



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



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

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTORES RECÍPROCOS DE 6
CILINDROS PARA LOS MODELOS CONTINENTAL IO-520 Y TSIO-360 PARA EL TALLER DE MOTORES
DE LA DIRECCIÓN DE INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA - DIAF
UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”**

AUTORES

**CEVALLOS JÁCOME, FREDDY DANIEL
TORRES ESCALANTE, LUIS SAMUEL**

DIRECTOR

ING. SANTILLÁN MARIÑO, ERNESTO RAMIRO

LATACUNGA 2023

FECHA ÚLTIMA REVISIÓN: 09/10/13

CÓDIGO: SGC.DI.260

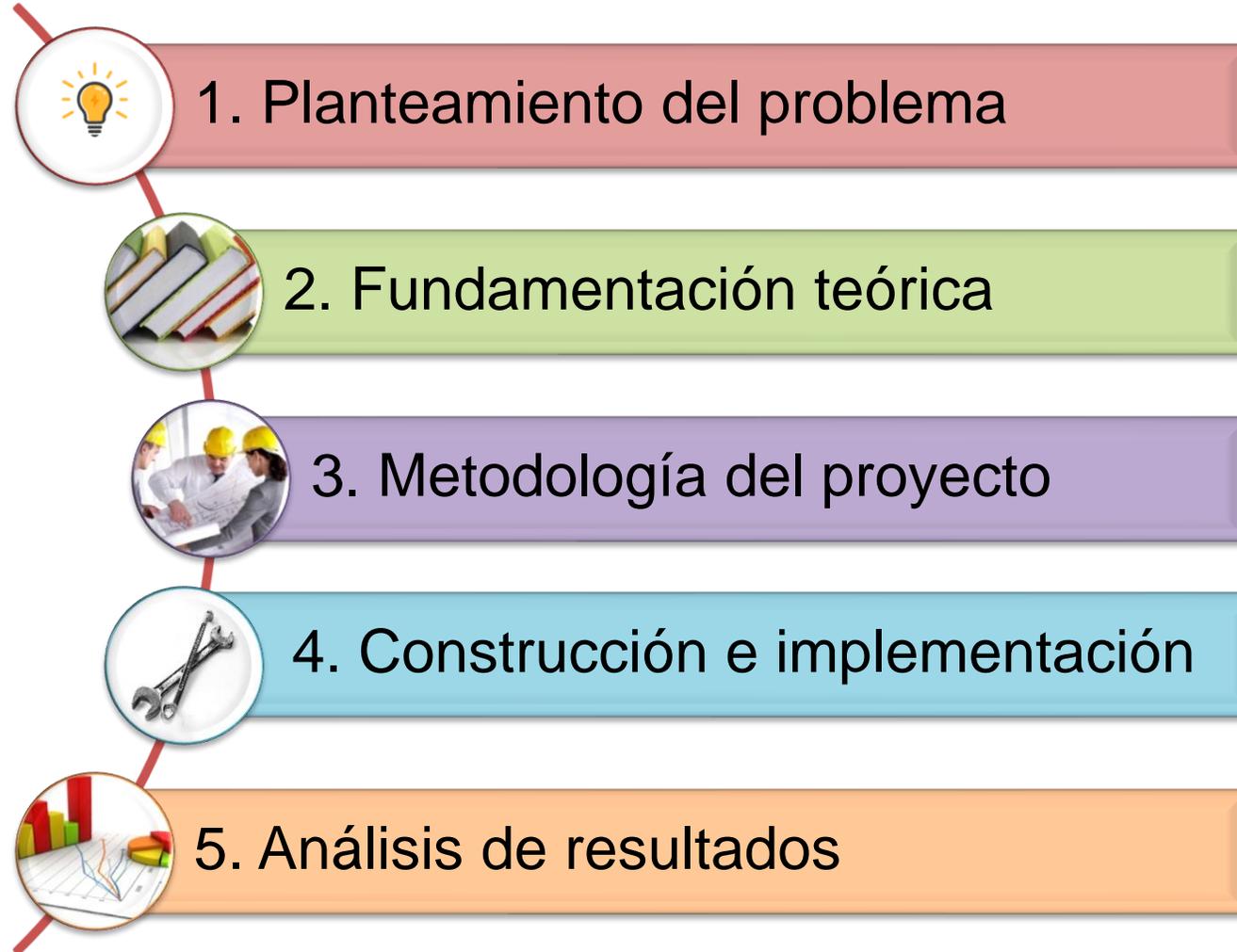
VERSIÓN: 1.1



“La ingeniería mecatrónica y aeronáutica es el escenario donde los sueños e imaginación despegan, fusionando tecnología y creatividad para encontrar soluciones elegantes que llevan a la humanidad a volar más alto”



CONTENIDO



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



ANTECEDENTES

INDUSTRIA AERONAUTICA DEL ECUADOR

DIAR



SU AVIÓN ATERRIZARÁ EN LAS MEJORES MANOS

LATACUNGA 1989

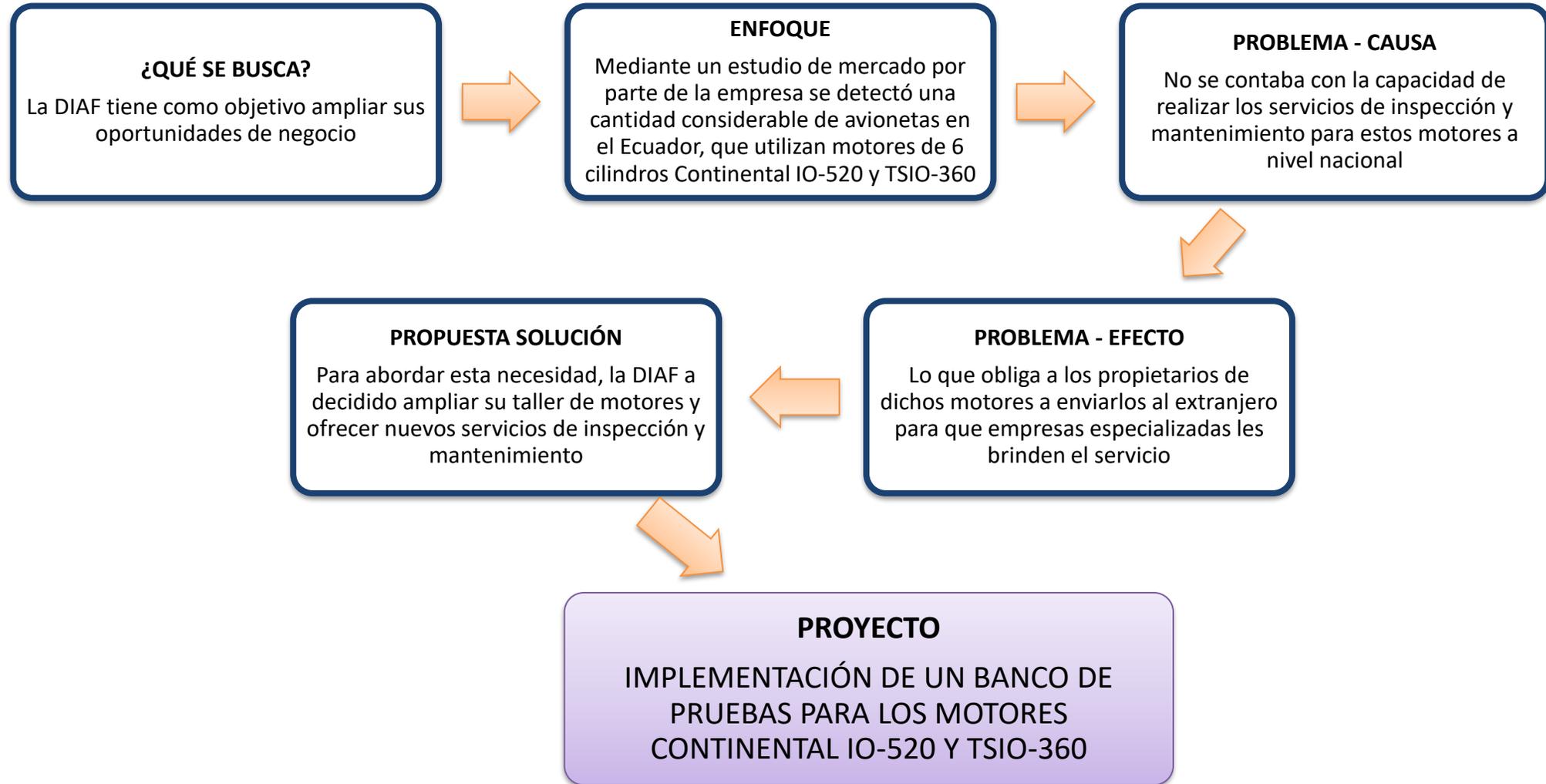
FAA	Administración Federal de Aviación de los EE.UU
DGAC	Dirección General de Aviación Civil del Ecuador

