



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TEMA:

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ESCAPE
TUNED PIPE PARA UN MOTOR MONO CILÍNDRICO DE 2 TIEMPOS REALIZANDO
PRUEBAS MECÁNICAS Y DE CAMPO DETERMINANDO PARÁMETROS DE
RENDIMIENTO DEL GO KART**

Autores:

**Mejía Echeverría, Felipe Luciano
Sánchez Almeida, Jimmy alexander**

Director:

**Ing. Cruz Arcos, Guillermo Mauricio
Latacunga
2021**



“Si una persona no tiene sueños no tiene razón para vivir. Soñar es necesario aún cuando el sueño va más allá de la realidad”

Ayrton Senna



CONTENIDO

OBJETIVOS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

METAS

HIPÓTESIS

MARCO TEÓRICO

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

PRUEBAS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES



OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir e implementar un sistema de escape Tuned Pipe para un motor monocilíndrico de 2 tiempos realizando pruebas mecánicas y de campo para determinar parámetros de rendimiento del Go Kart

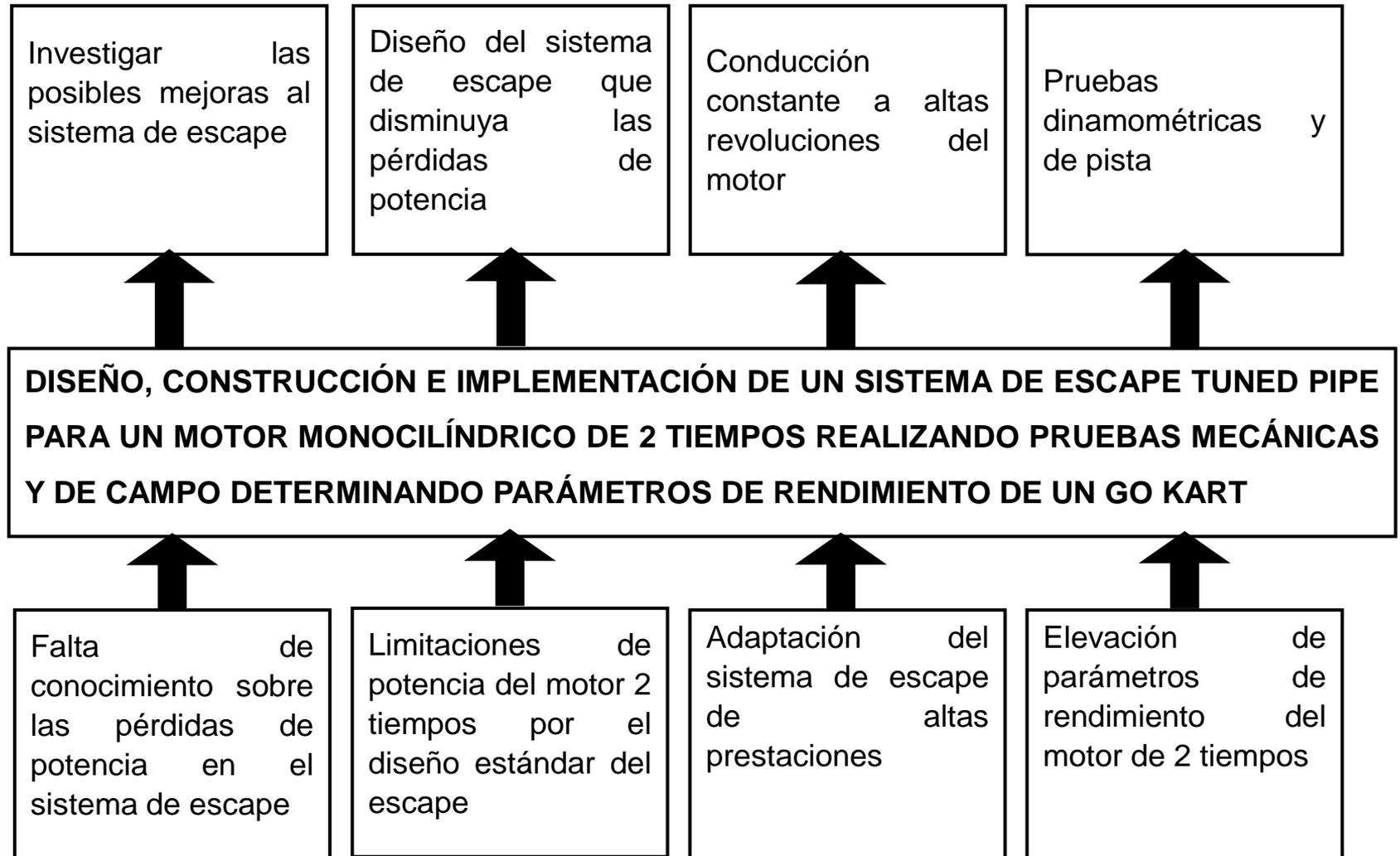


OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Investigar el funcionamiento del sistema de escape en motores de 2 tiempos
- Diseñar el sistema de escape Tuned Pipe para el motor del Go Kart de acuerdo con sus especificaciones
- Realizar un análisis de fluido dinámico computarizado (CFD) al sistema de escape diseñado
- Implementar el sistema de escape con el material acero inoxidable 304 para la aplicación de la investigación
- Efectuar pruebas mecánicas en laboratorio y campo para analizar los parámetros en el rendimiento del Go Kart
- Comparar los valores de desempeño del sistema de escape original en relación con el sistema de escape Tuned Pipe



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



METAS

- Marco teórico y referencial acerca del funcionamiento de sistemas de escape de alto rendimiento para motores de dos tiempos
- Modelo 3D del sistema de escape Tuned Pipe para el motor del Go kart
- Análisis de fluido dinámico computarizado del sistema de escape diseñado
- Prototipo del sistema de escape Tuned Pipe en acero inoxidable 304
- Parámetros de eficiencia y rendimiento del Go Kart
- Tabla comparativa de valores entre el sistema de escape original y el Tuned Pipe



HIPÓTESIS

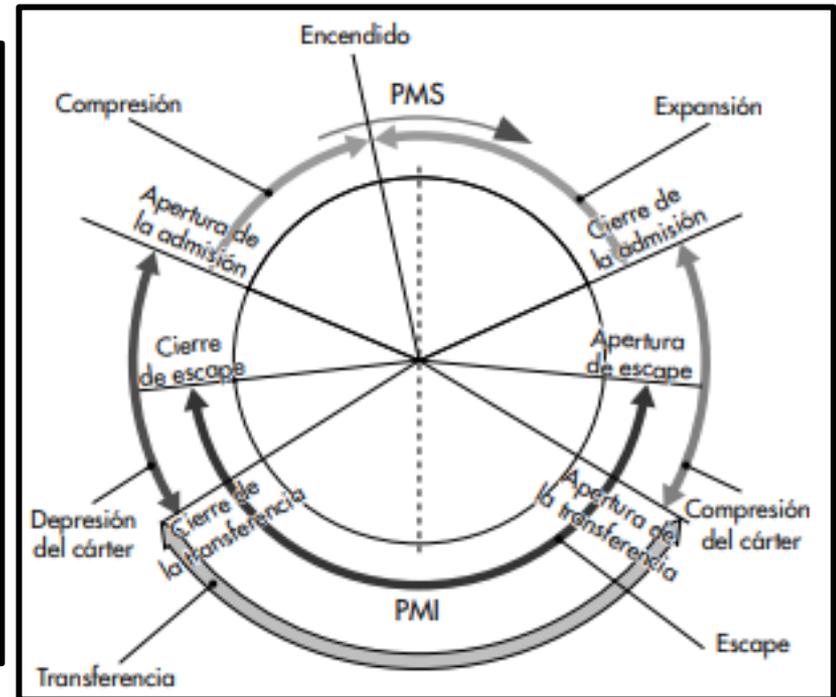
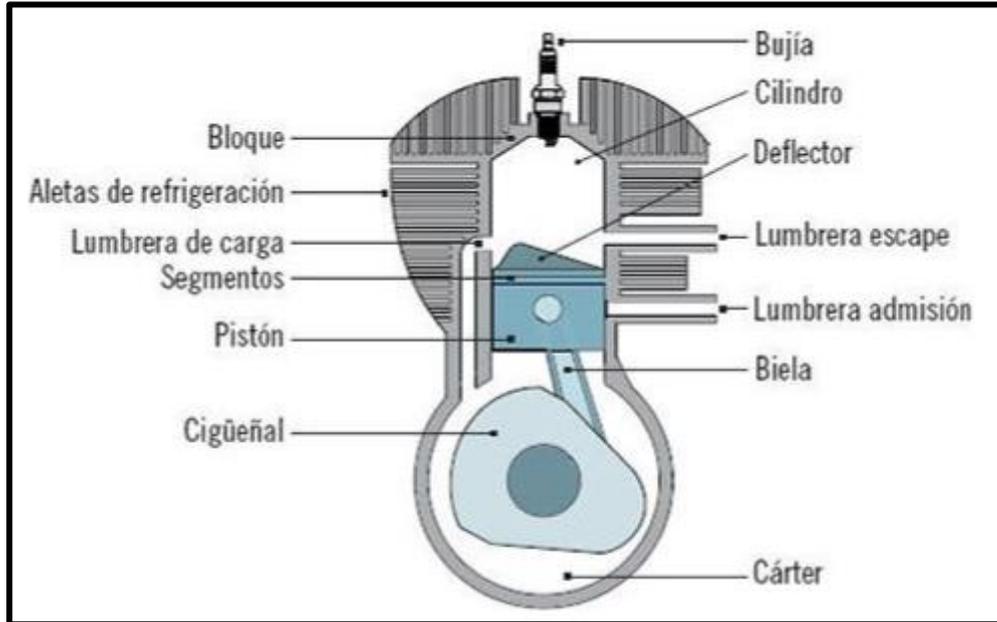
El sistema de escape Tuned Pipe diseñado y construido, presentará igual o mejor desempeño de los parámetros de rendimiento del Go Kart



