



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA
RECAMARA DE ESCAPE “TUNED PIPE” PARA
LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE
UN MOTOR DE DOS TIEMPOS SUZUKI AX-100.**

SEMBLANTES CLAUDIO YADIRA MARICELA

CHILQUINGA GUANOPATIN EDWIN OMAR

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

ANTECEDENTES

Hace unos años atrás en el Ecuador, la técnica más aplicada para lograr optimizar o repotenciar un motor, era el trucaje del mismo.

Actualmente mediante una compilación de información técnica-científica, en la cual se origina la necesidad de implementar nuevos estudios referente a los sistemas de escapese se desarrolló nuevas formas de optimizar los parámetros del motor de dos carreras bajo un esquema de diseño, para de este modo lograr incrementar su performance en cuanto a potencia y torque se refiere

MOTOCICLETA SUZUKI AX-100



PROBLEMA

Incrementar los parámetros de trabajo de un motor de dos tiempos en cuanto a Potencia y Torque se refieren.

PLANTEAMIENTO

Actualmente la gestión del desarrollo tecnológico es mayor que hace unos años atrás, tanto es así que se han registrado avances importantes en el diseño y construcción.

Por lo que se ha planteado el diseño y construcción de un sistema de escape TUNED PIPE, para un motor de dos carreras SUZUKI AX-100, con el propósito de repotenciar los motores de este tipo mediante método que cumpla con todos los requerimientos para trabajar en óptimas condiciones.

Este trabajo de investigación aportará en el ámbito de motociclismo, los cuales al usar motores de dos carreras, se ven beneficiados al incrementar su performance de una manera más eficiente que la que se logra con el trucaje del motor, obteniendo un sistema de escape que permite optimizar el rendimiento de los parámetros del motor.

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir una recámara de escape “TUNED PIPE” para la optimización del rendimiento de un motor de dos tiempos SUZUKI AX 100.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la forma geométrica del TUNED PIPE mediante el diseño y funcionamiento teórico a partir de cálculos para el motor.
- Generar la estructura de la recámara de escape en software 3D con dimensiones obtenidas en base a los resultados anteriores.
- Simular el comportamiento mecánico de la recámara de acuerdo al dimensionamiento, condiciones de operación y funcionamiento.

- Seleccionar el material para la construcción de la estructura de la recámara.
- Construir la recámara TUNED PIPE para el motor. SUZUKI AX-100.
- Ejecutar un protocolo de pruebas de funcionamiento del TUNED PIPE en el motor SUZUKI AX-100.
- Analizar los parámetros de funcionamiento anteriores con los obtenidos en las pruebas con el TUNED PIPE.

¿Qué significa TUNED PIPE?

Tubos de sintonía usados para mejorar el rendimiento del motor de dos tiempos.

¿En que beneficia?

Ayuda a incrementar los parámetros de funcionamiento en cuanto a Torque y Potencia, logrando alcanzar un mejor desempeño de la motocicleta.

SISTEMA DE ESCAPE

Una vez quemada la mezcla aire-combustible en el cilindro, los gases productos de la combustión son forzados a salir del cilindro a través de las lumbreras de escape y desde esta, pasando por el tubo de escape y el silenciador son expulsadas hacia el exterior



EL SISTEMA DE ESCAPE SERÁ DE LIBRE ELECCIÓN SIEMPRE QUE CUMPLA LOS REQUERIMIENTOS DIMENSIONALES GENERALES DE LA MOTOCICLETA.

MOTOCICLETA SUZUKI AX-100

Hubieron algunas versiones de motocicletas fabricadas años antes por SUZUKI, hasta que llegado los años de 1964, las series de motos SUZUKI K y M fueron remplazadas por la B 100P, fabricadas hasta los años 70, cuando en aquel tiempo aparecería la B 120 Student, después seguiría su versión más pequeña, y aparecería la A 100 fabricada en 1967, que fue la antecesora a lo que hoy es la SUZUKI AX-100.

FICHA TÉCNICA DE LOS PARÁMETROS DEL MOTOR SUZUKI AX100

MOTOR SUZUKI AX 100	
Modelo	2 Tiempos, enfriamiento por aire
Cantidad de cilindros	1
Diámetro del cilindro	50 mm
Carrera del cilindro	50 mm
Cilindrada	98 cc
Relación de compresión	6,6:1
Torque	0,97 Kg-m @ 6500 rpm
Potencia	10 CV @ 7500 rpm
SISTEMA DE CAMBIO DE VELOCIDAD	
Transmisión	4 Velocidades
Embrague	Estilo mojado, múltiples placas
Relación de velocidad inicial	3,125
Relación de velocidad última	3
Relación de ruedas velocidad 1	2,909
Velocidad 2	1,8
Velocidad 3	1,277
Velocidad 4	0,954

CAPACIDAD	
Tanque (Incluyendo la de reserva)	12 L
Reserva	2 L
Aceite de la caja del cigüeñal	900 ml
SISTEMA ELÉCTRICO	
Método de encendido	C.D.I.
Modelo de bujía	NGK PBR8ES ó ND W24EPR
Batería	3 mA - 4 mA (12 V)
Foco delantero	12 V 25 W
Luz trasera/freno	12 V 3W / 10W
Luces direccionales	12 V 8 W
Tipo de fusible	10 A
Nota importante: Algunas características pueden tener una pequeña variación dependiendo del modelo/año.	

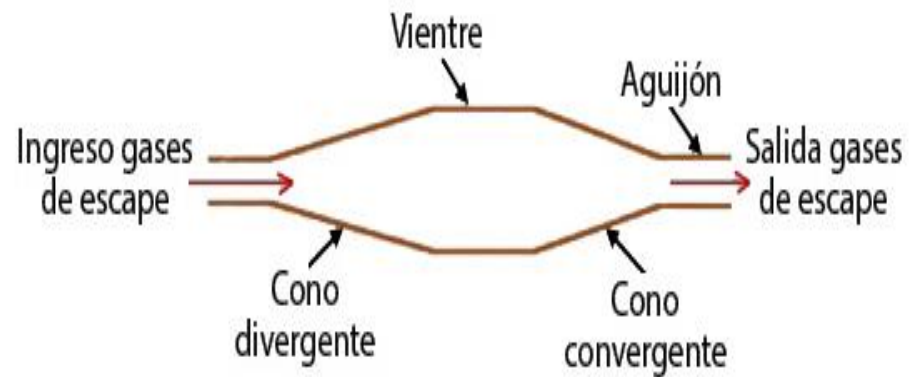
FUNCIONAMIENTO Y COMPORTAMIENTO DE UN TUNED PIPE

El TUNED PIPE incorporado a un motor de dos tiempos, intenta aprovechar la energía de las ondas de presión producidas en el proceso de la combustión, son usados para mejorar el rendimiento del motor de dos tiempos.

Por lo cual el diámetro y la longitud de las cinco secciones principales de un tubo sintonizado son críticos para la producción de la potencia deseada.

LAS SECCIONES DE LA TUBERÍA SINTONIZADA SON:

- La cabeza tubería
- Cono difusor (divergente)
- Ventre
- Cono deflector (convergente)
- El agujón.



INTRODUCCIÓN AL DISEÑO

En la fase de diseño y construcción del TUNED PIPE, el principal propósito es obtener y validar los requerimientos esenciales, manteniendo abiertas, las opciones de implementación. Esto vincula tomar comentarios de usuarios, pero sin olvidar los objetivos primordiales para no perder la atención, basándose en requerimientos previamente obtenidos, exponiendo las ventajas y desventajas para el usuario y obtener una retroalimentación que nos permite mejorar el diseño.

DISEÑOS INTERNACIONALES



DISEÑOS NACIONALES

En el país no ha registrado precedentes sobre la construcción a nivel nacional que se enfoquen al diseño, sin embargo la construcción de estos elementos se realizan en algunos talleres de manera artesanal y empírica, lo que da como resultado un dispositivo de baja calidad y bajo rendimiento



LA CASA DE LA CALIDAD

QFD (Quality Function Deployment), es una herramienta esencial conocida como casa de la calidad, sirve para conocer las capacidades sobre las características técnicas del sistema que se construirá, con el fin necesario de conocer y plasmar los requerimientos y cada una de las demandas del usuario en el producto, para así permitir una planificación de la calidad durante todo el ciclo de vida.

VOZ DEL USUARIO

De acuerdo al criterio y expectativas propuestas por usuario, el sistema TUNED PIPE debe poseer las siguientes características:

Que el sistema posea:

- Resistencia a las condiciones de trabajo.
- muy duradero.
- no necesite mantenimiento.
- una buena estética.
- bajo costo.
- liviano
- cómodo
- seguro

Fuente: Entrevista al Tecnólogo Ulises Cedillo Competidor de motocicletas.

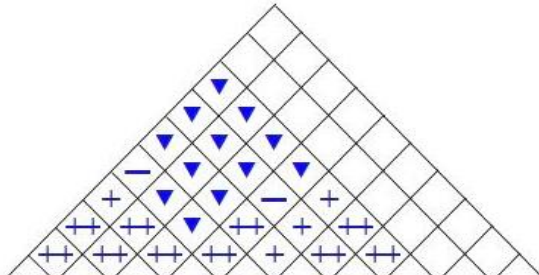
VOZ DEL INGENIERO.

Cuando ya se conoce los requerimientos y deseos subjetivos del usuario hay que traducirlos en características técnicas objetivas para el diseño de lo solicitado por el usuario.

- Resistencia a cargas térmicas.
- Resistente a la fluencia
- Resistencia última
- Selección del material
- Acabado superficial
- Peso
- Ergonomía
- Geometría

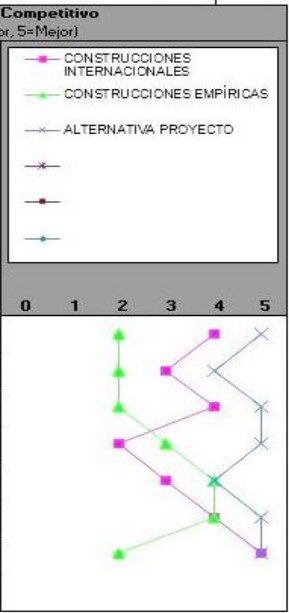
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CASA DE LA CALIDAD

Título: CASA DE CALIDAD PARA DISEÑO DE UN TUNED PIPE
Autor: EDWIN CHILQUINGA, YADIRA SEMBLANTES
Fecha: 07 DE JULIO DE 2014
Notas: EVALUACIÓN DE "MATRIZ DE CORRELACIÓN"
 EN LA PARTE IZQUIERDA LOS DESEOS DEL CLIENTE
 VS
 EL TECHO DE LA MATRIZ CARACTERÍSTICAS
 TÉCNICAS DE DISEÑO
 QUE SE PUEDE BRINDAR



Legenda		
⊙	Relación Fuerte	9
○	Relación Moderada	3
△	Relación Débil	1
⊕	Correlación positiva Fuerte	
+	Correlación Positiva	
⊖	Correlación Negativa	
▼	Correlación negativa Fuerte	
▼	Objetivo para minimizar	
▲	Objetivo para maximizar	
X	Objetivo para alcanzar meta	

Fila N	Valor Máximo de la Relación en la Fila	Peso Relativo	Peso / Importancia	Características de la Calidad (a.k.a. "Requerimientos Funcionales" o "Comos")	Columna #										Análisis Competitivo					
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CONSTRUCCIONES INTERNACIONALES	CONSTRUCCIONES EMPÍRICAS	ALTERNATIVA PROYECTO			
Dirección de Mejoramiento: Minimizar (▼), Maximizar (▲), u Objetivo (X)					▲	▲	X	▲	X	▲	▲	▲								
Calidad Exigida (a.k.a. "Requerimientos del Cliente" o "Qués")					RESISTENCIA A CARGAS TÉRMICAS	RESISTENCIA A LA FLUENCIA	RESISTENCIA ULTIMA	SELECCION DEL MATERIAL	ACABADO SUPERFICIAL	PESO	ERGONOMIA	GEOMETRIA								
1	9	21,4	3,0	DURADERO	⊙	⊙	⊙	⊙							4	2	5			
2	9	21,4	3,0	SIN MANTENIMIENTO	⊙	⊙	⊙	▲							3	2	4			
3	9	14,3	2,0	BUENA ESTÉTICA				⊙	⊙		▲				4	2	5			
4	9	14,3	2,0	BAJO COSTO	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙					2	3	5			
5	9	7,1	1,0	LIVIANO				⊙		⊙	⊙	⊙			3	4	4			
6	9	7,1	1,0	CÓMODO					⊙	⊙	⊙	⊙			4	4	5			
7	9	14,3	2,0	SEGURO	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			5	2	5			
8																				
Meta (Target) o Valor Limite					200 °C	7636,3 Kpa	21 kgfmm ²	VIDA INFINITA	VIDA INFINITA	2,5 kg	VIDA INFINITA	(40, 44, 47) (36, 77, 22) mm								
Dificultad (0=Facil de lograr, 10=Extremadamente Dificil)					1	2	2	5	5	9	9	1								
Valor Máximo de la relación en la Columna.					9	9	9	9	9	9	9	9								
Peso / Importancia					642,9	642,9	642,9	664,3	235,7	171,4	142,9	171,4								
Peso Relativo					19,4	19,4	19,4	20,0	7,1	5,2	4,3	5,2								



- Disminuir el peso significa minimizar la carga al motor.
- Para el proyecto la alternativa propuesta es la más factible comparada con las alternativas internacionales y nacionales, debido a que las ofertadas en el mercado internacional tienen un costo más elevado, por otra parte las de construcción nacional en gran mayoría el proceso de construcción es empírico y artesanal; es decir, no cuentan con un diseño y análisis previo a la fabricación.