CLIENTES



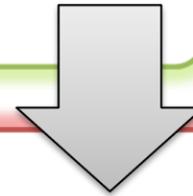
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA



JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

A través de este proyecto, será posible llevar a cabo localmente los servicios de inspección y mantenimiento para este tipo de motores



Lo que beneficiará tanto a los propietarios, como al desarrollo y fortalecimiento de las capacidades técnicas de la industria aeronáutica en el país.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un banco de pruebas para motores recíprocos de 6 cilindros Continental IO-520 y TSIO-360 para el taller de motores de la DIAF

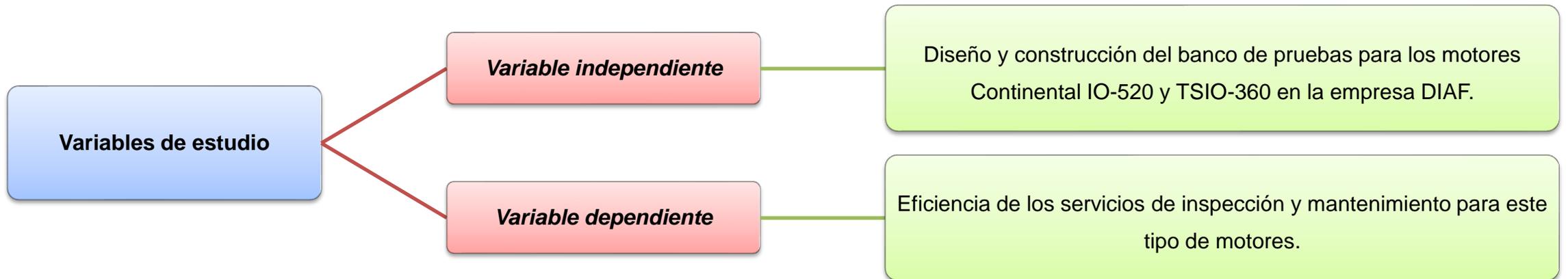
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar y recopilar información sobre los parámetros de funcionamiento de los motores
- Diseñar y construir el sistema mecánico
- Seleccionar e implementar el sistema de control y monitoreo
- Verificar y validar el funcionamiento del banco de pruebas

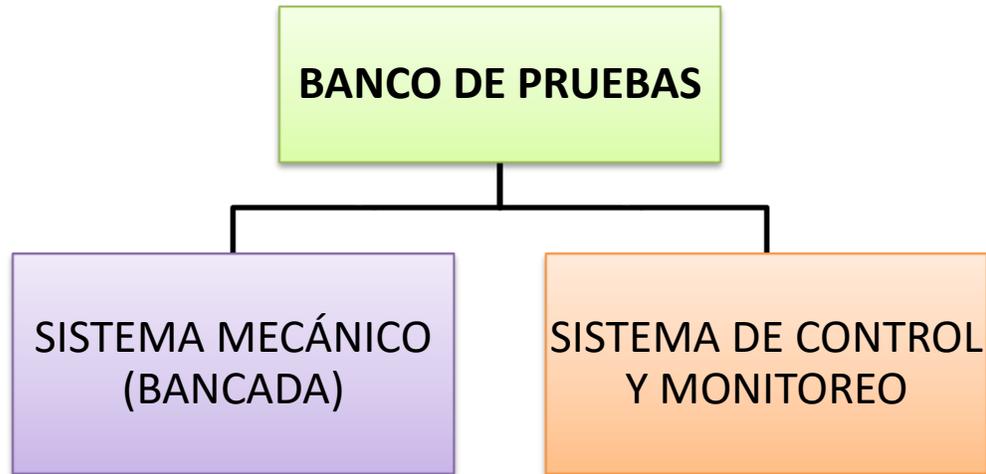


HIPÓTESIS

¿El banco de pruebas diseñado y construido para los motores Continental IO-520 y TSIO-360 en la empresa DIAF, contribuirá de manera eficiente a los servicios de inspección y mantenimiento para este tipo de motores?



DELIMITACIÓN O ALCANCE



CABINA INSONORIZADA

Paredes diseñadas para supresión de ruido

Sistema de salida de aire generado por la hélice del motor

Sistema de salida de los gases de escape

Sistema de alimentación de combustible

Cimentación de hormigón armado para evitar los efectos del fisuramiento en el suelo debido a las vibraciones o cambios de temperatura

Puntos de anclaje mediante pernos tipo J



CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA



FUERZAS AERODINÁMICAS





BANCO DE PRUEBAS

Conjunto de:

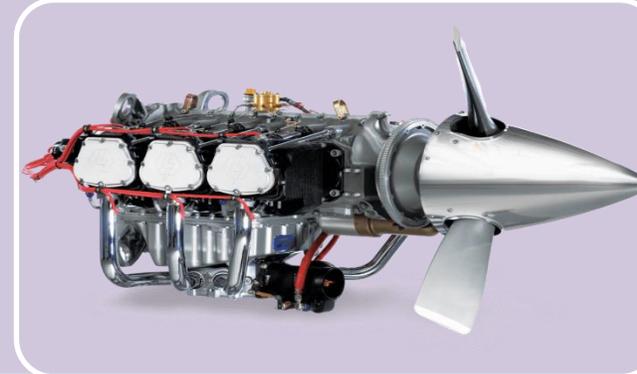
- Instrumentos
- Dispositivos
- Equipos
- Sistemas

Para probar, evaluar y validar el rendimiento y la funcionalidad de un producto o componente.



TIPOS DE MANTENIMIENTO

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento overhaul



MOTORES AERONÁUTICOS

Los motores aeronáuticos son los motores que se utilizan para propulsar aviones y otros tipos de aeronaves.