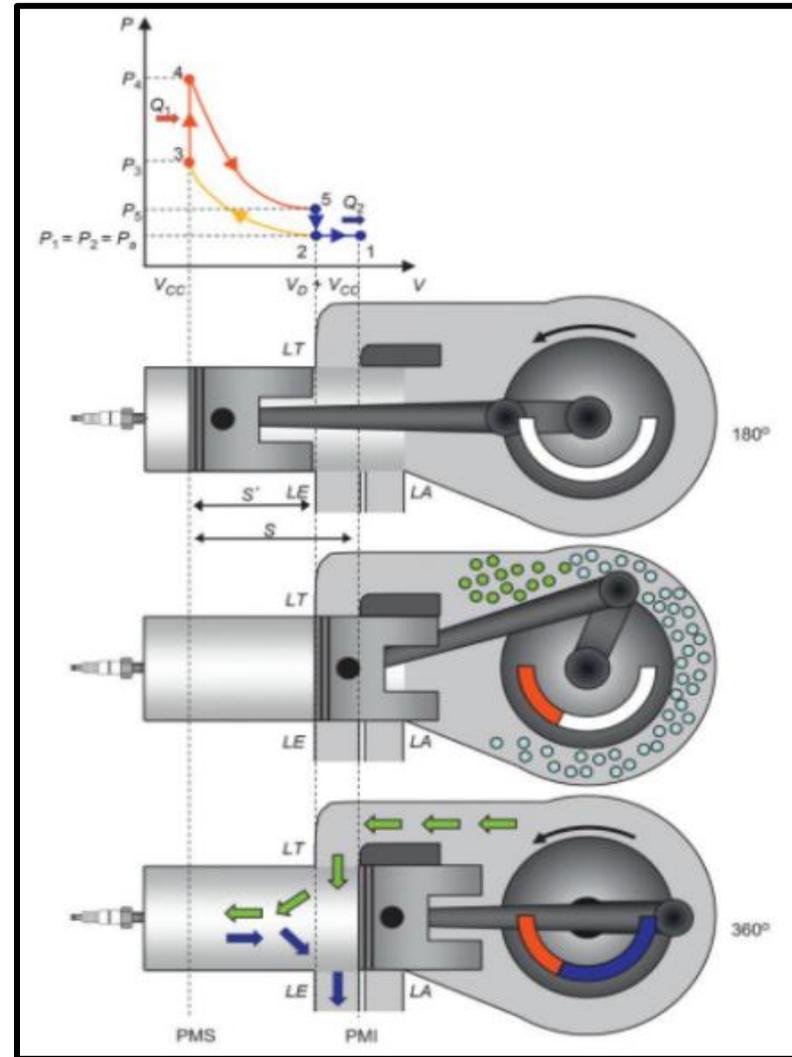
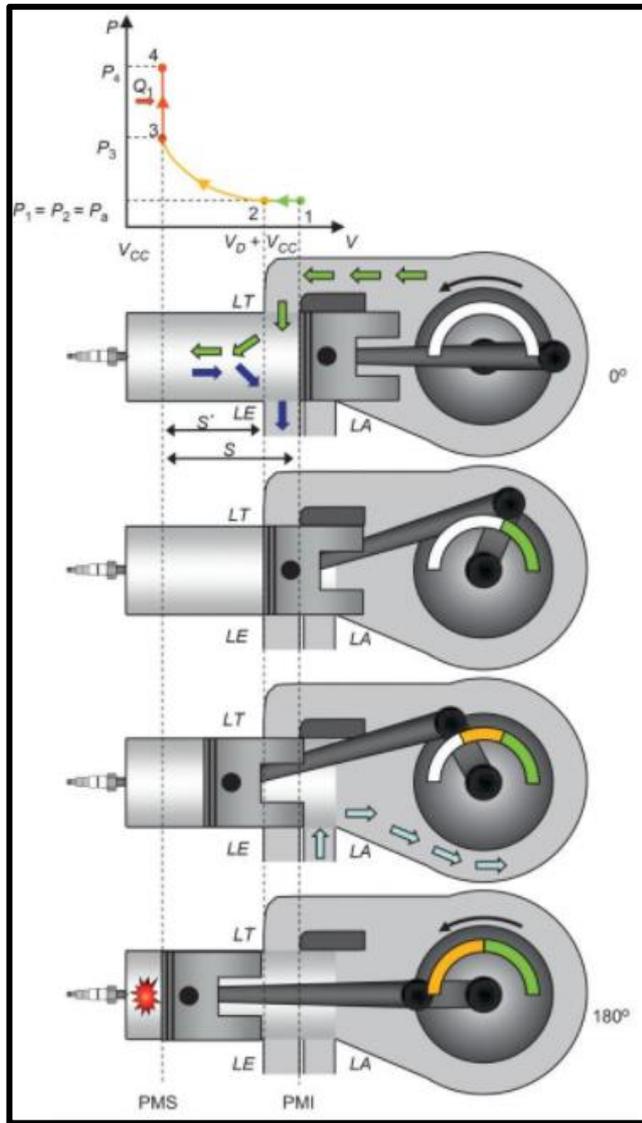
MARCO TEÓRICO



