



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TEMA:

**INVESTIGACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL MOTOR G10 AL IMPLEMENTAR EL
SISTEMA DE ADMISIÓN INDEPENDIENTE CON GENERACIÓN DE TURBULENCIA,
SISTEMA PROGRAMABLE DE INYECCIÓN Y ENCENDIDO**

Autores:

Lincango Cabezas, Luis Miguel

Ramírez Obando, Michael Alejandro

Director:

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán.

**Latacunga
2021**





Contenido

- OBJETIVO GENERAL
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- META
- HIPÓTESIS
- MARCO TEÓRICO
- INTRODUCCIÓN
- CÁLCULOS
- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
- PRUEBAS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



OBJETIVO GENERAL

- Investigar el desempeño del motor G10 al implementar el sistema de admisión independiente con generación de turbulencia, sistema programable de inyección y encendido.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

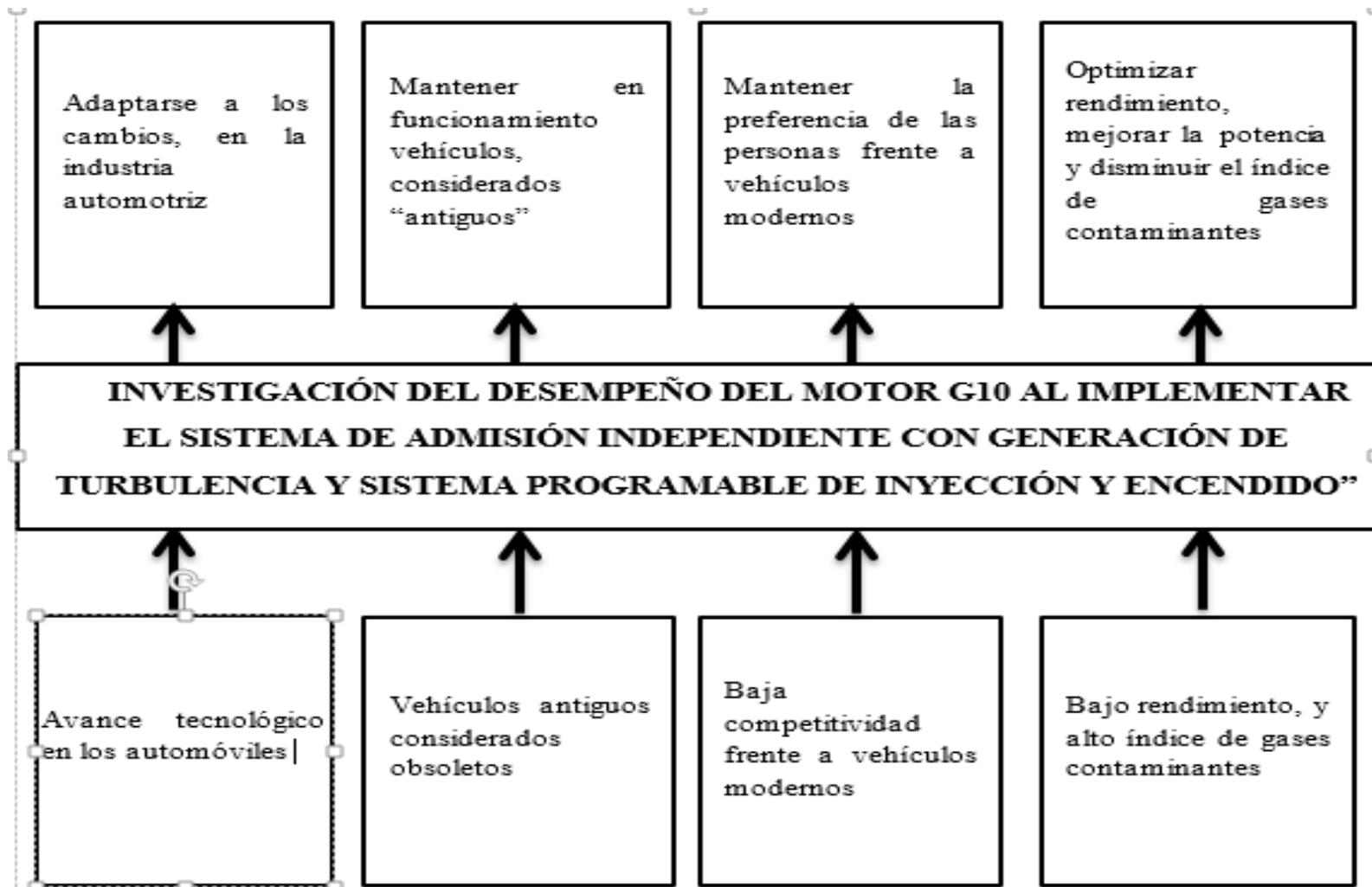
- Obtener información sobre computadores programables, sistemas de alimentación de combustible, ingreso del flujo de aire en las cámaras de combustión y sus respectivas modificaciones, de varias fuentes confiables tales como: artículos científicos, libros, investigaciones previas, y distintas páginas de internet.
- Realizar pruebas dinamométricas, de consumo y de emisión de contaminantes con el motor en su estado original para tener un punto inicial de comparación.
- Analizar el flujo de aire entrante mediante sistemas computacionales simulados.



- Realizar la respectiva investigación y un cuadro de selección de los diferentes componentes de alimentación y de admisión que se puede usar en el cambio al sistema de inyección para poder seleccionar la de mejores prestaciones para el presente proyecto.
- Diseñar un generador de turbulencia para poder obtener las mejores prestaciones del motor de combustión en conjunto con el sistema de inyección reprogramable.
- Realizar pruebas dinamométricas, de consumo y emisión de gases con las nuevas aplicaciones implementadas.
- Analizar y comparar las mejoras que se obtuvieron al instalar los componentes electrónicos y mecánicos, para determinar su factibilidad de implementación tanto en el aspecto tecnológico como económico.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



META

- Al implementar el sistema de admisión independiente con generación de turbulencia y sistema programable de inyección y encendido se mejora de 10 al 15% los parámetros característicos del motor de combustión interna G10.



Hipótesis

¿Al implementar en el motor G10 un sistema de admisión independiente con generación de turbulencia y sistema programable de inyección y encendido se obtendrá como resultado una mejora en los parámetros característicos?

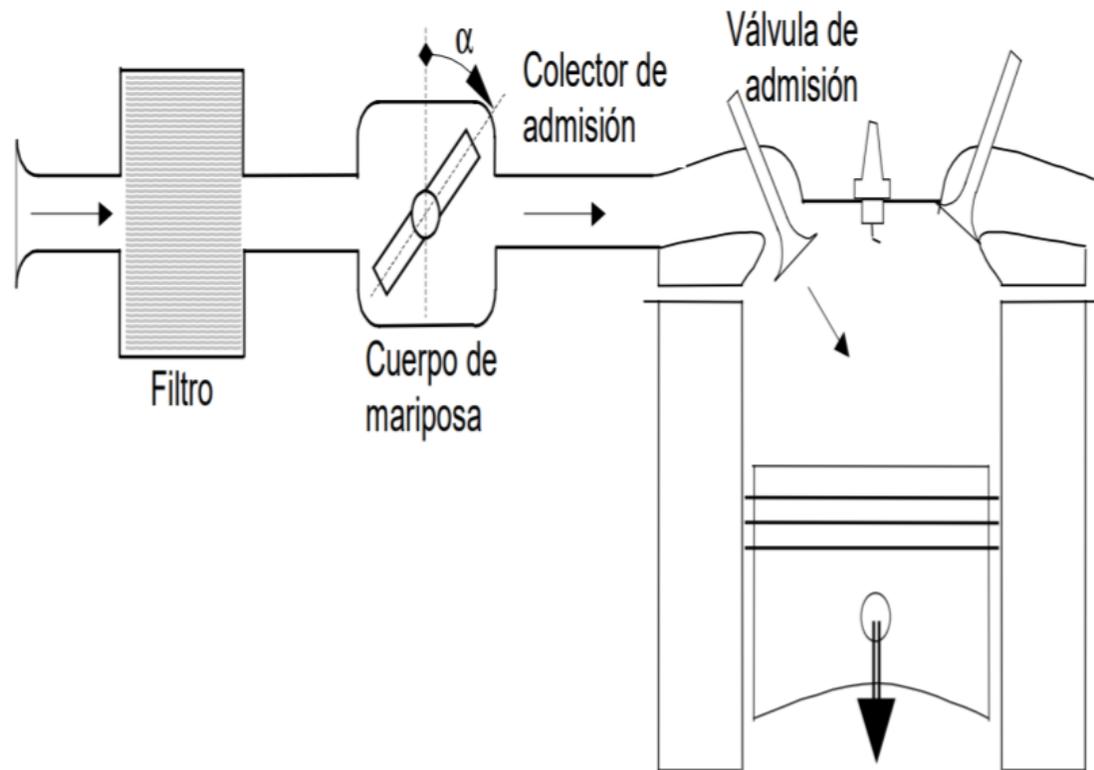


MARCO TEÓRICO



Introducción

Longitud y diámetros de los colectores.



“La longitud de los colectores de admisión y escape y sus diámetros, tienen un papel importante en el proceso de renovación de la carga” (Payri & Desantes, 2011a)

A mayor longitud y menor diámetro aumentan las pérdidas de presión del flujo por fricción con las paredes y los fenómenos de ondas de presión que se propagan a lo largo de los tubos dependen directamente de estas dimensiones

Por lo tanto, una mejora enfocada en los colectores de admisión haciéndolos más cortos y de diámetro superior mejoraría los parámetros geométricos de los mismos.

Nota: (Cercos 2006)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CÁLCULOS



“El grado de llenado del motor se mide con el parámetro denominado rendimiento volumétrico (η_{vol}). Representa el volumen de aire admitido en cada ciclo, respecto al teóricamente admisible”

$$\eta_{vol} = \frac{V_a}{V} = \frac{m_a}{\rho_{adm} V} = \frac{R T_{adm}}{P_{adm} V} m_a$$

Donde:

$V_a =$ *Volúmen de aire admitido*

$T_{adm} =$ *Temperatura de admisión*

$P_{adm} =$ *Presión del aire de admisión*

$m_a =$ *Masa de aire admitido*

$V =$ *Cilindrada*

$\rho_{adm} =$ *Densidad del aire en el colector de admisión*



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Un mayor y mejor ingreso del aire a la cámara de combustión genera una mayor entrada de flujo másico (\dot{m}) y la potencia neta (\dot{W}_{neto}) es directamente proporcional al flujo másico

$$\dot{W}_{neto} = \dot{m} * W_{neto}$$

$$Par\ motor = \frac{\dot{W}_{neto} * 9550}{N}$$

Masa de Aire en Admisión

$$m_A = V_T * \rho_o$$

Masa de Aire en Admisión

$$\rho_o = \frac{P_o}{RT_o}$$

Densidad de carga en el cilindro



Flujo Volumétrico

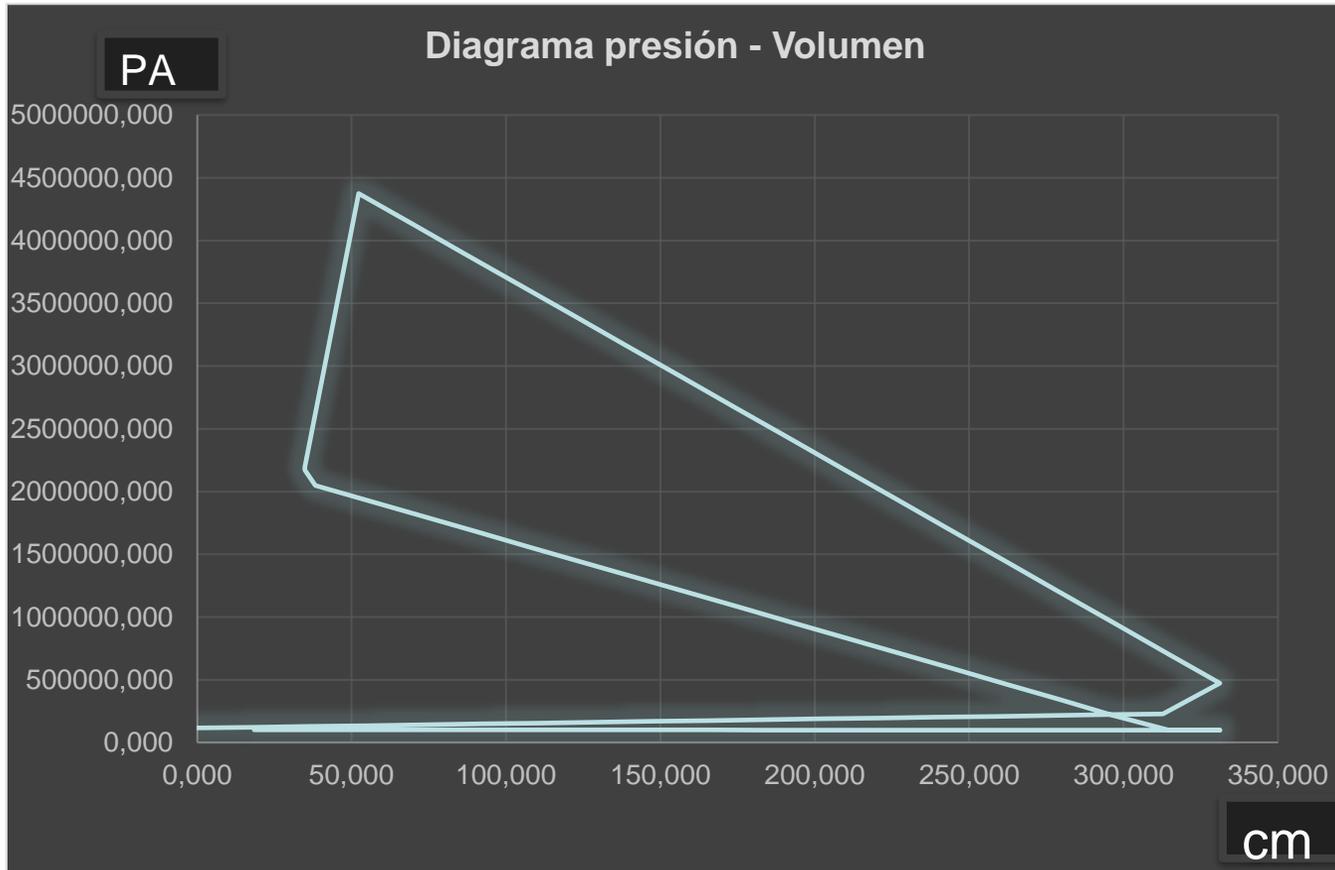
$$\dot{V} = \mathcal{V} \times A_{seccion}$$

Flujo Másico

$$\dot{m}_A = \rho_{Aire} \times \dot{V}$$



Presiones y temperaturas de funcionamiento del motor



$$P_a = P_o - (\beta^2 + \xi_{ud}) * \frac{W a d^2}{2} \rho_o * 10^{-6}$$

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma r T_r}{1 + \gamma r}$$

$$P_c = P_a * \epsilon^{n1}$$



Parámetros del proceso de compresión de los motores del automóvil

Parámetros	Motor		
	De carburador	De gas	Diesel no sobrealimentado
Relación de compresión	6-9 (hasta 11)	5 - 10	14 - 21
Presión al final de la compresión, en bar	9-15	7 - 14	35 - 55
Temperatura al final de la compresión en °K	550 - 750	480 - 650	700 - 900
Exponente medio de la politrópica	1.3 – 1.37	1.3 – 1.37	1.32 – 1.4

$$T_c = T_a * \varepsilon^{n_1 - 1}$$

Temperatura de Compresión

$$P_z = \mu_r * \frac{T_z}{T_c} * P_c$$

Presión de Explosión

$$\mu_r = \frac{\mu_o + \gamma r}{1 + \gamma r}$$

Coefficiente de variación molecular

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}}$$

Presión de Explosión



$$Q_2 = cv (T_z - T_c)$$

Cantidad de calor en 2, cantidad de calor extraído (final de compresión inicio de expansión)

$$W_{\text{neto}}: Q_1 - Q_2$$

Trabajo Neto

$$Q_1 = cv (T_b - T_a)$$

Cantidad de calor en 1, cantidad de calor suministrado (final de admisión inicio de compresión)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Flujo laminar y turbulento

$$Re = \frac{D \times v \times \rho}{\mu}$$

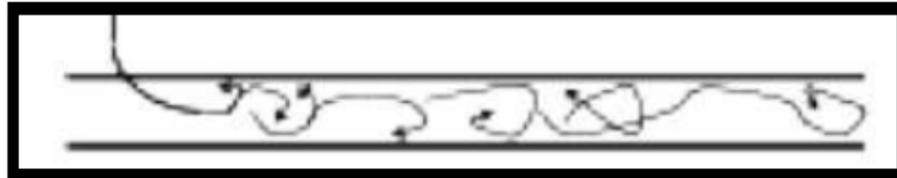
Ecuación para el número Reynolds



Flujo laminar: ($Re < 2000$)

