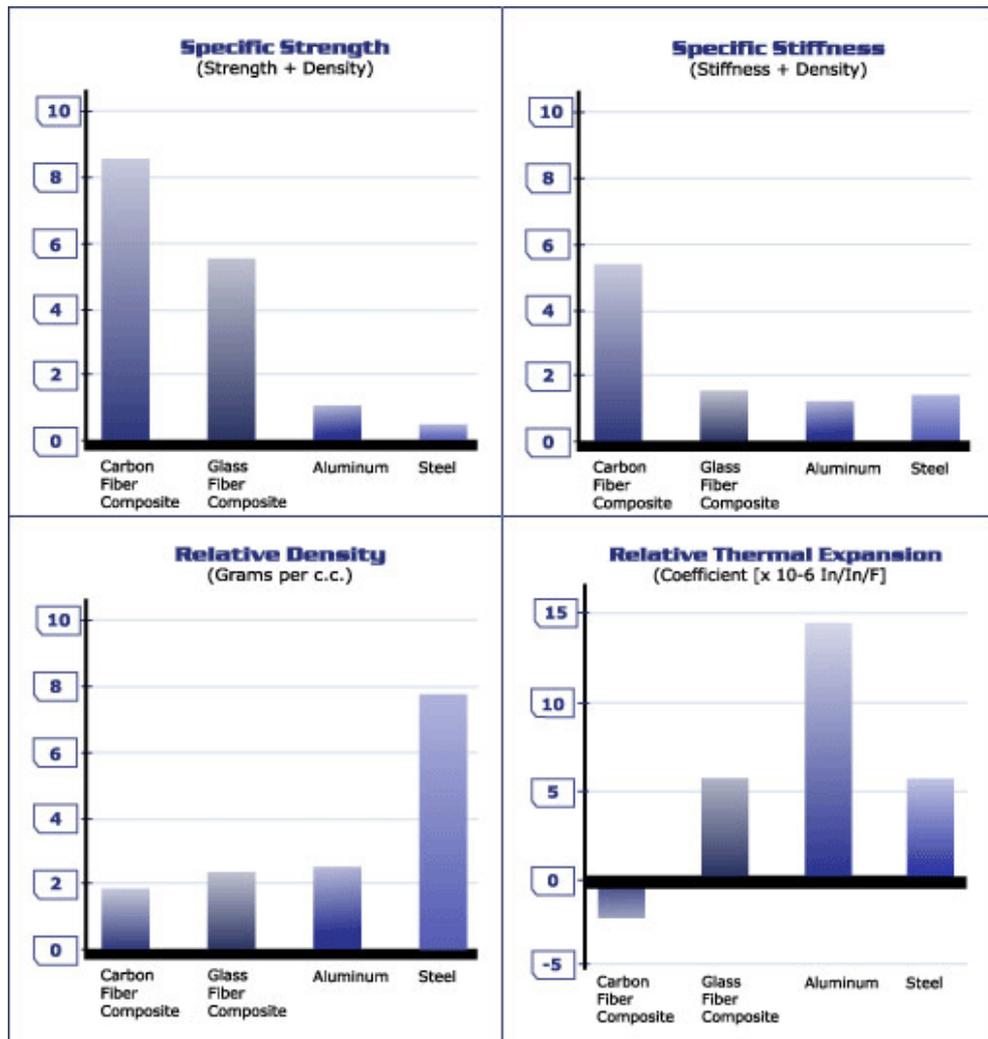


Figura 13 Características de los materiales puestos en análisis para la construcción del RAM - AIR
 Fuente: www.migdrum.com

2.1.1. Criterio de selección del material.

Se tomará en cuenta las características de los materiales así como también los costos.

Tabla 2
Criterios de calificación

CUANTIFICACIÓN	VALOR
BUENO	3
REGULAR	2
MALO	1

Tabla 3
Criterios de elección de material

MATERIAL	PESO	COSTO	ACCESIBILIDAD	MANIPULACIÓN	TOTAL
Fibra de Carbono	3	1	1	1	6
Fibra de vidrio	2	3	3	3	11
Acero inoxidable	1	2	3	3	9

Al analizar la figura 13 se observa que las mejores características las posee la fibra de carbono pero se debe tomar en cuenta también que los costos son muy elevados en el país, según el artículo A.8.4.1 el costo total de la motocicleta no debe exceder los 4750 euros, por lo que su uso en el país no es viable.

En la Tabla 3 se encuentra un análisis personal de cada uno de los materiales puestos en consideración tomando en cuenta los que tienen una ponderación más alta.

Los materiales que se utilizarán debido a las prestaciones mostradas y de acuerdo al análisis de características y costos son la fibra de vidrio para la construcción del Air- Box y tomas de aire, para la construcción de los conductos de admisión se selecciona acero inoxidable.

2.2. Cálculos del motor

Datos:

- Ciclo del motor: 4 tiempos
- Distribución: 4 válvulas DOHC
- Diámetro del cilindro $D=76\text{mm}$
- Carrera del cilindro $S=54.80\text{mm}$
- Relación de compresión $\varepsilon = 12,6$
- Temperatura ambiente $T= 22\text{ }^\circ\text{C}$
- Presión atmosférica $P= 1\text{atm}$

2.2.1. Cálculo de la cilindrada total del motor.

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

Ecuación 1 Cilindrada total del motor

Dónde:

- $VH=$ Cilindrada total.
- $i=$ número de cilindros

$$VH = \frac{7,6^2 * \pi * 5,48 * 1}{4}$$

$$VH = 248,59\text{cm}^3$$

2.2.2. Relación de carrera de diámetro

Dónde:

- α = Relación de carrera de diámetro

$$\alpha = \frac{S}{D}$$

Ecuación 2 Relación de carrera de diámetro

$$\alpha = \frac{5,48}{7,6}$$

$$\alpha = 0,721 \text{ carrera corta}$$

2.2.3. Volumen de la cámara de combustión

Dónde:

- V_c = volumen de la cámara de combustión.

$$V_c = \frac{VH}{\varepsilon - 1}$$

Ecuación 3 Volumen de la cámara de combustión

$$V_c = \frac{248,59}{12,6 - 1}$$

$$V_c = 21,43 \text{ cm}^3$$

2.2.4. Diseño del sistema RAM AIR

Todos los diseños se realizarán en el programa SolidWorks para de esta manera analizar de manera práctica el comportamiento de cada subsistema.

Según el artículo B.4.3 del reglamento de la competición está prohibido el uso de sistemas móviles que produzcan sobre presión (turbos) únicamente se permite el aprovechamiento aerodinámico mediante el uso de las tomas de aire.

2.2.5. Diseño de las tomas de aire

Las tomas de aire se encuentran ubicadas en la mascarilla es importante que estas aberturas den una amplia facilidad para el paso del flujo de aire sin provocar fallas en la aerodinámica que provoquen resistencia y disminuyan la velocidad del vehículo.

a. Parámetros de cálculo

- Velocidad máxima: 220 km/h.
- Gas: aire
- Temperatura ambiente: 20°C.
- Presión atmosférica: 1 atm.
- Velocidad máxima del viento: 10 km/h.