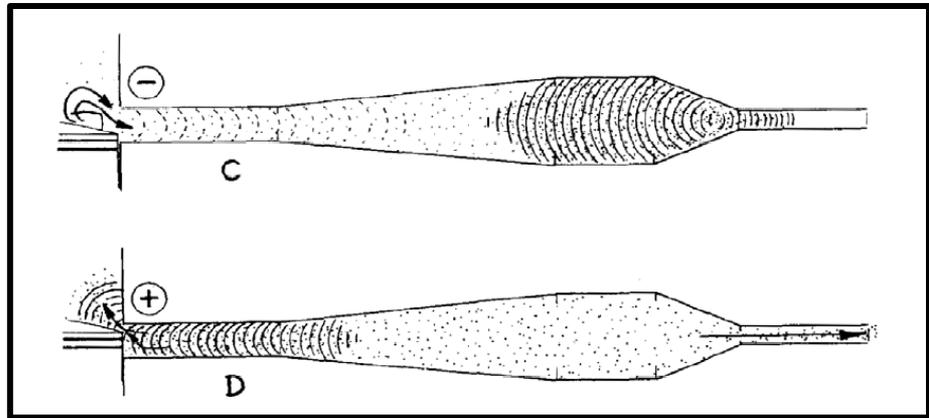
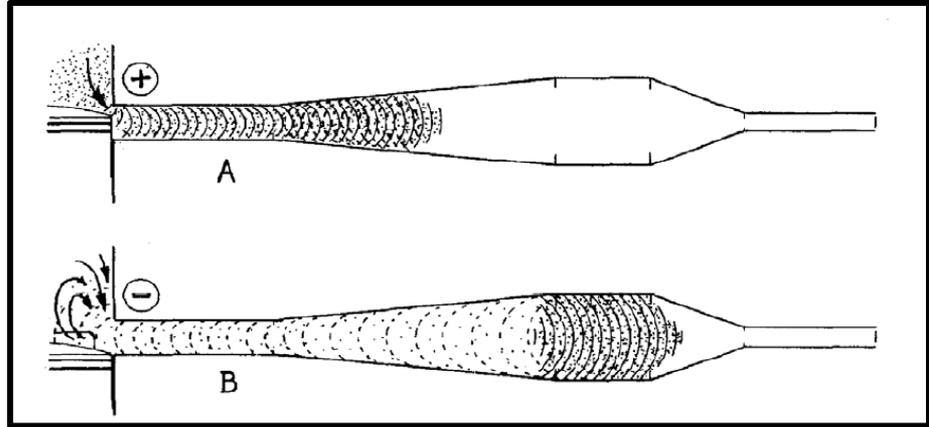
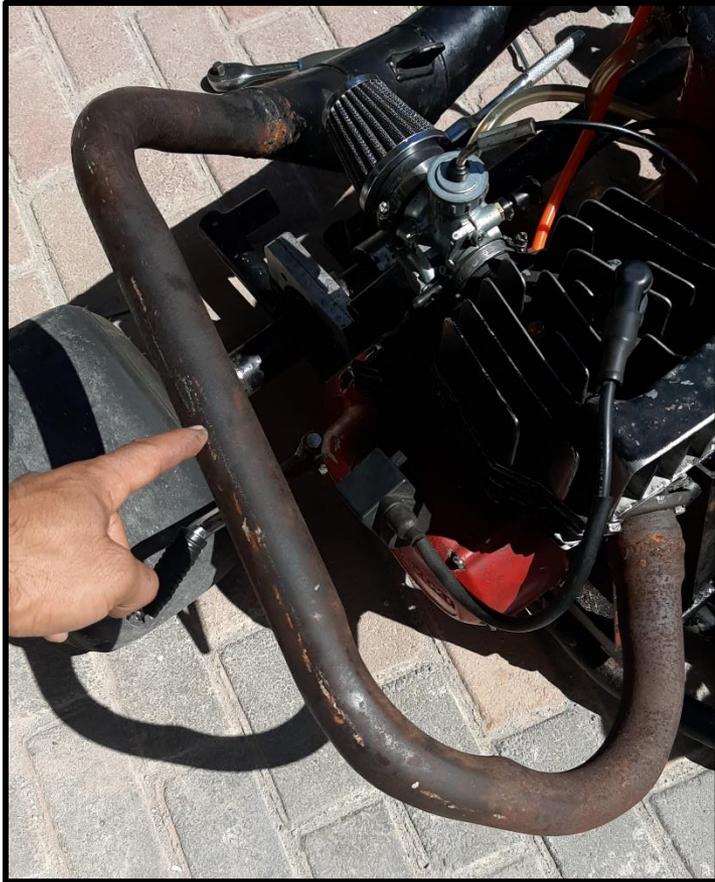
MOTORES 2 TIEMPOS



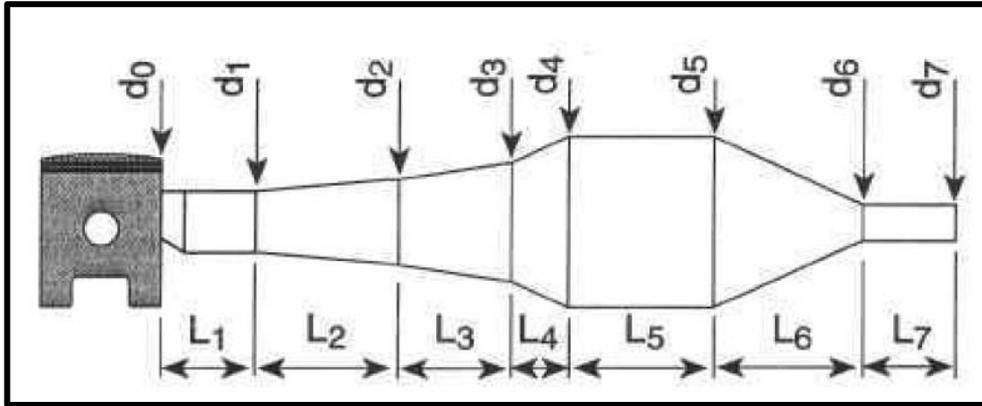
CICLOS DEL MOTOR 2 TIEMPOS



SISTEMAS DE ESCAPE



CALCULOS DEL TUNED PIPE



$$a_t = \sqrt{\gamma R(T + 273.15)}$$

γ = radio específico del calor

$R=287JKg*K$ = Constante de los gases

T = Temperatura del medio de propagación de la onda sonora °C

a_t = Velocidad acústica a determinada temperatura

$$L_T = \frac{83.3 a_t \theta_{ep}}{rpm}$$

L_T = Longitud total del sistema de escape

θ_{ep} = Duración del período total de escape

Parámetro	Ecuación
Longitud 1	$L_1 = 0.1L_T$
Longitud 2	$L_2 = 0.275L_T$
Longitud 3	$L_3 = 0.183L_T$
Longitud 4	$L_4 = 0.092L_T$
Longitud 5	$L_5 = 0.11L_T$
Longitud 6	$L_6 = 0.24L_T$
Longitud 7	$L_7 = L_6$

Parámetro	Ecuación
k1	1,05
k2	3,25
kh	1,625
x_{12}	$x_{12} = \left(\frac{L_2}{L_2 + L_3 + L_4} \right)^{k_h} * \log_e \left(\frac{d_4}{d_1} \right)$
x_{13}	$x_{13} = \left(\frac{L_2 + L_3}{L_2 + L_3 + L_4} \right)^{k_h} * \log_e \left(\frac{d_4}{d_1} \right)$
Diámetro 1	$d_1 = k_1 d_0$
Diámetro 2	$d_2 = d_1 * e^{x_{12}}$
Diámetro 3	$d_3 = d_1 * e^{x_{13}}$
Diámetro 4 y 5	$d_4 = k_2 d_0 = d_5$
Diámetro 6 y 7	$d_7 = 0.6 d_0 = d_6$



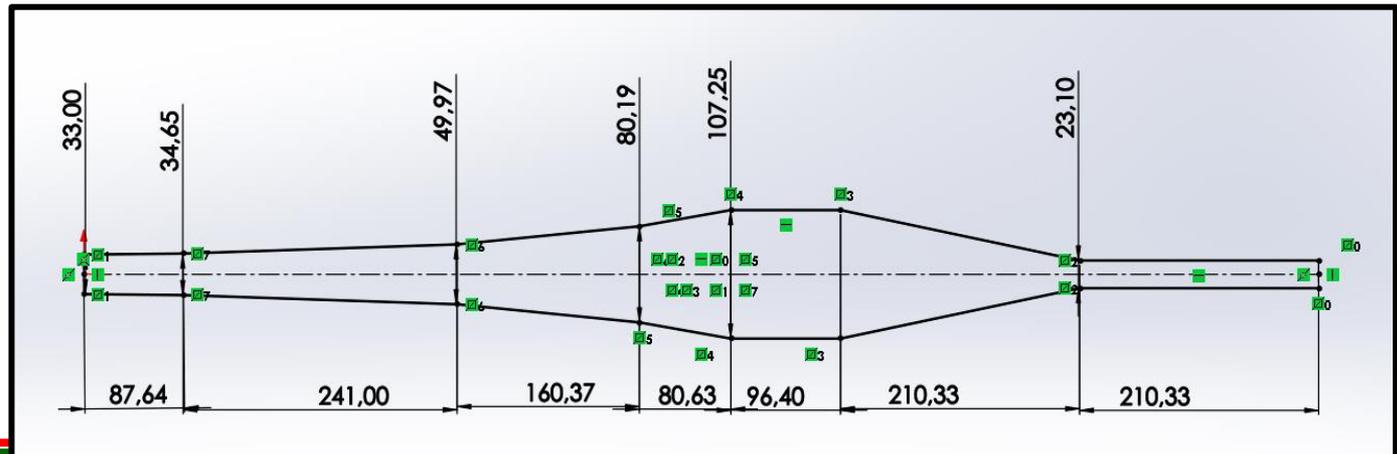
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN



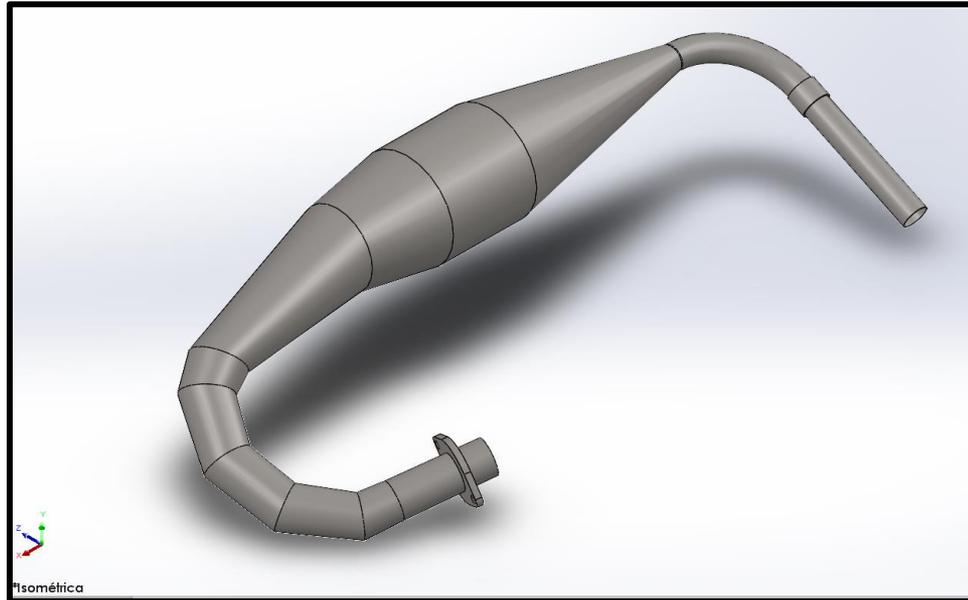
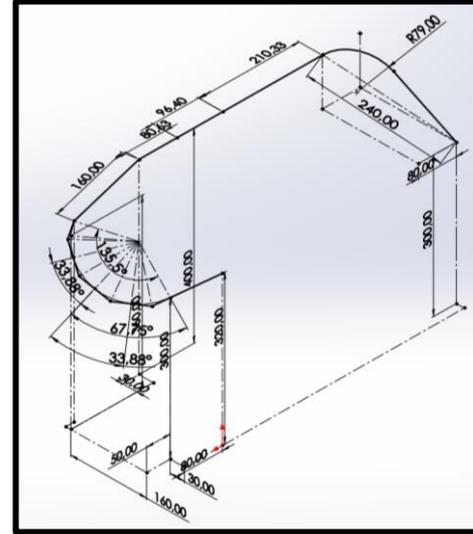
DISEÑO

Datos del motor	Valor
Régimen de giro / máx. potencia	7500 rpm
Temperatura de gases de escape	280 °C
Duración ciclo de escape	170°

Propiedad	Resultado	Unidades
Longitud sección 1	87,64	mm
Longitud sección 2	241	mm
Longitud sección 3	160,37	mm
Longitud sección 4	80,63	mm
Longitud sección 5	96,4	mm
Longitud seccion 6 y 7	210,33	mm
Diámetro 0	33	mm
Diámetro 1	34,65	mm
Diámetro 2	49,97	mm
Diámetro 3	80,19	mm
Diámetro 4 y 5	107,27	mm
Diámetro 6 y 7	23,1	mm



DISEÑO

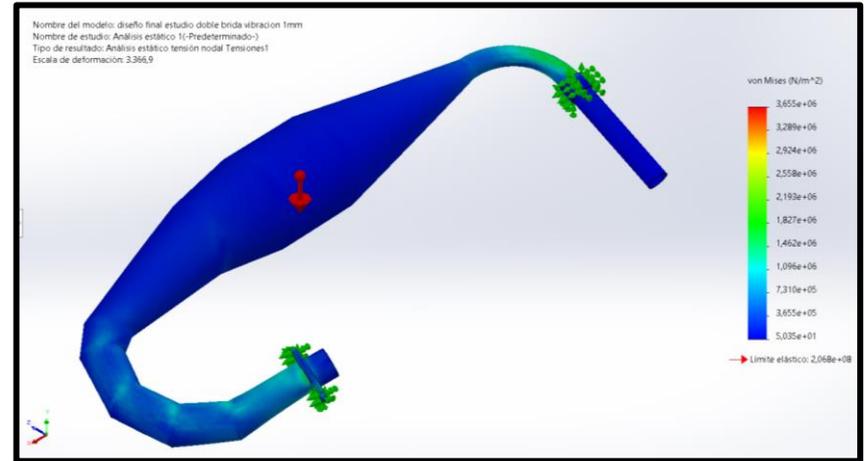
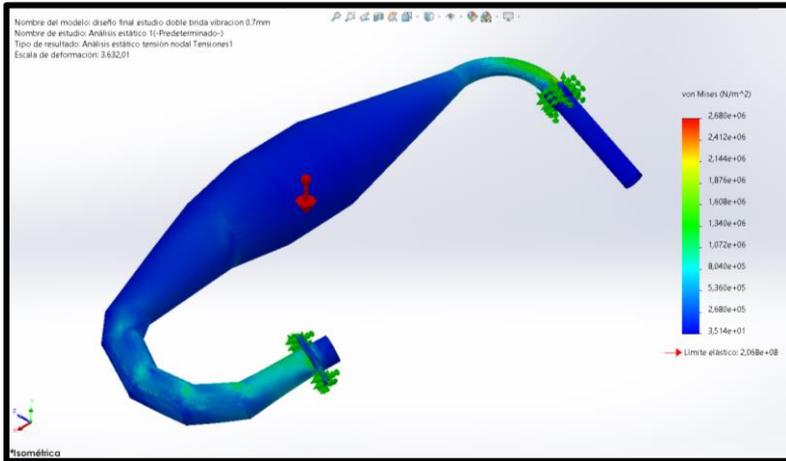


Isométrica



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SIMULACIONES



Frecuencia nº.	Hertz	Régimen de giro (rpm)
1	28,2	1692,12
2	103,3	6197,4
3	140,3	8419,2
4	286,9	17211
5	475,3	28518

Frecuencia nº.	Hertz	Régimen de giro (rpm)
1	29,68	1780,98
2	108,4	6501,6
3	141,1	8463,6
4	292,4	17543,4
5	503,2	30190,8