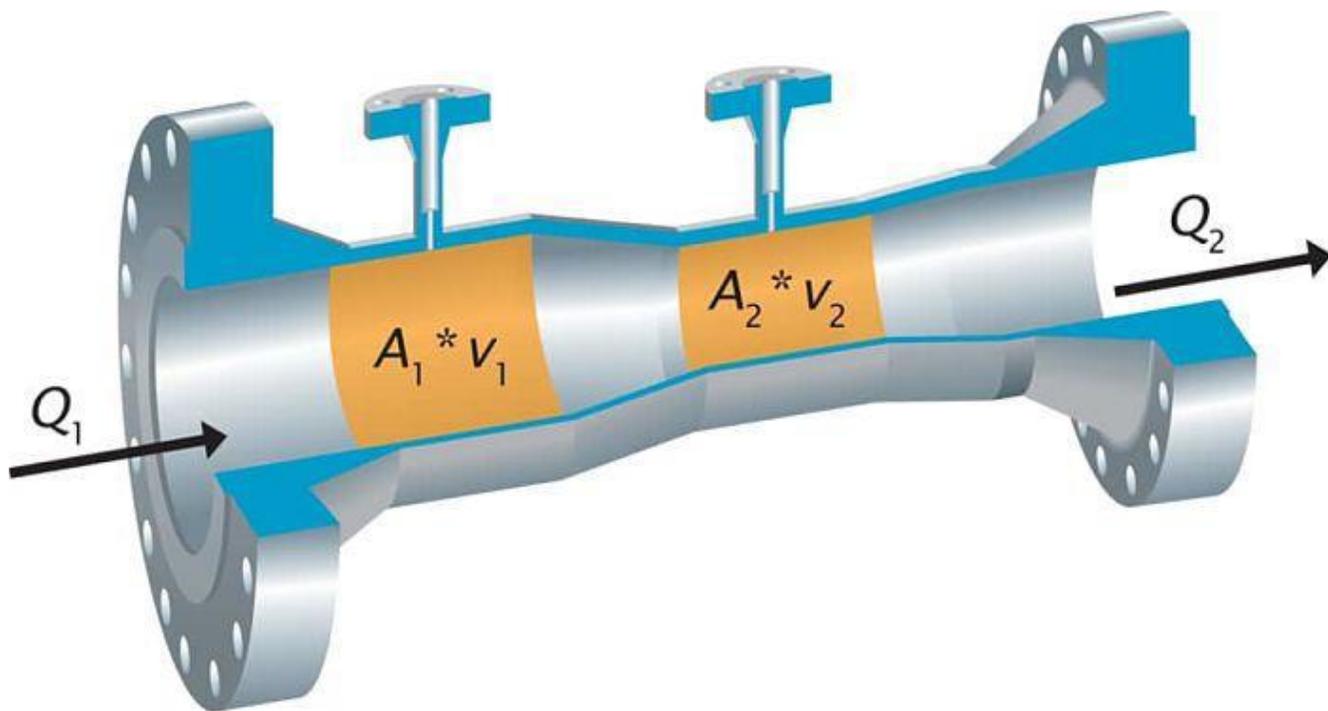


Estado de transición: ($2000 \leq Re \leq 4000$)



Flujo turbulento: ($Re \geq 4000$)

Ecuaciones para el flujo de aire



$$V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2$$

Ley de conservación de masas

$$P_1 + (\rho g y_1) + \frac{\rho V_1^2}{2} = P_2 + (\rho g y_2) + \frac{\rho V_2^2}{2}$$

Ley de Bernoulli

Pérdida de energía

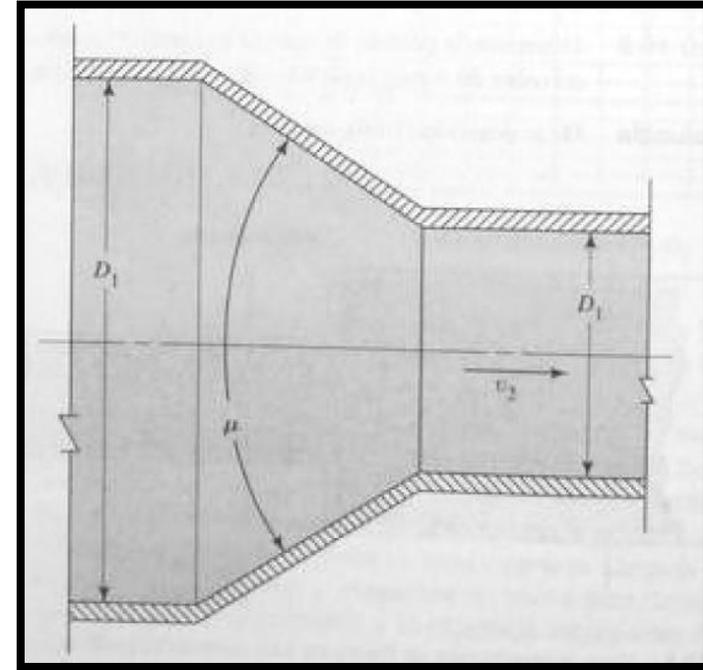
$$h_L = \left(f \frac{\sum L}{D} \right) x \frac{v_i^2}{2g}$$

Ecuación de Darcy

$$h_{cg} = K \left(\frac{v_2^2}{2g} \right)$$

Pérdida de energía por contracción gradual

Pérdida de energía por contracción gradual



Nota: Tomado de Mecánica de fluido de (Mott, 2006)

Pérdida de energía

$$h_{es} = K \left(\frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Pérdida de energía por expansión súbita

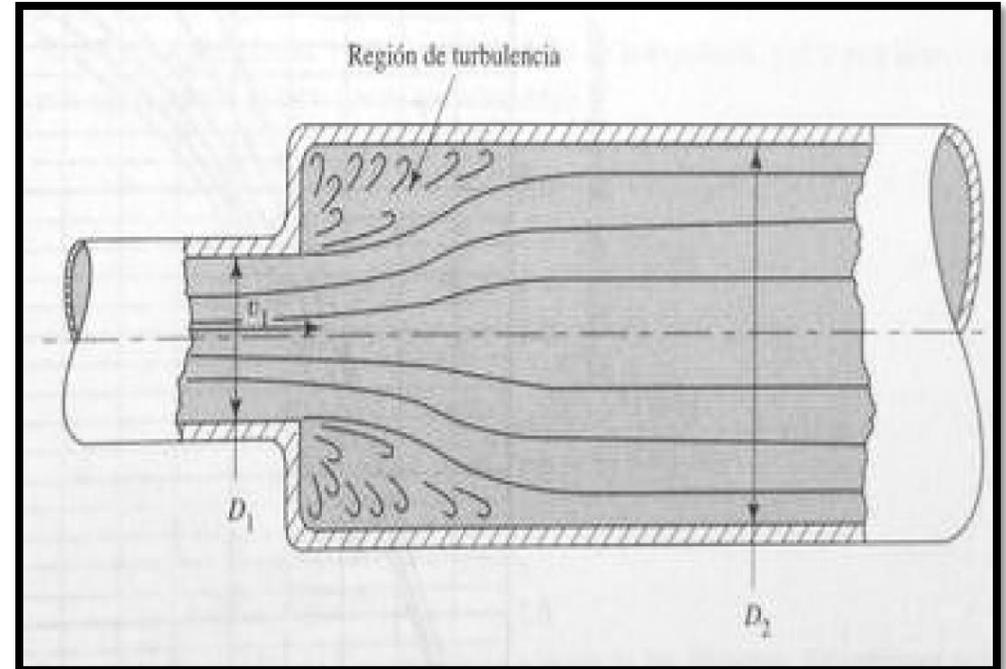
$$h_v = K_v \left(\frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Perdida de energía por válvula

$$K_v = \left(\frac{L_e}{D_i} \right) f$$

Coefficiente de resistencia para válvula de mariposa

Perdida de energía por expansión súbita



Nota: Tomado de Mecánica de fluido de (Mott, 2006)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pérdidas por vueltas de tubería

$$r = R_1 + \frac{D_{\text{exterior}}}{2}$$

Radio de la línea central del ducto

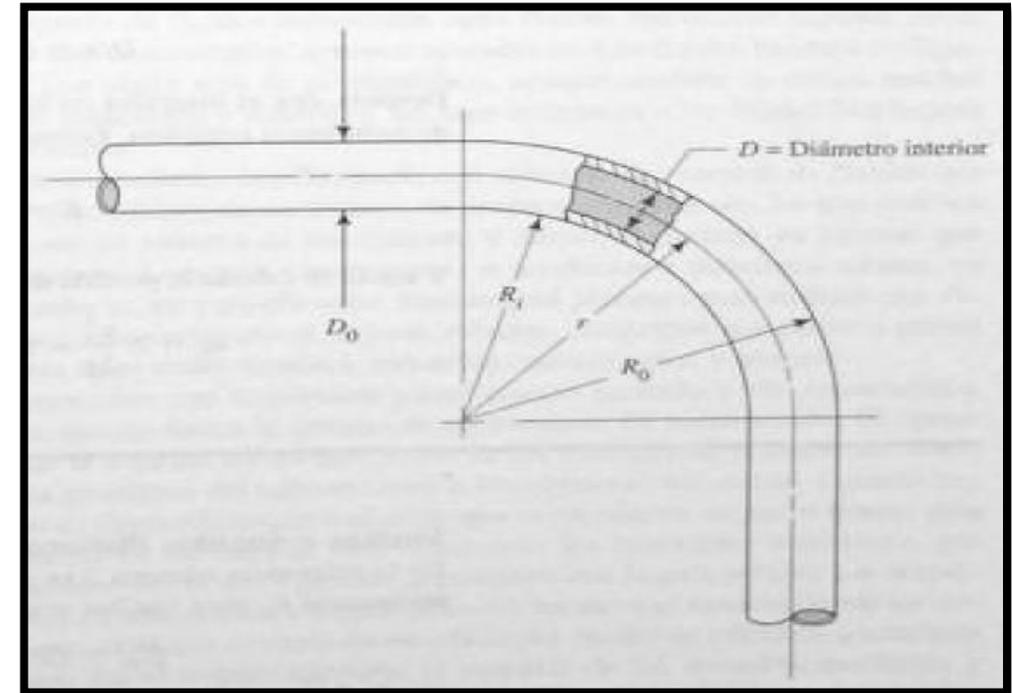
$$K_{\text{codo}} = f \times \left(\frac{L_e}{D_i} \right)$$

Coefficiente de resistencia

$$h_{\text{codo}} = K_{\text{codo}} \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Pérdida de energía por vuelta de tubería

Pérdida de energía por vuelta de tubería



Nota: Tomado de Mecánica de fluido de (Mott, 2006)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pérdida total de energía

$$H_L = h_v + h_{cg} + h_{es} + \dots + h_n$$

Pérdida total de energía

Pérdida de presión

$$\Delta P = \delta \times g \times \left[(Z_1 - Z_2) + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2} - H_L \right]$$



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño mecánico

$$\sigma_t = \frac{P_1(D_1 + t)}{2t}$$

Esfuerzo tangencial en tuberías de pared delgada

$$\sigma_r = \frac{P_1 D_1}{4t}$$

Esfuerzo radial en tuberías de pared delgada

$$\sigma_{ter} = \frac{\alpha \Delta T E}{1 - \lambda}$$

Esfuerzo térmico

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_t^2 - \sigma_t \sigma_r + \sigma_r^2}$$

Esfuerzo de Von Mises



Factor de seguridad

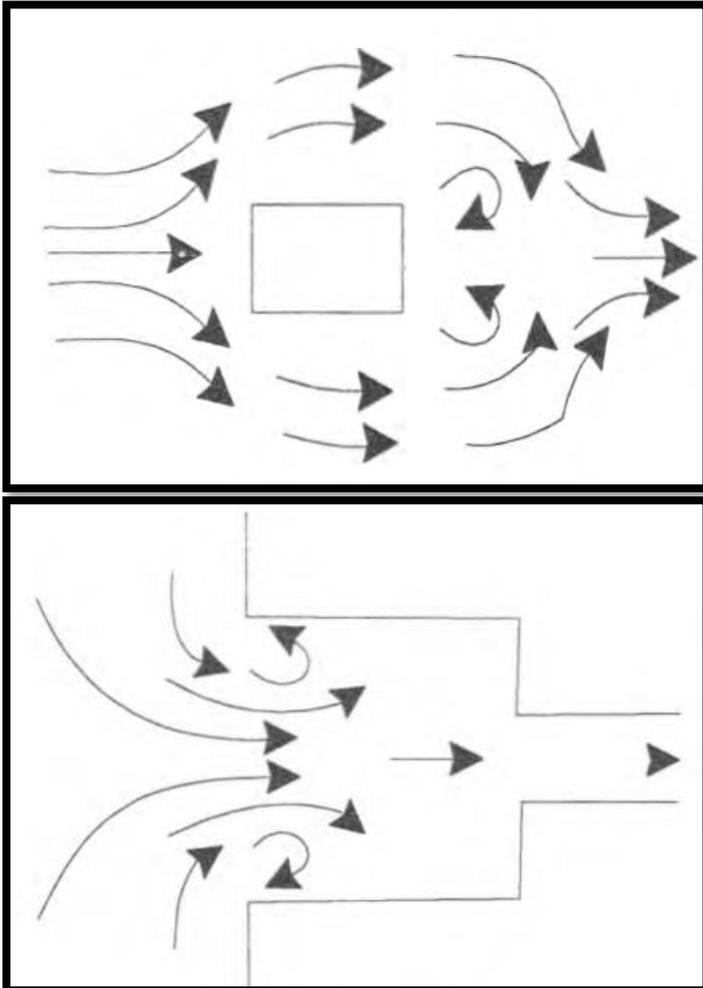
$$N = \frac{S_y}{\sigma_{eq} + \sigma_{ter}}$$

Factor de seguridad

Factor de seguridad	Utilidad
1.25 a 1.5	Para materiales excepcionalmente fiable utilizados en condiciones controlables y sometidas a cargas y tensiones que se pueden determinar con certeza
1.5 a 2	Para materiales conocidos, en condiciones ambientales razonablemente constantes, sometido a cargas y tensiones que se pueden determinar fácilmente.
2 a 2.5	Para materiales promedios que funcionan en entornos ordinarios y están sometidos a cargas y tensiones que se pueden determinar con relativa precisión.
2.5 a 3	Para materiales poco probados o para materiales frágiles que funcionan en condiciones promedio del entorno, la carga y el estrés.
3 a 4	Para materiales no probados que funcionan en condiciones promedio del entorno, la carga y el estrés.
3 a 4	También se debe utilizar con materiales más conocidos para ser utilizado en entornos inciertos o sometidos a tensiones inciertas.



Vórtices



El vórtice forzado se genera por el contacto entre un fluido real en movimiento y un obstáculo que puede ser una pared fija u otro fluido que tenga una dirección contraria al de la original, este fenómeno se presenta al momento que el fluido pasa por un obstáculo u una transición.”



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Dosificación

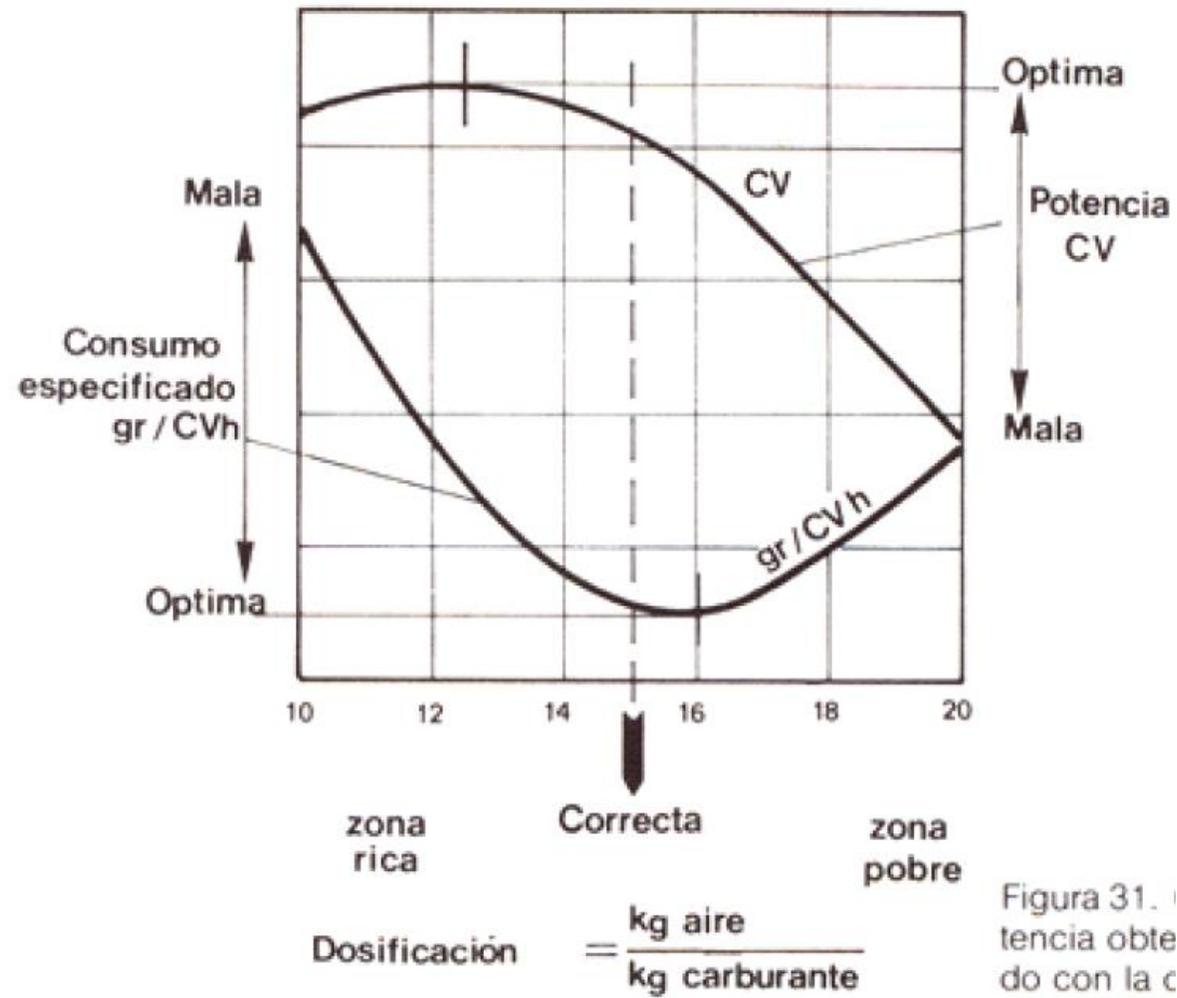
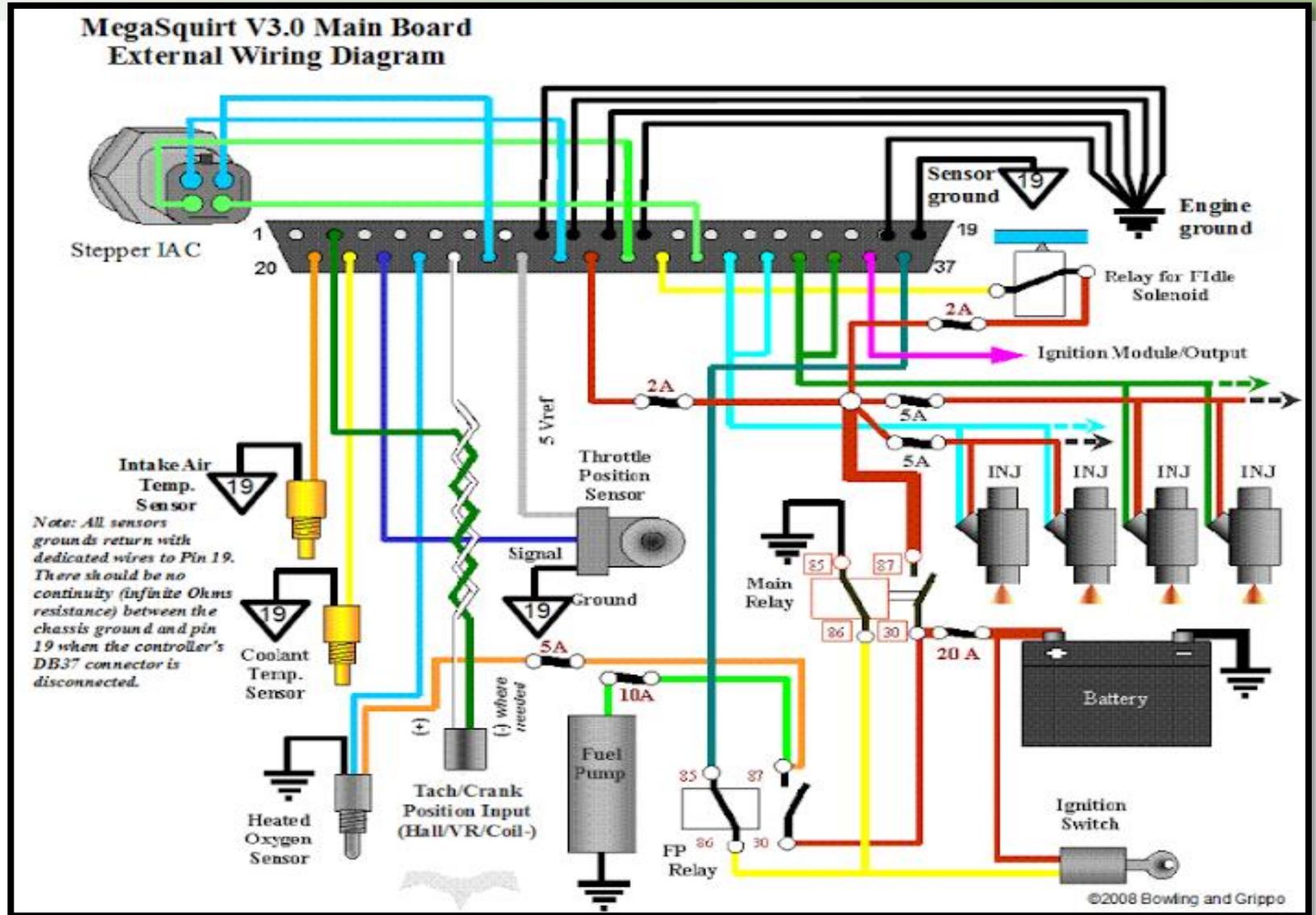