Los principales tipos de motores aeronáuticos son:

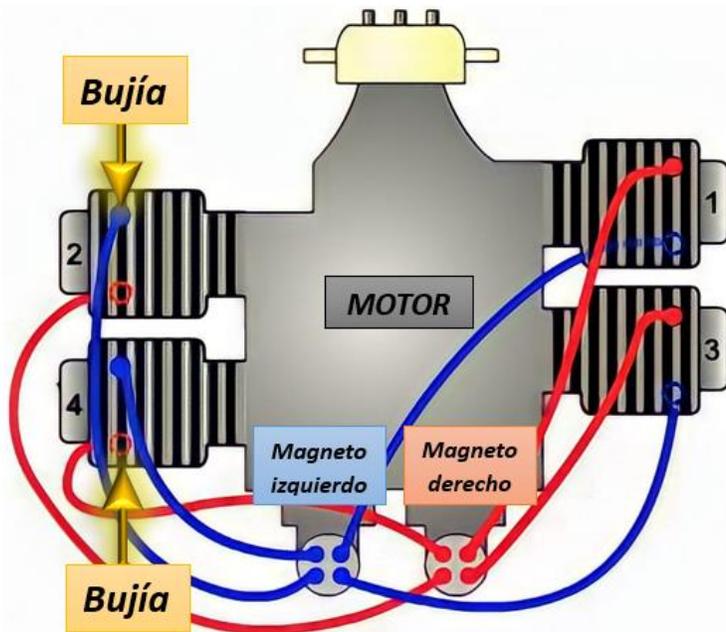
- Motores a reacción
- Motores recíprocos



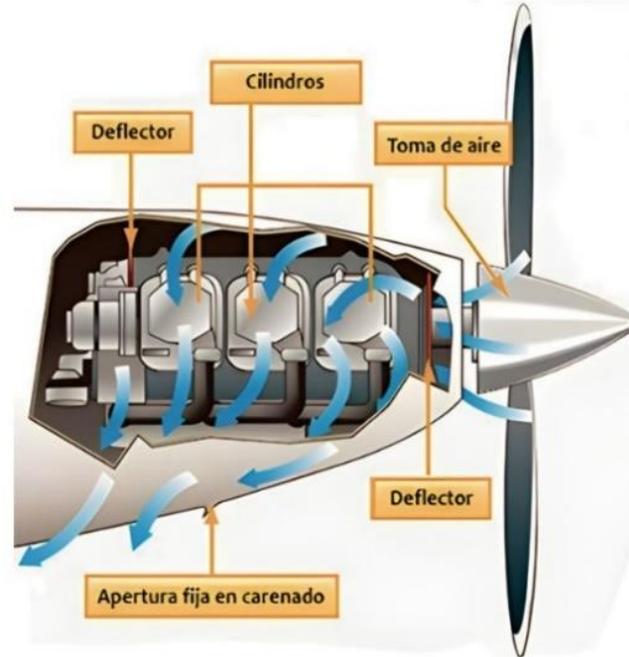
MOTORES RECÍPROCOS

Son motores de combustión interna que utilizan pistones y cilindros para convertir la energía química del combustible en energía mecánica. Son adecuados para su uso en aviones pequeños y medianos para vuelos de corta y media distancia.

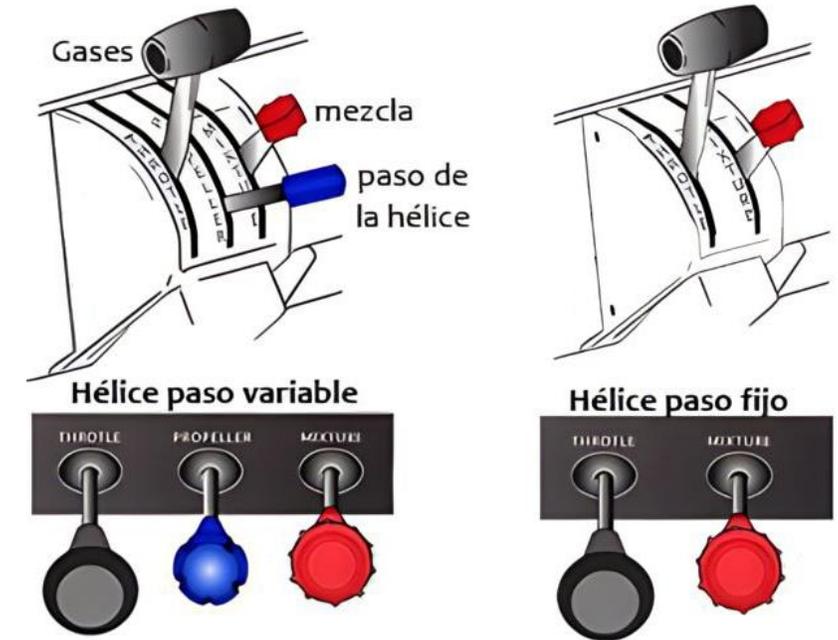
SISTEMA DE IGNICIÓN



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN



SISTEMA DE PROPULSIÓN



MÓDULO EMS - SISTEMA DE MONITOREO DE MOTOR



Sistema electrónico que monitorea los componentes y parámetros del motor para el análisis de su rendimiento y eficiencia.

- Permite medir en tiempo real los parámetros
- Alerta sobre fallos o malfuncionamientos del motor
- Integración con otros sistemas electrónicos de la aeronave, como los sistemas de navegación y comunicación.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DEL PROYECTO