- El material escogido para la construcción del sistema TUNED PIPE debe brindar, las características necesarias para proteger el sistema de daños provocados por polvo, aire, variaciones de temperatura, agua entre otros incrementando así su resistencia y durabilidad, además de brindar un acabado estético como el cliente demanda para evitar una temprana degradación del material lo que beneficiará a prolongar la vida útil del sistema.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Recurriendo a la casa de la calidad se han establecido especificaciones técnicas para el sistema.

Empresa Cliente: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L		Producto: Sistema de escape TUNED PIPE.	Fecha inicial: 02/07/2014 Última revisión:
Diseñadores: Edwin Chilingua Yadira Semblantes			Página 1
Especificaciones			
Concepto	Propone	R/D	Descripción
Función	C+F	R	Sistema de escape TUNED PIPE. El sistema podrá ser usado en cualquier moto SUZUKI AX100.
		R	Incrementar los parámetros de funcionamientos de un motor 2T.
		D	Dispondrá de una forma amigable y cómoda para el usuario
Dimensiones	F+D	R	Dimensiones: 1.25m; Peso Promedio 3kg.

Materiales	F+C	R	Para la fabricación del sistema se usa materiales livianos como el Acero inoxidable.
Vida útil	D+F	R	Al ser construido en acero inoxidable se garantiza un largo periodo de vida
Seguridad y Ergonomía	D+D	R	El sistema se adecuara a la disponibilidad de espacio y dimensiones de la moto para que sea seguro y cómodo para el usuario.

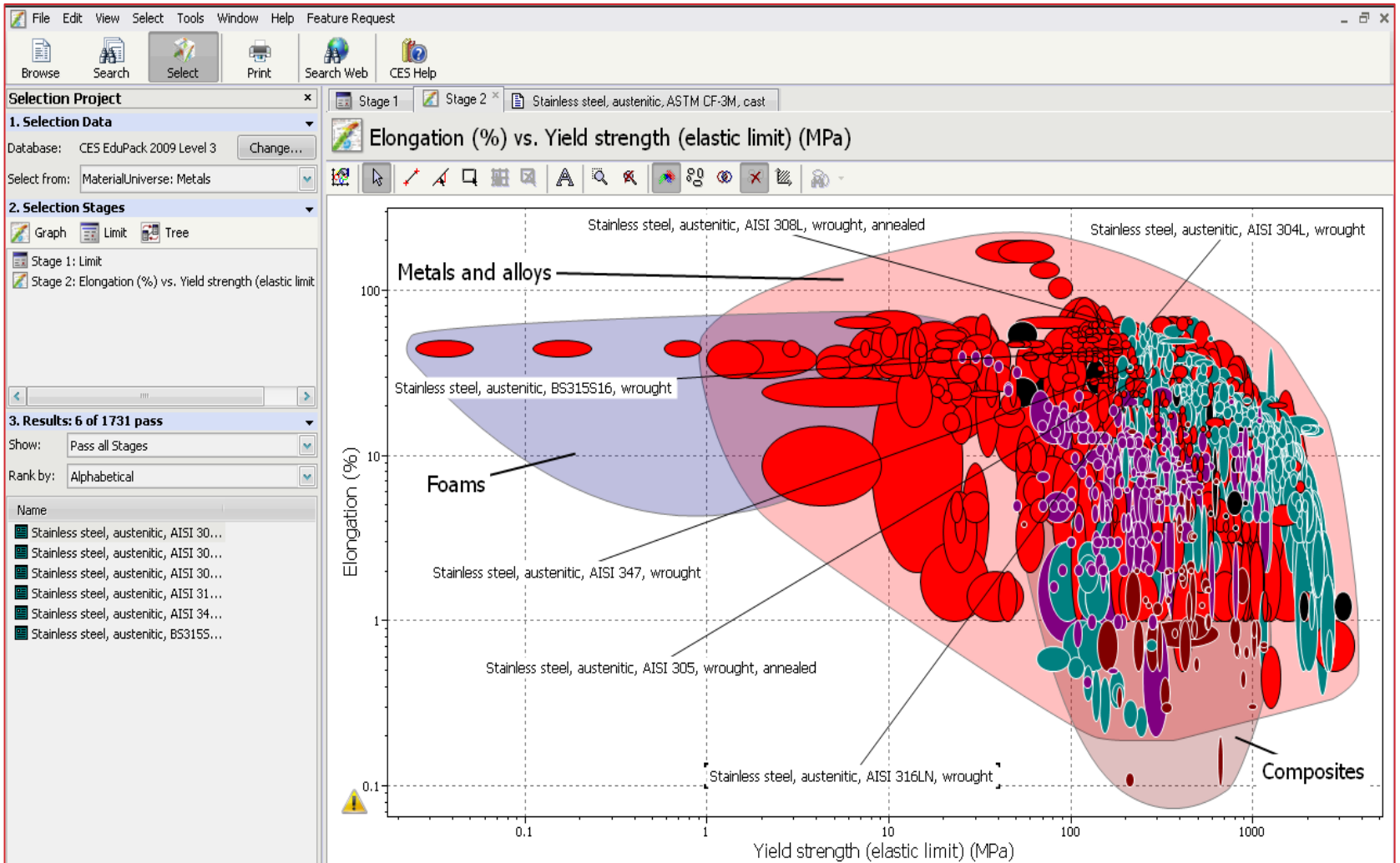
Propone: M = Márquetin, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación.

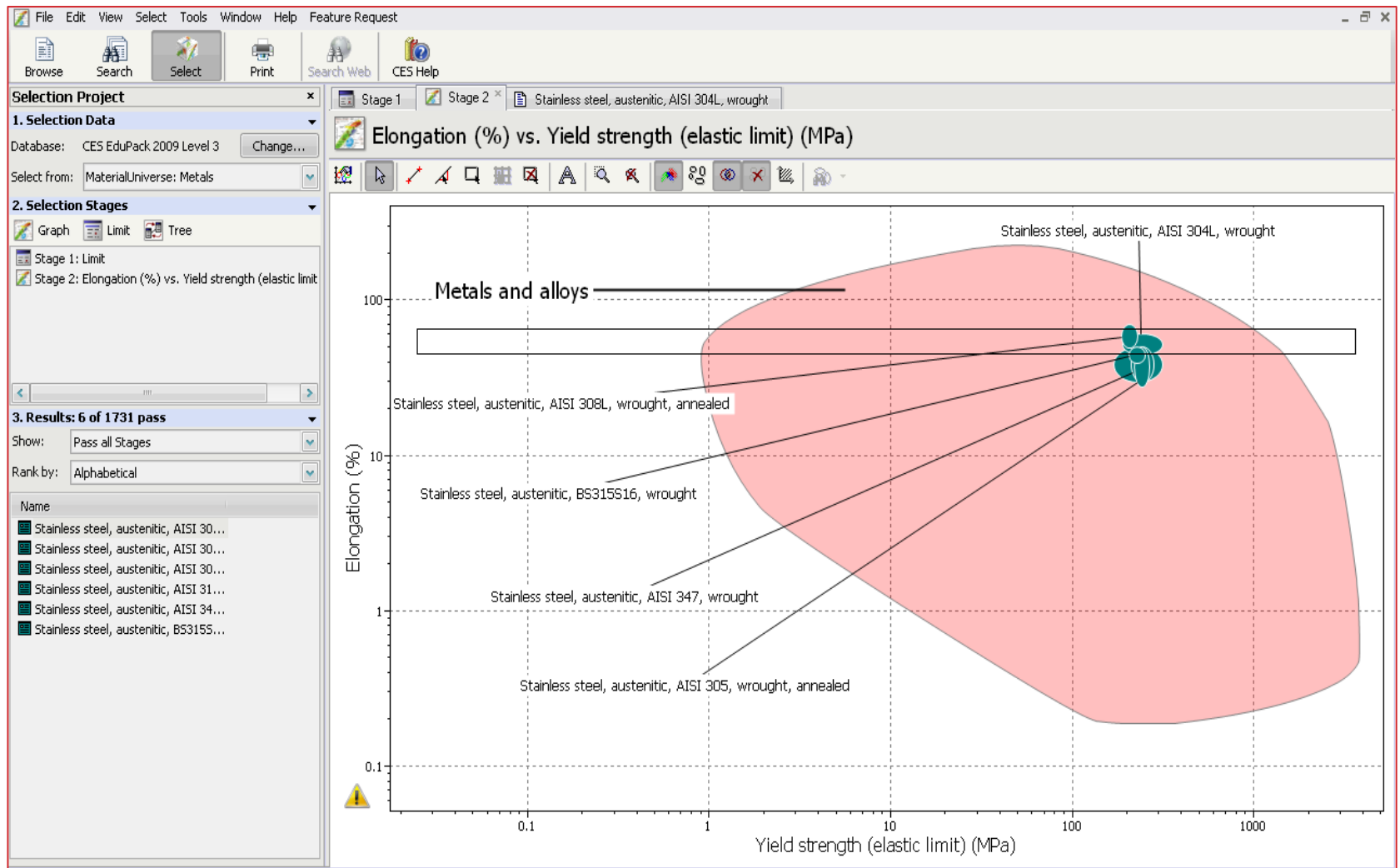
R/D: R = Requerimiento; D = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento

SELECCIÓN DE MATERIALES

SELECCIÓN DE EL TIPO DE ACERO SEGÚN SOFTWARE CES SELECTOR

Para el diseño y construcción del TUNED PIPE es importante la selección del material, para lo cual se usó el software de selección de materiales CES Selector, con la ayuda del cual, se obtuvo el material idóneo para la optimización del mismo.





Tomando en cuenta las sugerencias de diseño y construcción, propuestas por la voz del usuario se cree conveniente, usar como material base, una lámina de acero inoxidable AISI 304 de espesor 0.70 mm:

- Debido a que es liviano.
- Alta durabilidad.
- Economía su apariencia estética son las deseadas.
- Es resistente a la corrosión.
- Alta resistencia mecánica.

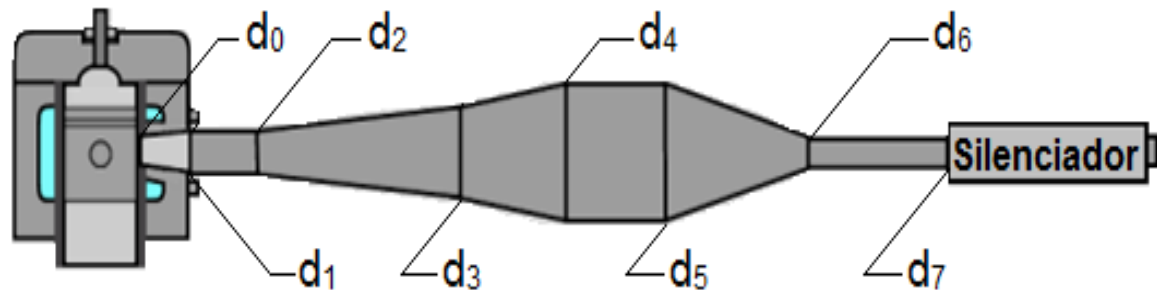
- El desempeño eficiente en presencia de la variación de temperatura ya que su estructura Ferrítica que no presenta transformación de Ferrita en Austenita durante el calentamiento ni transformación Martensítica en el enfriamiento. Por esta razón no hay posibilidad de cambios de fase.
- Otro beneficio es su factibilidad para soldadura, es de menor ductilidad que los aceros austeníticos, debido a la inherente menor plasticidad.
- Este tipo de acero lo podemos encontrar fácilmente en nuestro medio y su valor no es elevado, lo que facilita la adquisición.

CÁLCULOS Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

CONSIDERACIONES TEÓRICAS EN EL DISEÑO DE LA TUBERÍA DE ESCAPE.

Las longitudes y los diámetros deben ser lo más preciso posible, a el ducto de escape, la misma que tiene las siguientes dimensiones: el diámetro d_0 pertenece al área del puerto de escape del motor, el diámetro d_1 puede ser paralelo o cónico dependerá del juicio del diseñador, los diámetros d_2 y d_3 corresponden a la parte cónica de la pipa para dar un máximo comportamiento reflectivo e inducir ondas de expansión.

El diámetro d_4 corresponde a la parte mayor del tubo de escape, el resto de la tubería se contrae apareciendo los diámetros d_6 y d_7 los cuales sirven para reflejar los “pluggins” pulsaciones necesarias para dar alta potencia de salida, por el último diámetro se descarga los gases producto de la combustión a la atmosfera, en algunos casos se puede considerar d_7 igual a d_1 .



**CÁLCULOS Y DETERMINACIÓN
DE LONGITUDES Y DIÁMETROS
PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL
SISTEMA TUNED PIPE.**

Para el cálculo de las longitudes y diámetros consideraremos tratar los gases de escape como el aire debido a que no presentan grandes errores, asumiendo un valor de $\gamma = 1,4$ y un valor de $R = 287 \text{ J}/(\text{Kg} \cdot \text{K})$; según Blair, Gordon P. “Gas flow through two-strokes engines”. En: Design and simulation of two stroke engines.