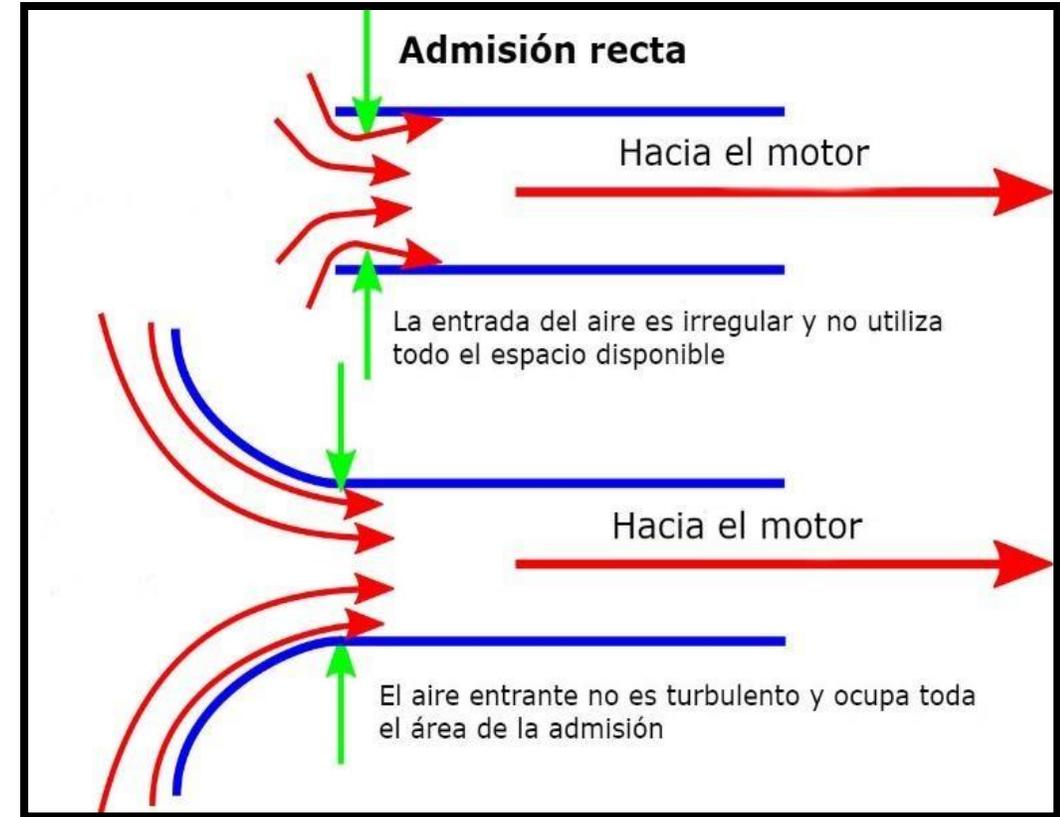
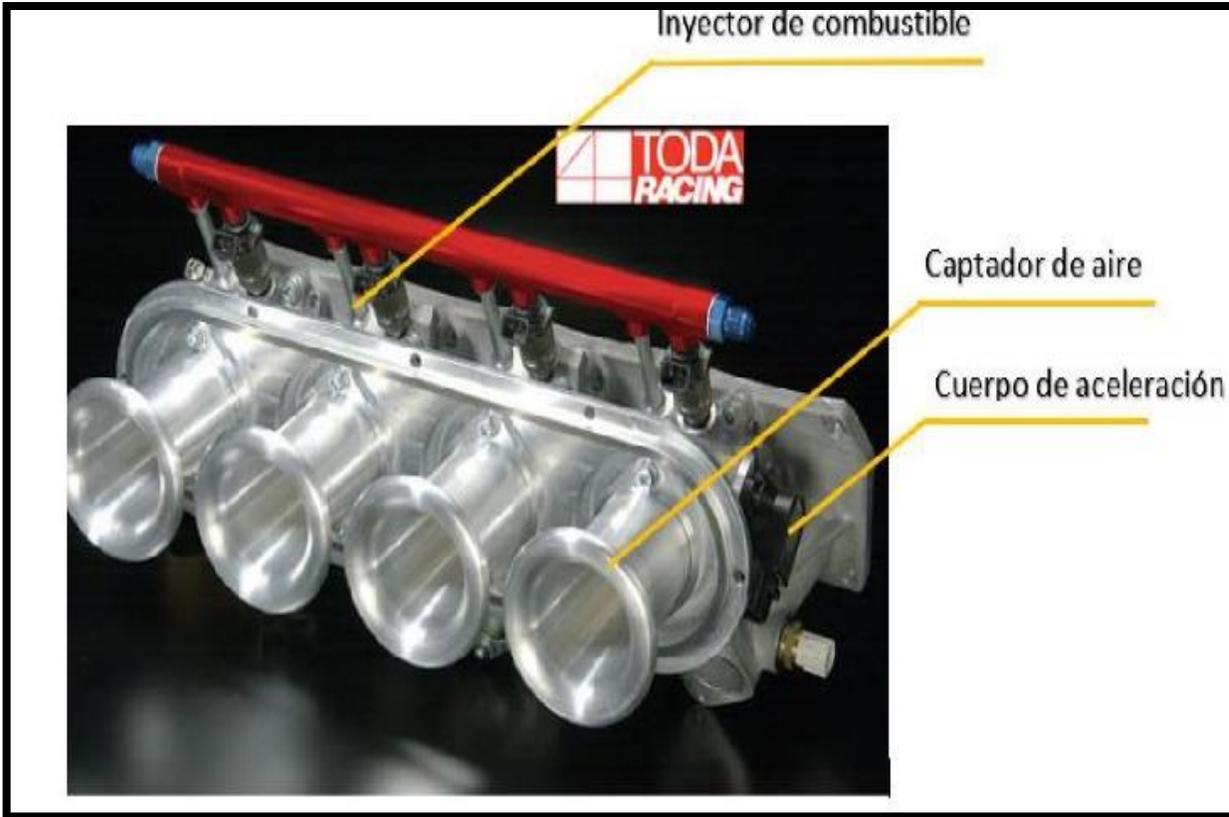
Figura 31.1
 potencia obtenida con la c



Megasquirt



Sistema itbs



TunerStudio

Settings Changed that Require a Power Cycle to Take Effect.

TPS Decel	Flat shift	Half-RPM sync	CL idle	ASE OFF	Lost Data	TPS Accel Enrich	Need Burn	T-log	MAP Decel	NZO 2	No Fuel cut
NZO 1	Knock	MAP Accel Enrich	No seq. shift	Red Fuel Control	AC	WUE OFF	Not Cranking	Spk Tbl sw	Launch	Hard limit	Not Ready
Over boost	Test mode	Spark cut	MAP sample error	Fuel Tbl sw	Config Error	No soft limit	Idle Logic	MAP Control	Protocol Error		

Fuel VE Table 1

100.0	78	85	90	95	99	101	104	109	115	118	117	112	110	108	106	104
98.0	76	84	89	94	98	100	103	108	114	117	116	111	109	107	105	103
95.0	75	83	88	93	97	99	102	107	110	113	115	110	108	106	104	102
90.0	74	82	87	92	96	98	101	106	108	112	112	109	107	105	103	101
85.0	74	81	86	91	95	97	100	103	103	106	107	108	106	104	102	100
80.0	72	77	82	87	90	93	95	98	100	102	105	103	101	99	102	95
75.0	68	76	80	83	84	86	89	90	94	98	100	99	98	94	95	85
70.0	65	68	69	76	78	79	84	86	90	94	95	94	92	90	89	80
65.0	61	63	66	69	72	75	79	82	85	89	88	84	82	80	80	76
60.0	61	64	66	69	71	72	76	80	81	85	85	80	78	76	74	72
55.0	56	61	63	66	64	67	71	75	75	79	77	71	69	67	65	63
50.0	54	57	61	59	60	65	69	71	73	77	75	69	67	65	63	61
45.0	55	55	55	57	57	63	66	69	71	75	73	67	65	63	61	59
40.0	56	55	54	53	56	61	65	67	69	73	71	66	64	62	60	58
35.0	44	54	48	48	49	53	56	60	63	66	65	62	60	58	57	57
30.1	42	45	47	45	46	48	50	55	58	61	61	60	59	59	58	58

rpm: 801
fuelload: 35.0
Selected %: 54

Ignition Table 1 (Spark Advance)

1000.0	14.8	16.8	18.0	21.8	28.2	32.5	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
900.0	15.1	17.2	18.5	22.8	28.5	34.3	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
800.0	15.5	17.5	20.0	23.5	29.9	34.8	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
n 700.0	16.0	18.3	20.3	24.1	30.8	35.3	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
l 800.0	16.0	18.5	20.5	26.0	31.7	35.8	36.0	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2
a 50.0	15.8	18.8	20.8	24.3	31.3	36.0	36.5	36.5	36.5	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
a 45.0	16.7	18.6	20.7	23.2	30.8	36.0	36.6	37.2	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
d 40.0	15.5	18.4	20.6	24.0	29.8	36.0	36.8	37.4	37.4	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6
35.0	15.5	18.2	20.4	23.5	29.0	36.4	37.0	37.0	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
30.0	15.6	18.0	20.2	23.8	28.0	36.8	37.0	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
p 25.0	15.7	17.8	20.5	23.2	28.2	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
a 20.1	15.7	17.8	20.0	22.2	27.1	37.5	37.0	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5

rpm: 900
ignload: 25.0
Selected deg: 17.8



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

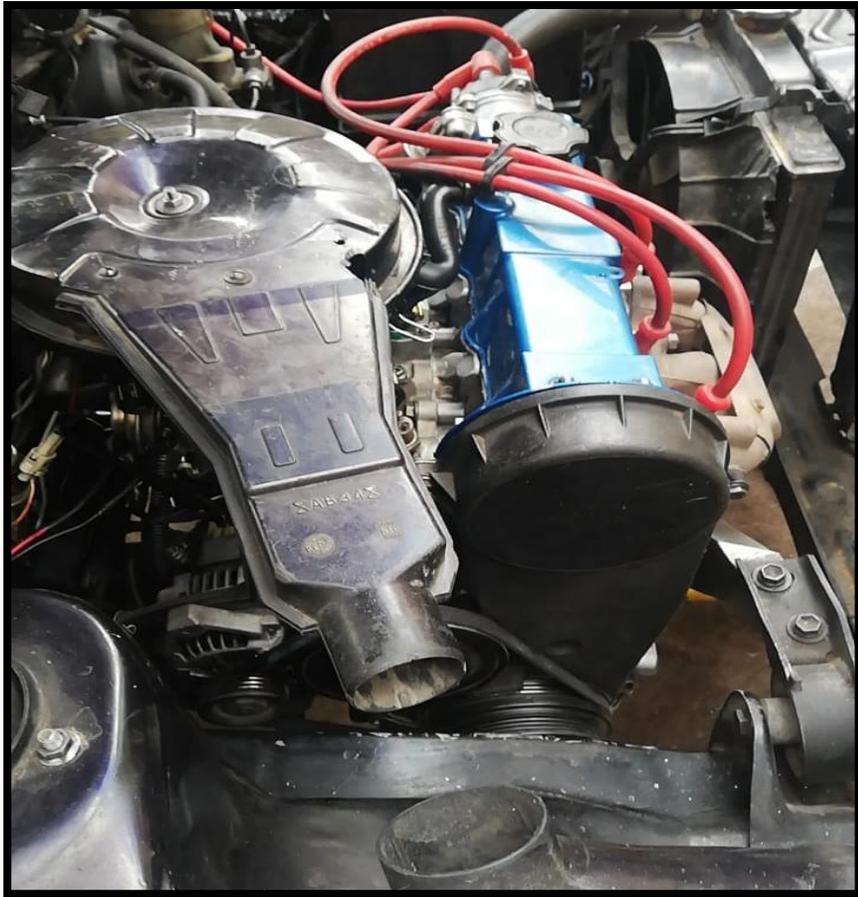
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA



Características motor G10

Modelo	Cultus/Forza/Swift
Cilindraje	993 CC.
Numero de cilindros (i) (η_c)	3
Carrera x Diámetro	77mm x 74 mm
Encendido	1-3-2
Relación de compresión	8.8:1
Volumen de cámara	38.9 c.c.
Avance	4° rpm / 800 rpm





Motor G10 estado inicial



Motor G10 estado final

Parámetros y valores calculados

Parámetro	Valor
Cilindrada unitaria (V_h)	331.165 cm^3
Volumen de la cámara de combustión (V_{cc})	38.96 cm^3
Volumen de la cilindrada total del motor (V_T)	1110.37 cm^3
Masa de aire en admisión (m_A)	$9.67 \times 10^{-4} \text{ Kg}$
P_o	540 mm Hg = 71994.1 Pa
ρ_{aire}	0.871 Kg/m^3
Velocidad en el colector de admisión (\mathcal{V})	$7.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



Parámetro	Valor
Flujo volumétrico (\dot{V})	$0.0125 \frac{m^3}{s}$
Flujo másico: (\dot{m}_A)	$0.01088 \frac{Kg}{s}$
Presión de admisión (P_a)	0.06927MPa
T_r	900 k
T_a	594.95 k
P_c	1.55 MPa
T_c	1404.688 K
T_Z	2614,804 K
P_z	3.102 MPa
P_b	0.162 MPa
T_b	1295.357 K
Q1	$868.863 \frac{KJ}{Kg}$



Parámetro	Valor
Q2	$502.892 \frac{KJ}{Kg}$
W_{neto}	$365.971 \frac{KJ}{Kg}$
W_{neto}^{\cdot}	5.34 Hp
Velocidad a la salida del colector de admisión (v_2)	45.62 m/s
v_{pis}	$8.727 \frac{m}{s}$
S_{pis}	$4.3 \times 10^{-3} m^2$
D	32.3mm



Propiedades del Material a Usar

Medida nominal de la tubería	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Diámetro interior (mm)
1 1/4	42.2	3.56	35.1

$$S_{uy} = (\text{Resistencia a la fluencia}) = 30 \text{ Kpsi}$$

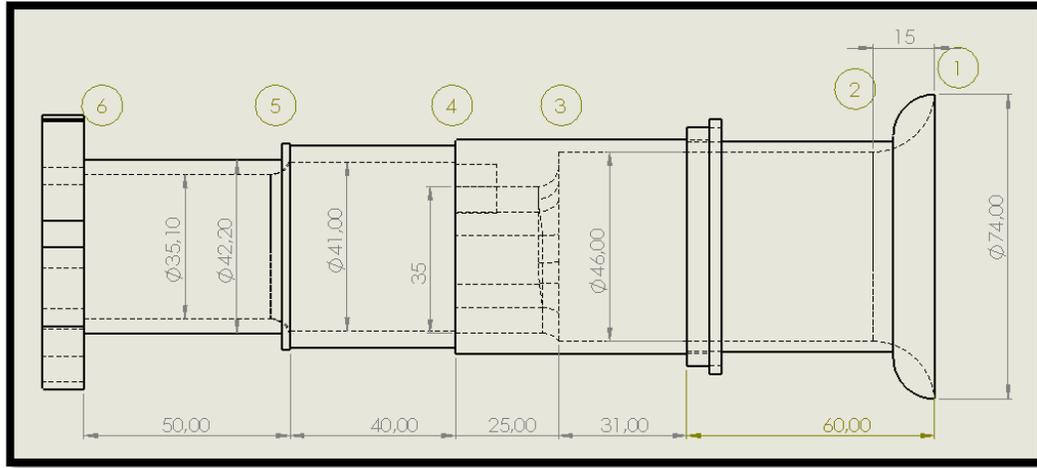
$$\alpha = (\text{Coeficiente de dilatación térmica}) = 10.8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$E = (\text{Módulo de elasticidad}) = 30 \text{ Mpsi}$$