REGULACIONES Y NORMATIVAS

AERONAÚTICAS

*FAA STC'd
as Primary
Replacement*

*FAA TSO'd
para DO-
160G*

*FAA DO-178
Level C*

DISEÑO MECÁNICO

*Normas de
materiales
ASTM A36*

*Norma ASTM
A307*

*Normas de
soldadura
AWS D1.1
ASTM E1444*

*Norma OSHA
29 CFR
1910.144*

*INEN
Normas de
dibujo técnico*

DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

IEC 60617

COMPLEMENTARIA

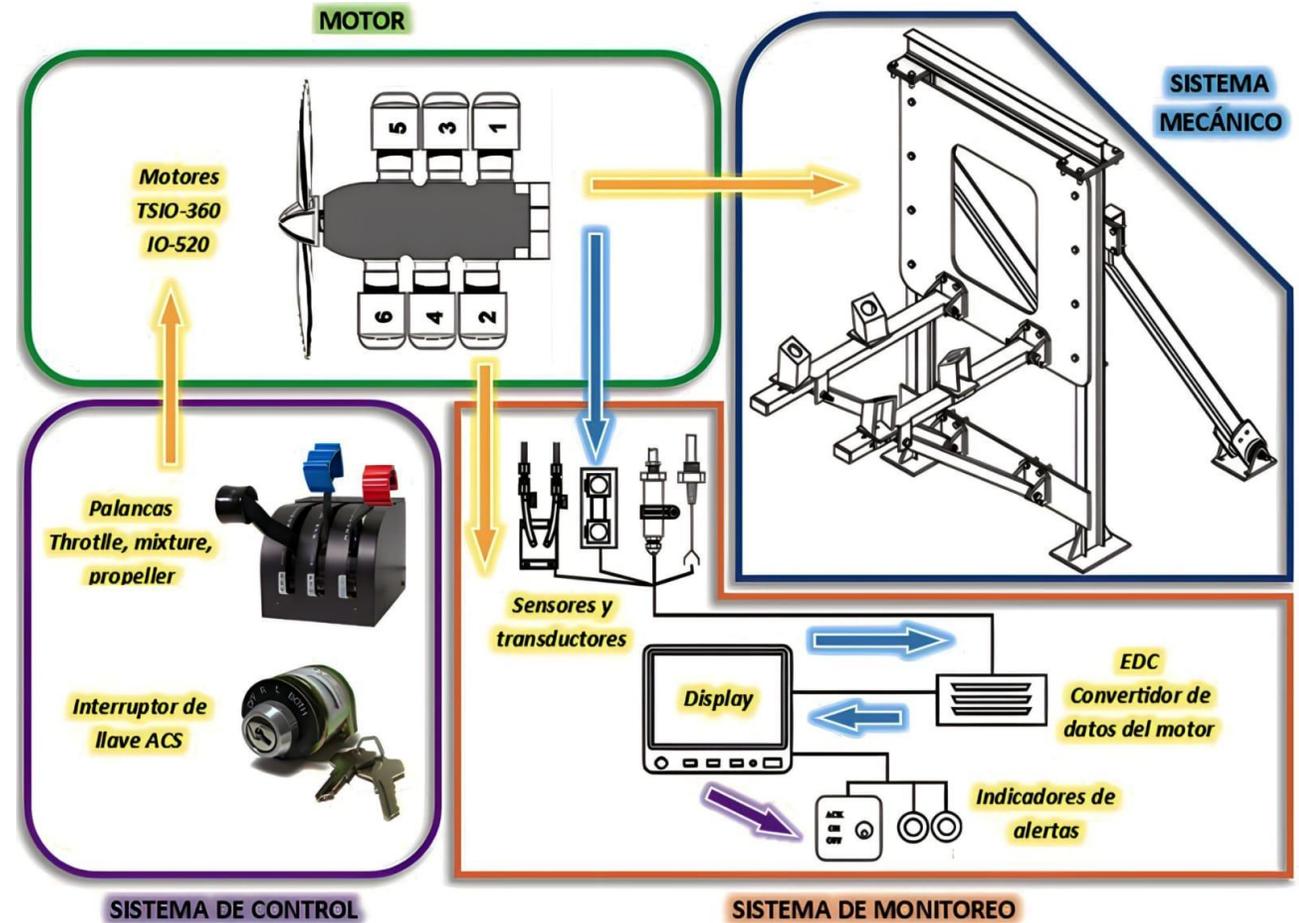
Norma ASI 5.1



ESTRUCTURA MODULAR

Nro	Módulo	Función	Componentes
1	Sistema mecánico	Soportar el motor	Estructura Amortiguadores
2	Sistema de control	Controlar la puesta en marcha y parada del motor Regular su propulsión	Interruptor de llave Palancas aceleración, mezcla y hélice
3	Sistema de monitoreo	Medir parámetros del motor	Pantalla EDC Sensores y transductores Anunciadores de alarmas

Nro.	Parámetros
1	Temperatura de los cabezales de los cilindros
2	Temperatura del colector de admisión (Intake Manifold)
3	Temperatura del colector de escape (Exhaust Manifold)
4	Temperatura de aceite
5	Presión de aceite
6	Presión de combustible
7	Presión de los gases de escape
8	Consumo de combustible
9	RPM
10	Amperaje del sistema de arranque
11	Voltaje del sistema de arranque



SISTEMA MECÁNICO

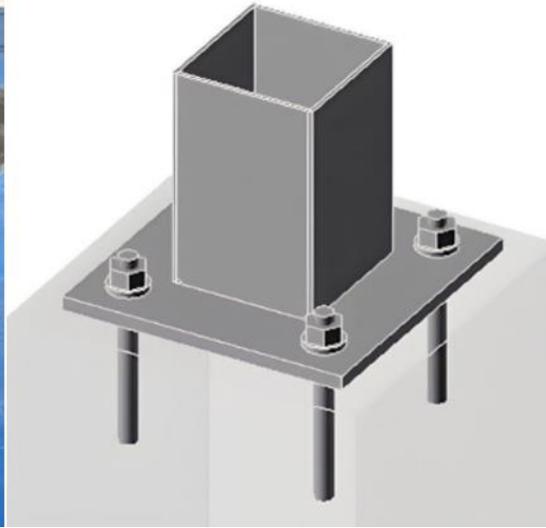


CONDICIONES INICIALES PARA EL DISEÑO

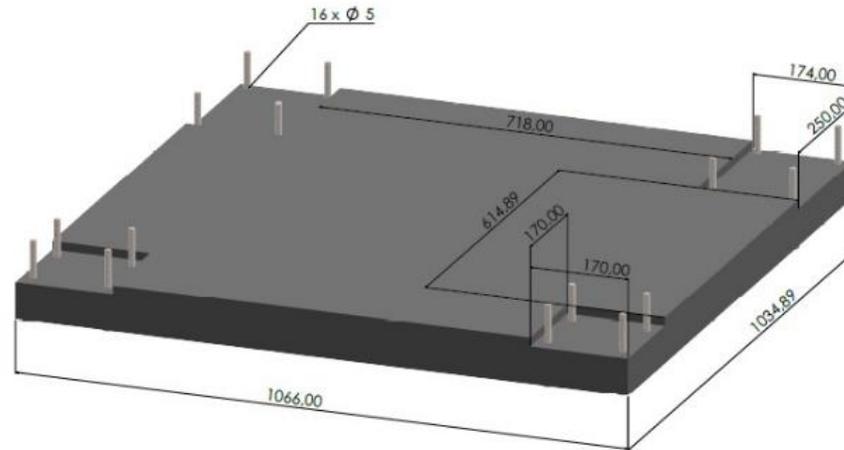
- 1
 - Dimensiones de la distancia que separa los puntos de anclaje del suelo
- 2
 - Dimensiones de los motores y las distancias entre sus puntos de sujeción
- 3
 - Fuerza de empuje generada por los motores
- 4
 - Fuerzas de peso de los motores
- 5
 - Frecuencia de vibración de los motores



PUNTOS DE ANCLAJE DEL SUELO



PERNOS J	
Norma	ASME F1554
Grado	105
Esfuerzo Máximo [MPa]	862
Resis. fluencia [MPa]	724
Elong. % min	15