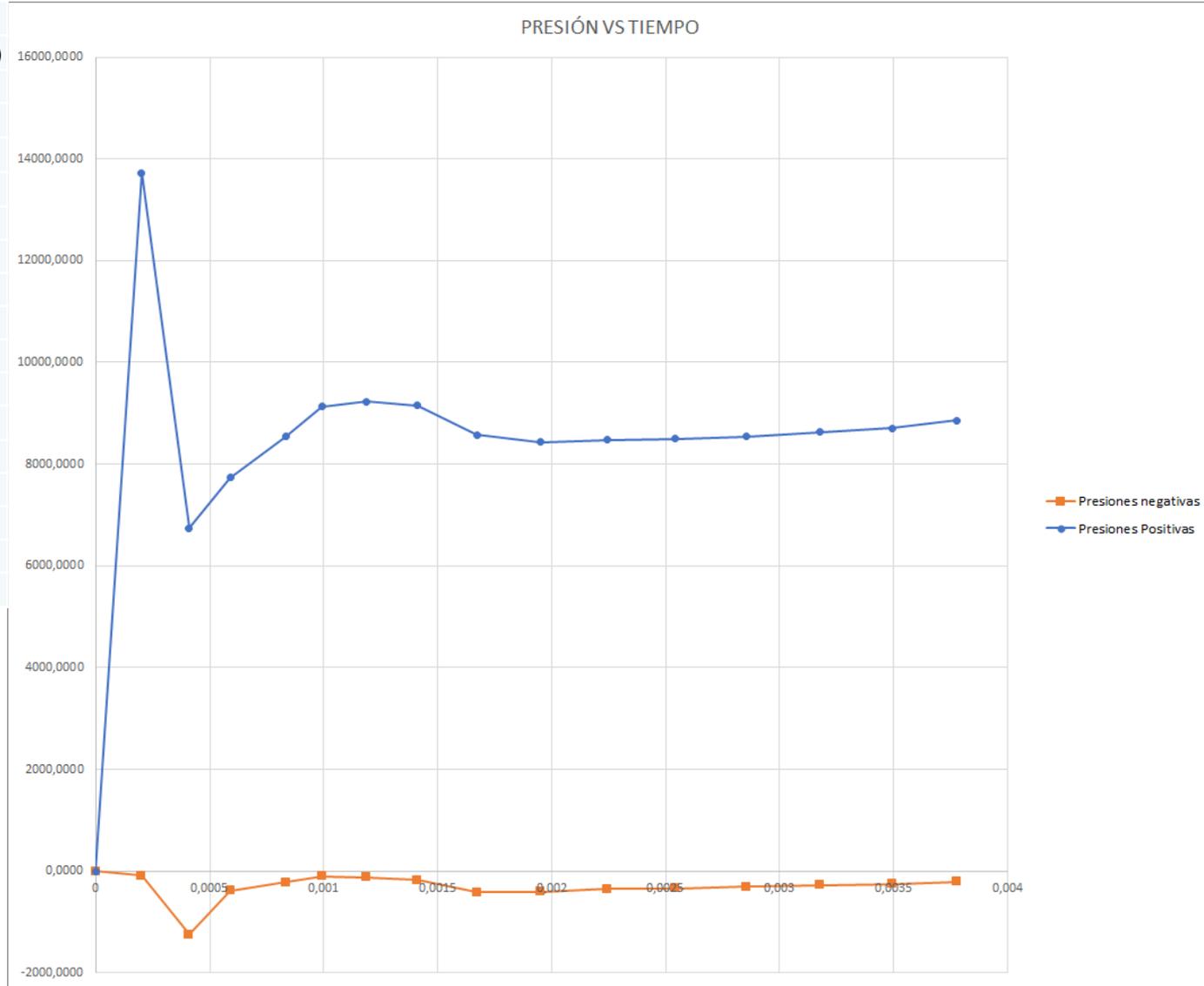
VALORES INICIALES CFD

Parámetros	Valor	Unidades
Velocidad de escape	49,8	m/s
Velocidad del aire del ambiente	14,166	m/s
Temperatura del aire del escape	280	°C
Temperatura ambiente	20	°C
Tiempo	3,777	ms

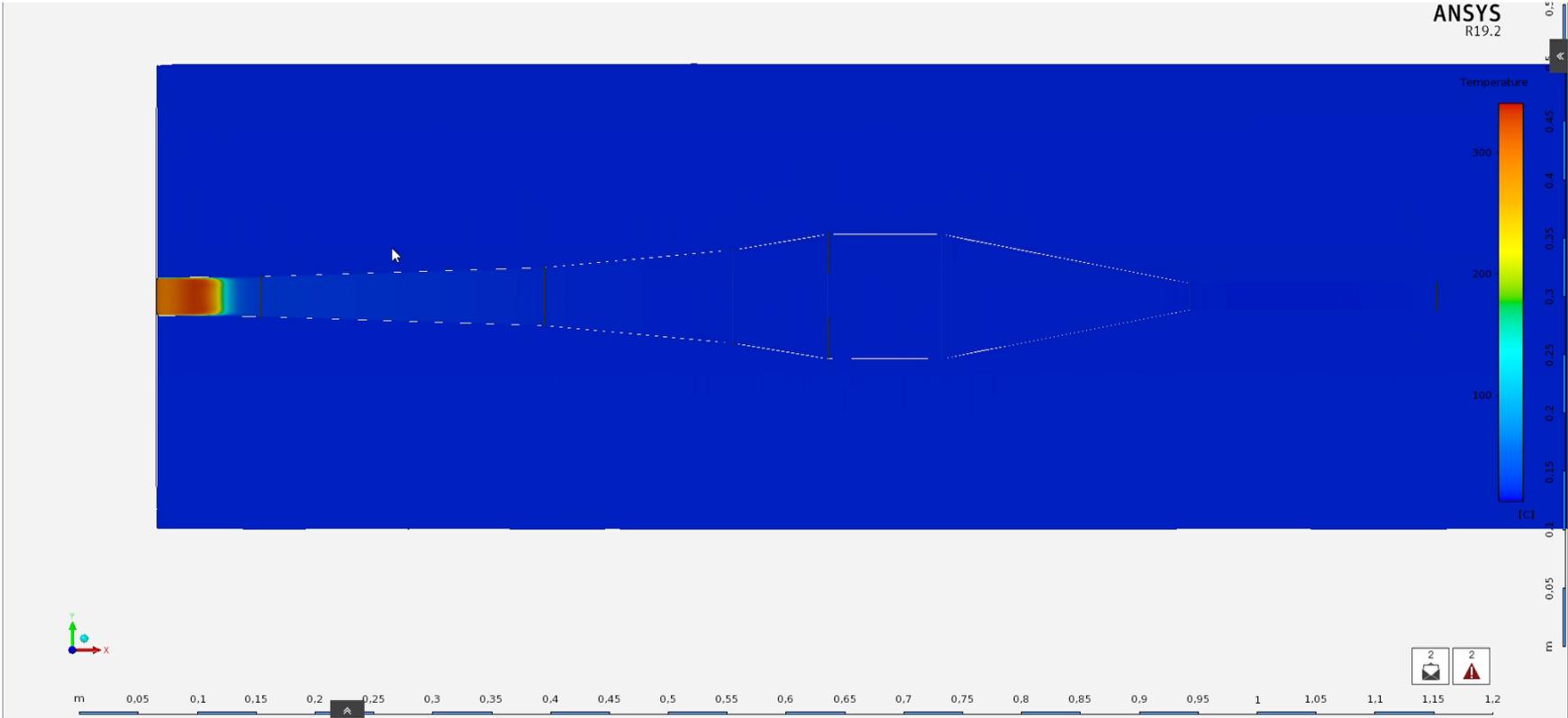


PRESIÓN VS TIEMPO

PRESIÓN		
Time (s)	Presión (Pa)	Presión (Pa)
0	0	0
0,0002	-91,9351	13721,9181
0,0004	-1244,336	6742,9214
0,0006	-380,9596	7736,3178
0,0008	-219,0557	8546,255
0,001	-100,052	9131,6046
0,0012	-123,4642	9227,7891
0,0014	-176,49	9150,3291
0,0017	-414,5323	8572,3623
0,002	-403,0777	8429,2251
0,0022	-355,44	8474,8034
0,0025	-336,146	8502,6683
0,0029	-307,6238	8546,5333
0,0032	-273,4701	8631,2684
0,0035	-256,2341	8702,5947
0,0038	-205,4902	8856,6037