LA VELOCIDAD DEL SONIDO DE LOS GASES DE ESCAPE

La velocidad del sonido de los gases de escape está dada por la ecuación:

$$a_0 = \sqrt{\gamma * R * T_{exc} + 273}$$

Entonces:

$$a_0 = \sqrt{\gamma * R * T_{exc} + 273}$$

$$a_0 = \sqrt{1,4 * 287 \frac{J}{Kg * K} * (357,7^\circ C + 273)K}$$

$$a_0 = \sqrt{253415,26 \frac{m^2}{s^2}} = 503,04 \frac{m}{s}$$

DIMENSIÓN LONGITUDINAL TOTAL DEL TUNED PIPE

Para dimensionar la longitud total del tubo de escape utilizamos la ecuación de longitud total (L_T) y la siguiente tabla de datos.

Ángulo del periodo de escape θ_{ep}	Máxima temperatura (°C)	RPM a la máxima temperatura	Longitud total (mm)	D. inicial (mm)
171°	140	8000	896,32	36

$$L_T = \frac{83.3 * a_0 * \theta_{ep}}{N}$$

$$L_T = \frac{83.3 * 503,04 \frac{m}{s} * 171^\circ}{8000 \text{ RPM}}$$

$$L_T = 896,32 \text{ mm}$$

CÁLCULO DE LONGITUDES DE SECCIONES DE TUNED PIPE

- **Longitud seccional 1**

$$L_1 = 0,1 * L_T$$

$$L_1 = 0,1 * 896,32$$

$$L_1 = 89,63 \text{ mm}$$

- **Longitud seccional 2**

$$L_2 = 0,275 * L_T$$

$$L_2 = 0,275 * 896,32$$

$$L_2 = 246,488 \text{ mm}$$

Longitud seccional 3

$$L_3 = 0,183 * L_T$$

$$L_3 = 0,183 * 896,32$$

$$L_3 = 164,02 \text{ mm}$$

Longitud seccional 4

$$L_4 = 0,092 * L_T$$

$$L_4 = 0,092 * 896,32$$

$$L_4 = 82,46 \text{ mm}$$

Longitud seccional 5

$$L_5 = 0,11 * L_T$$

$$L_5 = 0,11 * 896,32$$

$$L_5 = 98,59 \text{ mm}$$

Longitud seccional 6

$$L_6 = 0,24 * L_T$$

$$L_6 = 0,24 * 896,32$$

$$L_6 = 215,11 \text{ mm}$$

Longitud seccional 7

$$L_7 = 0,755 * L_6$$

$$L_7 = 0,755 * 896,32$$

$$L_7 = 162,41 \text{ mm}$$

CÁLCULO DE DIÁMETROS DE SECCIONES DE TUNED PIPE

Para los diámetros de cada sección tenemos:

$$d_1 = k_1 * d_0$$

$$d_4 = k_2 * d_0$$

Donde las constantes k_1 y k_2 dependen del tipo de motor y la función que este desempeña:

TIPO DE FUNCIONAMIENTO	k_1	k_2
Motores de tipo enduro	1,05	2,125
Motores comunes	1,125	3,25

Para el diámetro d_5 generalmente es igual al d_4 , mientras que para los diámetros d_2 y d_3 tenemos las siguientes formulas exponenciales:

$$d_2 = d_1 * e^{X_{12}}$$

$$d_3 = d_1 * e^{X_{13}}$$

Los exponentes X_{12} y X_{13} son determinados en función de las longitudes de la siguiente manera:

$$X_{12} = \left(\frac{L_2}{L_2 + L_3 + L_4} \right)^{K_h} * \ln \left(\frac{d_4}{d_1} \right)$$

$$X_{13} = \left(\frac{L_2 + L_3}{L_2 + L_3 + L_4} \right)^{K_h} * \ln \left(\frac{d_4}{d_1} \right)$$

Donde K_h hace que la tubería de escape presente difusores diseñados como bocina, y el valor del coeficiente está designado desde 1,25 hasta 2.

El diámetro inicial (d_0) del sistema de escape para la motocicleta Suzuki AX-100 es 36 mm, este diámetro es tomado del puerto de escape en la culata del motor, utilizando las ecuaciones, se obtiene los diámetros próximos d_1 y d_4 para la geometría del sistema tuned pipe utilizando los valores dados para motores tipo enduro antes mostrada de donde se obtiene que:

Diámetro 1, ecuación

$$d_1 = k_1 * d_0$$

$$d_1 = 1,05 * 36$$

$$d_1 = 37,8 \text{ mm}$$

Diámetro 4, ecuación

$$d_4 = k_2 * d_0$$

$$d_4 = 2,125 * 36$$

$$d_4 = 76,5 \text{ mm}$$

El diámetro 5 es normalmente igual al diámetro 4 por lo que tenemos:

$$d_5 = d_4 = 76,5 \text{ mm}$$

Para los diámetros d_2 y d_3 de las ecuaciones con $k_h = 1,6$ valores promedio entre el coeficiente mínimo y máximo para las bocinas de los difusores:

$$X_{12} = \left(\frac{L_2}{L_2 + L_3 + L_4} \right)^{k_h} * \ln \left(\frac{d_4}{d_1} \right)$$

$$X_{12} = \left(\frac{246,48}{246,48 + 164,02 + 82,46} \right)^{1,6} * \ln \left(\frac{76,5}{37,8} \right)$$

$$X_{12} = 0,2325$$

$$X_{13} = \left(\frac{L_2 + L_3}{L_2 + L_3 + L_4} \right)^{k_h} * \ln \left(\frac{d_4}{d_1} \right)$$

$$X_{13} = \left(\frac{246,48 + 164,02}{246,48 + 164,02 + 82,46} \right)^{1,6} * \ln \left(\frac{76,5}{37,8} \right)$$

$$X_{13} = 0,5259$$

De donde:

Diámetro 2

$$d_2 = d_1 * e^{x_{12}}$$

$$d_2 = 37,8 * e^{0,2325}$$

$$d_2 = 47,69 \text{ mm}$$

Diámetro 3

$$d_3 = d_1 * e^{x_{13}}$$

$$d_3 = 37,8 * e^{0,5259}$$

$$d_3 = 63,95 \text{ mm}$$

Para la sección media debido a que es cilindro el diámetro es el mismo.

Diámetro 5

$$d_5 = d_4$$

$$d_5 = d_4 = 76,5 \text{ mm}$$

Diámetro 6

El diámetro de la sección final es igual en el inicio y el final por lo que ($d_6 = d_7$).

$$d_6 = 0,6 * d_0$$

$$d_6 = 0,6 * 36 = 21,6 \text{ mm}$$

$$d_6 = d_7 = 21,6 \text{ mm}$$

DIMENSIONES FINALES DE TUNED PIPE

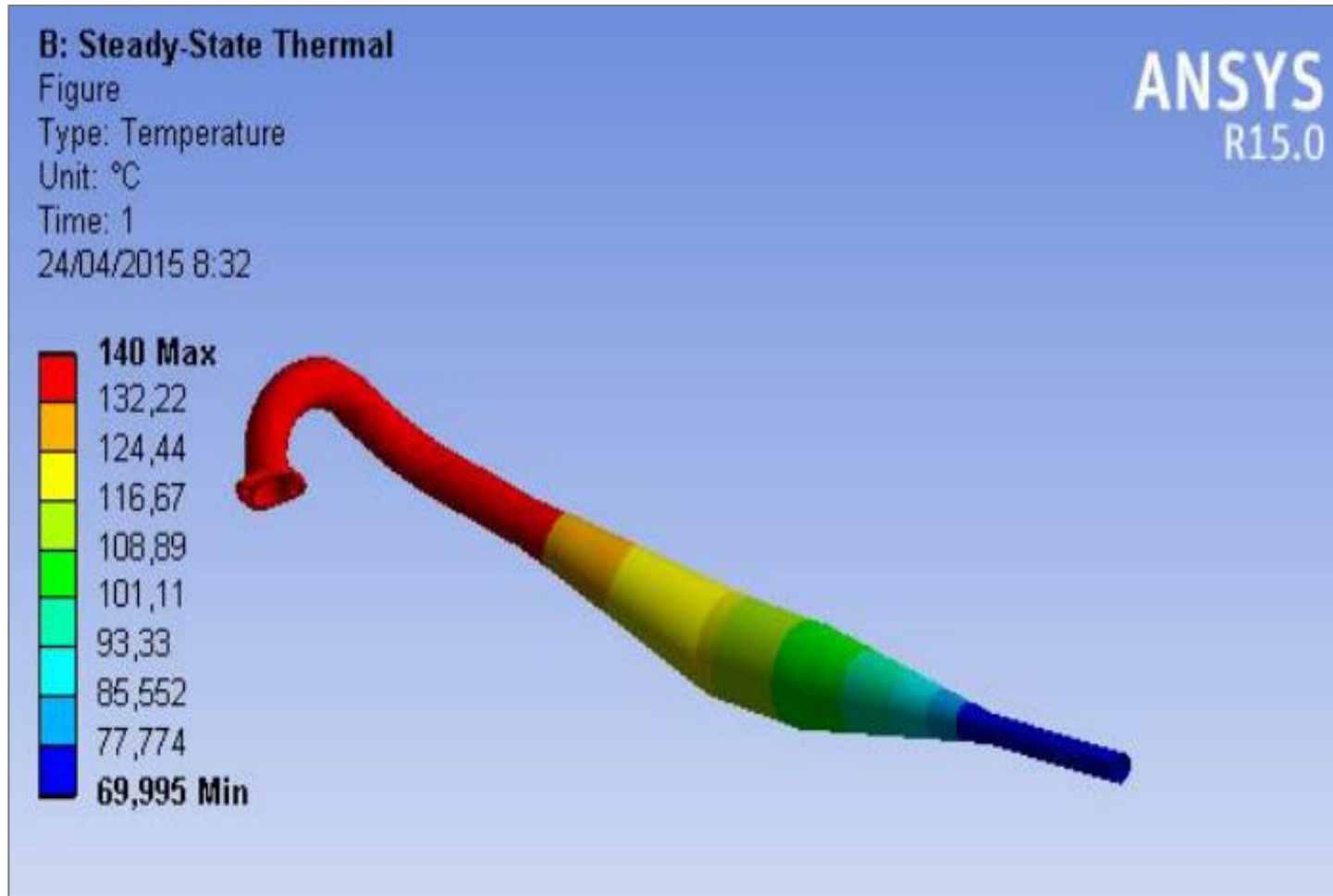
			D0	36 mm
L1	89,63 mm		D1	37,8 mm
L2	246,48 mm		D2	47,69 mm
L3	164,02 mm		D3	63,95 mm
L4	82,46 mm		D4	76,5 mm
L5	98,59 mm		D5	76,5 mm
L6	215,11 mm		D6	21,6 mm
L7	162,41mm		D7	21,6 mm

DIBUJO Y SIMULACIONES DE DISEÑO

DIBUJO EN 3D



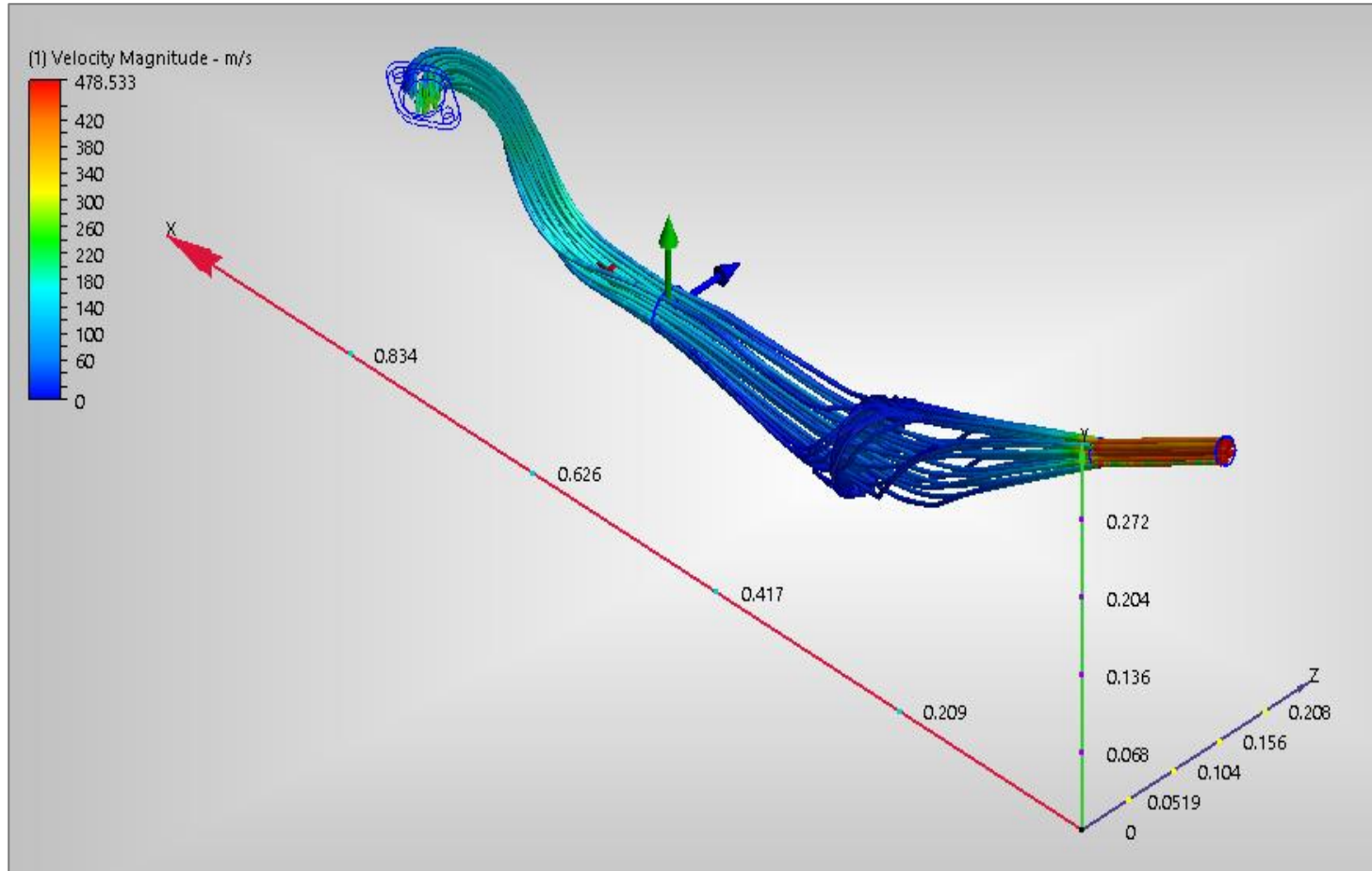
ESTUDIO TÉRMICO



Se observa la variación de temperaturas, en el inicio del sistema, punto donde los gases de escape empiezan a salir a altas temperaturas de hasta 140 C° , desde interior del motor, así como también el decremento de temperaturas hasta casi 70 C° .