Tabla 4
Fuerzas generadas en los conductos de admisión

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Force (X) 1	[N]	-0,687718193	-0,924756539	-1,077860849	-0,687718193
GG Force (Y) 1	[N]	-5,108783858	-4,433244931	-5,134738963	-3,209786105
GG Force (Z) 1	[N]	-110,7450047	-101,4873072	-110,7450047	-94,20713518

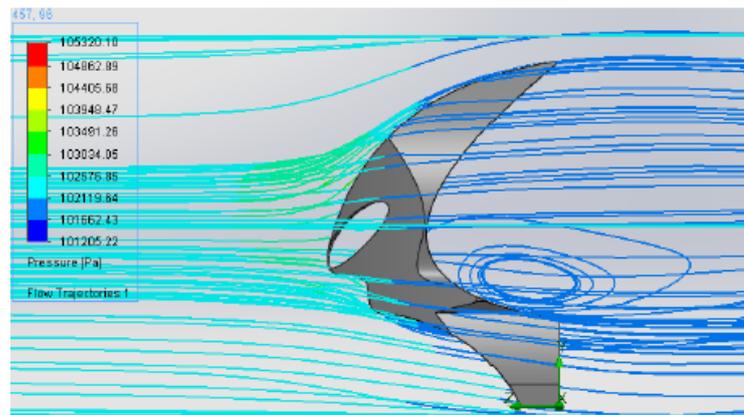


Figura 14 Sistema de las tomas de aire

Los flujos de aire que atraviesan por los conductos de admisión pasan sin ninguna dificultad con una presión de 102576,86 Pa, y se dirigen hacia el interior este flujo será absorbido por los conductos de admisión. También se puede observar que no se generan turbulencias que provoquen frenado el aire que no atraviesa los conductos simplemente se desvían por los costados.

2.2.6. Diseño de los conductos de admisión

Para los conductos de admisión se ha considerado que en diseños propuestos anteriormente tanto en eventos anteriores del MotoStudent como en las carreras de la categoría Moto2, los conductos son del mismo diámetro y distancia hasta llegar al Air-Box.

Sin embargo se busca un tipo de innovación que produzca una eficiencia mejor a la ya producida anteriormente por lo que se considera un sistema completamente nuevo por lo que se propone el uso de conductos de diferentes diámetros para obtener velocidad de aire y presión al mismo tiempo sin embargo es necesario realizar pruebas en el software de análisis para comprobar si la teoría planteada es la adecuada o errónea.

2.2.7. Diseño del Airbox

El AirBox es una caja donde se almacena el aire a presión antes de que este ingrese por el conducto de admisión el diseño de la moto ha sido realizado pensando en un espacio adecuado para que el AirBox almacene el suficiente aire y en el momento de la absorción genere una depresión hacia el cilindro con un volumen de aire adecuado.

Con estas consideraciones analizamos el diseño estándar usado en las motos de competencia el cual consiste en dos entradas de mismo diámetro hacia el Air- Box, y luego este se dirige hacia el conducto de admisión.

Considerando los mismos parámetros analizamos también un diseño propuesto en el que se utilizan tubería de diferente diámetro para obtener una combinación de velocidad y presión en el conducto de admisión.

a. Parámetros de cálculo

- Velocidad máxima: 220 km/h.
- Gas: aire
- Temperatura ambiente: 20°C.
- Presión atmosférica: 1 atm.
- Velocidad máxima del viento: 10 km/h.

2.2.8. Diseño con dos conductos de admisión de mismo diámetro.

Debido al espacio existente para que los dos conductos sean del mismo diámetro se puede realizar un máximo de $1\frac{1}{2}$ in. por conducto. Se debe considerar que el mayor diámetro permitirá mayor admisión de aire por lo que se considera el mayor tamaño posible para el análisis.

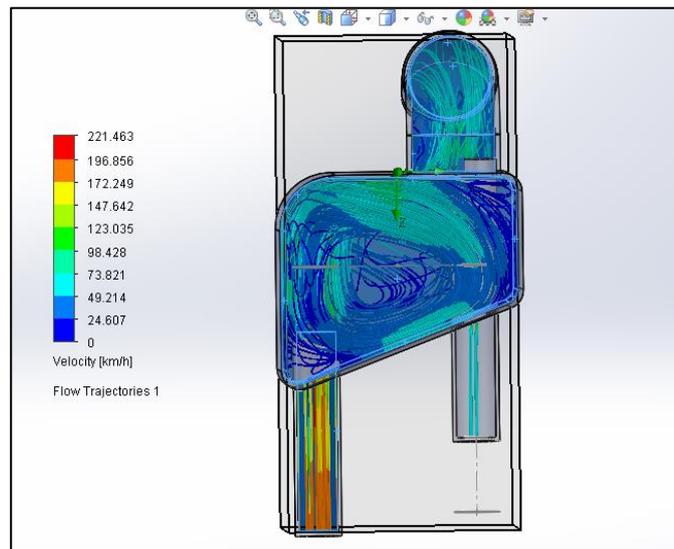


Figura 15 Airbox y conductos de admisión mismo diámetro

Tabla 5 Fuerzas generadas en los conductos de admisión del mismo diámetro

Name	Minimum	Maximum
Pressure [atm]	0.94	1.00
Temperature [°C]	18.32	21.41
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.17	1.21
Velocity [km/h]	0	221.463
Velocity (X) [km/h]	-70.996	107.236
Velocity (Y) [km/h]	-86.337	64.230
Velocity (Z) [km/h]	-212.103	51.938
Temperature (Fluid) [°C]	18.32	21.41
Mach Number []	0	0.18
Vorticity [1/s]	0.253	11308.178
Shear Stress [atm]	0	1.45e-004
Relative Pressure [atm]	-0.03	-1.17e-003
Heat Transfer Coefficient [W/m ² /K]	0	0
Surface Heat Flux [W/m ²]	0	0

2.2.9. Diseño con dos conductos de admisión de diferente diámetro

En este diseño se aplica un tipo de Venturi tanto para el conducto de menor diámetro como para el de mayor. Tomando en cuenta el espacio existente el diámetro mayor que se puede utilizar es de 2plg y se considerará

que será el doble de medida al diámetro menos por lo que la segunda entrada será de 1plg.