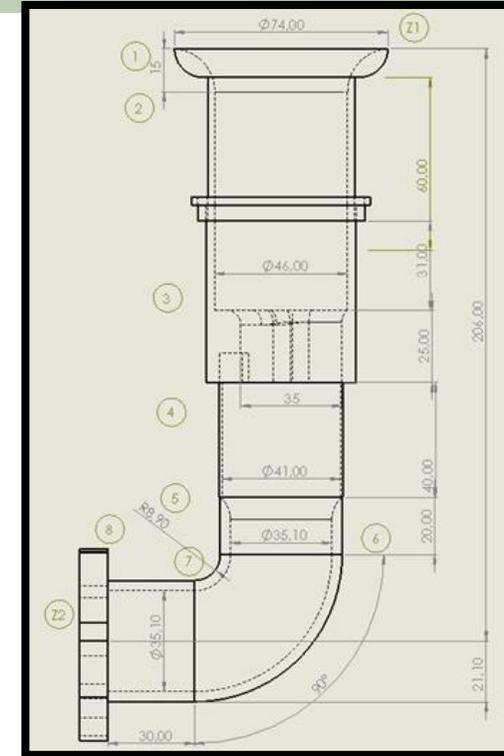
$$\lambda = (\text{Módulo de Poisson}) = 0.292$$



Propuestas de Diseños



Diseño de itbs con colector recto



Diseño de itbs con colector a 90 °

Cálculos para el diseño 1

$$A_1 = 4.3 \times 10^{-3} m^2$$

$$v_1 = 7.5 \frac{m}{s}$$

$$A_{2-3} = 1.66 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_{3-4} = 9.641 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_{4-5} = 1.32 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_{5-6} = 9.676 \times 10^{-4} m^2$$

$$v_{2-3} = 19.43 m/s$$

$$v_{3-4} = 33.45 m/s$$

$$v_{4-5} = 24.43 m/s$$

$$v_{5-6} = 33.33 m/s$$



Pérdida de energía por contracción gradual

$$h_{L1-2} = 0.962 \text{ mca}$$

$$h_{L3-4} = 2.167 \text{ mca}$$

$$h_{L5-6} = 1.132 \text{ mca}$$

Pérdida de energía por expansión súbita

$$h_{L4} = 0.1255 \text{ mca}$$

Pérdida generada en el cuerpo de aceleración

$$h_v = 55.17 \text{ mca}$$



Pérdidas en secciones rectas

$$h_{2-3} = 0.6835 \text{ mca}$$

$$h_{4-5} = 0.638 \text{ mca}$$

$$h_{5-6} = 1.734 \text{ mca}$$

$$H_L = 0.962 + 2.167 + 1.132 + 0.1255 + 55.17 + 0.6835 + 0.638 + 1.734$$

$$H_L = 62.612 \text{ mca}$$



Cálculo de la caída de presión

$$\Delta P = 1.133 \times 9.81 \times \left[\frac{7.5^2 - 33.33^2}{2} - 62.612 \right]$$

$$\Delta P = -6556.93 \frac{N}{m^2}$$



Cálculos del diseño 2

$$A_1 = \pi (0.037 \text{ m})^2 = 4.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_1 = 7.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$A_{2-3} = \pi (0.023 \text{ m})^2 = 1.66 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{3-4} = \pi (0.0175 \text{ m})^2 = 9.641 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{4-5} = \pi (0.0205 \text{ m})^2 = 1.32 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{5-6} = \pi (0.01755 \text{ m})^2 = 9.676 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_{2-3} = 19.43 \text{ m/s}$$

$$V_{3-4} = 33.45 \text{ m/s}$$

$$V_{4-5} = 24.43 \text{ m/s}$$

$$V_{5-8} = 33.33 \text{ m/s}$$



Pérdida de energía por el codo en el conducto

$$h_{\text{Codo } 6-7} = 0.5283 \text{ mca}$$

$$h_{5-6 \text{ y } 7-8} = 1.734 \text{ mca}$$

Pérdida total de energía en el sistema

$$H_L = 63.1403 \text{ mca}$$

Cálculo de la caída de presión

$$\Delta P = -4273.166 \frac{N}{m^2}$$



Diseño mecánico

$$\sigma_t = 57.283 \text{ psi}$$

$$\sigma_r = 26.031 \text{ psi}$$

$$\sigma_{eq} = 49.677 \text{ psi}$$

Esfuerzos térmicos

$$\sigma_t = 13271.19 \text{ psi}$$

Determinación del factor de seguridad

$$N = 2.252$$



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño de Colectores Mediante Software

Condiciones iniciales para la simulación

Parameter	Value
Parameter Definition	User Defined
Thermodynamic Parameters	
Parameters	Pressure, temperature
Pressure	71994.1 Pa
Pressure potential	<input checked="" type="checkbox"/>
Refer to the origin	<input type="checkbox"/>
Temperature	288.15 K
Velocity Parameters	
Parameter	Velocity
Velocity in X direction	0 m/s
Velocity in Y direction	3 m/s
Velocity in Z direction	0 m/s
Turbulence Parameters	

Condiciones de presión y temperatura ambientales para la simulación

Environment Pressure 1

Cara<1>@tapa cornetas-1

Global Coordinate System

Reference axis: X

Type

Environment Pressure

Static Pressure

Total Pressure

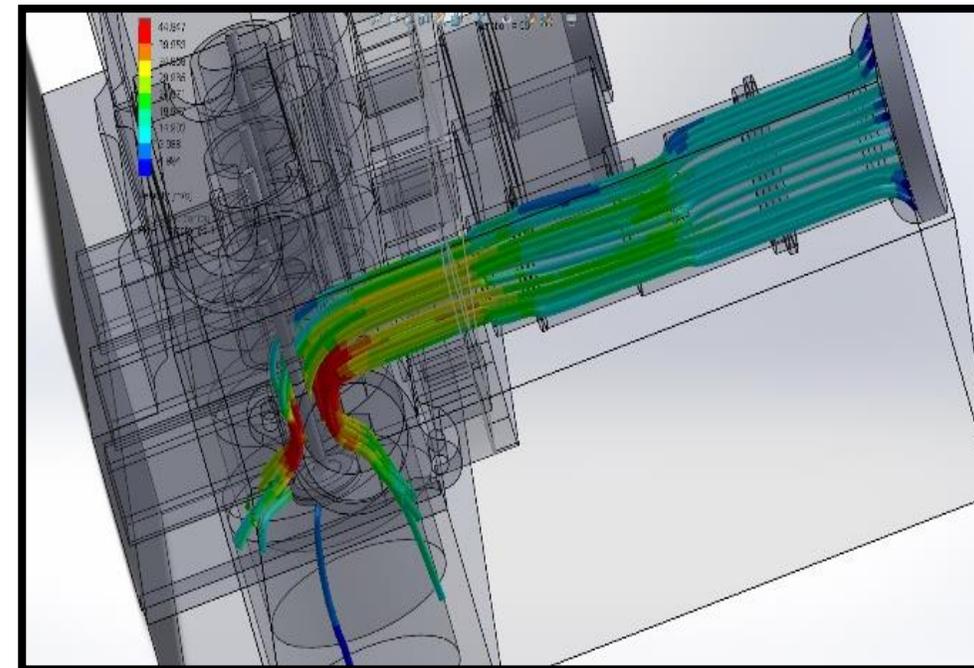
Thermodynamic Parameters

P 71994.1 Pa

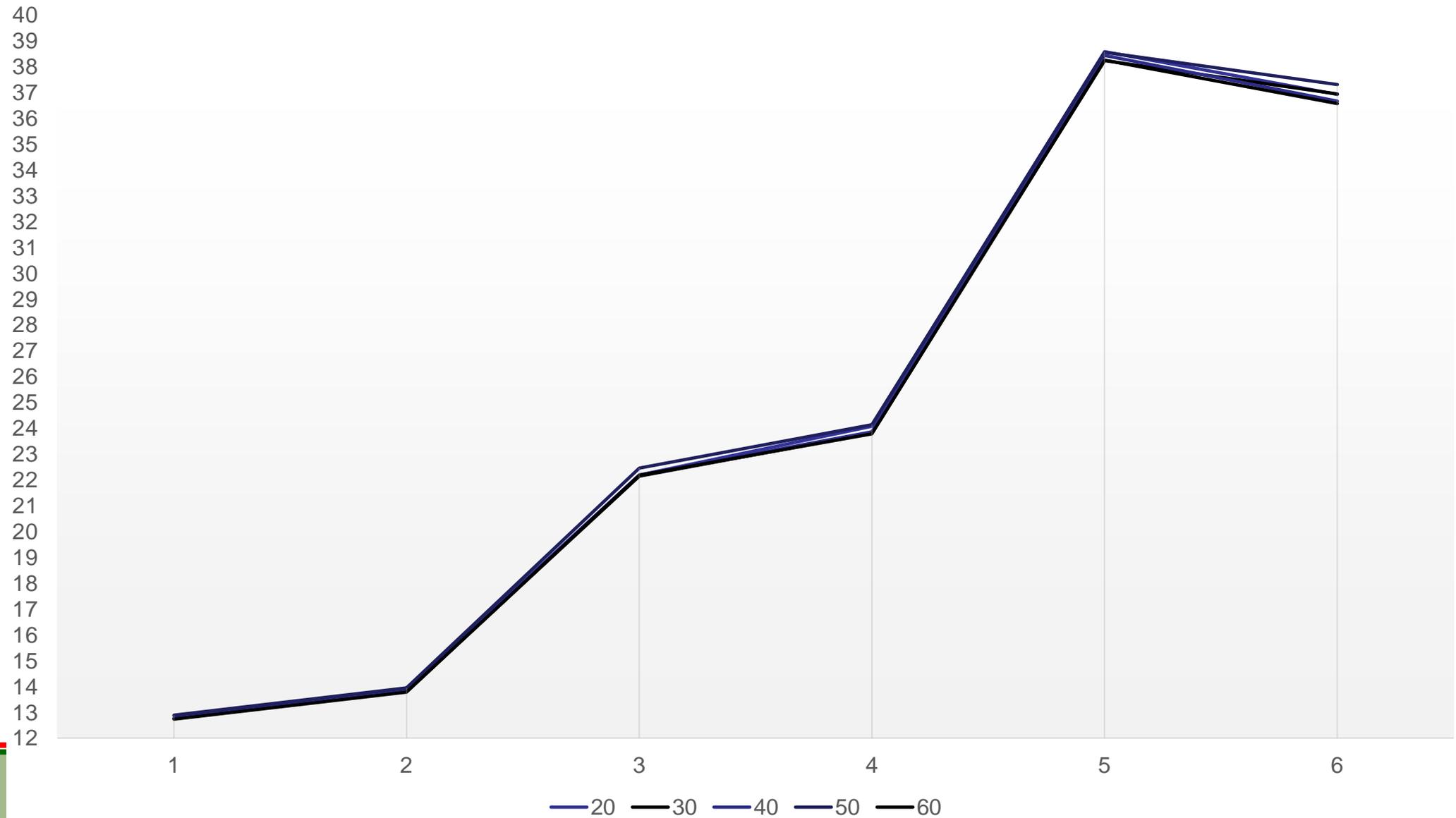
T 288.15 K

Conductos Rectos

Longitud (mm)	Anillo 1 (m/s)	Anillo 2 (m/s)	Anillo 3 (m/s)	Anillo 4 (m/s)	Anillo 5 (m/s)	Anillo 6 (m/s)
20	12,856	13,898	22,187	24,072	38,573	36,926
30	12,766	13,808	22,141	23,809	38,233	36,936
40	12,759	13,8	22,186	23,855	38,434	36,665
50	12,883	13,94	22,452	24,134	38,553	37,303
60	12,731	13,777	22,172	23,779	38,249	36,563



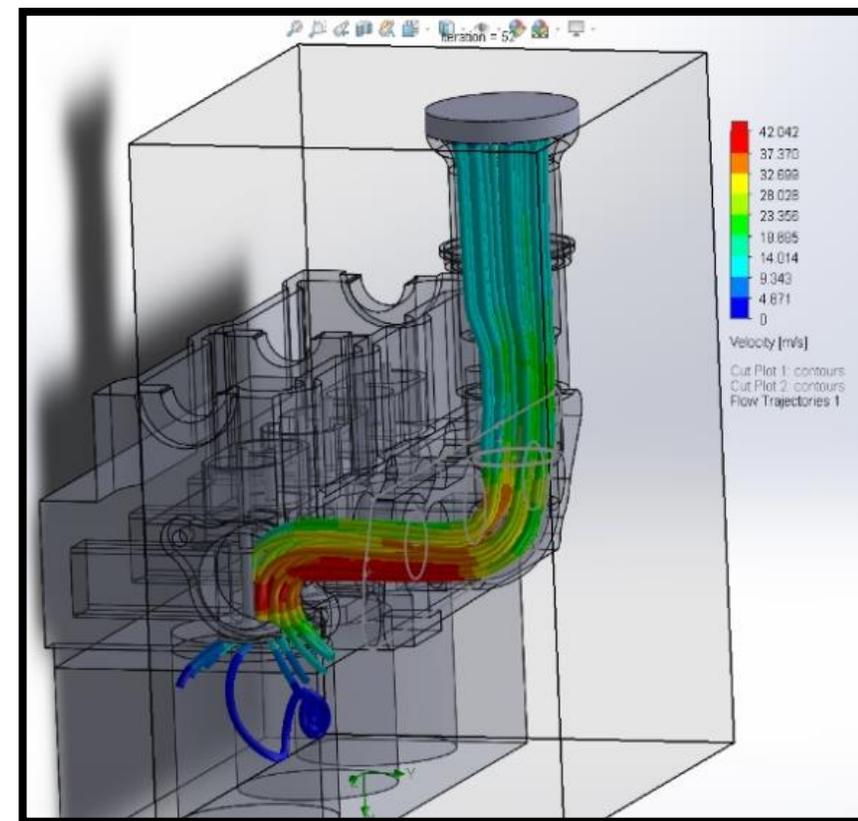
Curvas de longitud velocidad vs secciones del conducto



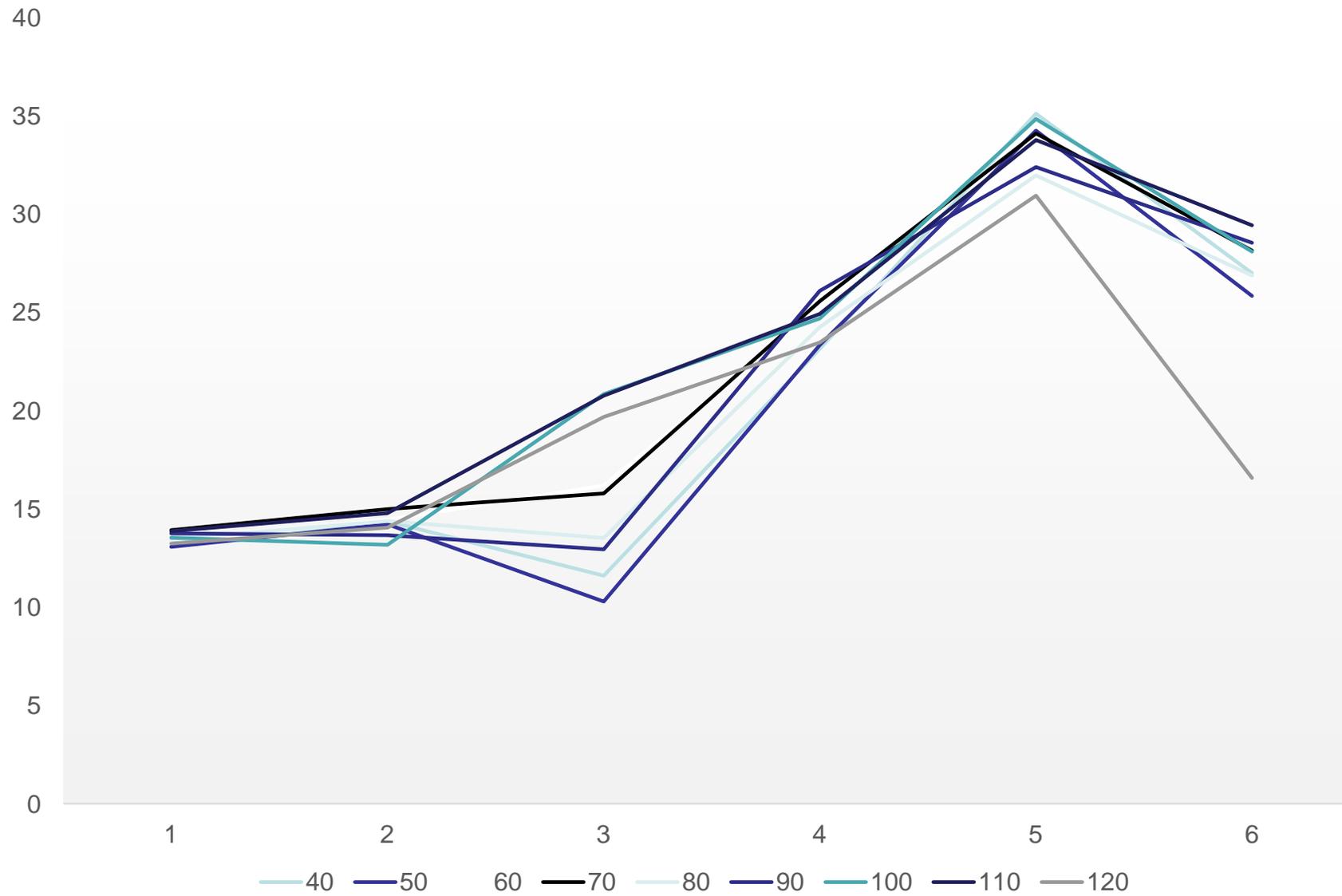
Conductos a 90°

Pruebas de colector a 90° sección conectada a la base del cabezote

Longitud (mm)	Anillo 1 (m/s)	Anillo 2 (m/s)	Anillo 3 (m/s)	Anillo 4 (m/s)	Anillo 5 (m/s)	Anillo 6 (m/s)
20	13,232	14,372	11,595	23,135	35,106	26,993
30	13,066	14,211	10,279	23,336	34,238	25,829
40	13,295	14,44	16,178	25,239	34,691	26,113
50	13,911	14,979	15,785	25,565	34,098	28,132
60	13,434	14,377	13,512	24,241	31,966	26,87
70	13,744	13,658	12,94	26,082	32,379	28,536
80	13,527	13,172	20,838	24,687	34,836	28,089
90	13,869	14,776	20,759	24,909	33,762	29,419
100	13,234	14,048	19,671	23,455	30,93	16,568
110	13,869	14,776	20,759	24,909	33,762	29,419
120	13,234	14,048	19,671	23,455	30,93	16,568