Sin sufrir transformaciones en su estructura interna, debido a que a medida que los gases van recorriendo la trayectoria del TUNED PIPE se van enfriando, y de esta manera en la última sección del TUNED PIPE los gases salen con menor temperatura al ambiente.

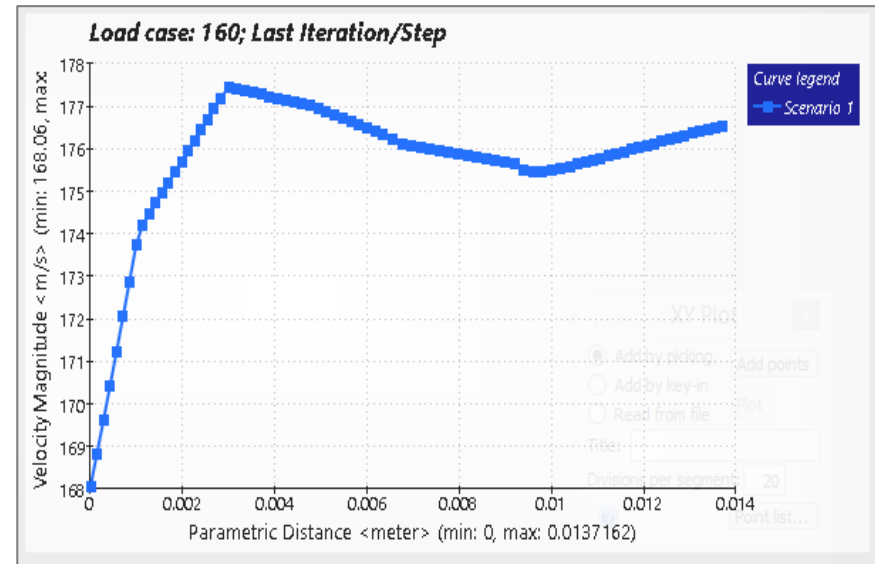
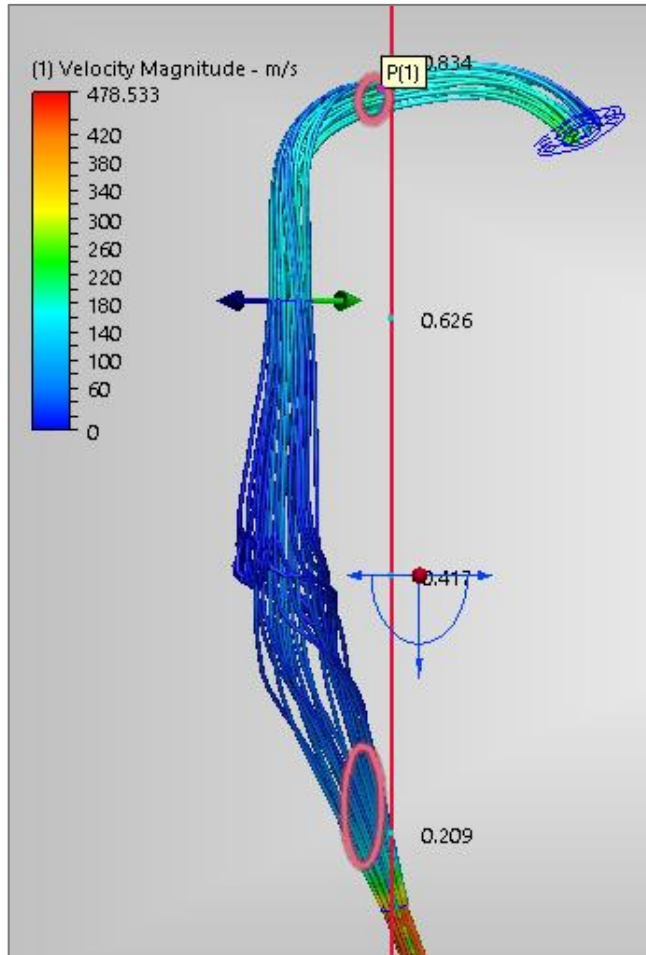
ESTUDIO DE VELOCIDAD



La velocidad de flujo de gases combustionados muestra en que es uniforme en la sección del codo, hasta llegar al cono difusor, manteniendo una velocidad promedio de 140 m/s, mientras que en la sección media se crea una turbulencia en su recorrido y al aumentar el diámetro de la sección la velocidad baja a un promedio de 40 m/s, para después aumentar gradualmente la velocidad de recorrido en el cono convergente hasta el escape o stinger, aumentando notablemente la velocidad a un promedio de 400 m/s.

ESTUDIO DE VELOCIDAD DE FLUJO DE GASES POR SECCIONES

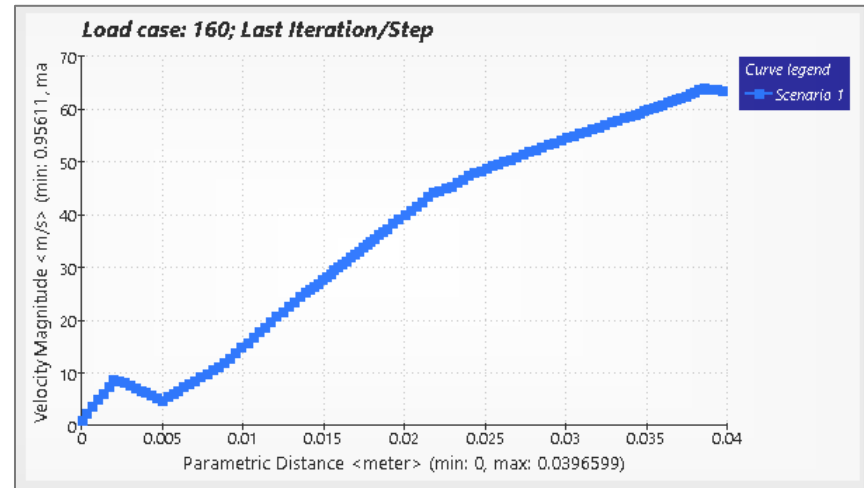
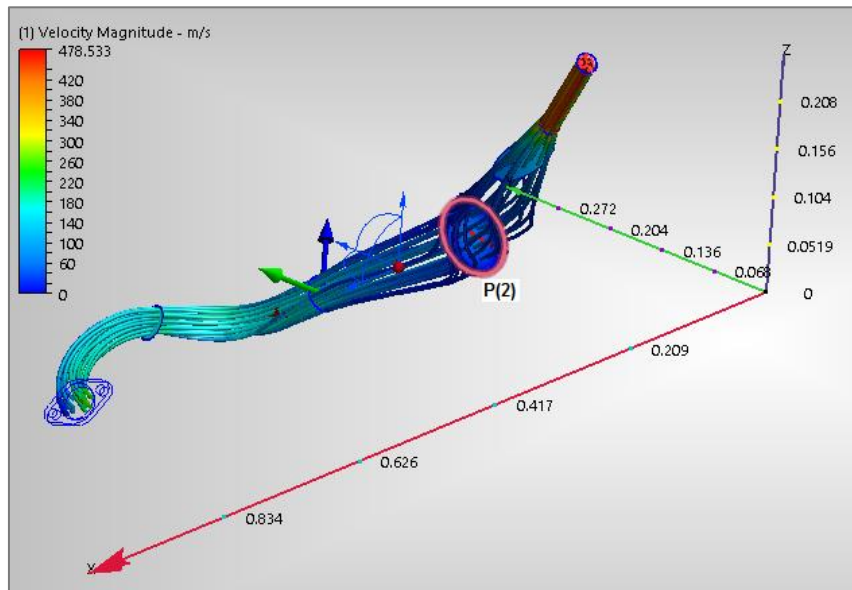
SECCIÓN P (1)



Para el estudio de velocidad de flujo se gases combustionados del sistema se ha tomado en cuenta tres puntos primordiales señalados en las Figuras:

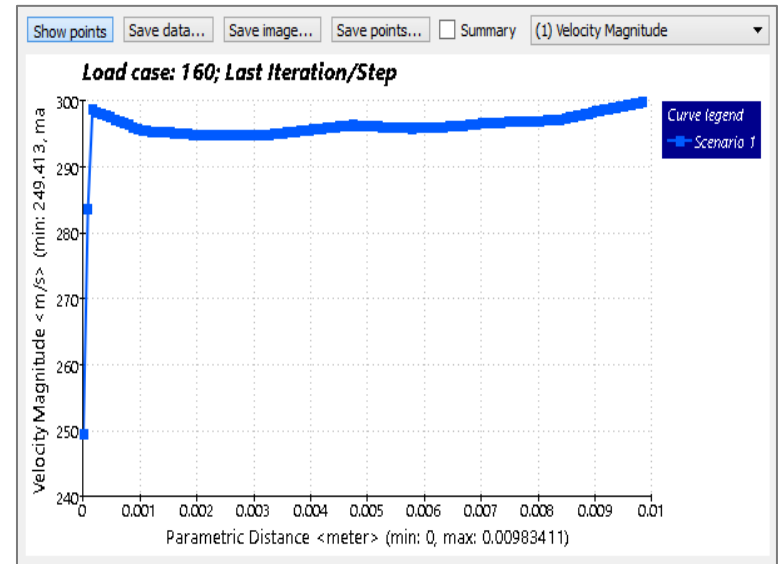
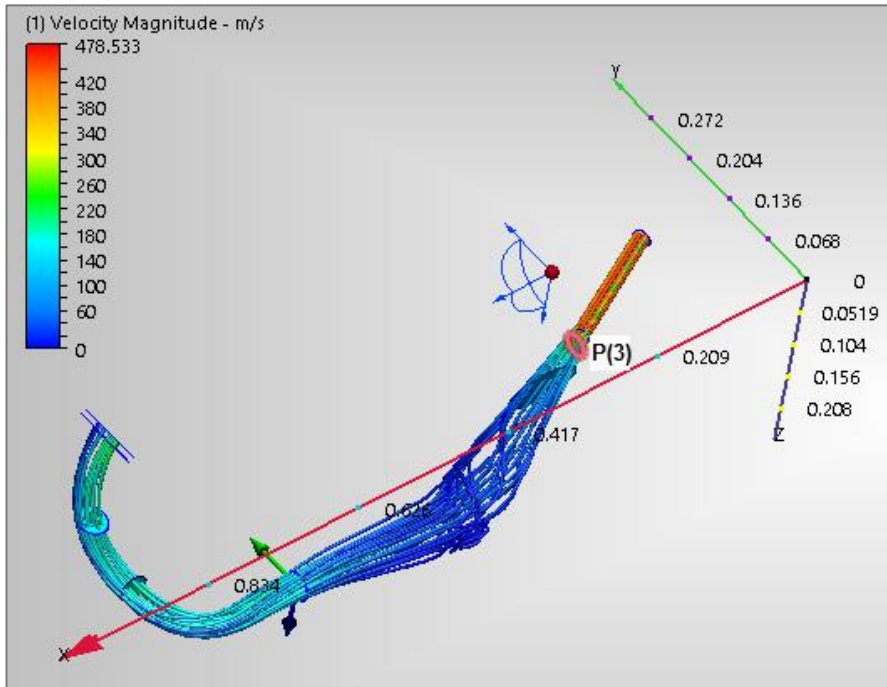
- Sección P (1), dispuesto en el codo, componente que conecta el sistema al motor , en esta sección se denota un incremento de la velocidad de flujo de gases de 168 m/s, hasta 177.5 m/s.