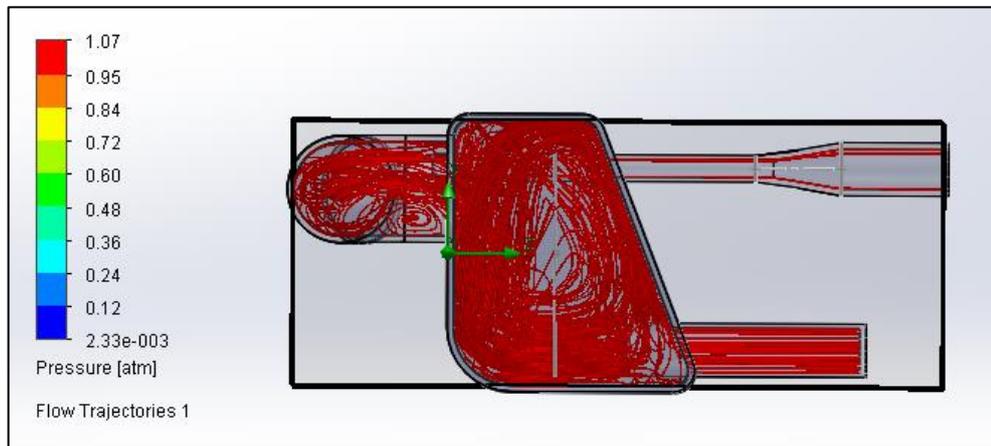


Figura 16 Airbox y conductos de admisión

Tabla 6

Fuerzas generadas en los conductos de admisión diferente diámetro

Name	Minimum	Maximum
Pressure [atm]	0.96	1.07
Temperature [°C]	17.88	20.11
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.30
Velocity [km/h]	0	246.551
Velocity (X) [km/h]	-67.569	122.382
Velocity (Y) [km/h]	-102.730	63.867
Velocity (Z) [km/h]	-246.549	68.963
Temperature (Fluid) [°C]	17.88	22.11
Mach Number []	0	0.20
Vorticity [1/s]	0.591	11356.230
Shear Stress [atm]	0	1.47e-004
Relative Pressure [atm]	-0.04	-6.26e-004
Heat Transfer Coefficient [W/m ² /K]	0	0
Surface Heat Flux [W/m ²]	0	0

2.2.10 Selección del diseño adecuado.

Al obtener datos resultantes en las simulaciones es importante realizar una tabla comparativa para de esta manera analizar los datos concluyentes en la simulación y verificar cual es más eficiente.

Tabla 7
Análisis comparativo de resultados

Parámetros de Análisis	Mismo diámetro	Diferente diámetro
Presión (atm)	1.00	1.07
Temperatura(°C)	21.41	20.11
Densidad del fluido (kg/m ³)	1.21	1.30
Velocidad (km/h)	221.463	246.551
Turbulencia (1/s)	11308.178	11356.230
Presión Relativa (atm)	-1.17e-003	-6.26e-004

De acuerdo con el análisis comparativo se puede notar claramente que el sistema Ram- Air aplicado con diferentes diámetros es más eficiente en comparación al diseño al diseño tradicional por lo que se toma en cuenta el diseño propuesto.

2.3. Cálculos del escape del motor

Es importante tomar consideraciones antes de realizar el diseño del subsistema de escape para de esta manera encontrar el diámetro y longitud ideal que provoquen una evacuación óptima de gases de escape.

2.3.1. Cálculo de la longitud del tubo de escape

$$L_c = \frac{13000 * Ge}{RPM * 6}$$

Ecuación 4 Longitud del tubo de escape.

Fuente: (Bell, 2006)

Dónde:

- Lc= longitud del tubo (cm)
- Ge= 180 + grados que se abre la válvula antes de PMI (Punto muerto inferior) + retraso del cierre de las válvulas de escape.
- RPM= Revoluciones del motor
- AAE= Adelanto a la apertura de la válvula de escape.

- RCE= Retraso al cierre de la válvula de escape.

En la ecuación de la longitud se encuentra el parámetro G_e el cual es la suma del adelanto a la apertura de las válvulas de escape y el retraso del cierre de las mismas. Estos datos no se encuentran en ningún catálogo proporcionado por parte de la competición ni tampoco son proporcionados por el fabricante.

Debido a este inconveniente se realiza una medida manual para determinar los grados tanto de adelanto a la apertura como el retraso al cierre del escape. Se coloca un graduador detrás de la polea del de salida del motor y con una llave de media vuelta se gira suavemente mientras se va identificando cada tiempo y se miden los grados en cada ciclo.

Una vez medidos los dos datos necesarios se determina que $AAE = 20^\circ$ y el $RCE = 14^\circ$, estos datos son comparados con los rangos existentes en el Manual de Tablas GTZ el cual especifica que en los motores a gasolina el AAE se encuentra en un rango de $15^\circ - 25^\circ$ y el RCE entre $10^\circ - 15^\circ$.

Se concluye que los datos obtenidos de manera manual concuerdan con los rangos normales por lo cual se aceptan y se toman como datos para el cálculo de la longitud del tubo.

$$L_c = \frac{13000 * (180 + 20 + 14)}{10000 * 6}$$

$$L_c = 46,4cm$$

2.3.2. Cálculo del diámetro del tubo de escape

$$ID = \sqrt{\frac{VH * 2}{Lc * \pi}}$$

Ecuación 5 Diámetro interno del tubo de escape

Fuente: (Bell, 2006)

Dónde:

- ID= diámetro interno del tubo de escape (cm)
- VH= cilindrada total.
- P= longitud del tubo (cm)

$$ID = \sqrt{\frac{248,59 * 2}{46,4 * \pi}}$$

$$ID = 3,41cm = 1,34plg$$

El diámetro adecuado para esta tubería es de 1,34 plg pero se debe considerar las curvas que existen en el sistema por lo que se sugiere un incremento del 10% al diámetro obtenido en el cálculo por lo cual en el diseño se utilizará una tubería con un diámetro de 1,5 plg.

2.4. Diseño de tubo de escape

Tomando en cuenta los diámetros calculados anteriormente se realiza el diseño en el software de simulación (figura 17), para un análisis exacto tomamos una medida de temperatura de salida de gases del motor la cual es de 573°K y se tomará en cuenta como material acero inoxidable AISI 304.



Figura 17 Diseño del escape

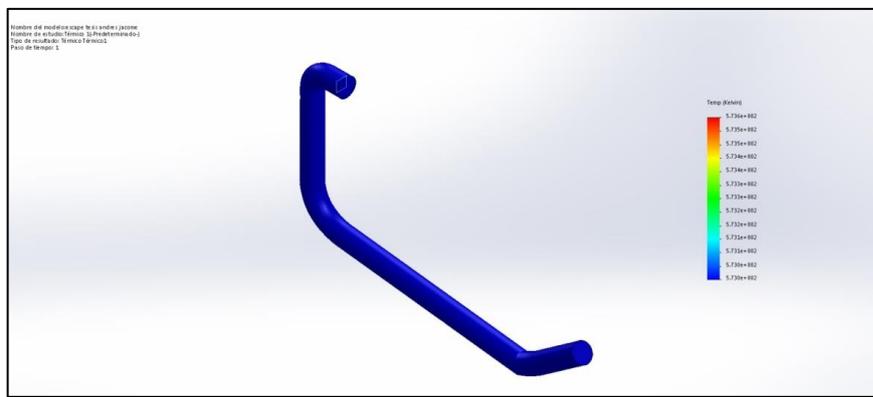


Figura 18 Análisis del comportamiento de trabajo del tubo de escape

Se puede observar que no existen incrementos de presión ni temperaturas en el tubo de escape y la pérdida de temperatura es mínima por lo que el diseño es correcto.