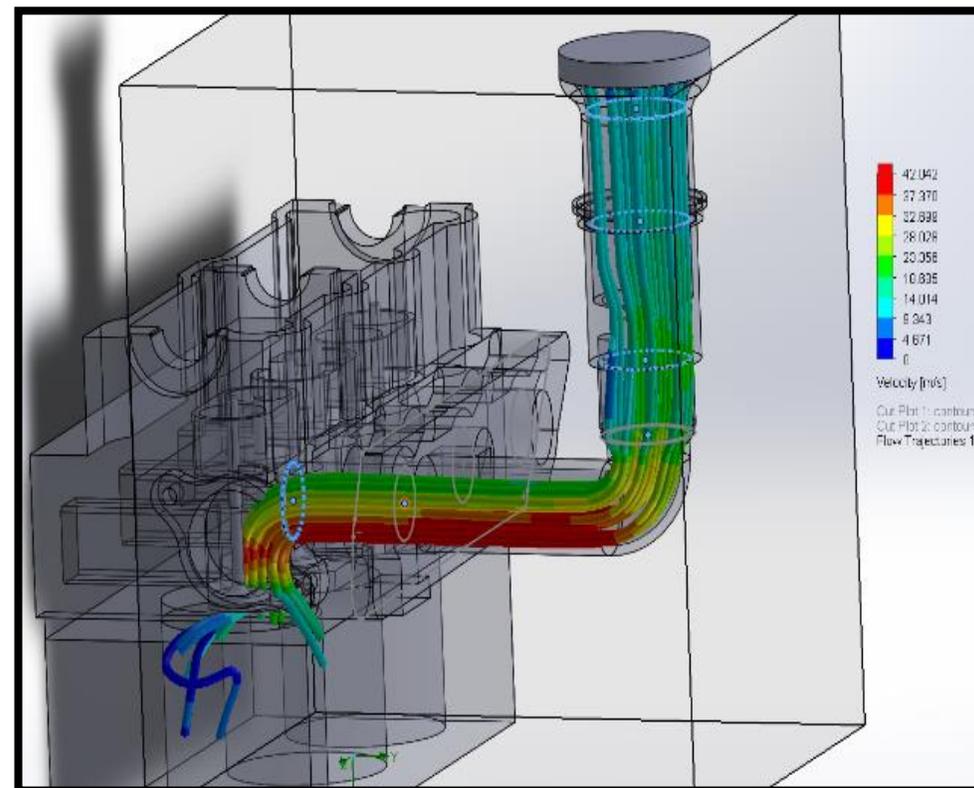
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

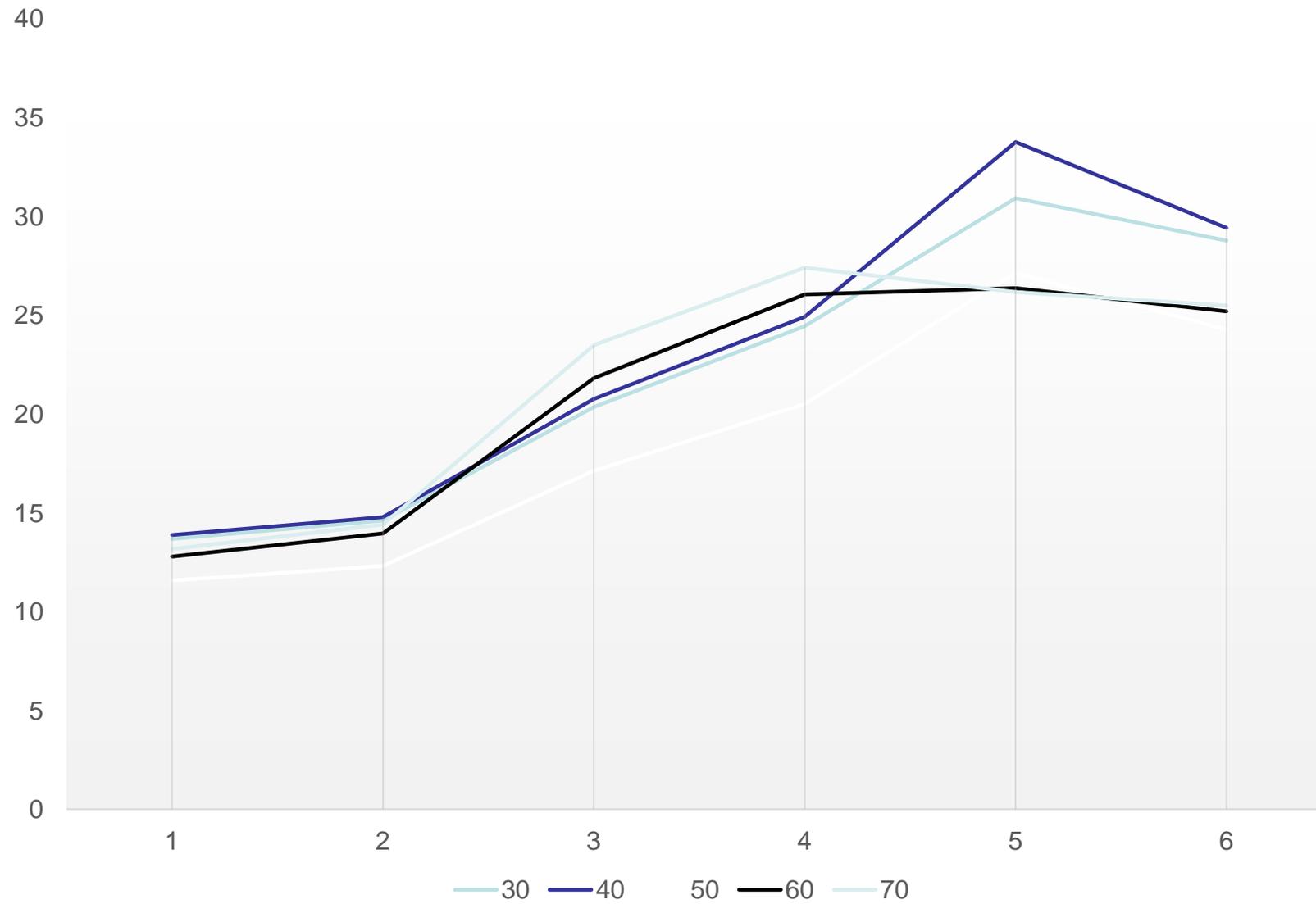


ESPE
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

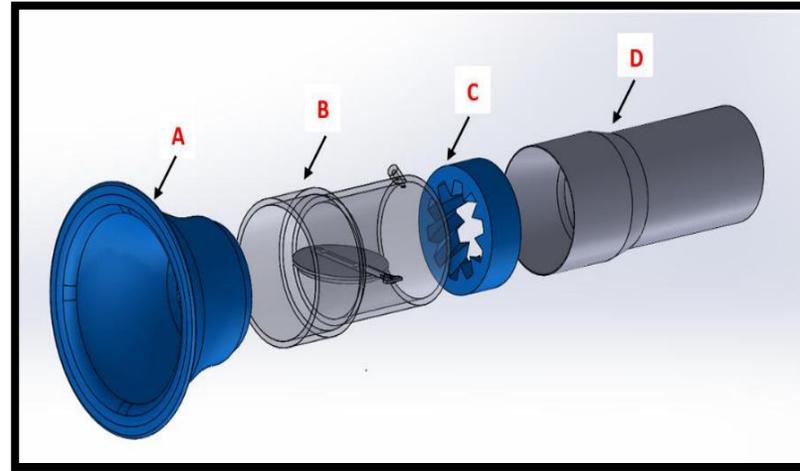
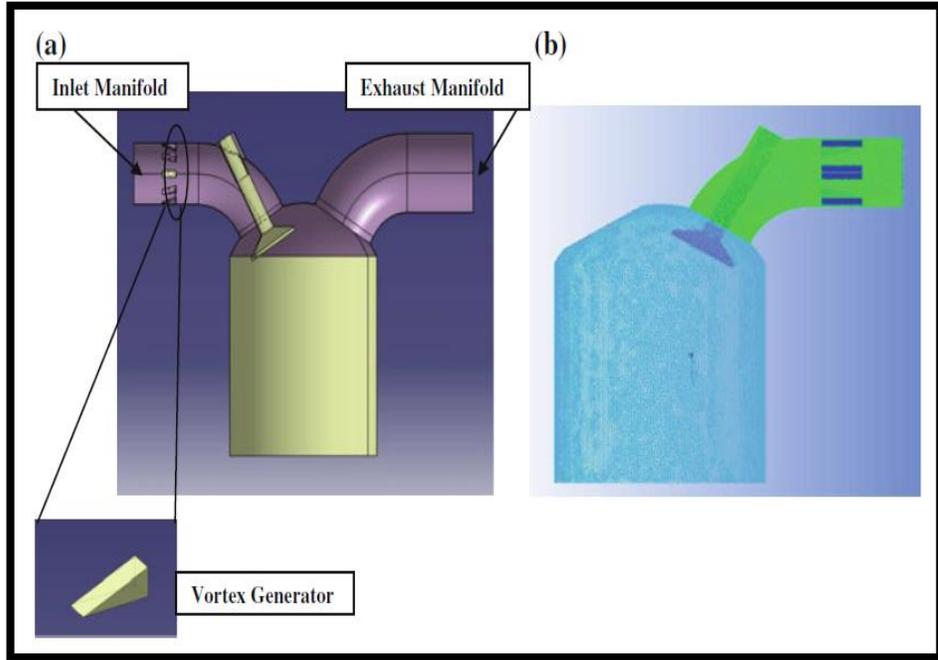
Pruebas de colector a 90° variando su segunda sección

Longitud (mm)	Anillo 1 (m/s)	Anillo 2 (m/s)	Anillo 3 (m/s)	Anillo 4 (m/s)	Anillo 5 (m/s)	Anillo 6 (m/s)
30	13,681	14,614	20,349	24,443	30,918	28,77
40	13,869	14,776	20,759	24,909	33,762	29,419
50	11,57	12,314	17,125	20,511	27,128	24,269
60	12,779	13,951	21,813	26,045	26,361	25,192
70	13,158	14,396	23,479	27,402	26,163	25,485

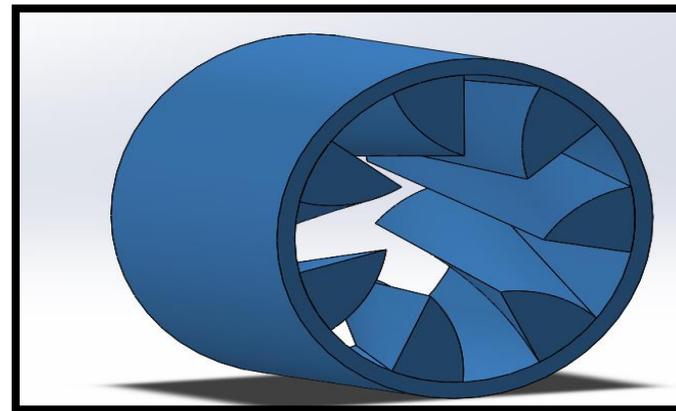




Generador de turbulencia



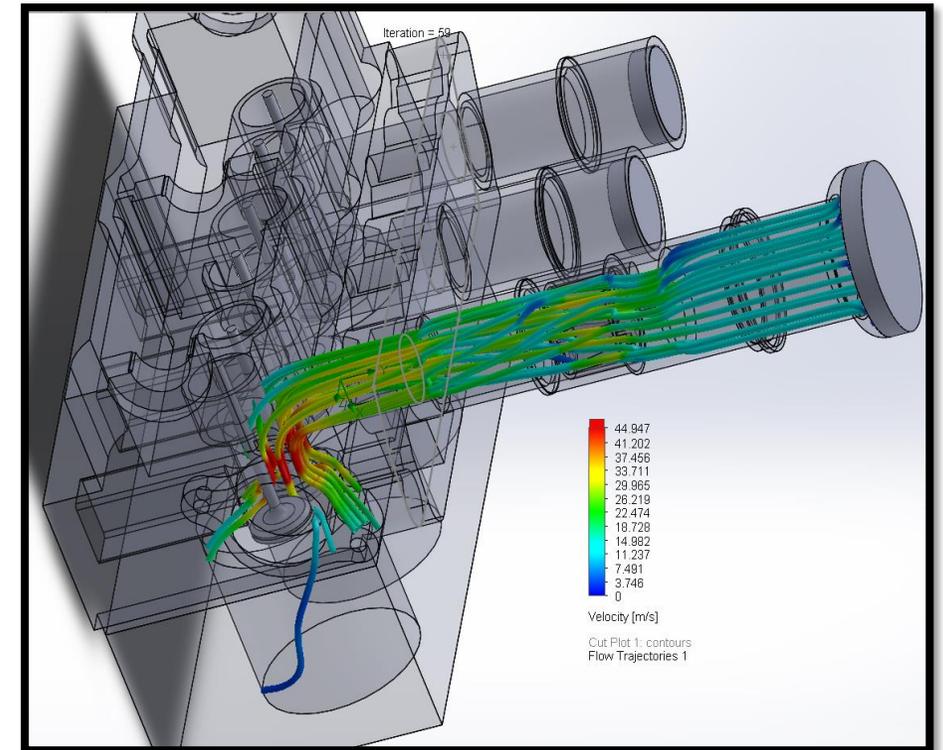
Nota: (Obando, 2020)

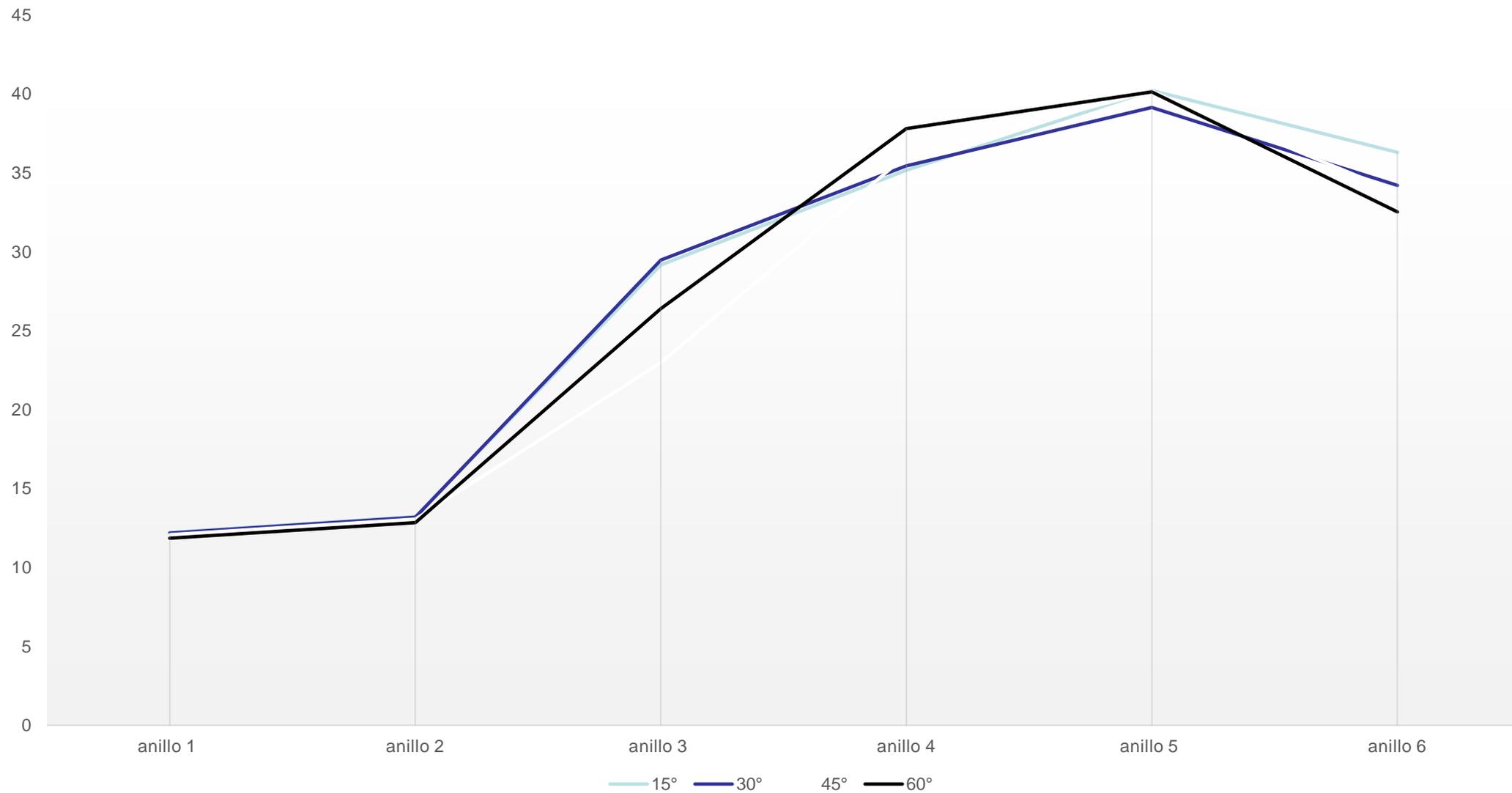


Nota: (Sivakumar & Senthil Kumar, 2014)