SECCIÓN P (2)



La sección P (2), tomada en el componente medio o belly, se observa un decremento de velocidad significativo mostrado, obteniendo en este punto, 70 m/s como velocidad máxima de flujo, en donde a diferencia de la velocidad de flujo obtenida en las mediciones en la Sección P (1), se denota el decremento, esto ocurre debido al cambio de geometría en la sección de estudio.

SECCIÓN P (3)

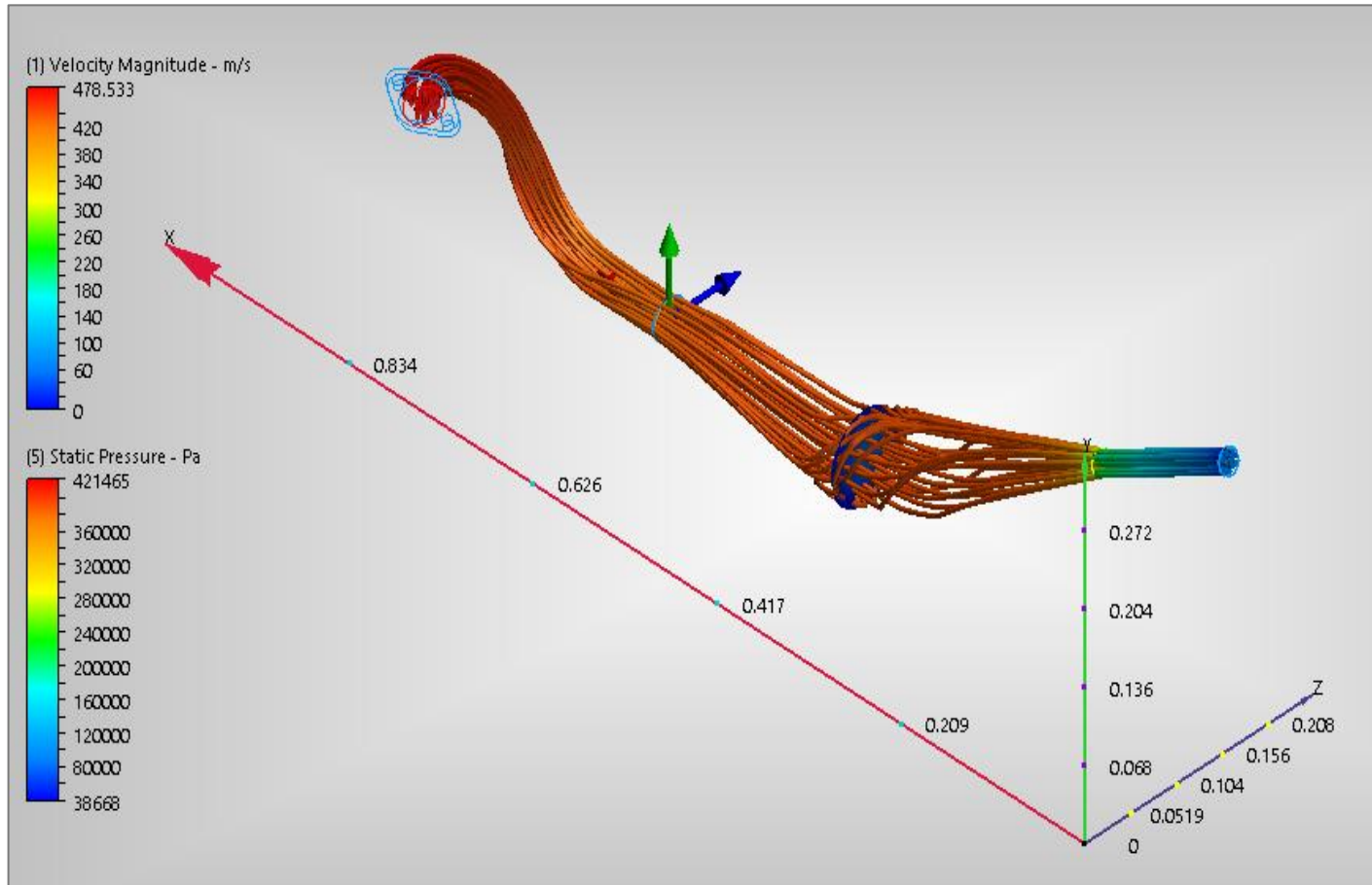


ANÁLISIS DE CURVAS DE MAGNITUD DE VELOCIDAD EN SECCIONES.

El tercer punto de estudio, Sección P (3), muestra un amplio incremento de velocidad siendo este un punto de cambio de sección, que permite diferenciar notoriamente la variación de velocidad de v_a de 250 m/s en el final del como convergente, hasta 300 m/s en el inicio del stinger, área de estudio donde se produce la mayor transición de velocidad en todo el sistema.

Esta diferencia que se denota entre las velocidades de flujo de gases combustionados, en las diferentes secciones estudiadas en el interior del TUNED PIPE, se debe a la variación geométrica que se presenta en la configuración del sistema, ya que al ser irregular en sus secciones hace que la velocidad del flujo, en el tramo de la tubería que tiene menor sección para el caso el P (3), y P (1), sean mayores a la velocidad del flujo obtenido en el tramo que tiene mayor sección, como sucede en la punto de estudio P (2).

ESTUDIO DE PRESIÓN



Se observa que la presión en la tubería es casi constante debido a la geometría del sistema, con una presión promedio, que a medida que se va aumentando el diámetro de sección va aumentando la presión a excepción del último tramo del sistema, que al ser sección más angosta la presión disminuye, debido al principio de Bernoulli que nos dice que a mayor velocidad, menor presión y viceversa.

PROCESO DE FABRICACIÓN

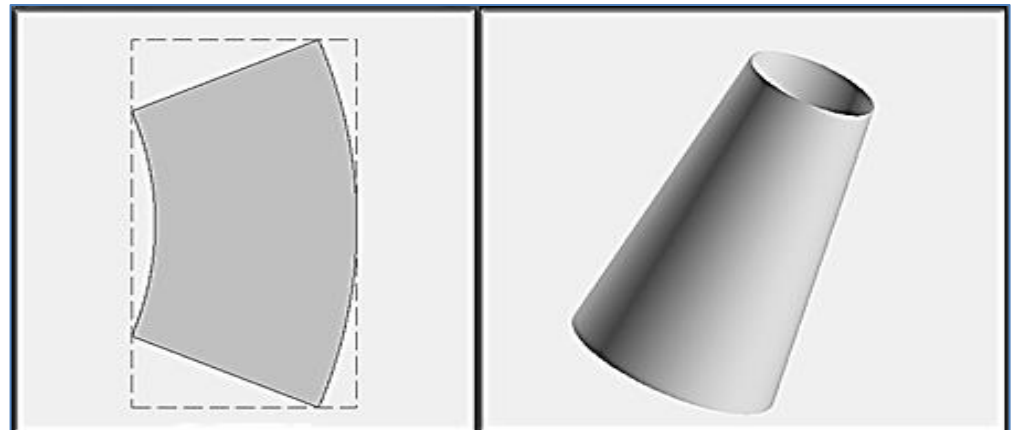
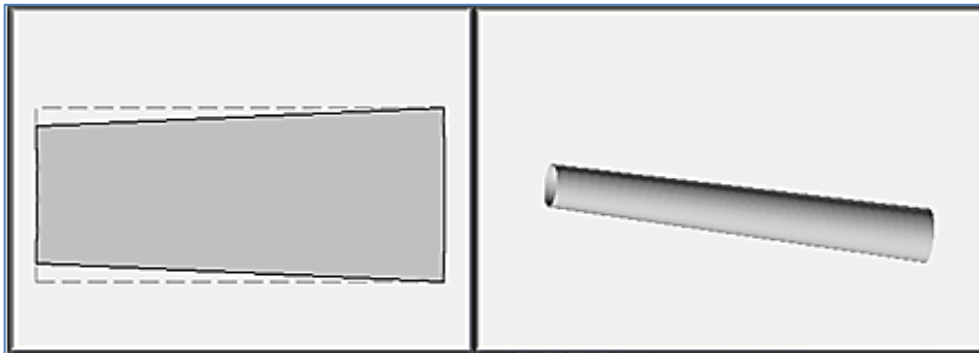
OPERACIONES TECNOLÓGICAS

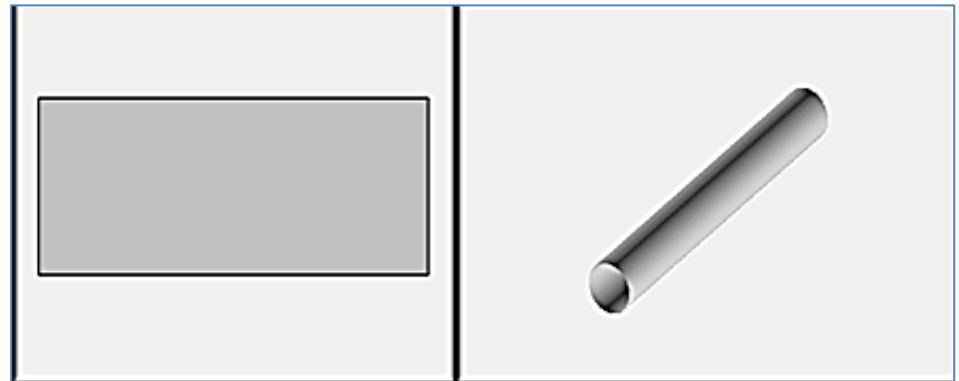
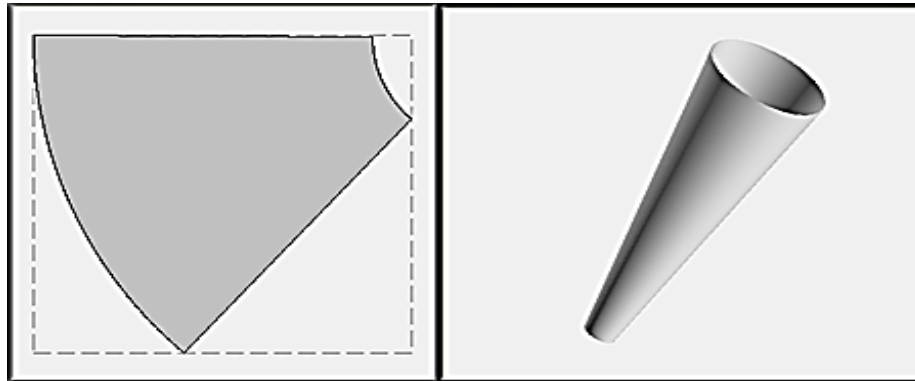
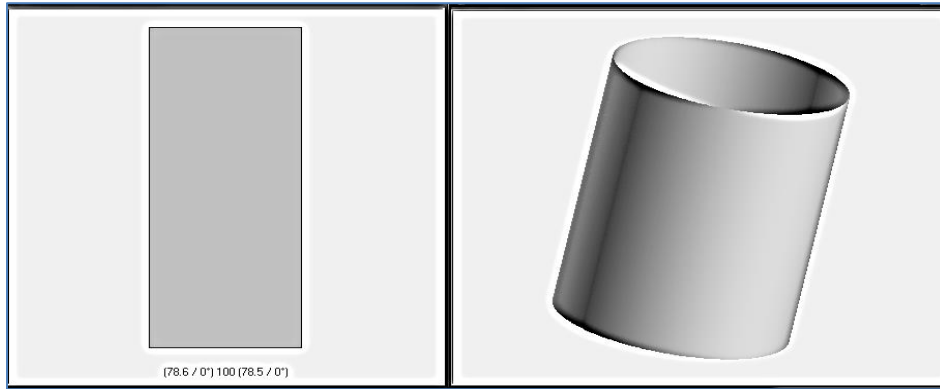
N° De Operaciones	Operaciones
1	Medición
2	Trazado
3	Corte
4	Barolado
5	Doblado
6	Soldadura
7	Unión de partes (Soldadura)
8	Limpieza de rebabas
9	Acabados
10	Montaje

PROCESOS INICIALES

MEDICIÓN

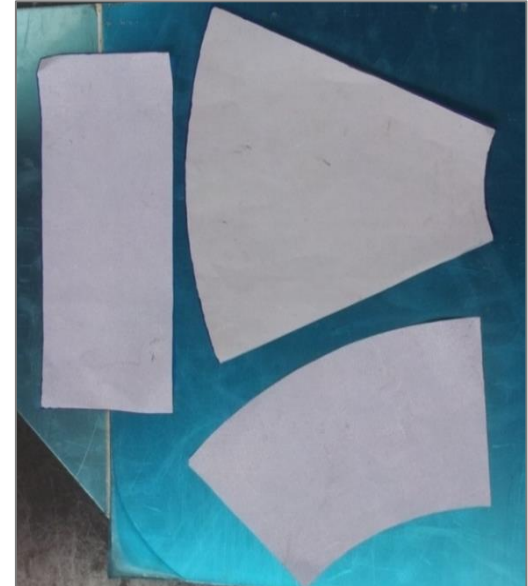
Con la ayuda del software Cone Wizard se obtuvo los componentes con medidas reales.