2.5. Diseño del muffler

Existen diferentes tipos de silenciadores pero en las motocicletas el más usado es el llamado de tipo bala el cual consiste en un tubo agujereado forrado a su alrededor de algún material aislante y sobre este un tubo de mayor diámetro.

El material aislante absorbe el ruido y calor disminuyendo los decibeles de ruido producido por los ciclos del motor.

Se selecciona este tipo de silenciador debido a su eficiencia y al poco espacio para su colocación de otro tipo de muffler en la motocicleta.

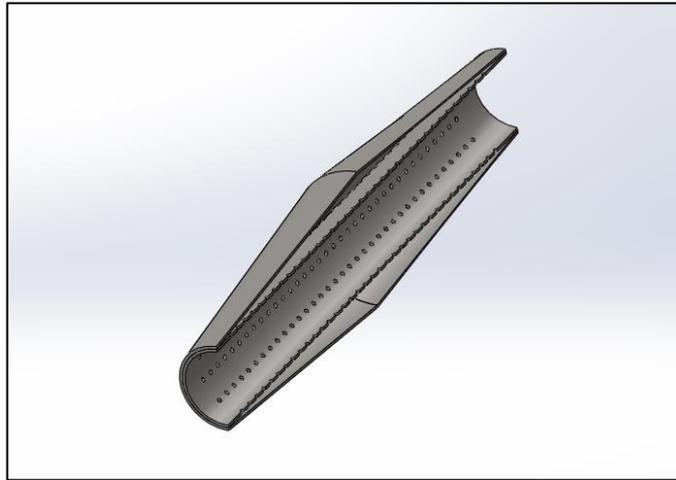


Figura 19 Vista en corte silenciador tipo bala

El diseño planteado (figura 20) no solamente debe ser funcional si no estético ya que se busca también su futura industrialización y su funcionalidad debe ir a la par con su presentación.

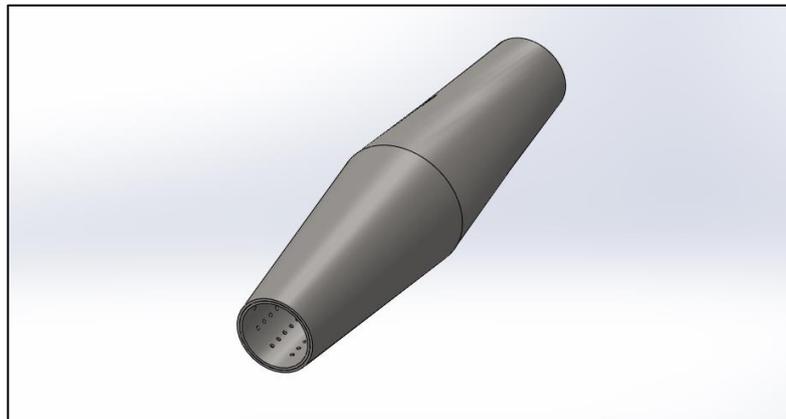


Figura 20 Diseño del catalizador

CAPÍTULO III

3. CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE

3.1. Construcción de las tomas de aire

Las tomas de aire son elementos que se encuentran en la parte frontal del carenado y son los encargados de dirigir el aire hacia los conductos de la admisión, ya que estas entradas son parte del carenado.

Para realizar la construcción de las tomas de aire se procede a realizar un molde en función al diseño del carenado.



Figura 21 Modelado de cartón de la parte frontal de carenado

En el molde del carenado frontal se realizan los cortes tomando en cuenta el diseño realizado en el software para que el flujo de aire corra a través como en el estudio que se realizó.

Al tener la forma ideal se procede a colocar trozos cuadrados de fibra de vidrio de entre 3 y 5 cm^2 junto con la mezcla de resina, diluyente y cobalto, con una brocha hasta formar una capa de 5mm de espesor aproximadamente.

El secado de la fibra demora 24 horas una vez que se haya secado se retira del molde y se corta los excedentes de fibra, se procede a lijar y pulir la superficie hasta que quede una capa lisa y uniforme.



Figura 22 Colocación de la fibra en el molde de cartón

Una vez que la superficie este lisa y sin asperezas se coloca masilla para dar los acabados finales, al secarse la masilla se realiza la pulida final con lija numeración 1500 y 2000.



Figura 23 Carenado frontal ubicado antes de la pintura

Como último paso se coloca la pintura seleccionada por el equipo y obtenemos un resultado final estético y funcional.



Figura 24 Carenado frontal con tomas aire

3.2. Construcción de los conductos de admisión

En el diseño planteado se realizan dos conductos que se dirigen hacia el Air- Box con un diámetro y longitud determinados como ya se analizó anteriormente vamos a utilizar acero inoxidable 304.

3.2.1. Materiales

- Tubo de acero inoxidable AISI 304 de 2plg de diámetro.
- Tubo de acero inoxidable AISI 304 de 1plg de diámetro.
- Reducción de acero inoxidable AISI 304 de 2plg a $1\frac{1}{2}$ plg.
- Reducción de acero inoxidable AISI 304 de $1\frac{1}{2}$ plg a 1plg.
- Suelda de proceso TIG con arco de tungsteno.
- Aporte de suelda E308.
- Amoladora discos de corte.
- Discos para pulir.

3.2.2. Equipo de protección personal

- Guantes de cuero.
- Gafas protectoras
- Mandil.
- Mascara para suelda.
- Zapatos de seguridad.



Figura 25 Equipo de protección personal

3.2.3. Fabricación

Primero cortamos la tubería en las medidas establecidas en el diseño, realizamos un corte para obtener un tubo de 23cm en el de 1plg y de 15cm para el de 2plg.



Figura 26 Cortes realizados en las tuberías

Al realizar los cortes se debe tener en cuenta que el acabado sea perfecto para que las uniones sean completas y no haya espacios entre la reducción y el tubo, una vez pulida la suelda se fija con una prensa para aplicar la suelda.

Antes de proceder a realizar la suelda se hace una limpieza para evitar que exista aceite o alguna suciedad que provoque porosidades en el proceso de soldadura.

Para realizar la suelda en acero inoxidable se debe cumplir un protocolo para obtener un cordón perfecto estos parámetros se muestran en la figura 27.