Análisis CFD del generador de turbulencia variando el ángulo de las aletas

Desface	anillo 1	anillo 2	anillo 3	anillo 4	anillo 5	anillo 6
	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
15°	12,218	13,226	29,163	35,159	40,216	36,292
30°	12,179	13,184	29,478	35,442	39,145	34,212
45°	12,069	13,067	22,982	36,114	40,179	33,757
60°	11,861	12,844	26,392	37,808	40,128	32,522

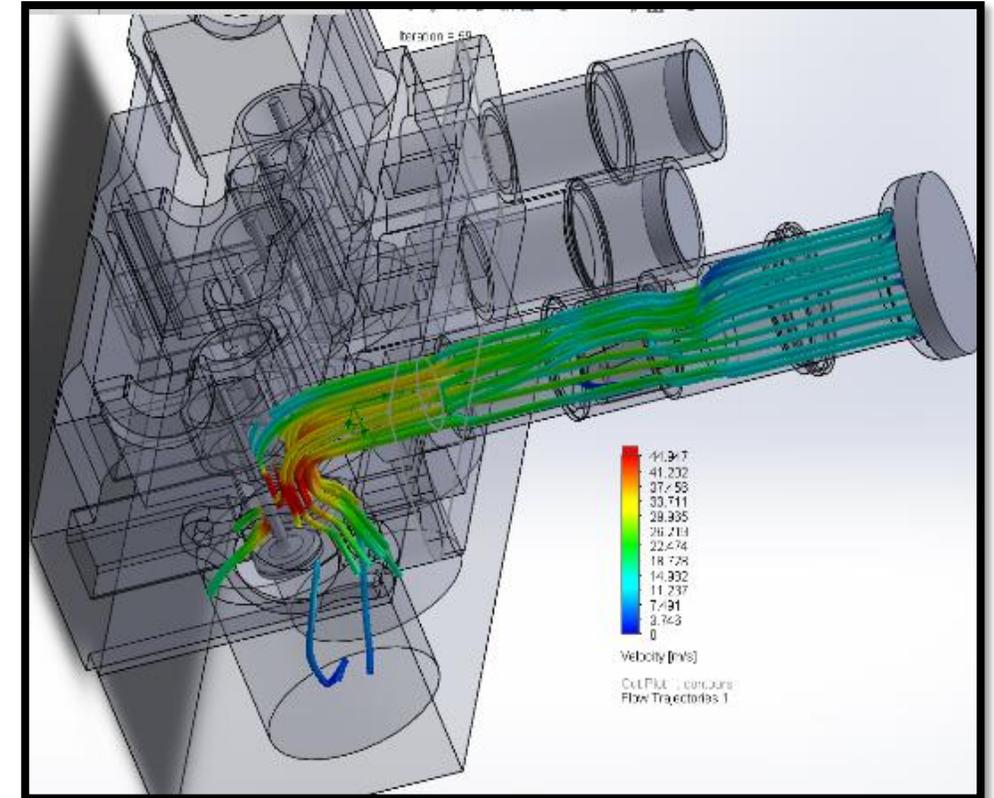




ESPE
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis CFD del generador de turbulencia variando el número de las aletas

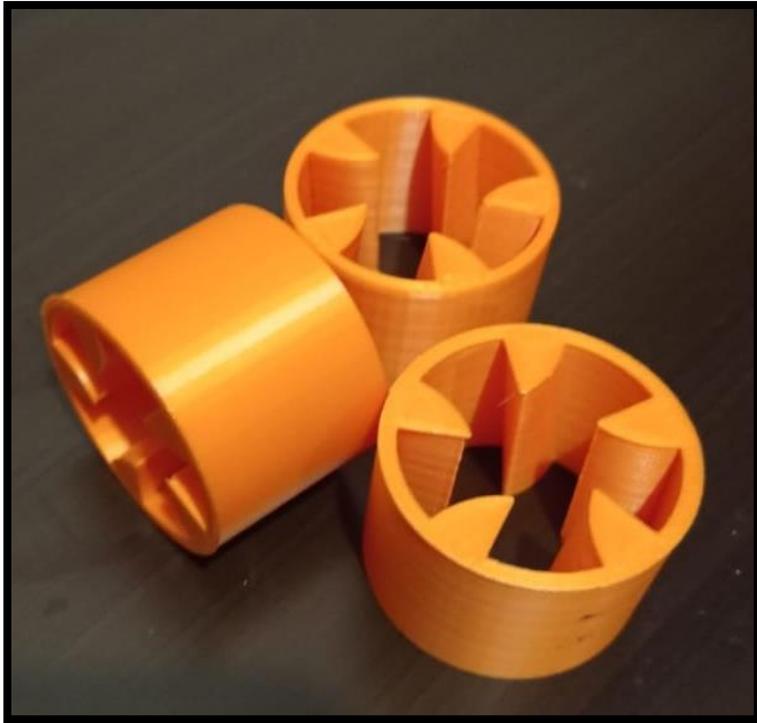
N° de aspas	anillo 1	anillo 2	anillo 3	anillo 4	anillo 5	anillo 6
3	12,689	13,739	25,871	29,451	39,141	37,141
4	12,587	13,625	26,725	30,105	39,23	37,275
5	12,494	13,521	27,195	32,625	40,264	37,67
6	12,363	13,385	26,497	33,012	39,642	36,464
7	12,219	13,231	29,172	35,175	40,231	36,232
8	11,981	12,971	30,629	37,153	35,367	39,349





ESPE
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

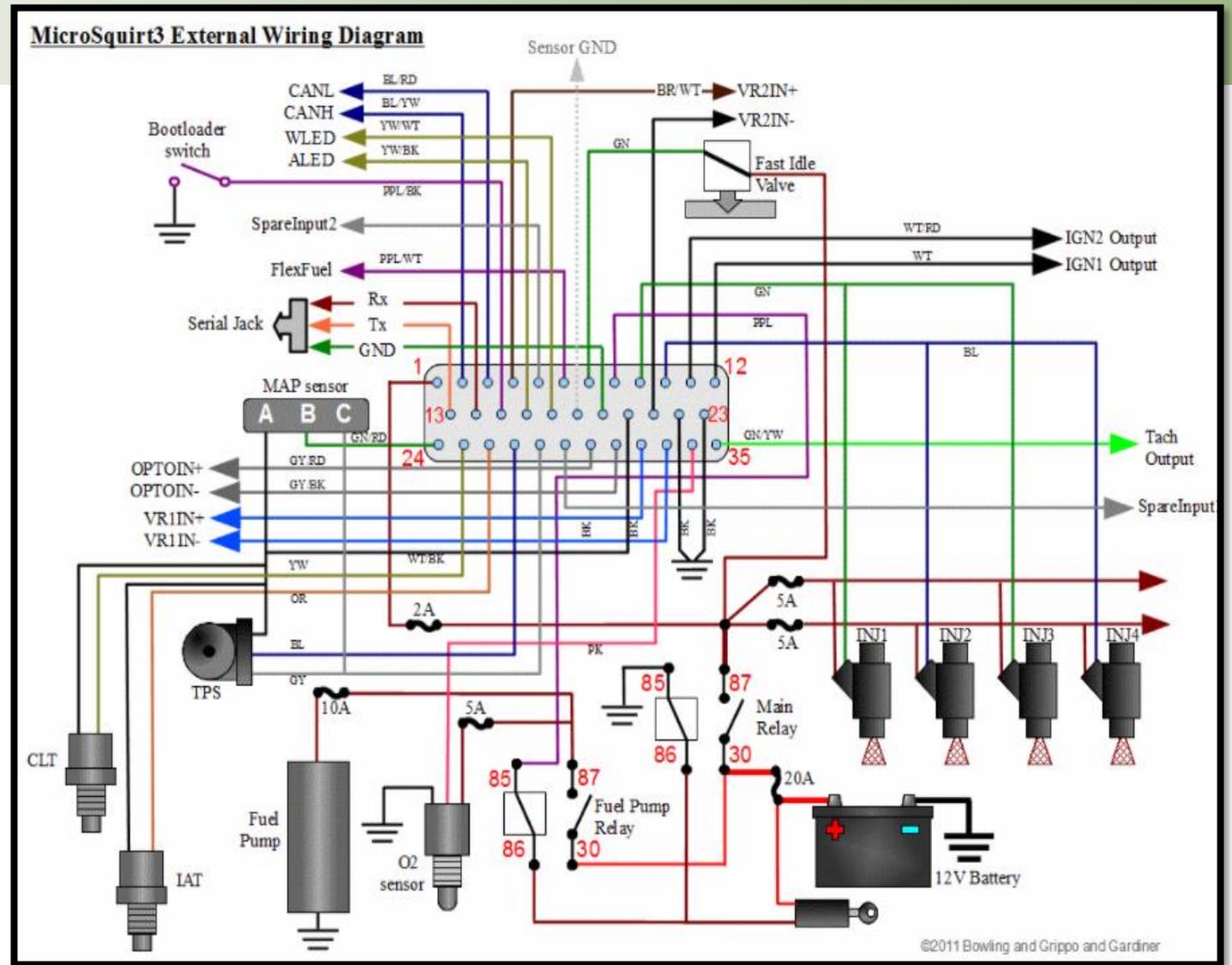
Selección de los componentes a fabricar



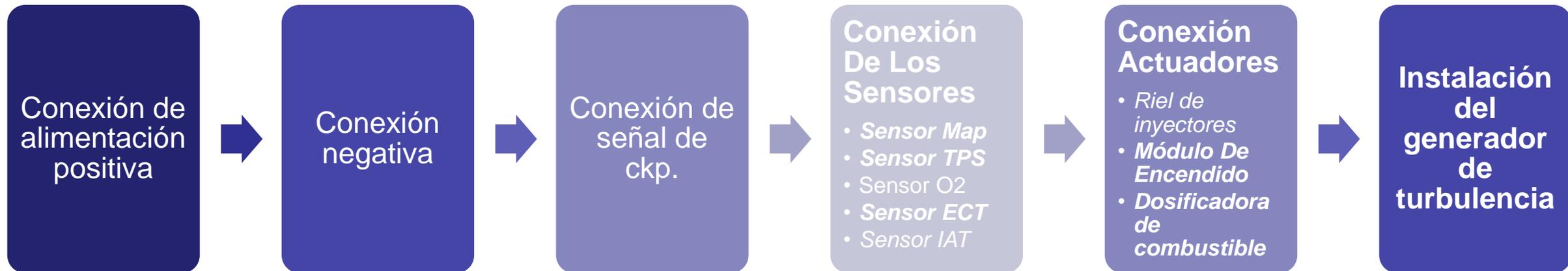
Montaje y adecuaciones de todo el sistema



Conexiones de la microsquirt



Conexiones de la microsquirt



Mapeo

Primer Encendido

Configuración del motor y secuenciales

Calculate Required Fuel

Combustible necesario... 11.8
(MS) 3.93

Algoritmo de control: Densidad de velocidad

Provechos por ciclo de motor: 3

Puesta en escena del inyector: Simultánea

Motor trazo/Rotary: Cuatro tiempos

No. Cilindros/rotores: 3

Número de inyectores: 3

Tipo de motor: Incluso fuego

Tamaño de la maquina(CC): 1000

Cada inyector Tamaño(CC): 162

inyección secuencial

inyección secuencial: Inyección lento

disparador temporizado: Inicio de pulso

Tiempos fijos o mesa: Tiempos fijos

Número de valores de temporización: Valor único

Inyección fija sincronización 1(DEG): 90.0

Inyección fija Timing 2(DEG): 270.0

Inyección fija Momento 1 Cuando Staging En(DEG): 90.0

Inyección fija Timing 2 Cuando Staging En(DEG): 270.0

El poner sincronización de la inyección 1(DEG): 90.0

El poner sincronización de la inyección 2(DEG): 270.0

VE Tablas de acabado: No utilice tablas de recortar de VE

Los conductores de los inyectores: Controladores estándar

Modo secuencial de híbrido siamés

Pulso sola activación RPM: 15000

En la histéresis de un solo pulso de activación RPM: 100

Inyección fija Timing 3(DEG): 90.0

Fija sincronización de inyección de 3 etapas en Cuando(DEG): 90.0

El método de cálculo para el combustible. Las opciones son: \nSpeed \u201c200b\u201cDensidad (utiliza el sensor MAP) \nPercent Baro velocidad-densidad, pero con la diferencia de presión barométrica incluido) \nAlpha-N (utiliza TPS) \nMAF (utiliza MAF) \nNITB (un modo

Opciones de encendido / decodificador de ruedas

Ver Ayuda

Opciones de encendido / decodificador de ruedas

Modo de encendido (mareado, SEDA, rueda): Activación básica

Ángulo de disparo/desplazamiento(DEG): 0.00

Ángulo entre principal y retornar(DEG): 50.0

En primer ángulo Oddfire: 90.0

GM HEI / Opciones DIS: Apagado

Utilice Cam señal Si Disponible: Apagado

Fases Oddfire: Alternativo

Skip pulsos: 3

Captura de entradas de encendido: Aumento de borde

Salida de chispa: Bajando

Número de bobinas: Bobina única

Spark Un pin de salida (IGN1 Normal): IGN1

Cam Input (see tooltip): Entrada de Cam

Voltear la polaridad en Cam: Normal

Mecanismo de desencadenamiento de ruedas: Sola rueda con faltante

Dientes de la rueda de desencadenador(dientes): 36

Dientes perdidos(dientes): 1

Ángulo de diente # 1(DEG BTDC): 0.0

velocidad de la rueda: Rueda manivela

En segundo gatillo activos en: Flanco ascendente

Nivel Para la Fase 1: Bajo

Y cada rotación del ..: CAM

Avance fijo: Tiempos fijos

Predicción de uso: Ninguna predicción

Momento para el avance fijo(grados): 12.0

Manubrio permanencia(MS): 4.0

Avance de arranque(grados): 10.0

Multiplex de Toyota: Apagado

Tipo de permanencia: Permanencia estándar

Detención nominal(MS): 2.8

Duración de la chispa(MS): 1.0

Tiempo de permanencia(MS): 0.7

deber de permanencia(%): 50

Nota: Latencia de hardware de chispa sólo debe utilizarse si observa chispa retardar con mayor rpm.

Latencia de Hardware de chispa(USEC): 0

Indicador LED Medio: Apagado

Poner en marcha retardo del cigüeñal: Apagado

Retraso(MS): 1.000

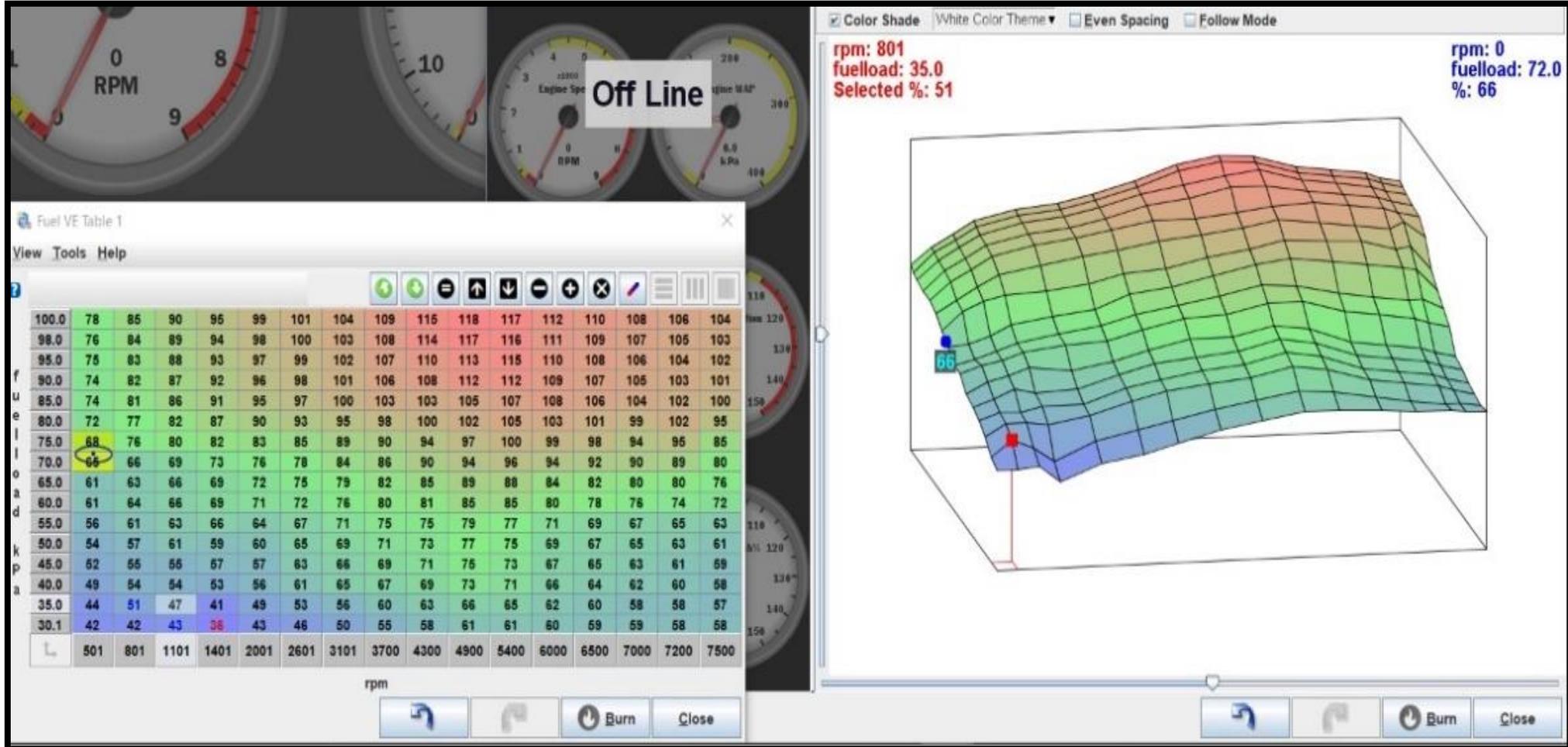
Ángulos Oddfire personalizados en secuencia desde # 1