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MOTORES

Motor TSIO-360



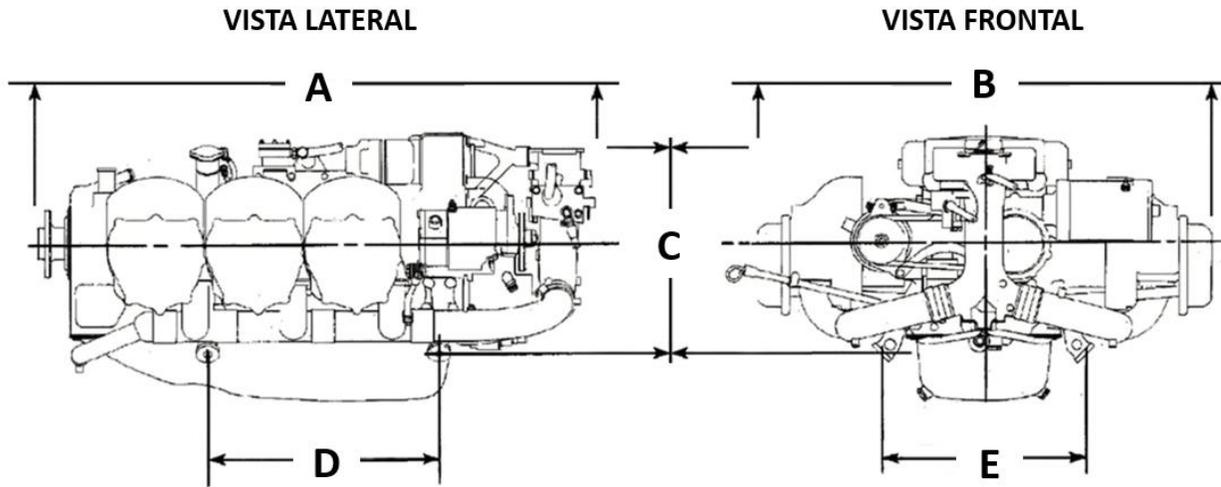
Motor IO-520



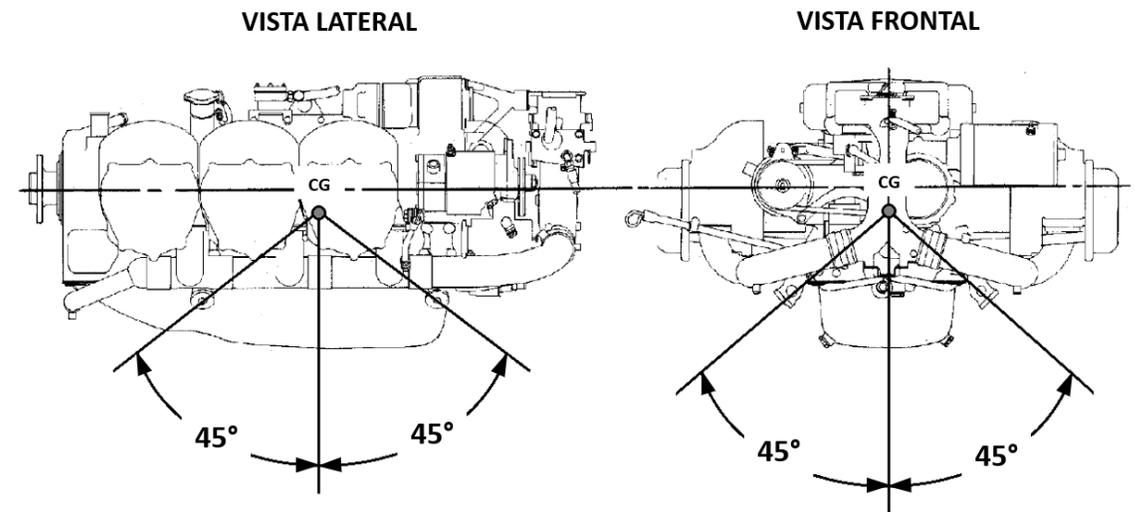
Nro	Especificación técnica	Sistema Inglés		Sistema Internacional	
		TSIO-360	IO-520	TSIO-360	IO-520
1	Potencia máxima	195 a 220 [hp]	250 a 375 [HP]	145.4 a 164.1 [kW]	186.4 a 279.6 [kW]
2	Velocidad nominal [RPM]	2575 a 2800	2600 a 3400	2575 a 2800	2600 a 3400
3	Peso motor en seco	331 a 452 [lb]	365 a 619 [lb]	150.1 a 205.0 [kg]	165.6 a 280.8 [kg]
4	Capacidad aceite motor	7.6 a 8.5 [L]	8.5 a 9.5 [L]	7.6 a 8.5 [dm ³]	8.5 a 9.5 [dm ³]
5	Pesos accesorios motor	44 a 88 [lb]		20.0 a 40.0 [kg]	



DIMENSIONES MOTORES



DIMENSIONES MOTORES



DIMENSIONES PUNTOS DE SUJECIÓN

Nro	Dimensiones	Sistema Inglés [in]		Sistema Internacional [cm]	
		TSIO-360	IO-520	TSIO-360	IO-520
A	Longitud	34.03 a 57.5	36.74 a 63.63	86.44 a 146.05	93.32 a 162.62
B	Ancho	31.38 a 35.78	33.29 a 42.5	79.71 a 90.88	84.56 a 108.00
C	Altura	22.43 a 32.82	18.78 a 40.56	56.97 a 83.36	47.70 a 103.02

Modelo	Series	Dimensiones [in]		Dimensiones [cm]	
		D	E	D	E
TSIO-360	A, AB, B, BB, C, CB, D y DB	16.53	17.48	41.98	44.40
	E, EB, F, FB, GB, H, HB, JB, KB, LB, MB/SB	16.33	17.48	41.48	44.40
IO-520	A, D, E, J, K y L	17.10	17.48	43.43	44.40
	B	17.62	17.48	44.75	44.40



HÉLICE Y ACEITE

Datos	Valor	
Peso hélice	15 a 70 [lb]	6.80 a 31.75 [kg]
Diámetro hélice	60 a 70 [in]	152.4 a 177.8 [cm]

Nro	Aceite	Densidad [Kg/L]
1	AD-100 con aditivos Aeroshell W-50	0,88
2	J-1899 Grado 50 con aditivos Aeroshell W-50	0,85



$$\rho_{aceite} = \frac{m_{aceite}}{V}$$

$$m_{aceite} = \rho_{aceite} \cdot V$$

$$m_{aceite} = 0.88 \left[\frac{kg}{L} \right] \cdot 9.5 [L]$$

$$m_{aceite} = 8.36 [kg]$$



DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE PESO

Nro	Componentes	Valor [lb]	Valor [kg]
1	Motor	619.4	280.96
2	Accesorios	88	39.92
3	Hélice	70	31.75
4	Aceite	18.43	8.36



$$m_{carga\ total} = m_{motor} + m_{accesorios} + m_{hélice} + m_{aceite}$$

$$m_{carga\ total} = 280.96 [kg] + 39.92 [kg] + 31.75 [kg] + 8.36 [kg]$$

$$m_{carga\ total} = 371 [kg]$$

$$F_{carga\ total} = m_{carga\ total} * g$$

$$F_{carga\ total} = 371 [kg] * 9.81 [m/s^2]$$

$$F_{carga\ total} = 3639.51 [N]$$



DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE ARRASTRE

Nro	Parámetros	Valor	Equivalente
1	Potencia motor	375 [HP]	279637 [W]
2	Velocidad	3400 [RPM]	356 [rad/s]
3	Diámetro hélice	70 [in]	1,78 [m]
4	Eficiencia de la hélice	99 %	



$$v = \omega \cdot r$$

$$v = 356 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0.89 \text{ [m]}$$

$$v = 316.84 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$F_{\text{empuje}} = \frac{\eta P}{v}$$

$$F_{\text{empuje}} = \frac{99\% \cdot 279637 \text{ [W]}}{316.84 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}$$

$$F_{\text{empuje}} = 873.75 \text{ [N]}$$



RESUMEN CARGAS TOTALES

Para asegurar la resistencia de la estructura frente a situaciones de sobrecarga, es común agregar un porcentaje al valor máximo esperado de carga.

Nro	Parámetros	Valor calculado	Valor final (+20%)
1	Fuerza peso [N]	3639.51	4367.41
2	Fuerza arrastre [N]	873.75	1048.5