Espesor del Material (o tamaño del filete)		Tipo de Soldadura de Filete o de Surco	Diámetro del Electrodo de Tungsteno		Diámetro de la varilla de aporte		Tamaño de la Boquilla Diámetro Inferior pulg.	Flujo del Gas de Protección cch	Corriente de Soldadura Amperios DCEN	Número de Pasos	Velocidad de Desplazamiento (por paso) ipm
ga	pulg.		mm	pulg.	mm	pulg.					
24		Surco cuadrado	0.040	1.0	1/16	1.6	1/4	10	20-50	1	26
18		Surco cuadrado	1/16	1.6	1/16	1.6	1/4	10	50-80	1	22
1/16	0.062	Surco cuadrado	1/16	1.6	1/16	1.6	1/4	12	65-105	1	12
1/16	0.062	Filete	1/16	1.6	1/16	1.6	1/4	12	75-125	1	10
3/32	0.093	Surco cuadrado	1/16	1.6	3/32	2.4	1/4	12	85-125	1	12
3/32	0.093	Filete	1/16	1.6	3/32	2.4	1/4	12	95-135	1	10
1/8	0.125	Surco cuadrado	1/16	1.6	3/32	2.4	5/16	15	100-135	1	12
1/8	0.125	Filete	1/16	1.6	3/32	2.4	5/16	15	115-145	1	10
1/8	0.125	Surco cuadrado	3/32	2.4	1/8	3.2	5/16	15	150-225	1	10
3/16	0.188	Surco cuadrado	1/8	3.2	1/8	3.2	3/8	18	175-250	1	8
3/16	0.188	Filete	1/8	3.2	3/16	4.8	3/8	18	225-300	2	10
1/4	0.25	Surco en forma de V	1/8	3.2	3/16	4.8	3/8	18	225-300	2	10
1/4	0.25	Filete	3/16	4.8	3/16	4.8	1/2	25	230-350	2-3	10
3/8	0.375	Surco en forma de V	3/16	4.8	3/16	4.8	1/2	25	250-350	3	10
3/8	0.375	Filete	3/16	4.8	3/16	4.8	1/2	25	250-350	3	10
1/2	0.50	Surco en forma de V	3/16	4.8	1/4	6.4	1/2	25	250-350	3	10
1/2	0.50	Filete	3/16	4.8	1/4	6.4	1/2	25	250-350	3	10

1-Incremento de amperaje cuando se usa el respaldo.
 2-El dato es para una posición plana. Redúzcase al amperaje del 10 al 20% cuando el soldado es en posición horizontal, vertical o de cabeza.
 3-Para electrodos de tungsteno— tra. selección 2% torio EWTh2; 2da. selección 1% torio EWTh1.
 4-El argón se usa para protección. La mezcla de 75% de helio 25% de argón se usa para un espesor más grueso.

Figura 27 Procedimientos de soldadura con arco de tungsteno en gas para acero inoxidable
 Fuente: (Howars, 1992)

Así también se debe tomar en cuenta el aporte correcto para la suelda como ya se analizó el tubo seleccionado es acero inoxidable AISI 304 con las especificaciones mostradas en la tabla 8.

Tabla 8
Características específicas del material seleccionado

Espesor del material (mm)	Diámetro del electrodo de tungsteno (mm)	Diámetro de la varilla de aporte (mm)	Tamaño de la boquilla (plg)	Flujo de gas de protección (psi)	Corriente de soldadura (amperios)
1.6	1.6	1.6	¼	12	65-105

En la (figura 28) se muestra el aporte adecuado para el material seleccionado.

	AISI No.	METAL DE APOORTE RECOMENDADO		Nombre Popular	Observaciones
		1a. Elección	2a. Elección		
Cr-Ni-Mn	201	308	308L		Sustituto para el 301
	202	308	308L		Sustituto para el 302
	301	308	308L		
	302	308	308L		
	302B	308	309		Alto Silicio
	303	—	—		Maquinado libre—la soldadura no se recomienda—312
	303Se	—	—		Maquinado libre—la soldadura no se recomienda—312
	304	308	308L	18/8	
	304L	308L	347	18/8 Etc	Carbono extra bajo
	305	308	—		
Cr-Ni-austenítico	308	308	—	19/9	
	309	309	—	25/12	
	309S	309	—		Carbono bajo
	310	310	—	25/20	
	310S	310	—		Carbono bajo
	314	310	—		
	316	316	309Cb	18/12Mo	
	316L	316L	309Cb	18/12 Etc	Carbono extra bajo
	317	317	309Cb	19/14Mo	
	321	347	308L		
Cr-ni-austenítico	347	347	308L	19/9 Cb	Difícil de soldar en aleaciones gruesas
	348	347	—	19/9CbLTa	
	403	410	—		
	410	410	430	12Cr	
	414	410	—		
	416	410	—		Utilice el 410-15
	416Se	—	—		La soldadura de maquinado libre no se recomienda
	420	410	—	12 Cr Hc	Carbono alto
	431	430	—		
	440A	—	—		Carbono alto—la soldadura no se recomienda
Cr-ferrítico	440B	—	—		Carbono alto—la soldadura no se recomienda
	440C	—	—		Carbono alto—la soldadura no se recomienda
	405	410	405Cb		
	430	430	309	16Cr	
	430F	—	—		Maquinado libre—la soldadura no se recomienda
	430FSe	—	—		Maquinado libre—la soldadura no se recomienda
	446	309	310		
	501	502	—	5Cr-1/2Mo	Acero al cromo-molib
	502	502	—	5Cr-1/2Mo	Acero al cromo-molib

Figura 28 Procedimientos de soldadura con arco de tungsteno en gas para acero inoxidable

Fuente: (Howars, 1992)

Ya seleccionado todos los parámetros ideales para obtener una soldadura adecuada procedemos a realizarla.



Figura 29 Proceso de soldadura para la construcción de los conductos de admisión

Después de realizar las sueldas se procede al pulido mediante un disco de pulir para eliminar imperfecciones y excesos de aporte en la figura 30 y figura 31 se obtiene el acabado final de los conductos de admisión.



Figura 30 Acabado final del proceso de soldadura tubería de 1plg



Figura 31 Acabado final del proceso de soldadura tubería de 2plg

3.3. Construcción del air- box

La última parte de la construcción del sistema Ram- Air es la fabricación del Air- Box, el cual es el encardo de unir los flujos de aire que vienen desde los conductos de admisión para de esta manera generar sobrepresión y turbulencia adecuada para luego ingresar en el sistema de inyección.

Es muy necesario seguir todas las medidas implementadas en el diseño para que el funcionamiento corresponda a lo obtenido en la simulación.

El primer paso es realizar un molde primario con cartón, para conseguir las formas curvas se moldea con una mezcla de goma y agua, colocamos trozos de toalla de cocina conjuntamente con una brocha y la mezcla mencionada anteriormente.

Esperamos dos horas para que el molde se solidifique y se realizan los cortes tanto como para la entrada de los conductos así como también para la salida del conducto que se unirá con el sistema de inyección.



Figura 32 Molde primario realizado en cartón y papel de cocina

Una vez que el molde primario se ha secado, untamos de grasa para que la fibra no se pegue con el molde. Se procede a colocar trozos cuadrados de fibra de vidrio de entre 3 y 5cm con la mezcla de resina diluyente, catalizador y cobalto.