1: 180.0 2a: 180.0

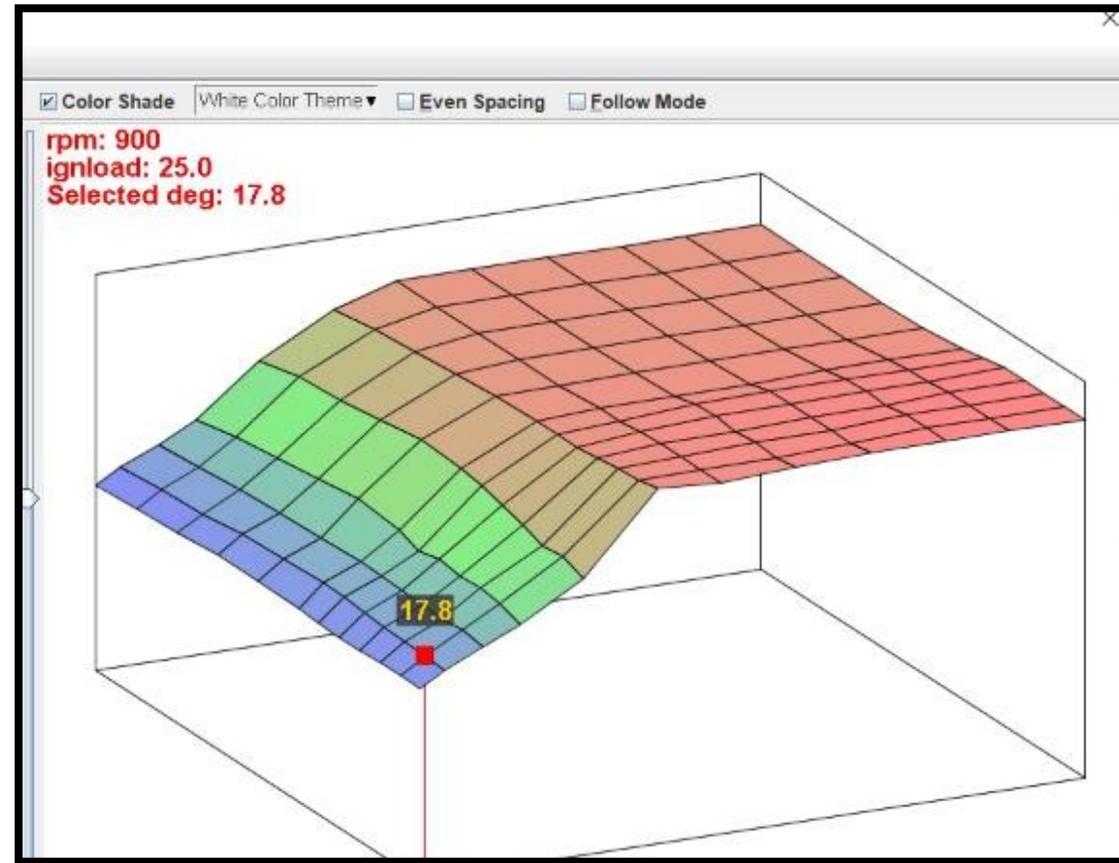
3º: 180.0 IV: 180.0



Mapa 1 de encendido e inyección



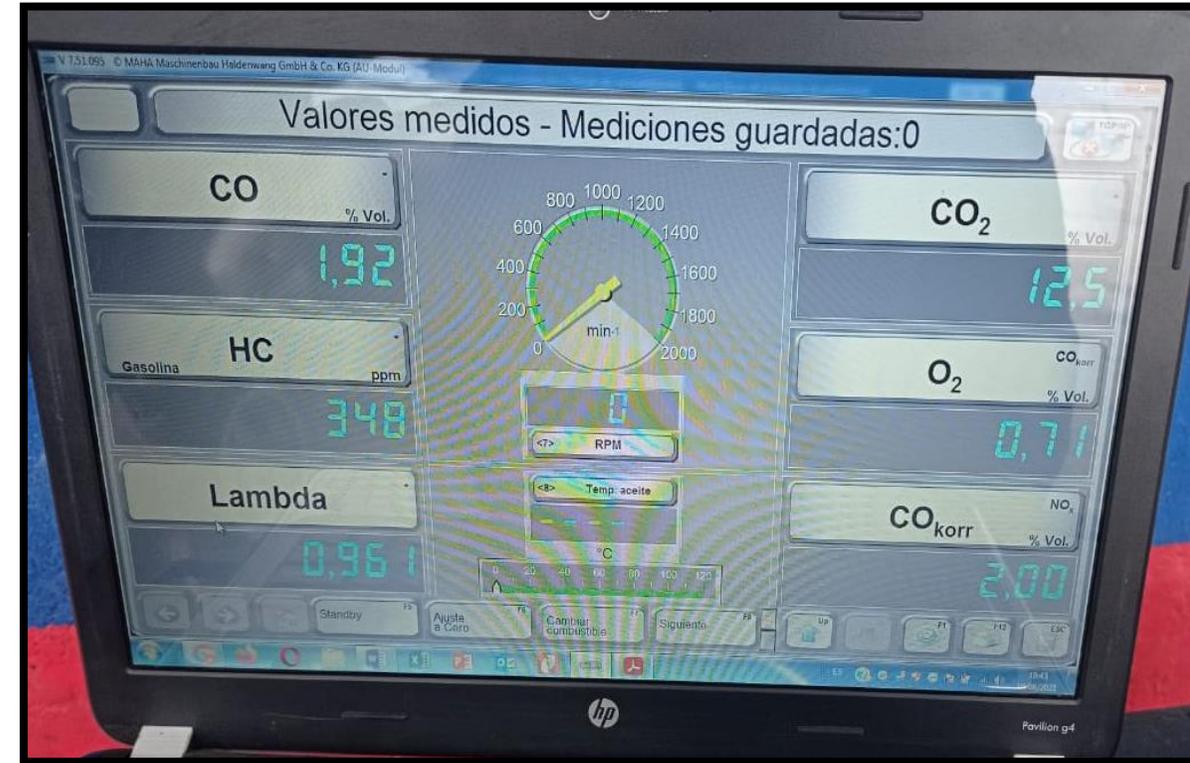
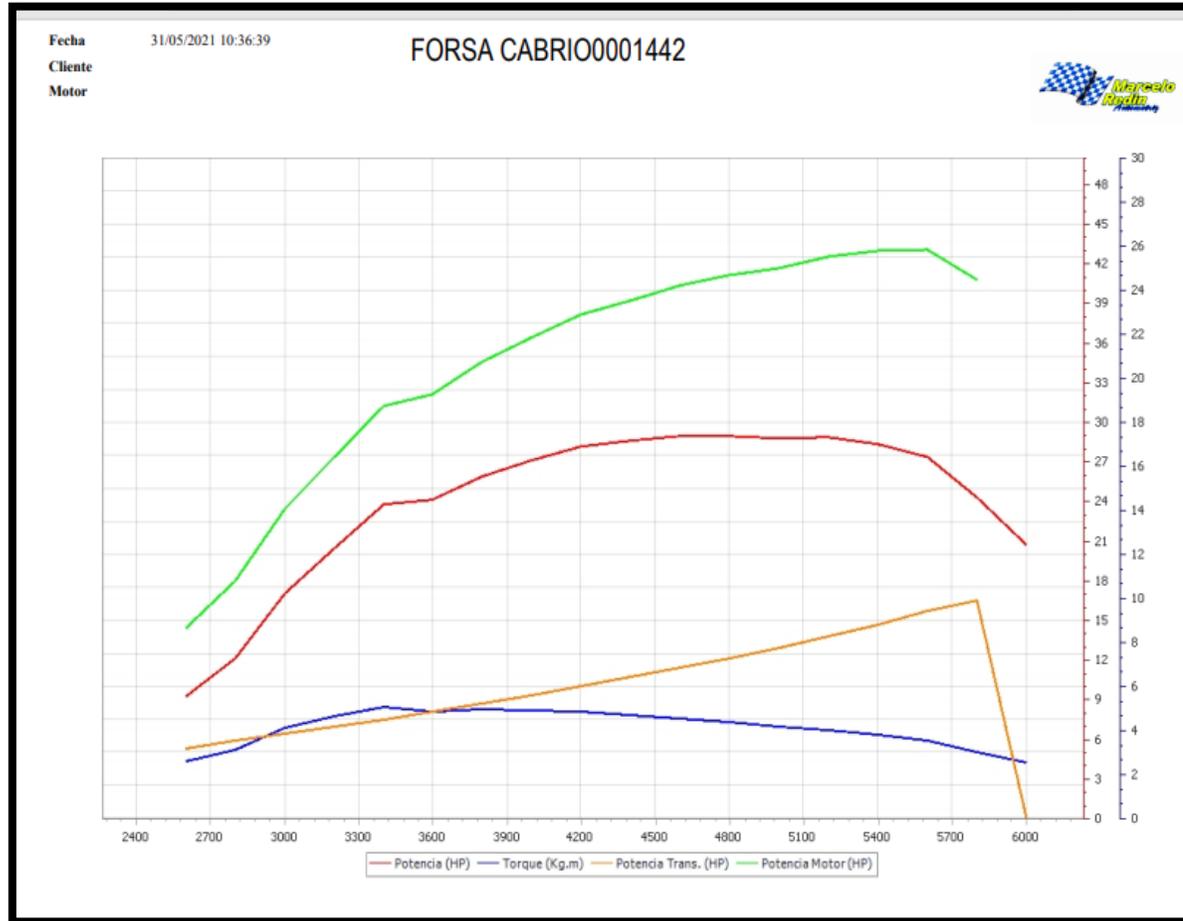
Mapa 2



PRUEBAS Y RESULTADOS



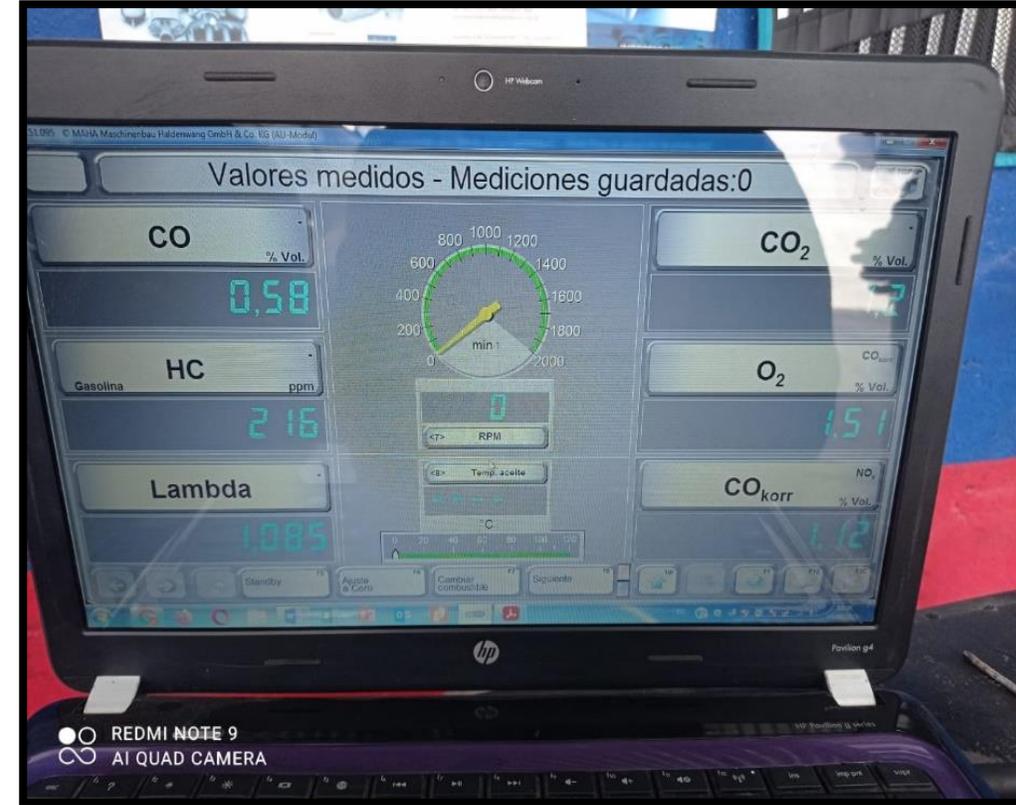
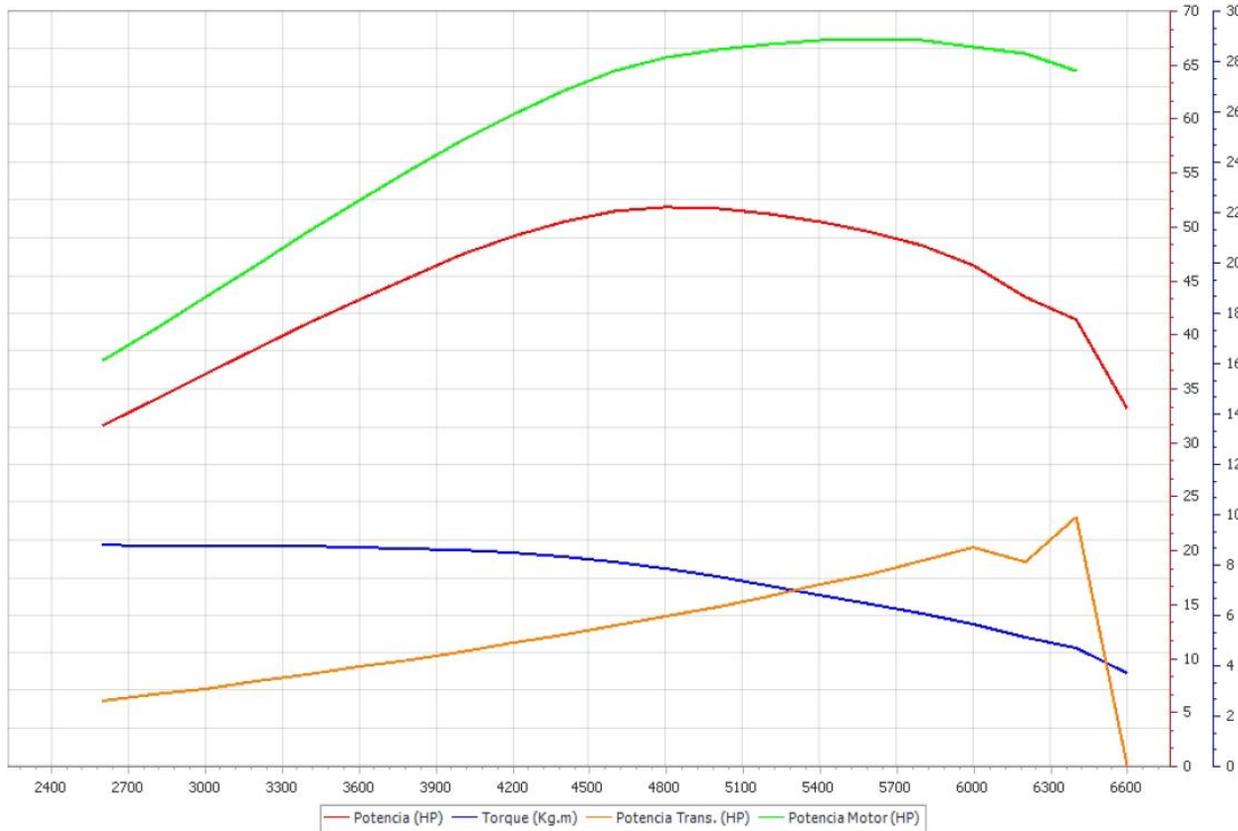
Pruebas antes de la investigación