DISEÑOS DE REFERENCIA

Diseño de bancadas



1. *Empresa Reteaereos SAS*

2. *Fuerza Aérea Uruguaya FAU*

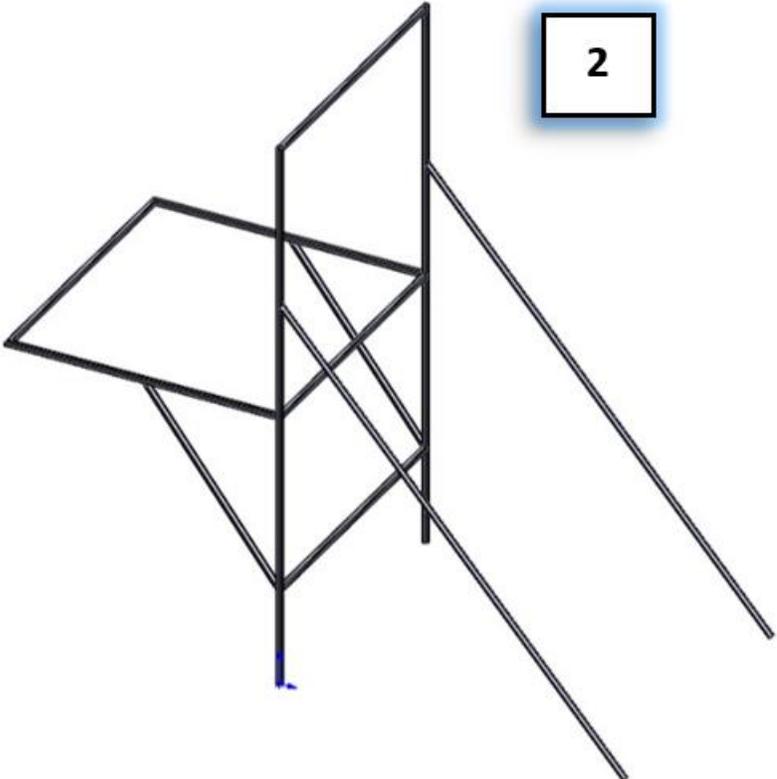
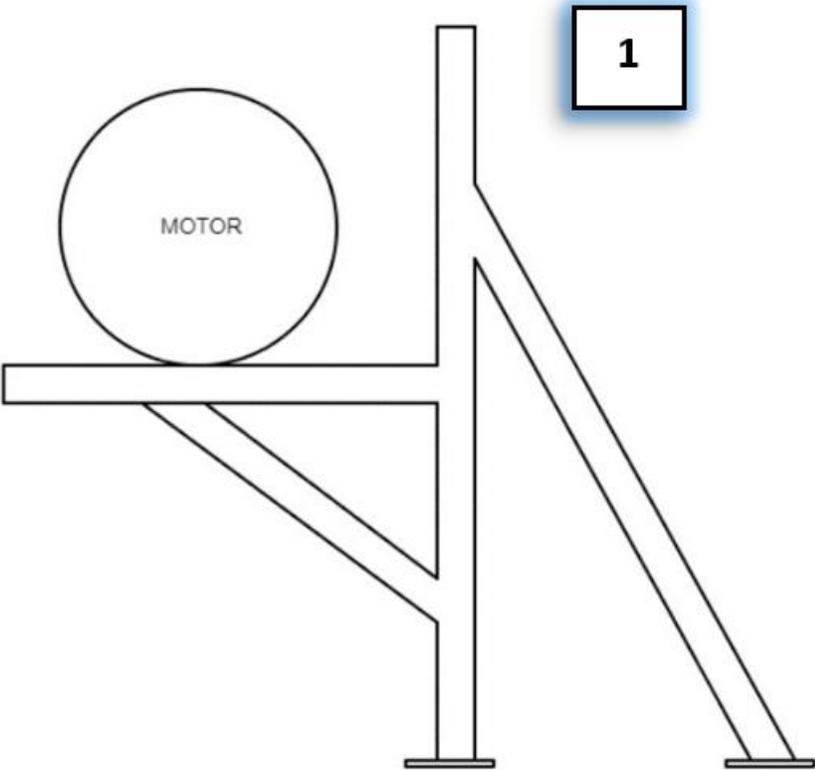
3, 4 y 5. *Construidos por personas particulares*

Factores	Peso	Reteaereos SAS		FAU		Particulares	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Simplicidad	0.5	8	4.0	6	3.0	9	4.5
Robustez	0.4	8	3.2	9	3.6	6	2.4
Apariencia	0.1	9	0.9	8	0.8	7	0.7
Total	1		8.1		7.4		7.6

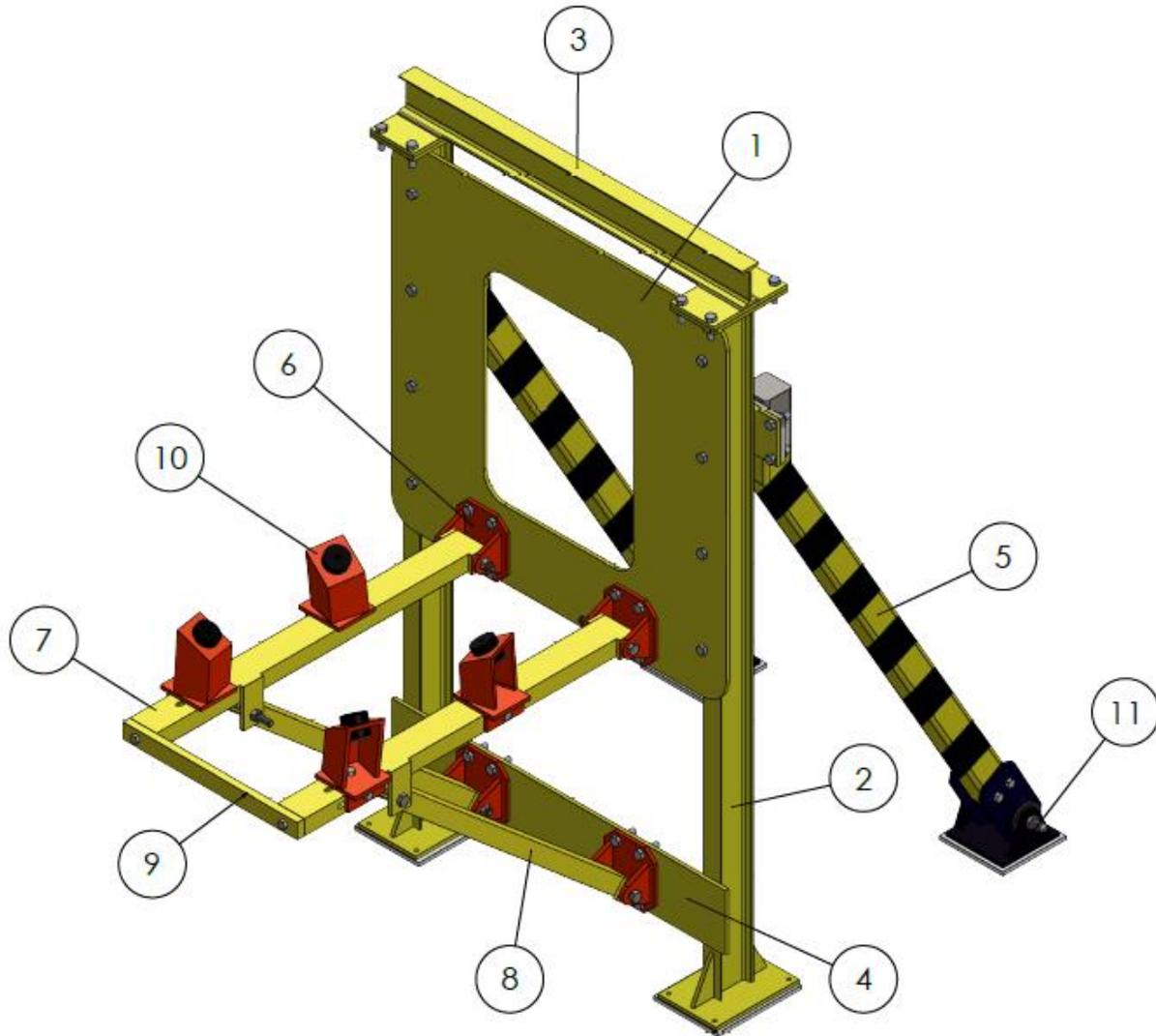


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

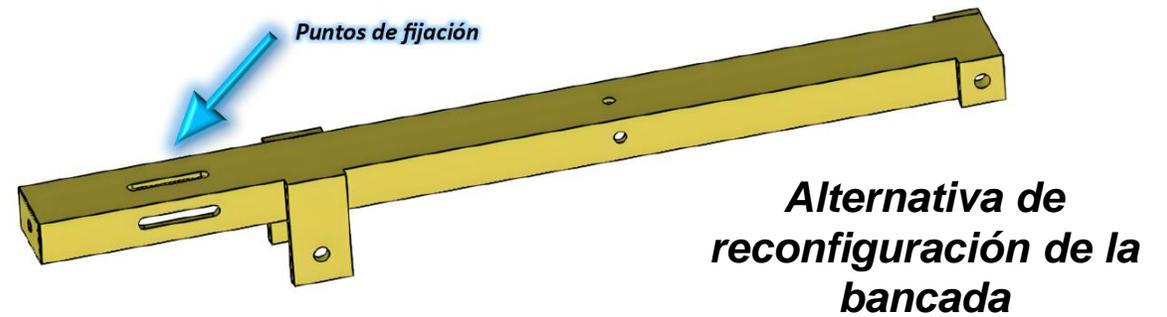
BOSQUEJOS INICIALES



DISEÑO FINAL



Nro	Piezas	Código	Cantidad
1	Placa superior	PB	1
2	Columna	C_0#	2
3	Viga de fijación superior	VFS	1
4	Placa de soporte	PS	1
5	Viga inclinada	VI_0#	2
6	Sujetador	S_0#	4
7	Soporte horizontal	SH_0#	2
8	Soporte inclinado	SI_0#	2
9	Barra de acople	BA	1
10	Soportes de fijación	SF_0#	4
11	Base soporte	BS_0#	2