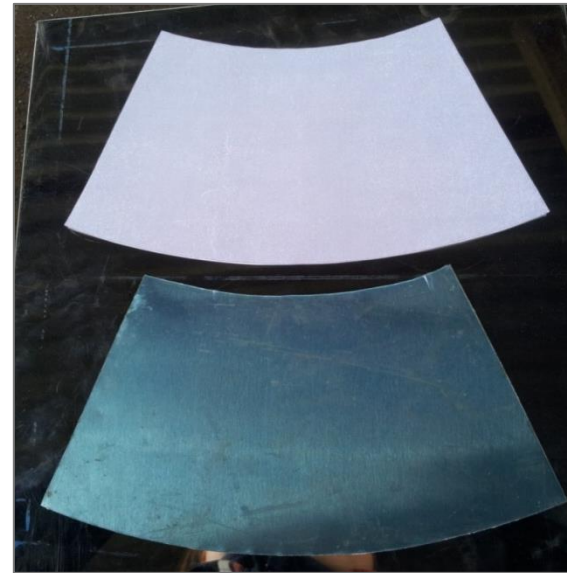
TRAZADO

Trazamos la silueta en la plancha de acero inoxidable siguiendo los moldes antes establecidos.



PROCESO DE CORTE

Este proceso fue realizado con atención, siguiendo precauciones y usando el equipo de seguridad necesario para evitar accidentes.



PROCESO DE BAROLADO

A este proceso se lo denomina también como doblado, debido a que aquí se da forma a la lámina convirtiéndola en conos (ovalados) y vientre (cilíndrico).



PROCESOS FINALES

PROCESO DE SOLDADURA

La suelda a utilizada fue la TIG, debido a que el material que empleamos para la elaboración del TUNED PIPE es muy delgado.



LIMPIEZA DE RESIDUOS DE SOLDADURA

Los residuos son limpiados con la moladora y un disco de pulir obteniendo un mejor terminado superficial del sistema en conjunto, es necesario por motivos estéticos.



ACABADOS

El sistema TUNED PIPE fue sometido a un proceso de cromado, con el cual queda terminado y listo para ser ensamblado al motor.



PRUEBAS Y MEDICIONES

Para garantizar el buen funcionamiento del proyecto la motocicleta SUZUKI AX100 siguió un protocolo de pruebas:

- Pruebas del motor estándar.
- Pruebas del motor con TUNED PIPE incorporado.

La aplicación de estas pruebas tiene como objetivos:

Someter la motocicleta a un banco de pruebas dinamométrico para motos de hasta 125 CC, para verificar los parámetros de funcionamiento de la motocicleta (Potencia y Torque).

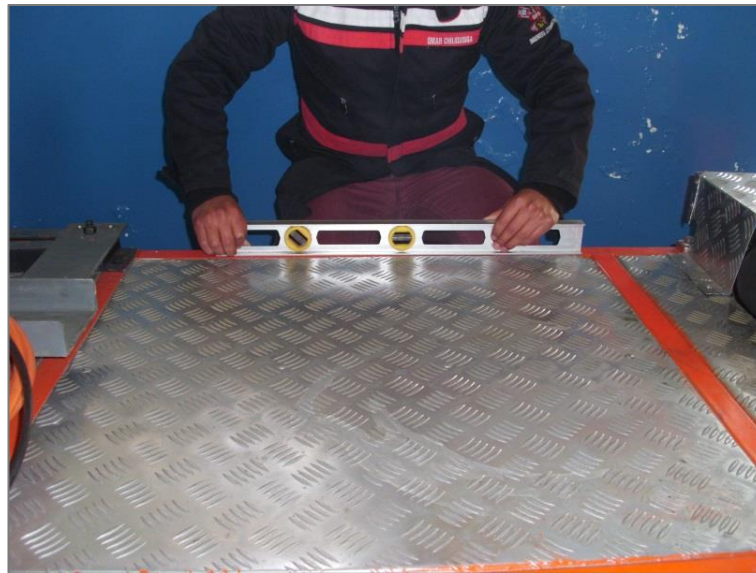
Partiendo del reposo y en carretera, cronometrar el tiempo de recorrido de una distancia determinada a una aceleración máxima.

Alcanzado una velocidad promedio y sobre una carretera, cronometrar el tiempo de frenado que tiene motocicleta.

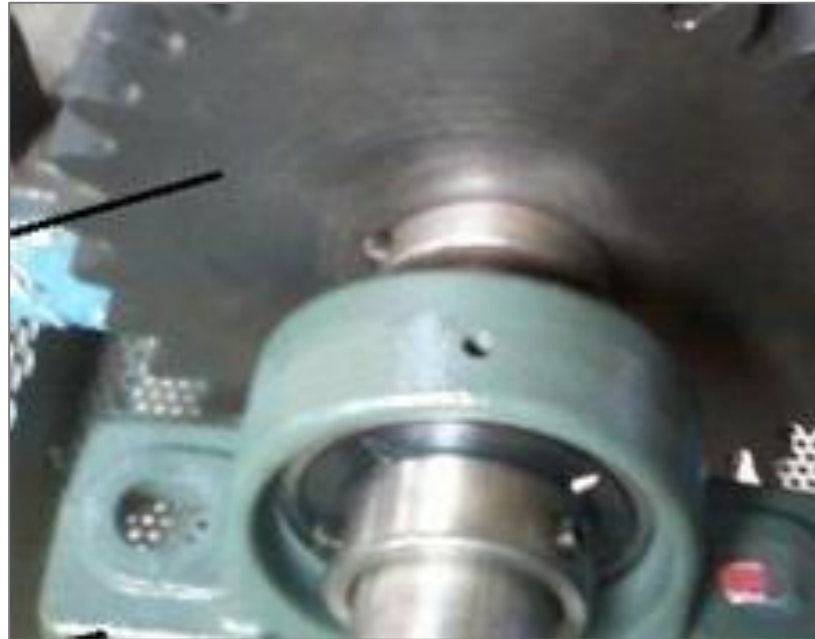
Realizar una prueba de autonomía de consumo de combustible.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Nivelación del banco de pruebas dinamométrico, a fin de evitar vibraciones que pueden alterar la toma de mediciones de los parámetros obtenidos.



2. Lubricación de los sistemas móviles, evita el desgaste excesivo con el propósito de preservar el banco de pruebas.



3. Conexión del compresor al cilindro neumático del banco de pruebas dinamométrico.



4. Adecuación del vehículo al banco de pruebas dinamométrico por la ranfla haciendo coincidir la llanta posterior con el conjunto de relación de transmisión que conforman los rodillos y a la vez por el riel del seguro de la llanta delantera



5. Sujeción a presión de la llanta delantera en el banco con el cilindro neumático para dar equilibrio a la motocicleta al momento de las pruebas.



6. Ubicación de los Tie Down en los ganchos posteriores del banco de pruebas, a fin de sujetar la parte trasera de la motocicleta he impedir movimientos bruscos de la llanta trasera al momento de la realizar las pruebas.



7. Conectar y encender el suministro de agua a la entrada del sistema hidráulico. La salida de suministro de agua no de comprometer la parte electrónica del banco de pruebas dinamométrico.



8. Revisar los sensores ópticos, galga extensiométrica, y la fuente de alimentación de la parte eléctrica-electrónica del banco de pruebas dinamométrico



9. Encender la PC, conectando la tarjeta receptora de datos con el puerto USB para que exista comunicación.



10. Encender la motocicleta e ingresar los datos en el programa para iniciar las pruebas. (TEST)

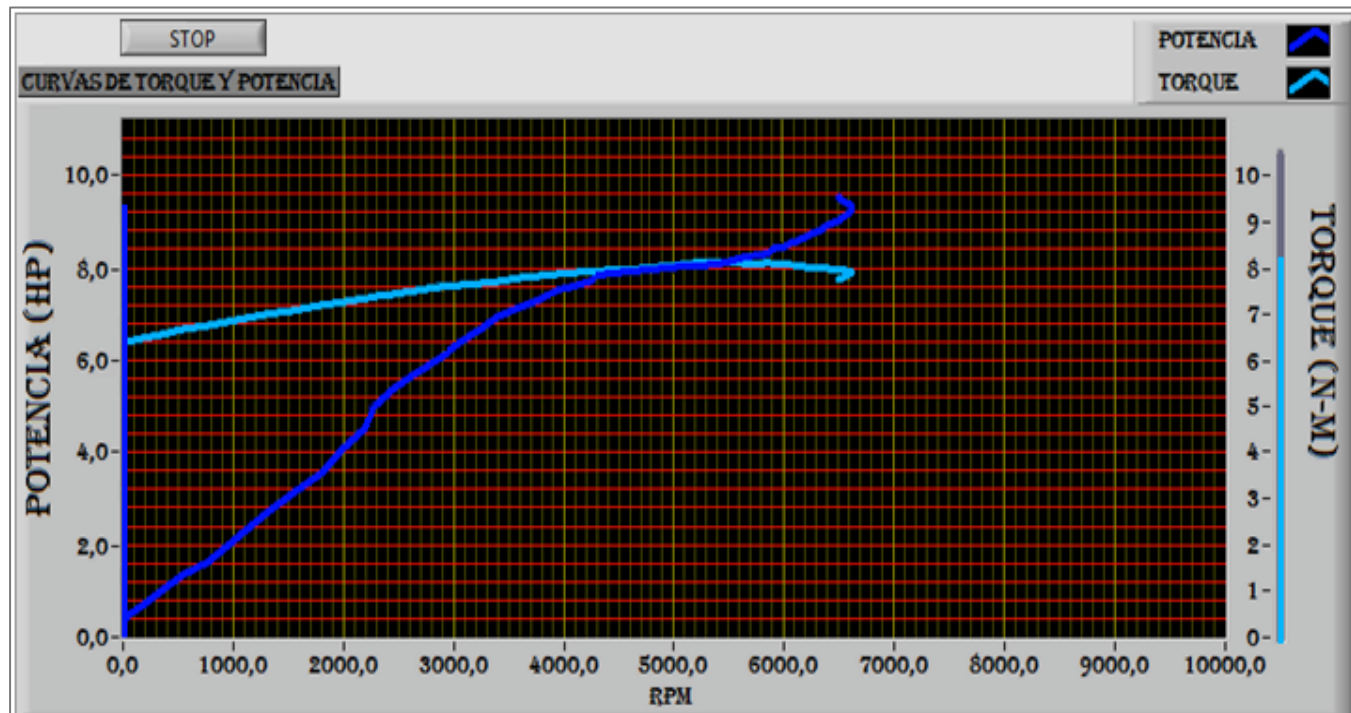


DESARROLLO Y ANÁLISIS DE PRUEBAS

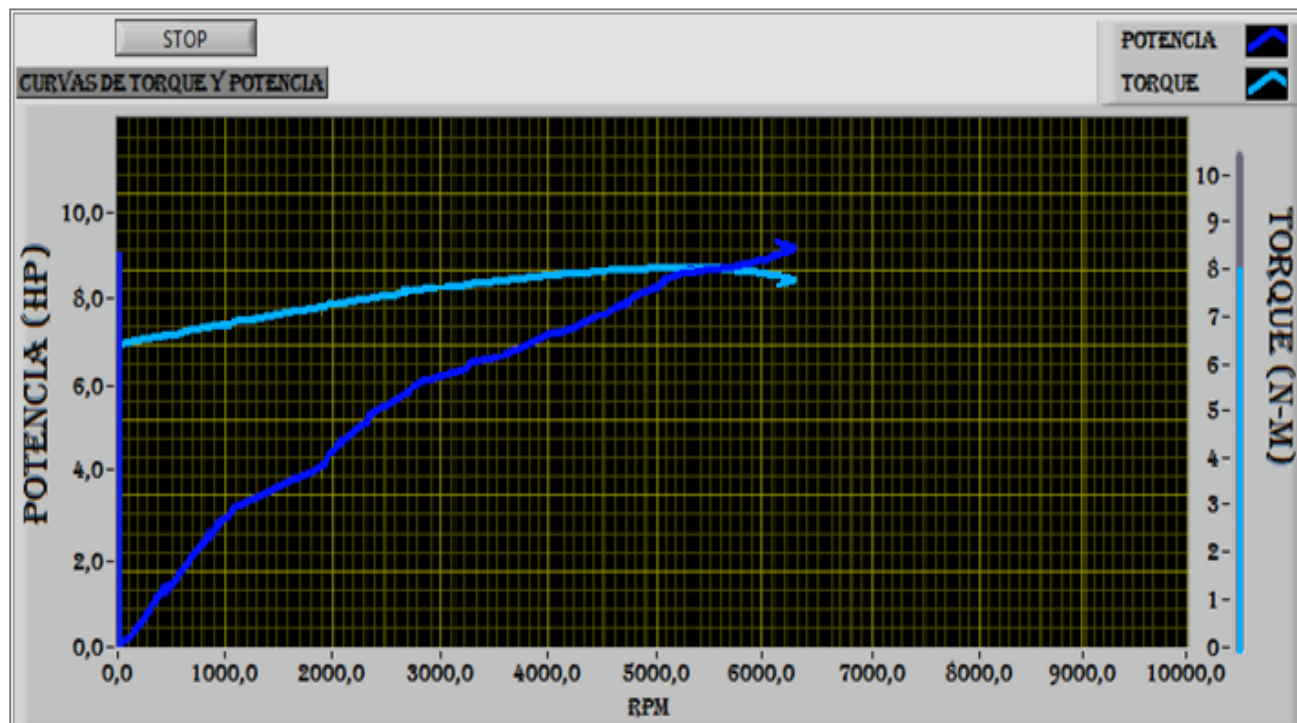
Los datos obtenidos con el banco de pruebas, demuestra que las curvas de torque y potencia están dentro de una tolerancia del 7%, ya que hay que tomar en cuenta la pérdida de energía, el tipo de combustible, la forma de conducción de la motocicleta en el banco de pruebas, la variación de la aleta de aceleración, entre otros, tomando en cuenta que los datos obtenidos son de una motocicleta con vida útil promedio.