Se coloca la fibra con la mezcla con un espesor de 4mm, el tiempo de secado es de 12 horas, una vez secado se retira del molde y se realiza el pulido de la fibra para evitar imperfecciones tanto en la parte externa como interna.



Figura 33 Air- Box retirado del molde primario

Una vez listo se coloca los conductos de admisión y se fija con masilla, ya seco colocamos en la posición predispuesta para fijarse si no obstaculiza con alguna parte del sistema hay que considerar que el uso del espacio debe ser exacto ya que en una moto este es muy reducido y un problema en las medidas provocaría una corte en una cañería de combustible o en el sistema electrónico del motor.

Al inspeccionar que todo este adecuado para mejorar la dureza se debe realizar un baño de gel coat para reforzar a la fibra de vidrio debido a que se van a producir una fuerte sobrepresión dentro del Air- Box.



Figura 34 Sistema Ram- Air colocado en la ubicación propuesta

Por último se coloca la parte superior de la fibra de vidrio y se procede a pintar para dar el acabado final y su colocación en su posición elegida como se observa en la figura 35.



Figura 35 Sistema Ram- Air en su ensamble completo

3.4. Selección del filtro de aire adecuado para el subsistema

Hay que tomar en cuenta que uno de los mayores problemas es el espacio reducido que existen en las motocicletas por lo que se deben colocar piezas tanto eficientes como reducidas.

En el país no existe una gran gama de filtros de aire de competencia para motocicleta a la venta, sin embargo existen opciones de filtros de alto flujo aunque no existen filtros para moto con un diámetro de 2plg si existen con una medida de $1\frac{1}{2}$ plg por lo que en la construcción de los conductos de admisión se usó reducciones de $1\frac{1}{2}$ a 1plg y de 2 a $1\frac{1}{2}$ plg.

Con estas consideraciones se selecciona el filtro de tipo cónico K&N RC-0794 con las siguientes características.

- Diseñado para incrementar la potencia y aceleración.
- Alto flujo de aire con excelente filtración.
- De abrazadera filtro aire lavable y reutilizable.
- Bridas maleables.

3.4.1. Características específicas del filtro de aire

Tabla 9
Características específicas del filtro seleccionado

Diámetro Mayor De Filtro De Aire	2.5 in (64mm)
Forma Del Filtro De Aire	Afilado redondo
Base De diámetro Exterior	2.5 in (64mm)
Material De Filtro	Gasa de algodón
Diámetro De Brida Interior	1.375 in (35mm)
Longitud De Brida	0.625 in (16mm)
Tipo De Brida	Centrado
Brida	1
Altura	2.25 in (57mm)
Estilo Del Producto	Filtro de aire redondo afilado universal
Tapa Material/ Acabado	Cromo
Parte Superior Del Diámetro Exterior	2 in (51mm)
Estilo De La Parte Superior	Metal
Peso	0.65 lb (0.2951kg)



Figura 36 Filtro seleccionado para el sistema K&N

3.5. Selección del material para el subsistema de escape

Hay una amplia gama de materiales con los que en la actualidad se puede fabricar escapes entre los principales tenemos acero al carbono y acero inoxidable que son los existentes en el país y de mayor accesibilidad, de esta manera se toma en consideración las siguientes características adecuando las ponderaciones de la tabla 2.

Tabla 10
Criterios de elección de material para el subsistema de escape

Material	Peso	Costo	Accesibilidad	Manipulación	Cualidades específicas	Total
Acero inoxidable AISI 304	2	2	3	2	3	12
Acero al carbono	2	3	3	1	1	10

Debido a estas ponderaciones se selecciona el Acero inoxidable AISI 304 a pesar de que el acero al carbono es más económico y maleable no cumple con cualidades particulares para el uso en un sistema de escape de alto rendimiento.

3.6. Construcción del colector de escape

Una manera muy simple para construir el colector del escape es doblando la tubería hasta conseguir la forma deseada, pero se presentan inconvenientes al doblado como la pérdida de área o deformación del tubo en el caso del acero inoxidable es un material que no resiste dobleces por lo que podría quebrar al momento de realizar esta acción para evitar estos inconvenientes se opta por soldar codos donde deben haber curvas.

A la salida del escape tenemos un soporte para el colector el cual se construye en acero negro ya que maquinar este elemento en acero inoxidable sería costosamente innecesario.



Figura 37 Soporte principal del colector

Como se analizó en el diseño se utiliza tubo de $1\frac{1}{2}$ plg de diámetro, se explicó anteriormente la tubería será soldada por lo que se utilizarán dos codos de 90° de y uno de 45° de la medida mencionada anteriormente.

El aporte así como el método de suelda se especifica en la figura 27 y 28, pero en a estos parámetros planteados se aumenta el proceso de suelda sanitaria utilizado en la construcción de tuberías que transportan alimentos.

Este proceso de suelda sanitaria consiste en la introducción de argón en la parte interna del tubo con lo que se evita la producción de escoria que produciría cierta turbulencia o anomalías al reducir el volumen de paso de los gases de escape.

Para realizar el barrido de argón necesitamos una salida adicional del tanque e introducir mediante una manguera el gas tapando los extremos con cinta adhesiva y haciendo agujeros pequeños en la cinta para que el argón circule por el otro extremo a una presión de 10 psi.

Las uniones en cada segmento deben estar perfectamente unidas para evitar fugas de gas o exceso de uso de aporte de esta manera también obtenemos una suelda muy estética y sin porosidades.



Figura 38 Sueldas sanitarias en el primer codo

Seguros del proceso realizado con anterioridad se empieza la suelda de los tubos tomando siempre en cuenta las consideraciones del diseño y las normas de seguridad adecuadas.



Figura 39 Acabados finales del colector de escape

3.7. Construcción del muffler

El muffler se construirá de acuerdo al diseño planteado en el capítulo 3 se selecciona un silenciador de tipo bala el cual es muy utilizado en las motocicletas ya que su espacio es reducido y absorbe eficientemente el ruido es importante tomar en cuenta que no se realiza ningún tipo de control por lo que la salida de gases únicamente se controla la emisión del sonido.

Al igual que la salida de escape el silenciador será construido con acero inoxidable AISI 304

3.7.1. Materiales

- Dos reducciones de 4plg a 2plg.
- Malla perforada.
- Unión tipo clam.
- Lana de vidrio.

3.7.2. Construcción

En la construcción usamos el mismo método de solda usado en la construcción de la salida de escape. En primer lugar se suelda la malla perforada con un diámetro de de 2plg, colocamos juntas las reducciones y rellenamos en su interior de lana de vidrio.

Se procede a soldar las dos reducciones anexando en un extremo una unión hacia la salida del escape la cual es de $1\frac{1}{2}$ plg, en el extremo de salida se coloca una unión de tipo clam como terminal únicamente con fines estéticos.