Pruebas después antes de la investigación

Fecha 19/08/2021 9:51:43
 Cliente
 Motor

FORSA CABRIO0001442

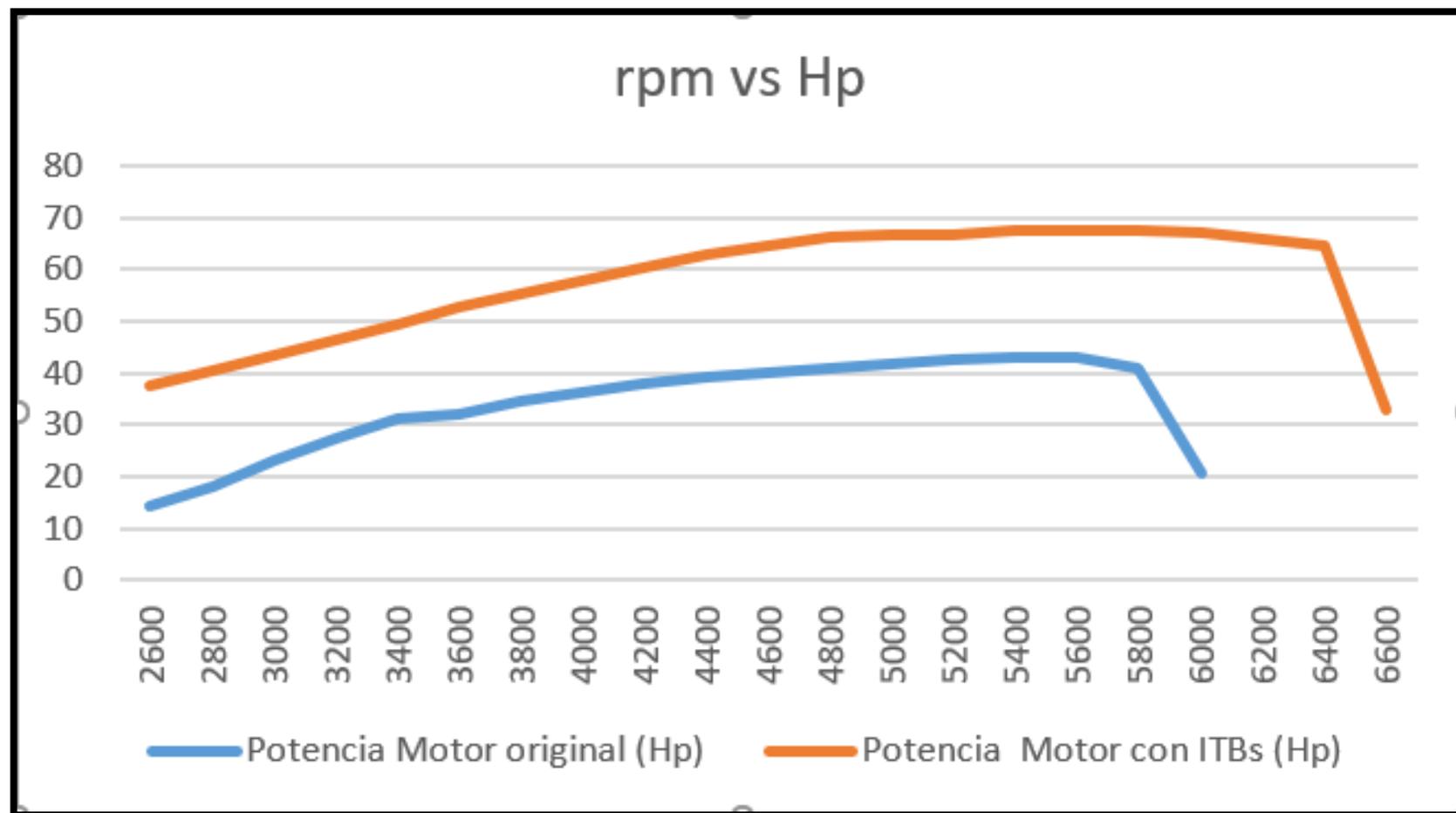


Comparación de resultados

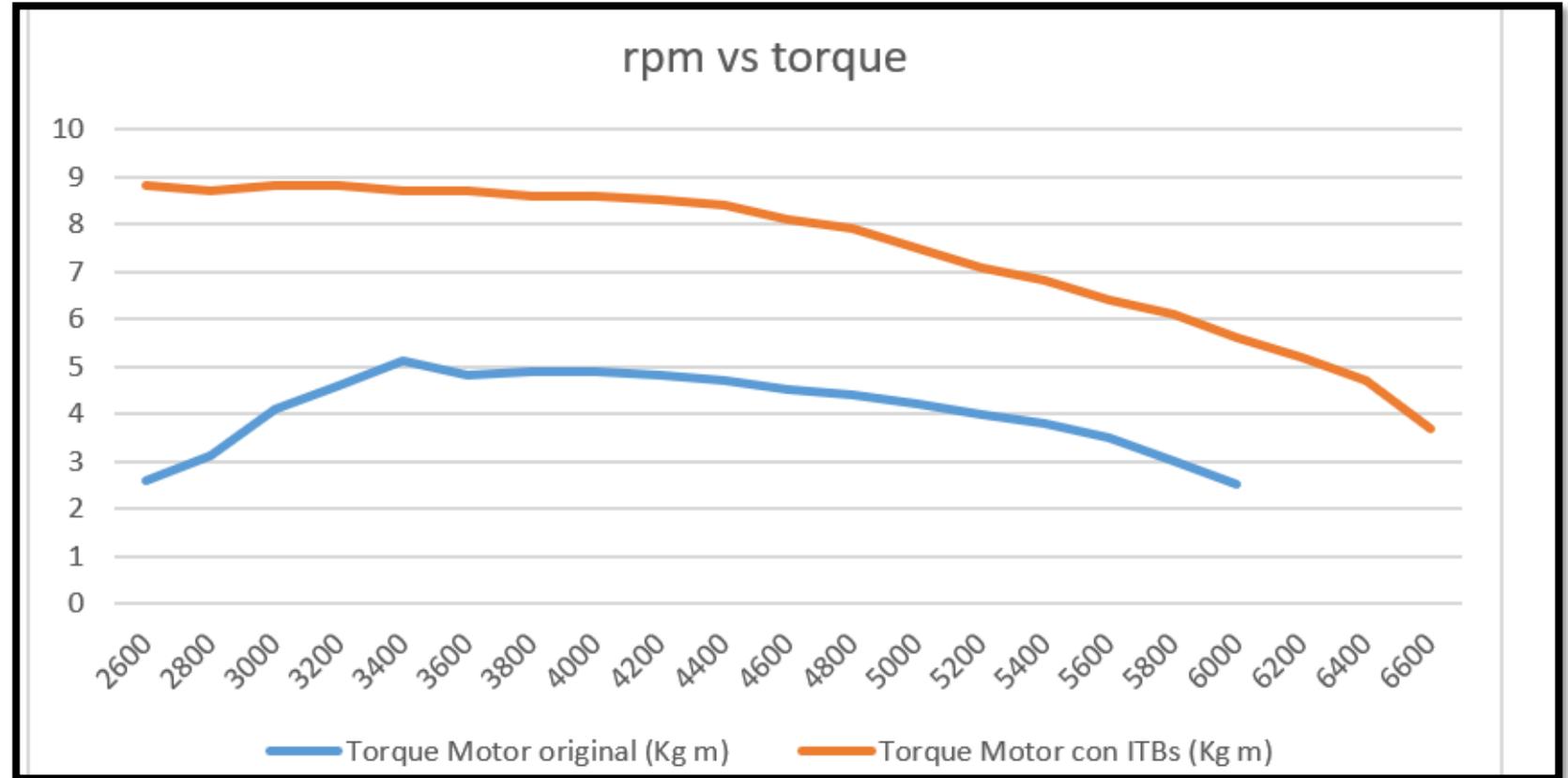
PRUEBA	ANTES	DESPUÉS
Potencia	43 hp a 5400 rpm	67 hp 5400 rpm
Torque máximo	5.1 Kg m	8.8 kg m
Emisiones contaminantes	348HC ppm 1,92% CO	216HC ppm 0,58% CO
Consumo de combustible	0.12 l/ Km	0.0813 l/Km



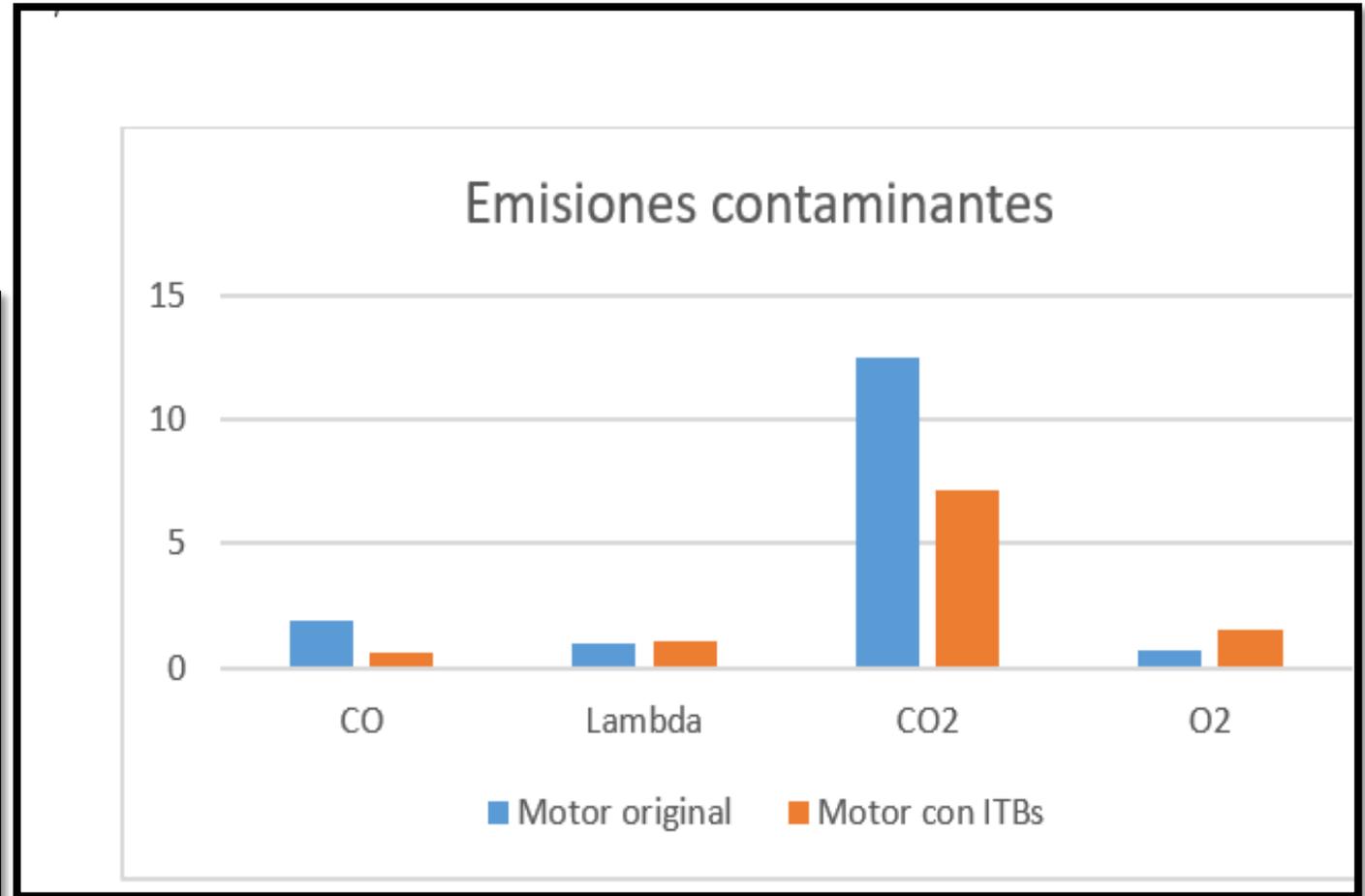
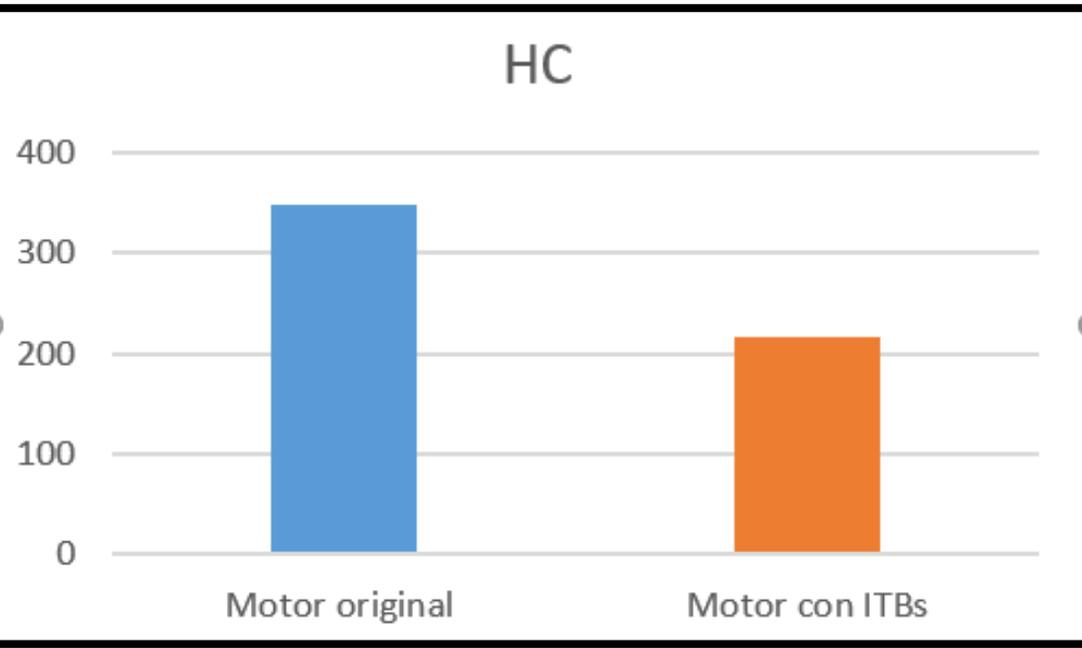
POTENCIA



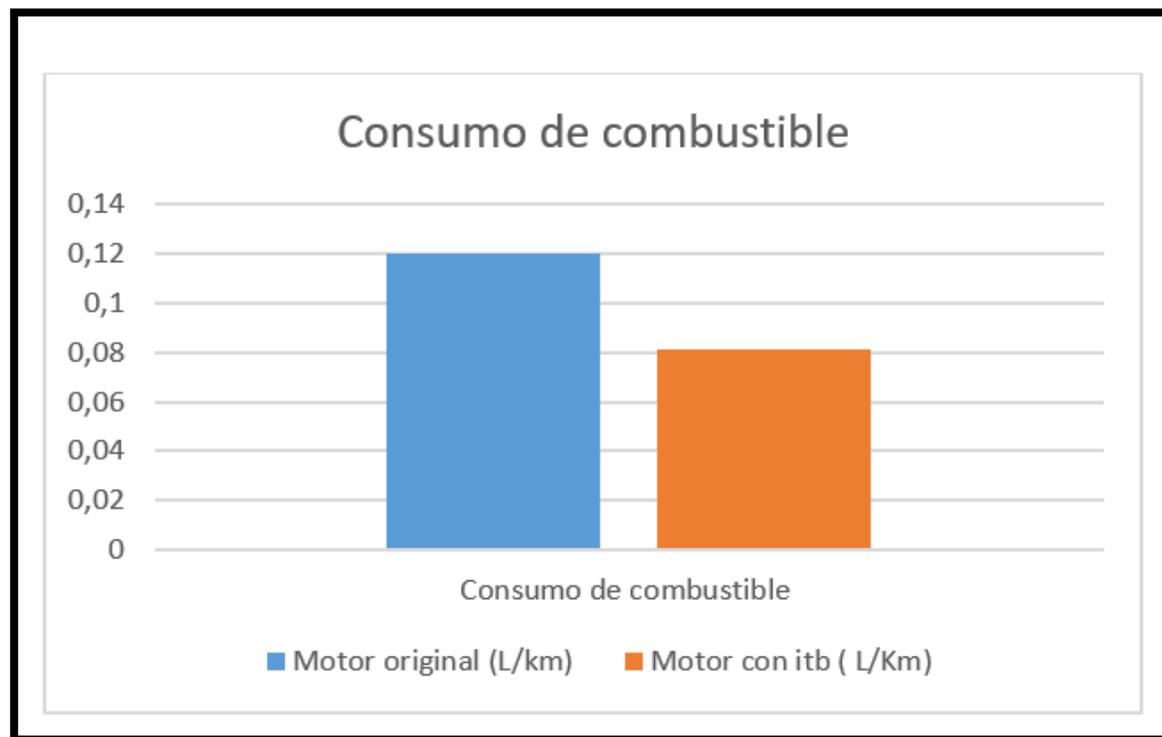
TORQUE



EMISIONES CONTAMINANTES



Consumo de Combustible



CONCLUSIONES

- Para concluir, en la presente investigación se alcanzó un resultado favorable con una ganancia de 55,82% al implementar el sistema de inyección y encendido programable junto con el sistema de admisión individual con generador de turbulencia, lo cual supero los resultados esperados.
- Se obtuvo varios parámetros a considerar antes de empezar un proyecto de esta índole, por ejemplo, finalidad del proyecto, dimensionamiento, presupuesto, parámetros característicos del motor, entre otros que facilitaron la elección de Ecu reprogramable, sensores, actuadores a usar y elementos a construir.
- Mediante herramientas y equipos de medición se pudo corroborar las mejoras en el vehículo tanto en potencia 55.82%, torque 72.54%, consumo -32.25%, velocidad en admisión 78.27%, emisiones tanto de HC -37.93% y CO -69.79%



- Se obtuvo resultados de software de la variación de la velocidad del aire dentro del conducto de admisión variando su longitud y geometría.
- Se obtuvo tablas y graficas con las cuales sirvieron de guía para obtener los componentes de mejores prestaciones para el ingreso del aire al motor.
- Se diseño un generador de turbulencia el cual mediante simulaciones se aseguró que sea el más óptimo para el sistema.
- Mediante cálculo se obtuvo las dimensiones del material que se usó y los esfuerzos a los que va a estar sometido.
- Se obtuvo un factor de seguridad de 2.252 para el diseño que da una mayor fiabilidad del componente.



- Mediante cálculo se concluyó que entre mayor longitud del conducto se pierde mayor cantidad de energía.
- Se determinó que la altura en el colector puede ayudar a tener una menor pérdida de presión
- Se determinó que la microsquirt tiene varios beneficios como son el control de encendido e inyección, al igual que el control de actuadores necesarios en el vehículo como el ventilador de refrigeración, el cual mediante software se puede establecer su estado de funcionamiento.
- Se establecieron parámetros para alimentar el TunerStudio.
- Se obtuvo un mapa de encendido y de eficiencia volumétrica que intenta llevar al motor al funcionamiento más óptimo posible.



RECOMENDACIONES

- Organizar adecuadamente el cableado de la microsquirt
- Tener precaución con el cable de señal de distribuidor ya que si a este cable le llega interferencia la computadora no funcionará correctamente ya que detectará un sobre voltaje en el sensor ckp y dará un valor exagerado de rpm.
- Para un encendido seguro se recomienda usar el avance por encendido en tiempo fijo para evitar contra explosiones



- Se recomienda tomar el tiempo del motor con una lampara estroboscópica y comprobar que sea el mismo el dato arrojado por la lampara que la existente en la microsquirt caso contrario se debe mover el distribuidor hasta obtener el mismo valor
- Se recomienda dejar los ductos lo más lisos posibles para evitar la pérdida de energía por secciones rugosas.