TEMPERATURA



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

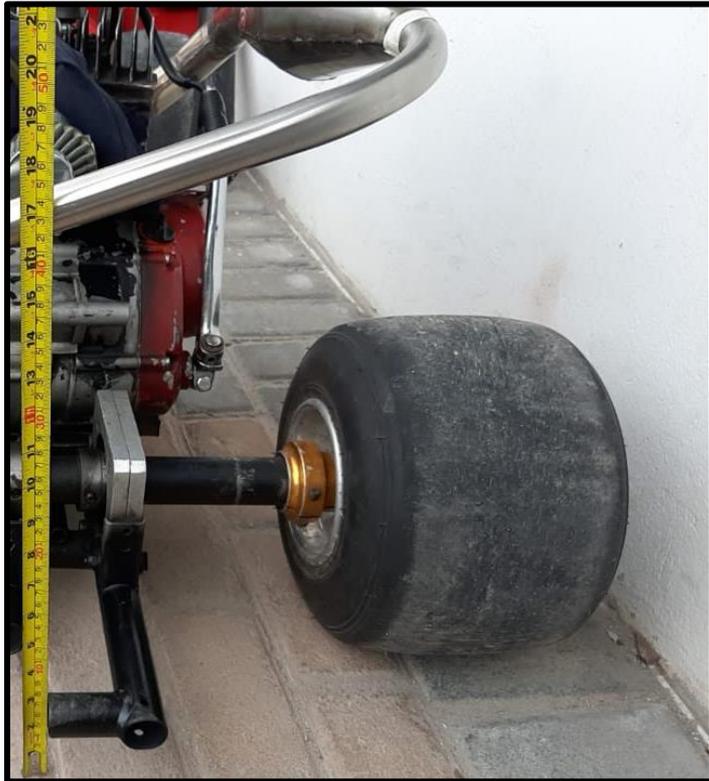
CONSTRUCCIÓN



IMPLEMENTACIÓN



NORMATIVA CIK-FIA



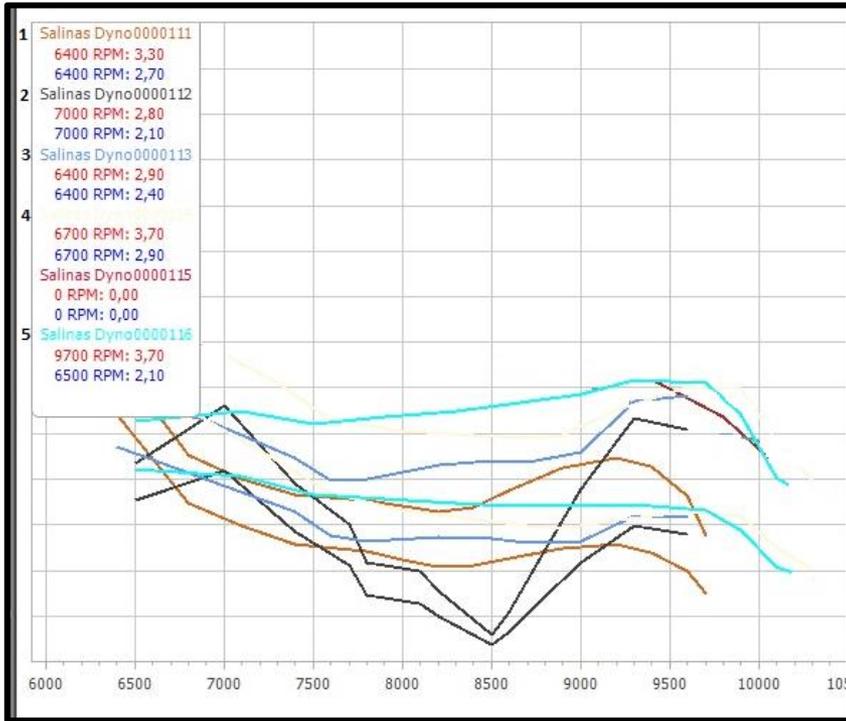
PRUEBAS



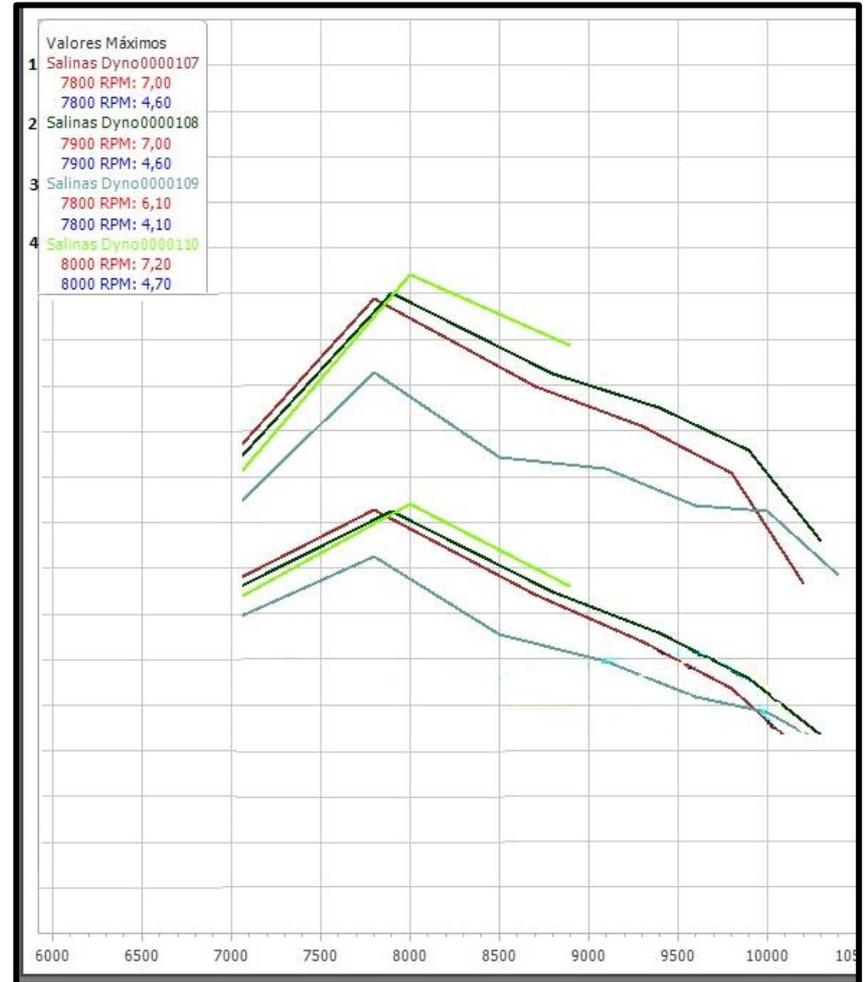
PRUEBAS DINAMOMÉTRICAS



POTENCIA Y TORQUE



ESCAPE ANTIGUO



ESCAPE TUNED PIPE



PRUEBAS DE VELOCIDAD



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VELOCIDAD

Tiempo Total		04min35s	
Distancia		3,2km	
Tiempo de viaje	Velocidad maxima	04min13s	51 km/h
Para el tiempo	Velocidad media	00min22s	28km/h
Altitud maxima	Altitud media	2844m	2841m

Tiempo Total		04min45s	
Distancia		3,2km	
Tiempo de viaje	Velocidad maxima	04min23s	50 km/h
Para el tiempo	Velocidad media	00min22s	24km/h
Altitud maxima	Altitud media	2844m	2841m

ESCAPE ANTIGUO

Tiempo de viaje	Velocidad maxima	3min49s	76km/h
Para el tiempo	Velocidad media	2min35s	37 km/h
Altitud	Distancia	2839,0m	3,2km

Tiempo de viaje	Velocidad maxima	3min56s	69km/h
Para el tiempo	Velocidad media	2min37s	27 km/h
Altitud	Distancia	2839,0m	3,2km

ESCAPE TUNED PIPE



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

**VOLUMEN INICIAL
DE COMBUSTIBLE**

3000 cc

**CAPACIDAD DEL
DEPÓSITO**

3785 cc



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE		
TIPO DE COMBUSTIBLE		Super de 92 octanos
VOLUMEN INICIAL DE COMBUSTIBLE		3000 cc
ESCAPE ANTIGUO	VOLUMEN FINAL DE COMBUSTIBLE	2090,9
	VOLUMEN CONSUMIDO	909,09
ESCAPE TUNED PIPE	VOLUMEN FINAL DE COMBUSTIBLE	1750
	VOLUMEN CONSUMIDO	1250
DISTANCIA RECORRIDA		10 km
CAPACIDAD DEL DEPÓSITO		3785 cc