PRUEBAS MOTOR ESTÁNDAR

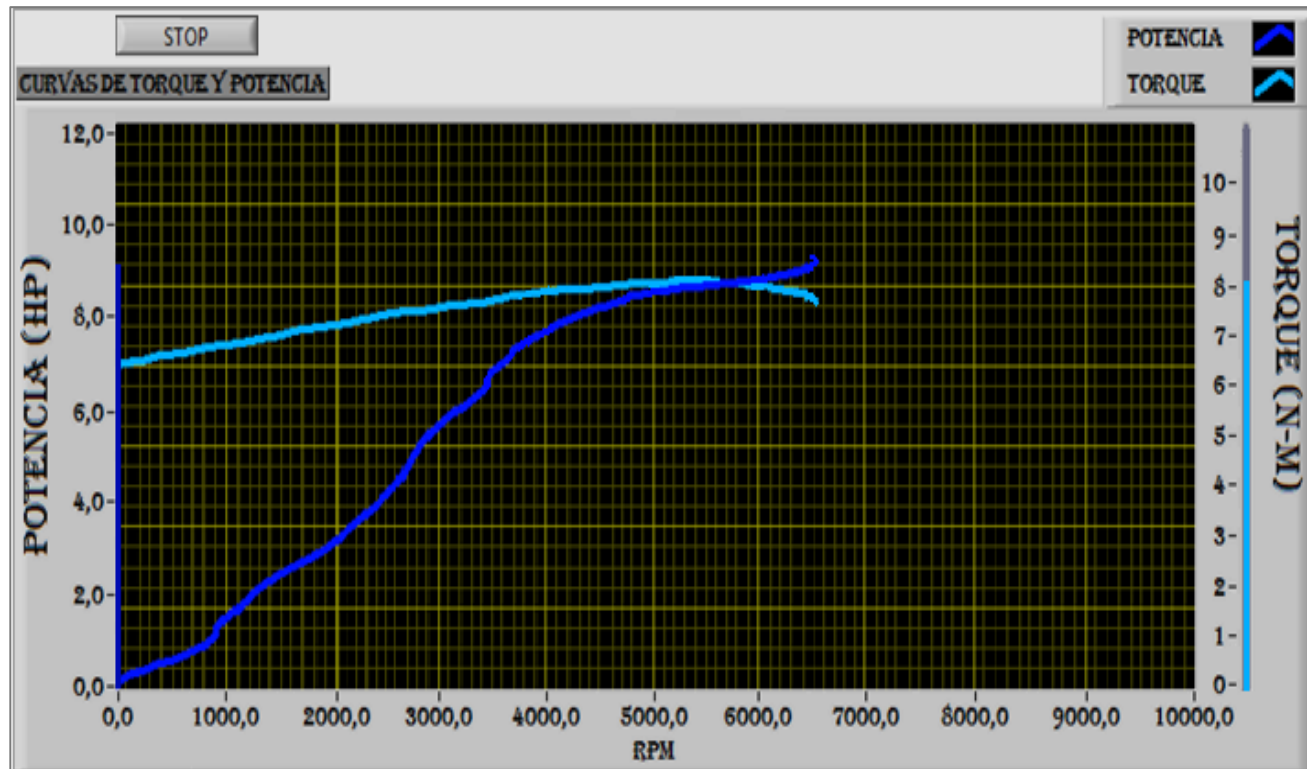
Al analizar por primera vez la motocicleta en el banco de pruebas, muestra un máximo en potencia de 9,30 HP a 6600 rpm y un torque máximo de 8,30 N-m a 5300 rpm, mientras que la ficha técnica de la motocicleta tiene un máximo de potencia de 9,86 HP a 7500 rpm y torque máximo de 9,50 N-m a 6500 rpm. De acuerdo a las curvas se producen el 5,68% de pérdidas de energía.



El segundo análisis de la motocicleta, Figura 5,17, el banco de pruebas muestra un máximo en potencia de 9,20 HP a 6300 rpm y torque máximo de 8,00 N-m a 5400 rpm, mientras que la ficha técnica de la motocicleta tiene un máximo de potencia de 9,86 HP a 7500 rpm y torque máximo de 9,50 N-m a 6500 rpm. De acuerdo a las curvas se producen el 6,69% de pérdidas de energía.



En el tercer análisis de la motocicleta, Figura 5.18, el banco de pruebas muestra un máximo en potencia de 9,20 HP a 6500 rpm y un torque máximo de 8,20 N-m a 5400 rpm, mientras que la ficha técnica de la motocicleta tiene un máximo de potencia de 9,86 HP a 7500 rpm y torque máximo 9,50 N-m a 6500 rpm. De acuerdo a las curvas se producen el 6,69% de pérdidas de energía.



RESULTADOS DE PARÁMETROS DE MOTOR ESTÁNDAR

POTENCIA Y TORQUE DEL MOTOR ESTÁNDAR				
N° DE ANALISIS	POTENCIA A HP	REVOLUCIONES RPM	TORQUE E N-m	REVOLUCIONES RPM
1	9,30	6600	8,30	5300
2	9,20	6300	8,00	5400
3	9,20	6500	8,20	5400
POTENCIA PROMEDIO		9,23 HP @ 6467 RPM		
TORQUE PROMEDIO		8,17 N-m @ 5367 RPM		

De las tres mediciones obtenidas de la motocicleta en el banco de pruebas dinamométrico hemos tomado como referencia el valor promedio; es decir la Potencia máximo será 9,23 HP a 6467 RPM y el Torque máximo de 8,1 N-m a 5367 RPM, mientras tanto la motocicleta en la ficha técnica tiene un máximo de potencia de 9,86 HP a 7500 rpm y torque máximo de 9,50 N-m a 6500 rpm.

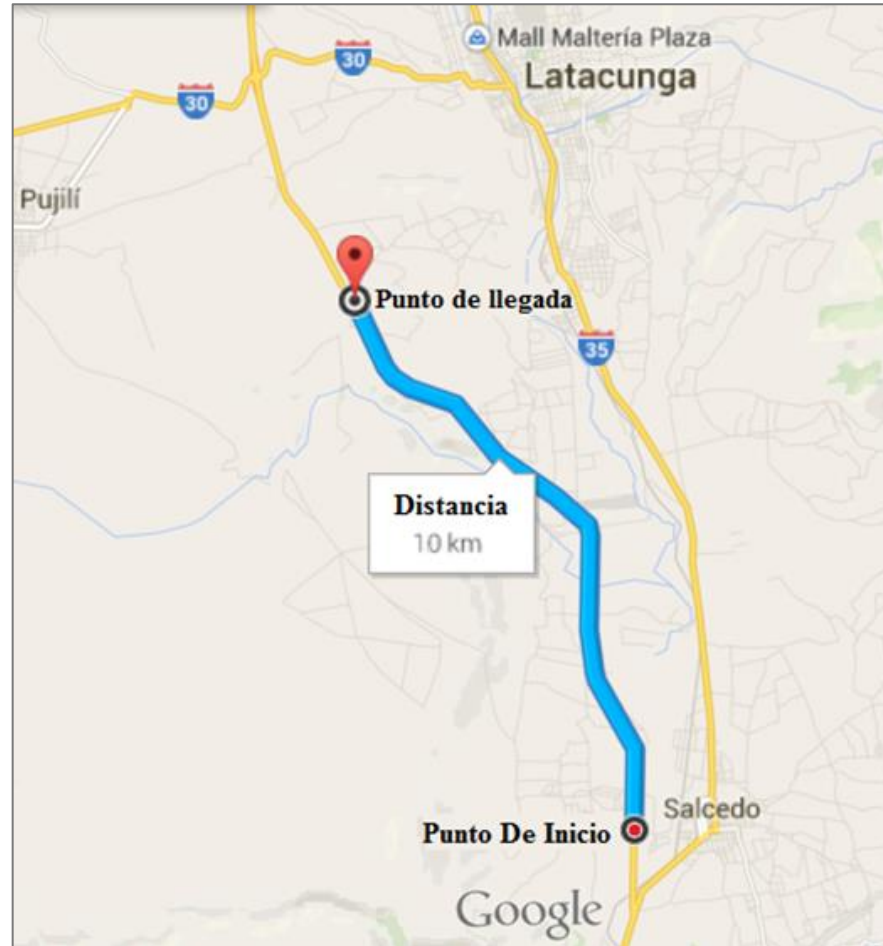
Conforme al análisis de las curvas, se produce el 6,38% de pérdidas de energía.

PRUEBA DE VELOCIDAD Y FRENO DE LA MOTOCICLETA EN CARRETERA.

Características del escenario de pruebas.

ESCENARIO DE PRUEBA TUNED PIPE Y MOTO SUZUKI AX 100					
Realizado por:	Semblantes Yadira, Chiliquinga Edwin.				
Localización:	Nueva Vía Salcedo, Barrio La Argentina (sentido Sur-Norte)				
Descripción	Utilidad	Longitud	Pendientes	Gradientes	Curvas
	Vía nueva	10 Km	2	0	6
Temperatura :	11 °C		Altitud:	2.683m s.n.m.	

CIRCUITO DE PRUEBAS PARA LA MOTOCICLETA.



PRUEBA DE VELOCIDAD Y FRENADO

Este procedimiento mide principalmente la velocidad final que tuvo la motocicleta con el sistema de escape estándar:



Luego de registrar los valores obtenidos, se concluye que la motocicleta recorrió 11 km de distancia con una velocidad promedio de 92,67 Km/h en 7 minutos y 14 segundos; el tiempo promedio de frenado fue de 6,33 segundos.

Pruebas de velocidad motor estándar					
N° de prueba	Distancia (Km)	Velocidad Final (Km/h)	Tiempo del Recorrido		Tiempo de frenado (S)
			(m)	(S)	
1	10	93	7	13	6,46
2	10	91	7	18	5,80
3	10	94	7	11	6,75
Resultado promedio	10	92,67	7 minutos 14 segundos		6,33

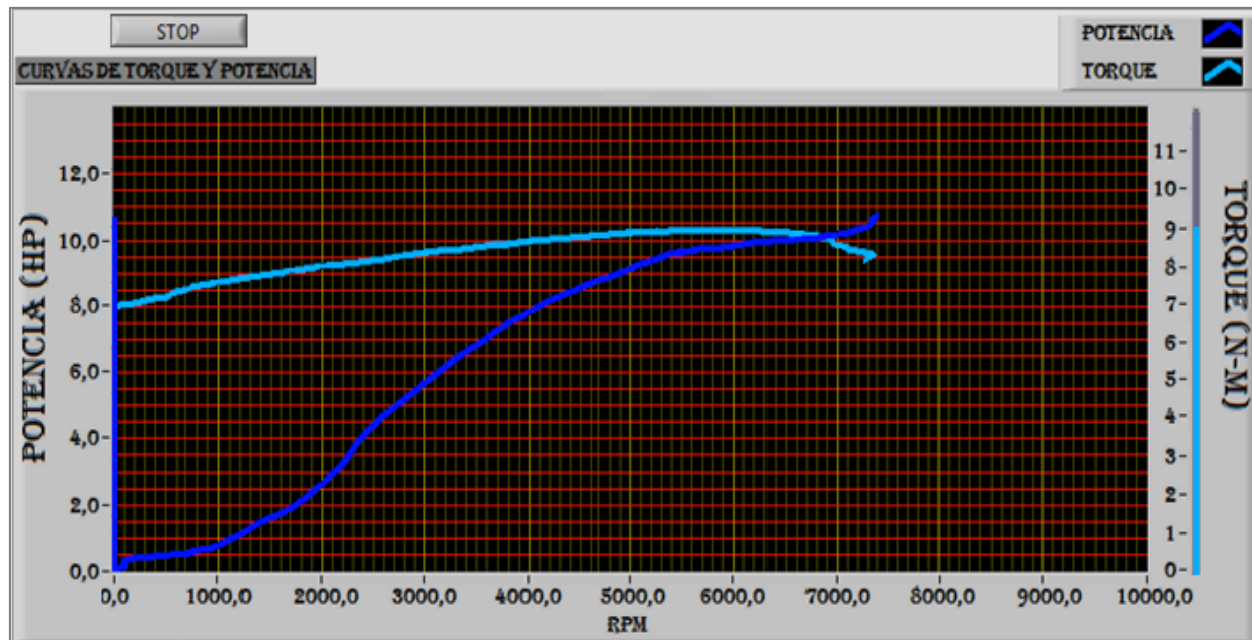
PRUEBA DE AUTONOMÍA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Para una distancia recorrida de 30 Km en carretera, el consumo de combustible es de 1215CC. Por lo que resulta que la motocicleta puede recorrer una distancia de 296 Km, con el depósito de combustible al máximo de la capacidad.