DISTRIBUCIÓN DE LAS FUERZAS DE CARGA Y ARRASTE

Nro	Parámetros	Valor calculado	Valor final (+20%)
1	Fuerza carga total [N]	3639.51	4367.41
2	Fuerza arrastre [N]	873.75	1048.5

$$F_{\text{punto sujeción } 1,2,3,4} = \frac{F_{\text{carga total}}}{4}$$

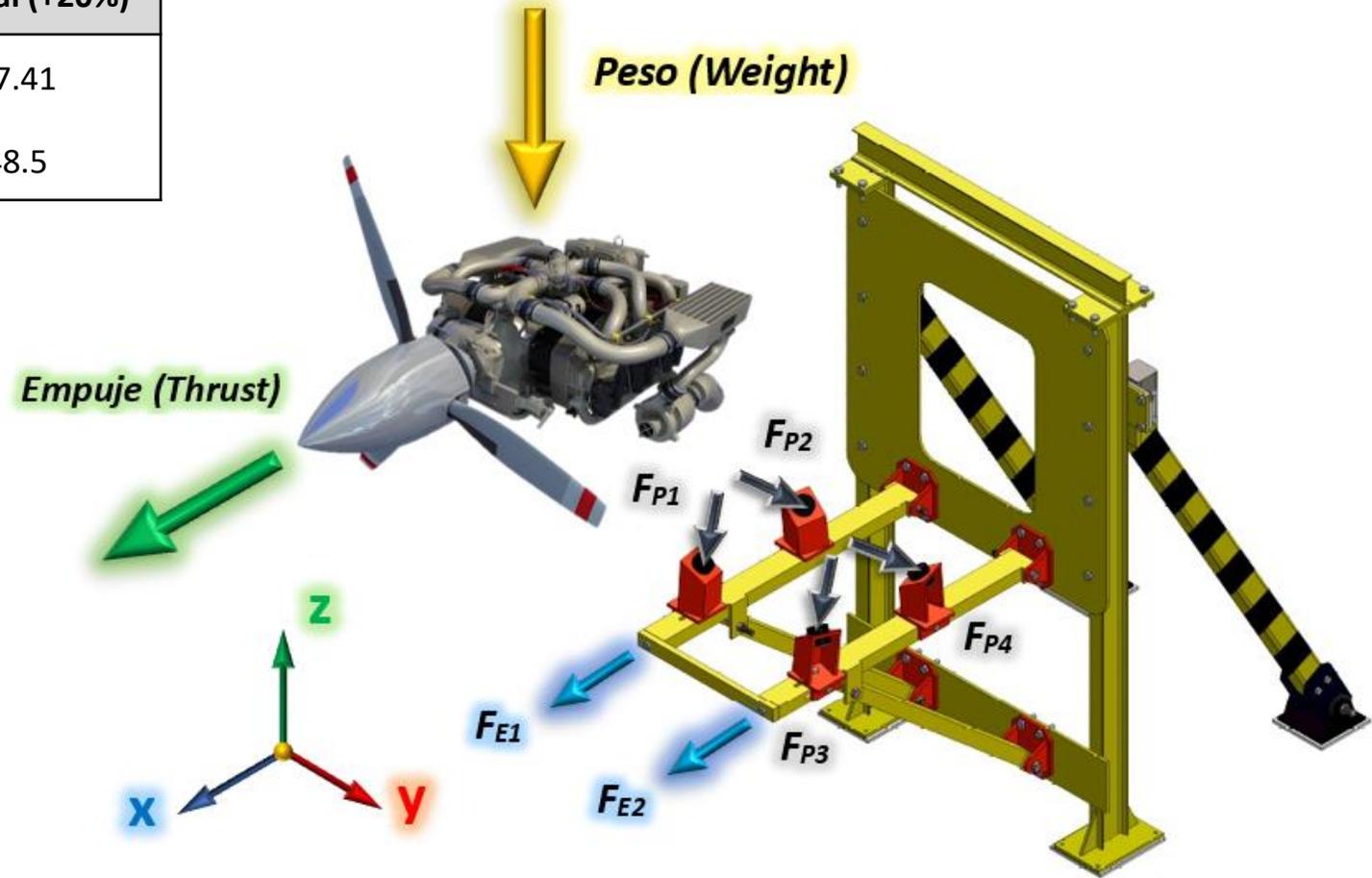
$$F_{\text{punto sujeción } 1,2,3,4} = \frac{4367.41}{4}$$

$$F_{\text{punto sujeción } 1,2,3,4} = 1091.85 \text{ [N]} \approx 1092 \text{ [N]}$$