Figura 40 Muffler con sus acabados finales

Por último se realiza la unión con la salida de escape y se coloca cinta aislante para el tubo de escape con la finalidad de evitar el contacto directo con el tubo y mejorar su aislamiento y de esta manera que el sistema sea más hermético.



Figura 41 Colocación de cinta aislante en la salida del escape

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

4.1. Instalación de los subsistemas en el prototipo

Ya concluida la fabricación de los diferentes elementos del subsistema se procede a la colocación de los mismos en la motocicleta el ensamblado se debe realizar antes de la colocación del carenado.

4.1.1. Colocación del RAM AIR

El sistema Ram- Air debe colocarse en la parte superior del motor donde este descansará conectado al sistema de inyección, únicamente se puede colocar antes de poner en su posición al tanque de combustible teniendo mucho cuidado de no bloquear el cable del acelerador y la conducción de la bomba de combustible. (Figura 42)



Figura 42 Colocación del sistema Ram- Air

4.1.2. Colocación del escape

El escape está formado por una sola pieza debido a que el catalizador ha sido soldado a todo el sistema. Consta de dos soportes uno ubicado en el motor a la salida del escape en el que se colocan dos tuercas ajustándolos lo suficiente para evitar fugas a la salida del motor, y el otro soporte esta debajo del bastidor de la moto el cual sujeta al escape con un perno y una tuerca. (Figura 43)



Figura 43 Colocación del escape

4.1.3. Colocación de los conductos de admisión

Una vez que se ha ensamblado completamente la motocicleta se procede a colocar el carenado frontal en donde se localizan los conductos de admisión, (figura 44) realizamos un ajuste final damos por concluida la colocación de los subsistemas de aire.



Figura 44 Colocación del escape

4.2. Pruebas en carretera

4.2.1. Pruebas del RAM - AIR

Ya ensamblada la motocicleta por completo se procede a realizar las pruebas pertinentes para garantizar el funcionamiento del prototipo. Como ya se habló anteriormente el sistema Ram- Air tiene un diseño y fabricación libre siempre y cuando no posea partes móviles en el interior o exterior del mismo que incrementen la velocidad o presión generada por el mismo en el momento de la admisión.

La prueba consistió en realizar vueltas de manejo tanto con el sistema Ram- Air así mismo con la ausencia de este, se tomará en cuenta el tiempo que realizó el piloto profesional Joan Cabrera en el autódromo internacional de Yahuarcocha (figura 45) basando los resultados en el tiempo realizado por vuelta.



Figura 45 Pruebas Autódromo internacional de Yahuarcocha

Se realizaron 5 vueltas para cada prueba. Los resultados obtenidos se plantean en las siguientes tablas.

**Tabla 11
Pruebas en pista sin Ram- Air**

PRUEBAS EN PISTA	
VUELTA	COSTOS
1	2:00.200
2	1:59.300
3	1:59.400
4	2:00.100
5	1:59.500

**Tabla 12
Pruebas en pista con Ram- Air**

PRUEBAS EN PISTA	
VUELTA	COSTOS
1	1:59.100
2	1:58.200
3	1:57.500
4	1:57.200
5	1:57.100

4.2.2. Comparación de resultados

Tabla 13
Pruebas en pista con Ram- Air

PRUEBAS EN PISTA	
SIN RAM- AIR	CON RAM- AIR
2:00.200	1:59.100
1:59.300	1:58.200
1:59.400	1:57.500
2:00.100	1:57.200
1:59.500	1:57.100

Los resultados obtenidos muestran claramente una mejora con el uso de Ram- Air además de estos resultados el piloto afirma mejoras en la aceleración al momento de salir de las curvas por lo que se considera que el diseño cumple con la función propuesta en un principio y es aprobado para el uso en la competición internacional.

4.2.3. Pruebas del escape.

El subsistema de escape debe cumplir únicamente con una restricción de 115dB a 5000 rpm, los cálculos realizados anteriormente demuestran que la salida de gases es óptima por lo que se debe demostrar la sonoridad producida por el escape. Se utilizará un medidor de decibeles. (figura4.4).



Figura 46 Medidor de decibeles

Se realizó una prueba a 5000 rpm que demuestra que el escape produce una sonoridad de 114db por lo que se cumple completamente con los parámetros necesarios para la participación en la competición.

4.3. Análisis de resultados

Los resultados se analizarán en función a los logros obtenidos en la competición realizada en MotorLand- Aragon.

Antes de poder competir en la carrera final se realizan importantes pruebas que garanticen el correcto funcionamiento de la moto y por tanto la seguridad del piloto estas pruebas son estáticas, dinámicas y de funcionamiento del motor.

4.3.1. Verificación del air- box

El sistema será examinado por los jueces de la competición según el reglamento técnico sección B (Reglamento Técnico General). (Figura 47)



Figura 47 Inspección del Ram- Air

- **Airbox**

El diseño de la caja de admisión es de elección libre.

APROBADO

- **Filtro**

El elemento filtrante del aire de admisión es de libre elección.

APROBADO

- **Recirculación de gases**

Está permitido montar un depósito entre la tapa de balancines y el airbox, con la única función de recoger gases sobrantes del motor. Ninguna otra función está permitida (como modificación de la presión generada) y únicamente los respiraderos del motor se podrán conectar entre la tapa de balancines, dicho depósito y el airbox. Este depósito y sus conexiones

deberán ser revisables en cualquier momento y por tanto, no podrán construirse en el chasis de modo que dificulte su inspección.

APROBADO

4.3.2. Verificación del sistema de escape

- El sistema de escape es de libre elección siempre que cumpla los requerimientos dimensionales generales de la motocicleta y la normativa de sonoridad.

APROBADO

- Están prohibidos los sistemas de escape de geometría variable.

APROBADO

- No se permiten partes móviles en los escapes (por ejemplo válvulas deflectores, etc.).

APROBADO

- La sonoridad de escape máxima permitida será de 115 dB medidos de manera estática a 5500 RPM. (figura 48)

APROBADO



Figura 48 Inspección de sonoridad del escape

Después de realizadas las distintas pruebas los jueces colocan sellos (Figura 4.7) en las motocicletas que certifican el cumplimiento de las normas impuestas por la organización y permiten el paso para las siguientes etapas.



Figura 49 Sellos de verificación de aprobación del sistema

4.4. Resultados de carrera

Después de aprobar las pruebas estáticas y dinámicas la motocicleta consiguió el pase hacia la carrera final donde se competió con motocicletas clasificadas que cumplieron también con las pruebas mencionadas anteriormente el resultado se puede observar en la (tabla 14).

Tabla 14
Resultado de la motocicleta

RESULTADO DE MOTOCICLETA ESPE			
BIKE	TEAM	BEST TIME	SCORE
12	ESPE MOTOSTUDENT	1:28.227	1

Fuente: (Fundación Moto Engineering Foundation, 2016)

4.5. Recursos Fabricación

Los costos serán analizados en la moneda que oficial de Ecuador el Dólar Americano.