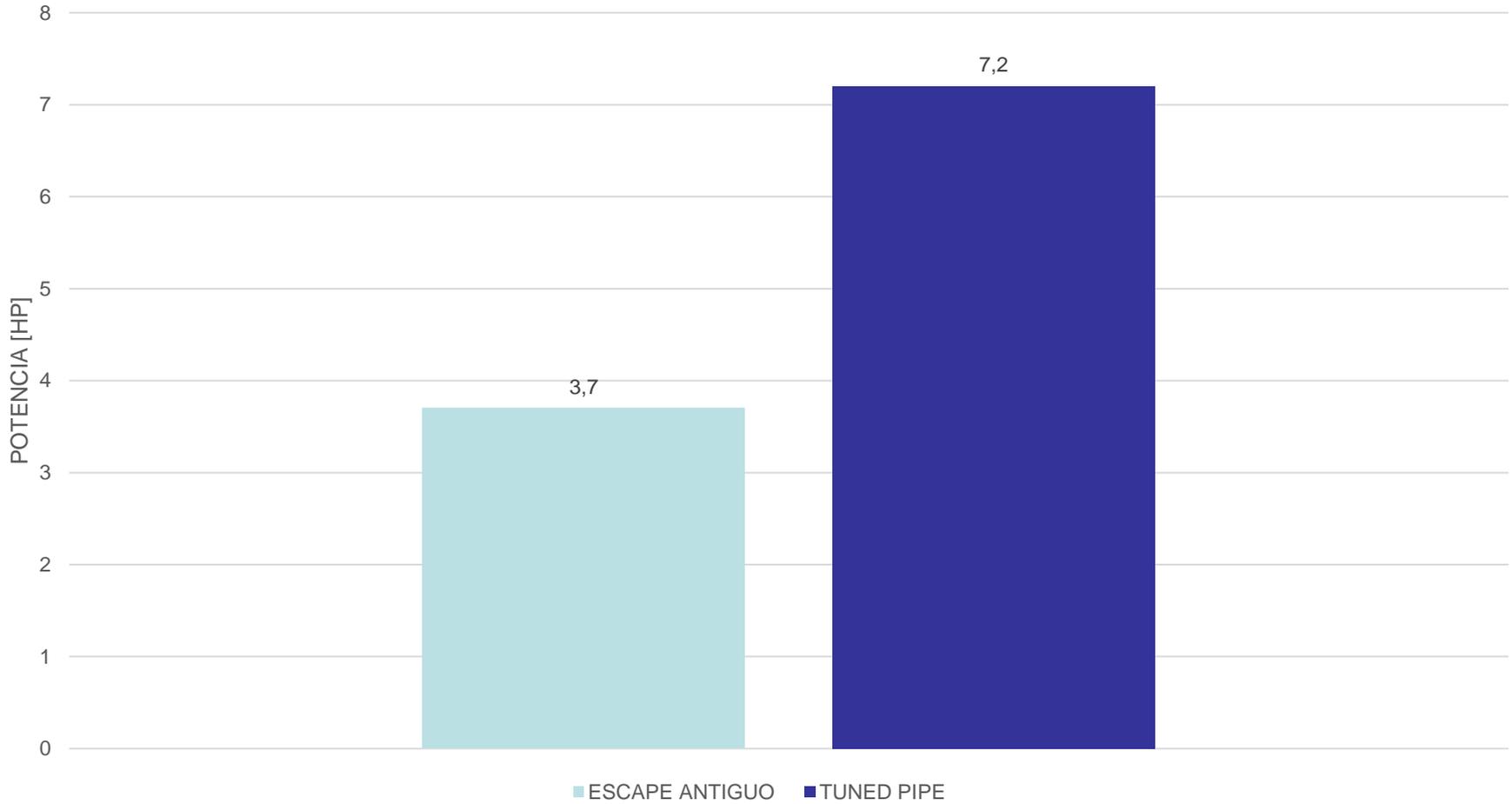


ANÁLISIS DE RESULTADOS



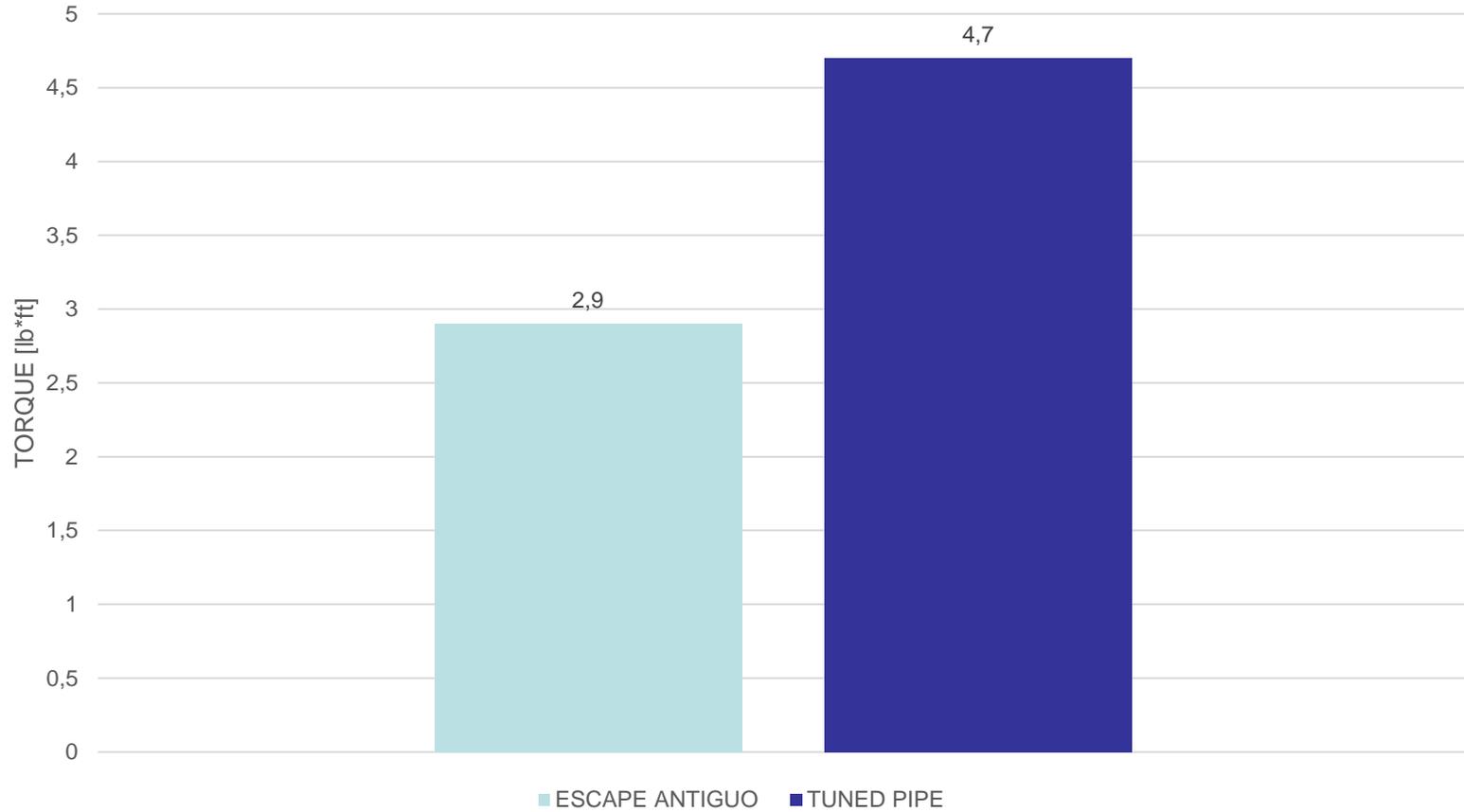
POTENCIA

POTENCIA MÁXIMA



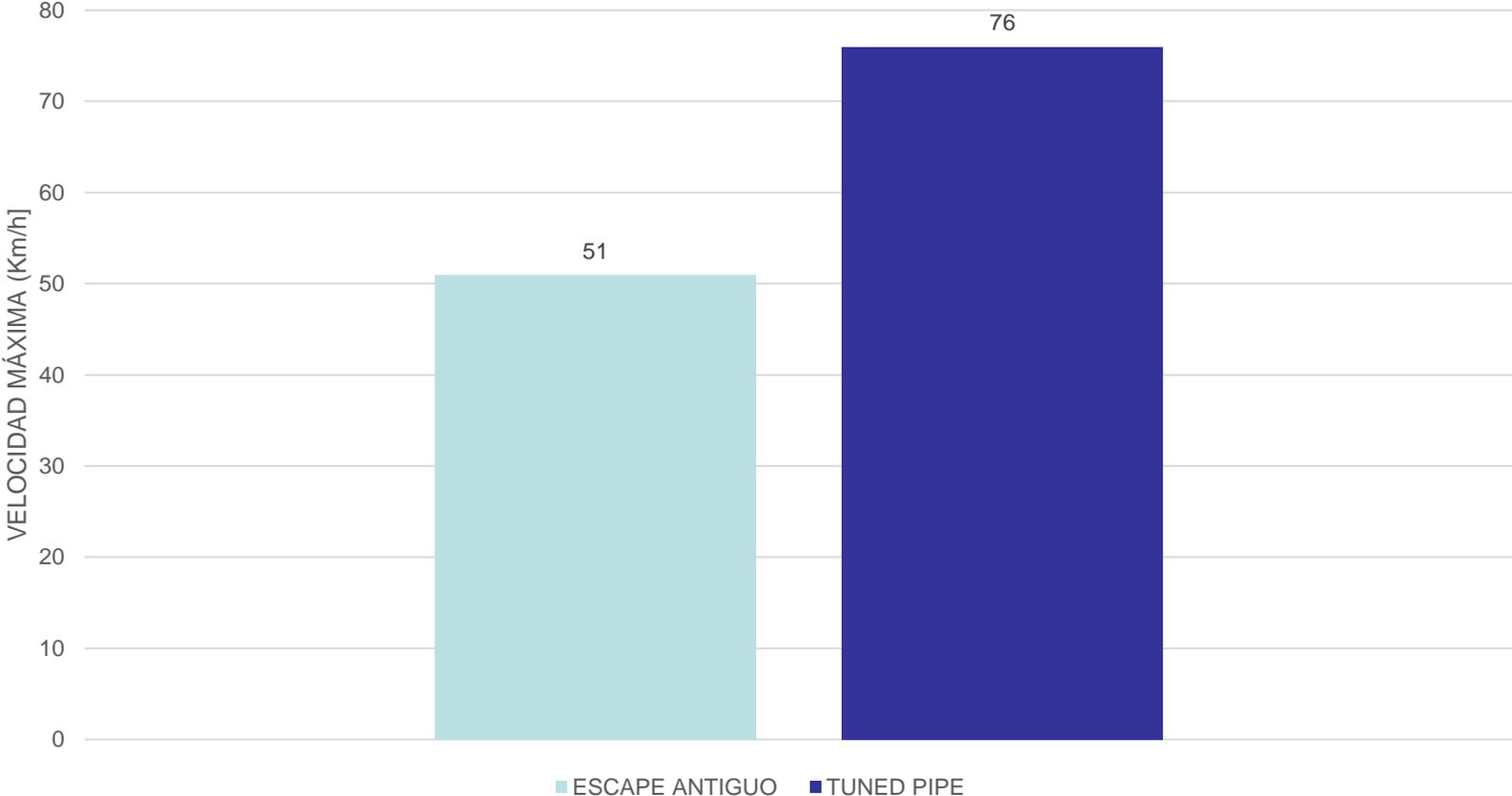
TORQUE

TORQUE MÁXIMO

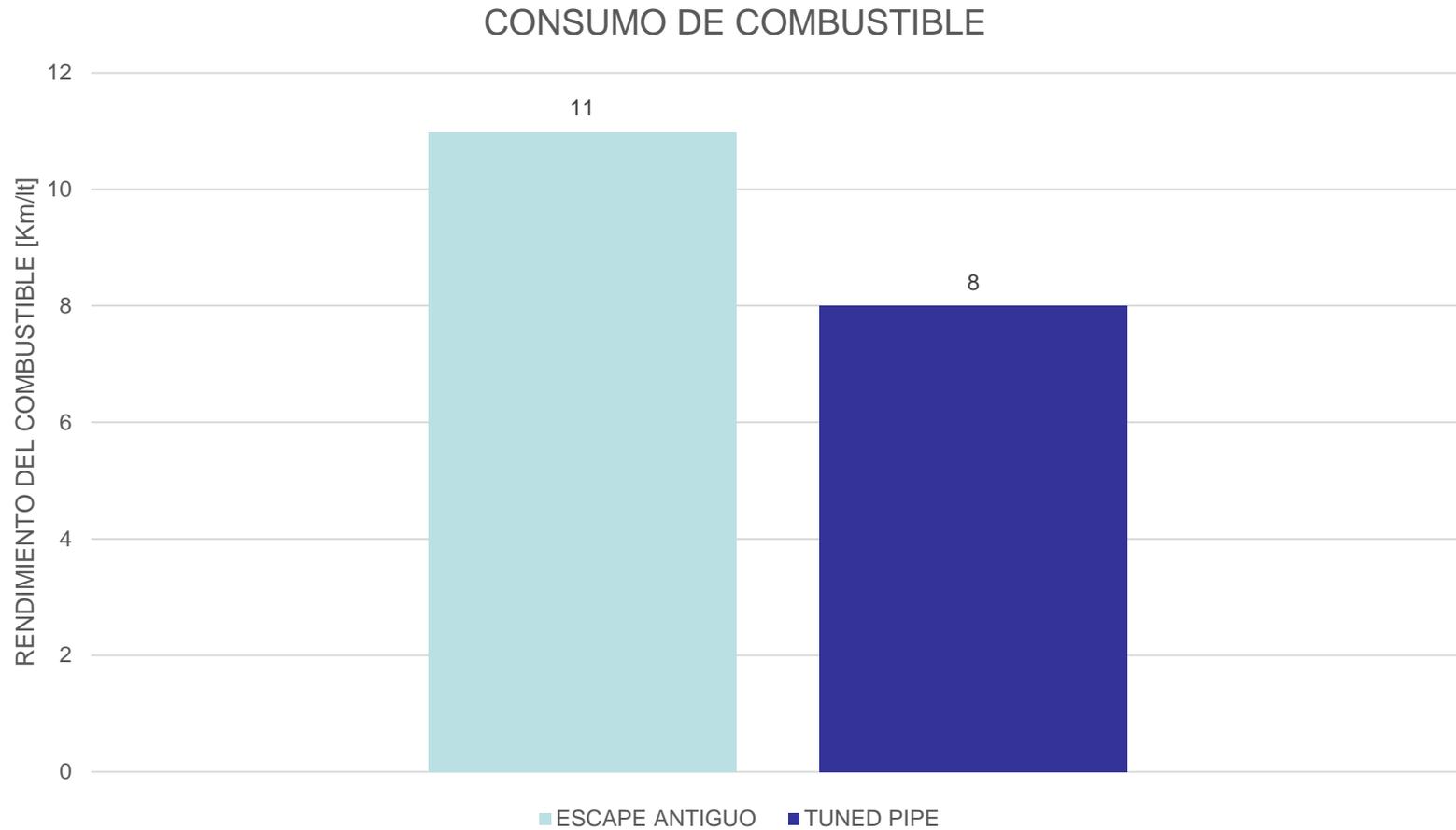


VELOCIDAD

VELOCIDAD MÁXIMA



CONSUMO DE COMBUSTIBLE



ANÁLISIS GENERAL

VALORES INICIALES Y FINALES DEL GO KART

	ESCAPE	TUNED	PORCENTAJE
	ANTIGUO	PIPE	[%]
POTENCIA MÁXIMA [HP]	3.70	7.20	94.59
TORQUE MÁXIMO [LB*FT]	2.90	4.70	62.07
VELOCIDAD MÁXIMA [KM/H]	51	76	49
RENDIMIENTO DEL COMBUSTIBLE [KM/LT]	11	8	-27.27
AUTONOMÍA [KM]	41.63	30.28	-27.27



CONCLUSIONES

- Según lo investigado sobre el funcionamiento de los motores de 2 tiempos, en el tiempo de escape, existe una pérdida volumétrica de mezcla fresca de aire/combustible por lo que se hace necesario el desarrollo de un sistema de escape capaz de minimizar este efecto mejorando su eficiencia y rendimiento
- Analizadas las especificaciones del motor AX100 que consta como unidad de potencia del Go Kart de la Universidad de las Fuerzas Armadas, es necesario el diseño de un sistema de escape Tuned Pipe con un diámetro inicial de 33mm el cual se acopla a la lumbrera de escape del motor, seguido de una sección con un diámetro de 107.27mm como elemento de resonancia y un aguijón de salida de 23.1mm de diámetro para la evacuación de gases combustionados, con un diseño que permita el cumplimiento de la normativa CIK-FIA
- Con el diseño elaborado y probado a través de un prototipo rápido sobre el Go Kart se procedió a realizar un estudio fluidodinámico para analizar el flujo de gases en el sistema de escape Tuned Pipe comprendiendo el reflujo de gases combustionados existentes que influyen en la reinserción de combustible perdido por la lumbrera en el tiempo de escape



CONCLUSIONES

- Se implementó el sistema de escape Tuned Pipe cumpliendo los parámetros de diseño establecidos, mediante el ensamble de 11 piezas de acero inoxidable 304 de 1mm de espesor unidas a través de soldadura obteniendo un producto que se adecua perfectamente a las dimensiones del motor