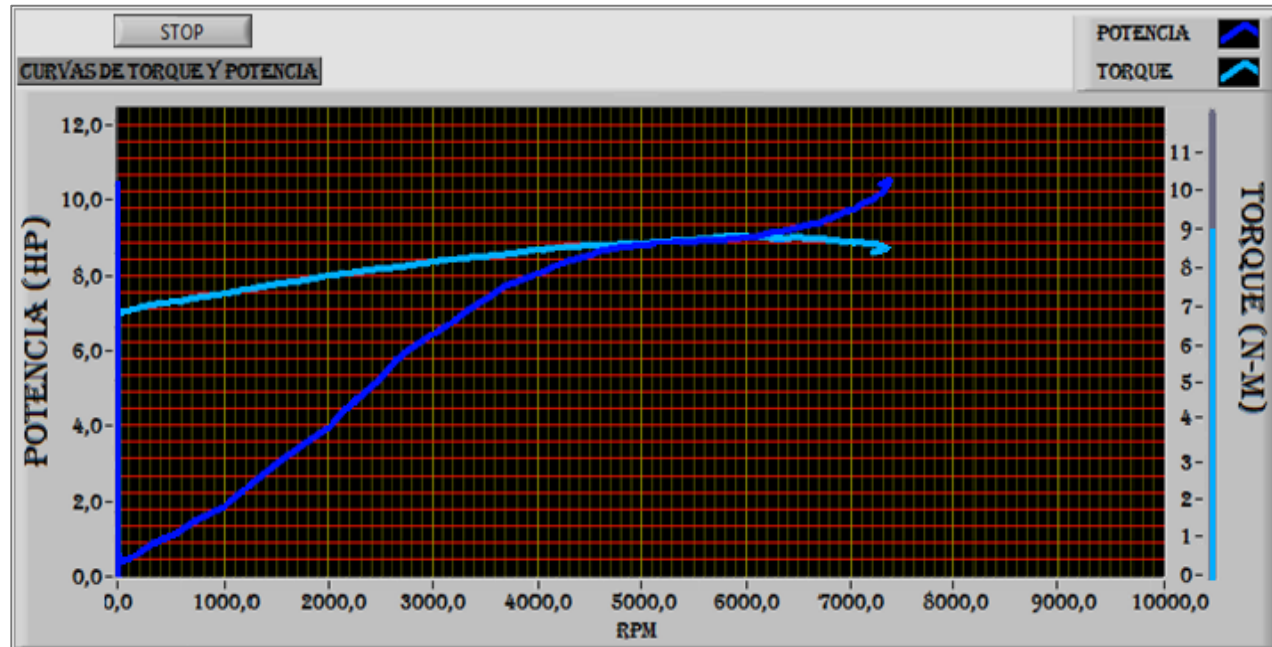
PRUEBA DE AUTONOMÍA	
Combustible	Extra 87 Octanos
Distancia recorrida	30 Km
Volumen del depósito	12000 CC
Volumen inicial del depósito	3785 CC
Volumen final del depósito	2570 CC
Volumen utilizado	1215 CC
Autonomía	296Km

PRUEBAS MOTOR TUNED PIPE INCORPORADO

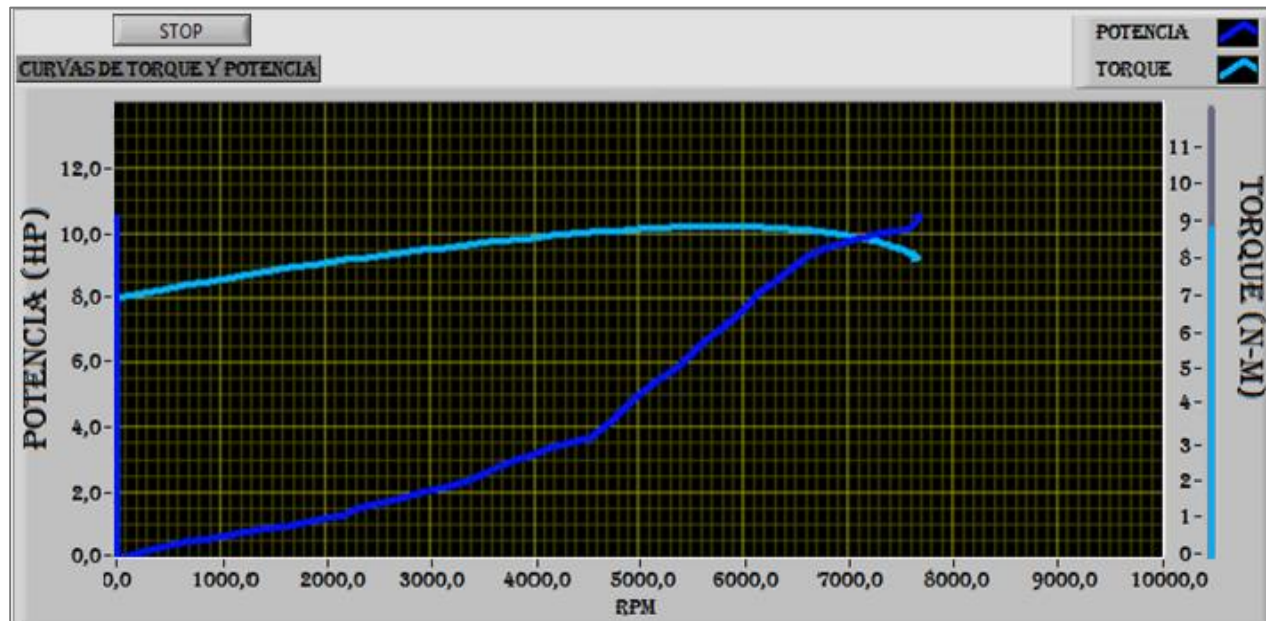
El primer análisis de la motocicleta con TUNED PIPE, Figura %.25; el banco de pruebas muestra que la potencia máxima es 10,60 HP a 7350 RPM y torque máximo de 8,90 N-m a 5900 RPM, por otra parte la potencia y el torque promedio de la motocicleta con el sistema de escape estándar era de 9,23 HP a 6467 RPM y 8,1 N-m a 5367 RPM respectivamente. De acuerdo a las curvas se produce una ganancia de 14,84% de energía.



En el segundo análisis de la motocicleta con TUNED PIPE, el banco de pruebas muestra que la potencia máxima es 10,50 HP a 7400 RPM y el torque máximo de 9,00 N-m a 6000 RPM, por otra parte la potencia y el torque promedio de la motocicleta con el sistema de escape estándar era de 9,23 HP a 6467 RPM y 8,1 N-m a 5367 RPM respectivamente. De acuerdo a las curvas se produce una ganancia de 13,76% de energía.



En el último análisis de la motocicleta con TUNED PIPE, Figura 5.27, el banco de pruebas muestra que la potencia máxima es 10,50 HP a 7700 rpm y torque máximo de 8,90 N-m a 5900 rpm, por otra parte la potencia y el torque promedio de la motocicleta con el sistema de escape estándar era de 9,23 HP a 6467 rpm y 8,1 N-m a 5367 rpm respectivamente. De acuerdo a las curvas se produce una ganancia de 13,76% de energía.



RESULTADOS DE PARÁMETROS DE MOTOR CON TUNED PIPE INCORPORADO

POTENCIA Y TORQUE DEL MOTOR ESTÁNDAR				
N° DE ANALISIS	POTENCIA HP	REVOLUCIONES RPM	TORQUE N-m	REVOLUCIONES RPM
1	10,60	7350	8,90	5900
2	10,50	7400	9,00	6000
3	10,50	7700	8,90	5900
POTENCIA PROMEDIO		10,53 HP @ 7483 RPM		
TORQUE PROMEDIO		8,93 N-m @ 5933 RPM		

De las tres últimas mediciones de la motocicleta en el banco de pruebas dinamométrico tomamos como referencia el valor promedio; en consecuencia la potencia máxima promedio será 10,53 HP a 7485 RPM y el torque máximo promedio de 8,93 N-m a 5933 RPM, mientras que la potencia y el torque promedio de la motocicleta con el sistema de escape estándar era de 9,23 HP a 6467 RPM y 8,1 N-m a 5367 RPM respectivamente. Conforme al análisis de las curvas se produce una ganancia de 14,08% de energía.

PRUEBA DE VELOCIDAD Y FRENADO

Este procedimiento mide principalmente la velocidad final que tuvo la motocicleta con el sistema de escape con TUNED PIPE incorporado:



Al registrar los valores obtenidos se observa que la motocicleta recorrió un total de 11 km de distancia con una velocidad promedio de 117,66 Km/h en 7 minutos y su tiempo promedio de frenado fue de 7,17 segundos

Prueba de velocidad motor con TUNED PIPE					
N° de prueba	Distancia (Km)	Velocidad Final (Km/h)	Tiempo del Recorrido		Tiempo de frenado (S)
			(m)	(S)	
1	10	115	6	20	5,89
2	10	120	6	14	7,83
3	10	118	6	16	7,79
Resultado promedio	10	117,66	6 minutos 16 segundos		7,17

PRUEBA DE AUTONOMÍA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CON TUNED PIPE INCORPORADO

Para una distancia recorrida de 30 Km en carretera, el consumo de combustible es de 1290CC. Por lo que resulta que la motocicleta con el TUNED PIPE instalado puede recorrer una distancia de 279 Km, con el depósito de combustible al máximo su capacidad.

PRUEBA DE AUTONOMÍA DE LA MOTOCICLETA SUZUKI AX 100	
Combustible	Extra 87 Octanos
Distancia recorrida	30 Km
Volumen del depósito	12000 CC
Volumen inicial del depósito	3785 CC
Volumen final del depósito	2495 CC
Volumen utilizado	1290 CC
Autonomía	279 Km

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

RESULTADOS DEL MOTOR ESTÁNDAR VS MOTOR CON TUNED PIPE				
	Unidad	Parámetros Estándar	Parámetros con TUNED PIPE	Diferencia Porcentual (%)
Potencia máxima	Hp	9,23	10,53	14
Torque máximo	N-m	8,17	8,93	9
Velocidad final máxima promedio	Km/h	92,67	117,66	27
Tiempo de Frenado	S	6,33	7,17	13
Autonomía de combustible	Km/Gl	24,69	23,25	-6

La motocicleta alcanza valores promedio máximos en: Potencia de 10,53 Hp @ 7485 RPM, torque de 8,93 N-m @ 5933 RPM, velocidad final 117,66 Km/h, tiempo de frenado 7,17 s y una autonomía de combustible de 23,25 Km/Gl, comparando con los parámetros iniciales promedio máximos de la motocicleta los cuales eran: Potencia de 9,23 HP @ 6467 RPM, un torque máximo de 8,17 N-m @ 5367 RPM, velocidad final 92,67 Km/h, tiempo de frenado 6,33 s y una autonomía de combustible de 24,69 Km/Gl respectivamente; se obtiene una ganancia de 14 % en potencia; 9 % en torque; 27 % en velocidad final estos valores indican cambios favorables al desempeño de la motocicleta; por otra parte aumenta el tiempo de frenado en 13 %, y un consumo de combustible mayor al inicial en un 6%.

CONCLUSIONES

- La construcción del sistema de escape, TUNED PIPE, aportó al desarrollo de nuevos estudios referente a alternativas de preparación de motores, diferentes a las ya conocidas como son el trucaje del motor, permitiendo encontrar nuevos métodos de mejorar las prestaciones del motor. El TUNED PIPE incorporado a un motor de dos tiempos intenta aprovechar la energía de las ondas de presión producidas en el proceso de la combustión, por lo cual el diámetro y la longitud de las cinco secciones principales de la tubería, son críticos para la producción de la potencia y torque deseados.

- Con la adecuada definición de la forma geométrica del sistema de escape TUNED PIPE, a través del estudio, y el desarrollo de cálculos, se ha logrado aumentar los parámetros de desempeño motor, en cuanto a potencia y torque del motor SUZUKI AX100 en un 14,08 % y 9,30 % respectivamente.
- Debido al relativo bajo costo de los materiales y equipos usados en la construcción del sistema, constituye una excelente alternativa viable para elevar los parámetros de funcionamiento de motores de dos carreras.

- Partiendo del uso del software de selección de materiales, CES selector, se pudo elegir el material idóneo para la construcción del TUNED PIPE, el cual arrojó como resultado el empleo del Acero Inoxidable AISI 304, debido a que cumple con los requisitos necesarios de diseño, como son su bajo peso, su espesor, su excelente grado de maleabilidad y la resistencia a la corrosión ya que, estos factores ayudaron a lograr el incremento favorable de la resonancia en RPM de la motocicleta SUZUKI AX-100.

- La simulación de esfuerzo térmico permitió observar el comportamiento de los gases, en cuanto a variaciones de temperatura, iniciando con 140°C en el codo del sistema y terminando con 70°C, en la última sección del sistema o stinger, comprobando así que el material escogido Acero Inoxidable AISI 304, que por ser de tipo ferrítico, no pierde su estructura, frente a las variaciones de temperatura, por lo que es capaz de soportar el incremento o decremento de temperatura sin sufrir deformaciones.

A través de la implementación del sistema se logró un adelanto en la velocidad de recorrido, ya que el TUNED PIPE al aumentar la resonancia en RPM, logra incrementar la velocidad de puesta en escena de la motocicleta, logrando recorrer 11 Km, con una velocidad promedio de 117.66 Km/h, a diferencia de la motocicleta sin TUNED PIPE incorporado que recorre 11 Km, a una velocidad 92.67 Km/h.

Gracias