4.5.1. Subsistema de admisión

Tabla 15
Costos de fabricación del subsistema de admisión

SUBSISTEMA DE ADMISIÓN	
MATERIALES	COSTOS
Fibra de Vidrio	13.00
Tubo de acero inoxidable AISI 304 1plg	5.00
Tubo de acero inoxidable AISI 304	9.00
Reducciones de acero inoxidable	4.00 c/u
TOTAL	35

La construcción del Ram- Air es sumamente económica considerando que su producción en masa reduciría aún más su precio de fabricación por lo que su factibilidad de producción es alta.

4.5.2. Subsistema de escape

Tabla 16
Costos de fabricación del subsistema de escape

SUBSISTEMA DE ESCAPE	
MATERIALES	COSTOS
Tubo de acero inoxidable AISI 304 1/1/2plg	30.00
Codos de acero inoxidable AISI 304 1/1/2	27.00
Reducción de 4plg a 2plg	28.00
Unión de tipo Clam 2plg	2.00
Malla de acero inoxidable perforada 30*30 cm	8.00
Lana de vidrio	0.50
TOTAL	95.50

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Concluido el presente proyecto de investigación pongo a consideración a quien interese este trabajo como fuente de investigación.

- Se diseñó y construyó los subsistemas de aire para un motor Sherco de 250 centímetros cúbicos y cuatro tiempos cumpliendo con los parámetros establecidos en la competición Motostudent 2013- 2014.
- Los diseños y análisis realizados en el software SolidWork 2014 resultaron satisfactorios por lo que se logró un producto fiable y que optimizó el funcionamiento del motor.
- Se diseñó y construyó las tomas de aire que permiten el flujo adecuado de aire hacia el Ram- Air sin afectar la aerodinámica de la motocicleta en competencia.
- El diseño del Ram- Air permitió una mejora en la aceleración de la moto al incrementar la velocidad y la presión en la admisión del aire.
- El diseño del sistema Ram- Air permitió al equipo obtener el tercer lugar en el concurso de innovación del evento Motostudent 2013- 2014 de un total de 34 participantes.
- El diseño y construcción del escape alcanzó un nivel de ruido máximo de 113db con lo cual se cumplió el requerimiento de la competición el cual exigía un máximo de 115db a 5500RPM.

- El diseño y construcción del Muffler así como los acabados de soldadura impresionaron al jurado al punto de preguntar si se seleccionó de alguna marca de alto performance o fue construida por el equipo.

5.2. Recomendaciones

- Es importante realizar un análisis económico previo para optimizar recursos y evitar gastos innecesarios.
- Antes de realizar la construcción de los subsistemas de admisión y escape es importante hacer varios diseños en un software de simulación para comprobar la mejor eficiencia de cada uno de los elementos.
- Es de vital importancia analizar los diferentes tipos de materiales que se pueden utilizar para de esta manera obtener un punto óptimo entre costos y calidad que permitan un desarrollo adecuado sin perder calidad.
- El proyecto es enfocado únicamente para el uso en carreras por lo que se busca la mayor eficiencia posible sin tomar en cuenta el daño ambiental que este pueda causar.
- Se debe tener altos conocimientos en trabajos en suelda para mejorar los acabados y evitar fallas de los sistemas.
- Es importante para este tipo de eventos formar un equipo capacitado y dispuesto a trabajar arduamente para poder superar cada una de las pruebas y obstáculos que se presenten durante el desarrollo del proyecto.

- Se recomienda que tanto profesores como estudiantes impulsen este tipo de proyectos ya que mejoran el conocimiento de los estudiantes debido al intercambio de conocimientos teóricos y prácticos que mejoran el profesionalismo de los futuros ingenieros.
- Este tipo de proyectos promueven la internacionalización del nombre de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arpem Networks, S.L. (2016). Recuperado el Enero de 2015 *Arpem*. Obtenido de Comparador de seguros y préstamos Arpem: <http://www.arpem.com/>
- Demotor.net. (s.f.). Recuperado el Noviembre de 2014 *Motores de combustión*. Obtenido de Motores de combustión interna (endotérmicos): <http://demotor.net/>
- Fexilf LLC. (2010 - 2016). Recuperado el Agosto de 2014 *Uniflux Automotive Filters*. Obtenido de <http://www.uniflux-filters.eu/>
- Fundación Moto Engineering Foundation. (2016). *Motostudent*. Recuperado el Diciembre de 2013, de <http://www.motostudent.com/>
- Howars, B. C. (1992). *Manual de Soldadura Moderna* (Segunda ed.). México, D.F.: Prentice Hall.
- MecanicaMotor. (2012). Recuperado el Julio de 2014 *Mecanica y Motores*. Obtenido de <http://www.mecanicaymotores.com/>
- *Moto-station.com*. (s.f.). Recuperado el Diciembre de 2013, de Moto-station.com: <http://www.moto-station.com/article2242-p2-kawasaki-zx-6r-2007-pilotes-levez-vous-.html>
- MOTO-STATION.COM. (2000-2016). Recuperado el Julio de 2014 *Moto Station*. Obtenido de <http://www.moto-station.com/>
- PASTOR, A. F. (Febrero de 2010). ESTUDIO DE LA FRECUENCIA CRÍTICA DEL AIRBOX DE LA MOTO 2. *ESTUDIO DE LA FRECUENCIA CRÍTICA DEL AIRBOX DE LA MOTO 2*. Leganés, España.

- Payri, F., & Desantes, J. (2011). *Motores de combustion interna alternativos*. Reverte.
- Racing Engineering. (2013). Recuperado el Mayo de 2015, de *US-Racing Engineering*. Obtenido de 3º Puesto en MS1: <http://www.usengineering.com/>
- Ruta CV 90. (2016). Recuperado el Marzo de 2014, de *Ruta CV-90*. Obtenido de Accesorios, ropa, escapes: <http://rutacv-90.es/custom>
- *zx11.info*. (s.f.). Recuperado el Diciembre de 2013, de *zx11.info*: <http://www.zx11.info/zx11/uk3.htm>
- MOTOS.ES (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de *Moto-station.com*: <http://sherco.motos.es/historia/sherco.html>
- Bell, G. (1981). *Performance Tuning in Theory and Practice Four Strokes*. Sparkford, Inglaterra.
- Alonso, J. (1997) *Cálculos Sistemas de Admisión*. California Estados Unidos



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **FAUSTO ANDRÉS JÁCOME GUEVARA**.

En la ciudad de Latacunga a los 02 días del mes de marzo del 2017.



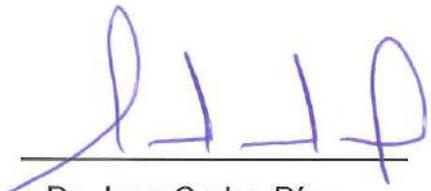
Ing. Fabián Salazar
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:



Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE CARRERA





Dr. Juan Carlos Díaz
SECRETARIO ACADÉMICO