- Con las pruebas de laboratorio y de pista realizadas al Go Kart con la implementación del sistema de escape Tuned Pipe se observa que se obtiene una potencia de 7.20 HP con un torque de 4.70 lb*ft, velocidad máxima de 76 km/h, un rendimiento del combustible de 8km/lt y una autonomía de 30.28km
- Mediante los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y de pista comparado el sistema de escape antiguo y el sistema de escape Tuned Pipe se obtuvo una mejoría de 94.59% en la potencia máxima, 62.07% en torque máximo y 49% de velocidad máxima, sin embargo, el rendimiento del combustible se ve afectado directamente, reduciendo su autonomía en un 27.27%
- La implementación del sistema de escape Tuned Pipe genera un incremento de potencia la cual exige una mayor cantidad de aire como también de combustible, por lo que su consumo aumenta en un 27.27%.



RECOMENDACIONES

- Analizar el funcionamiento del sistema de escape Tuned Pipe utilizando sensores instalados en diferentes puntos del sistema realizando una validación con el estudio fluidodinámico por computador.
- Realizar un análisis experimentando con combustible de diferente octanaje, así como también variando la proporción de la mezcla combustible y aceite para identificar la variación de los parámetros de rendimiento del motor.
- Ejecutar un proceso de optimización al diseño original tomando nuevamente todos los datos necesarios y recalculando el diseño del escape con la finalidad de obtener mejores resultados considerando que con cada optimización puede aumentar el porcentaje de perfeccionamiento
- Generar un estudio de silenciadores que permitan la reducción de ruido sin comprometer la potencia máxima alcanzada con la implementación del sistema de escape Tuned Pipe.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