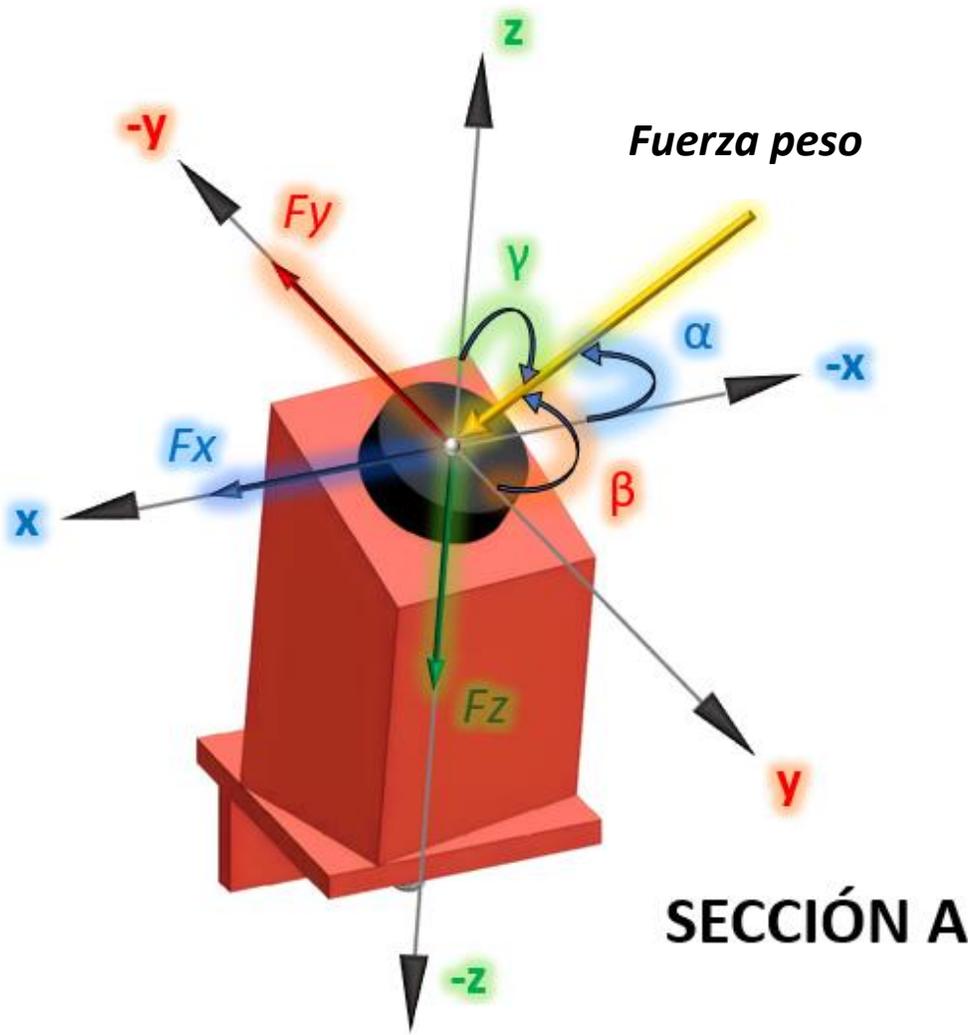
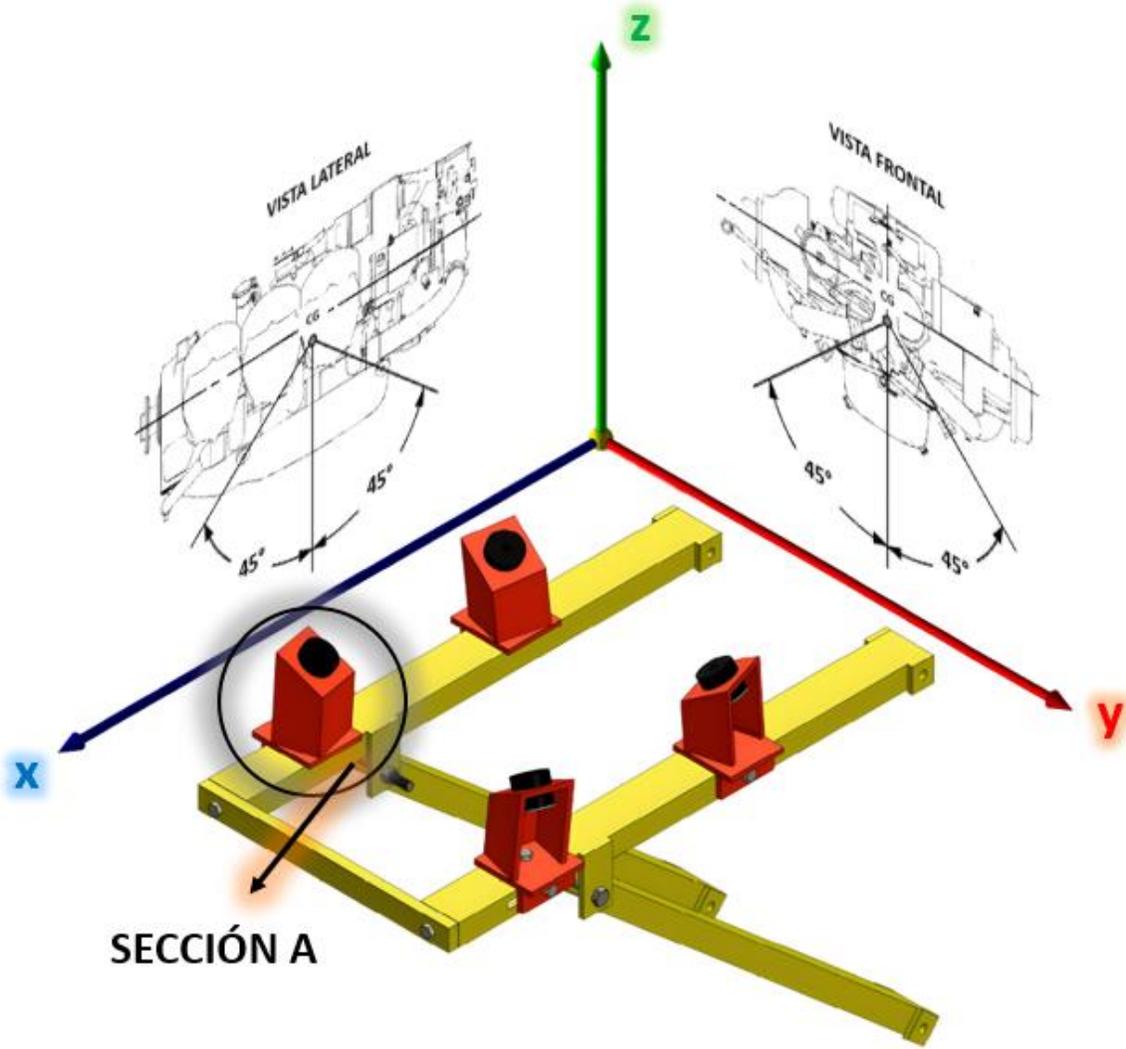
$$F_{\text{empuje } 1,2} = \frac{F_{\text{arrastre}}}{2}$$

$$F_{\text{empuje } 1,2} = \frac{1048.5}{2}$$

$$F_{\text{empuje } 1,2} = 524.25 \text{ [N]}$$

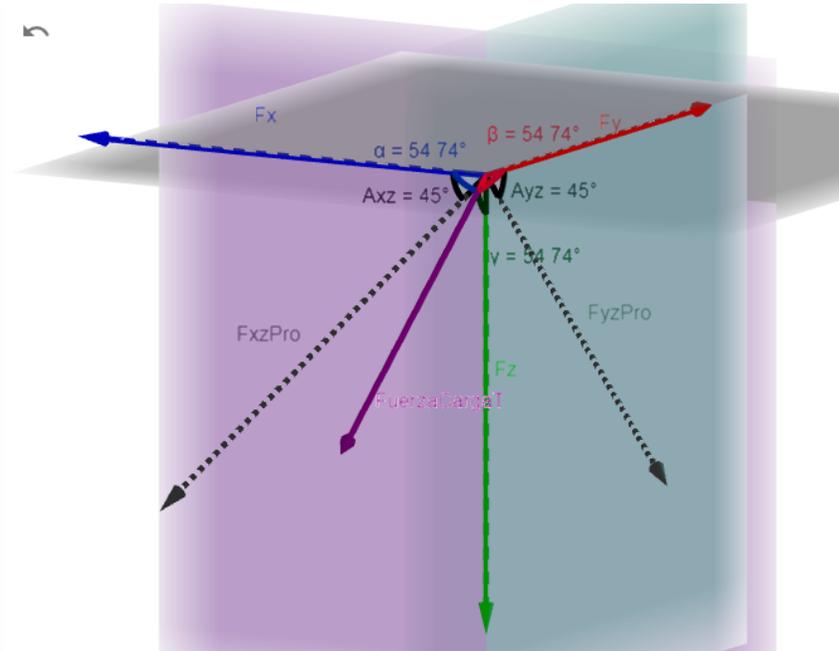


COMPONENTES DE LAS FUERZA DE PESO



COMPONENTES DE LAS FUERZA DE PESO

●	$A_{xz} = \text{Ángulo}(\text{Vector}(F), \text{Vector}(B))$ = 45°
●	$A_{yz} = \text{Ángulo}(\text{Vector}(V), \text{Vector}(C))$ = 45°
●	$\gamma = \text{Ángulo}(\text{FuerzaCargaT}, F_z)$ = 54.74°
●	$\beta = \text{Ángulo}(\text{FuerzaCargaT}, F_y)$ = 54.74°
●	$\alpha = \text{Ángulo}(\text{FuerzaCargaT}, F_x)$ = 54.74°
●	$q : \text{Plano}(C, E, V)$ = $x = 0$



Nro	Ángulo	Eje	Valor
1	Alfa α	x	54.74°
2	Beta β	y	54.74°
3	Gamma γ	z	54.74°

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

$$\cos^2 54.74^\circ + \cos^2 54.74^\circ + \cos^2 54.74^\circ = 1$$

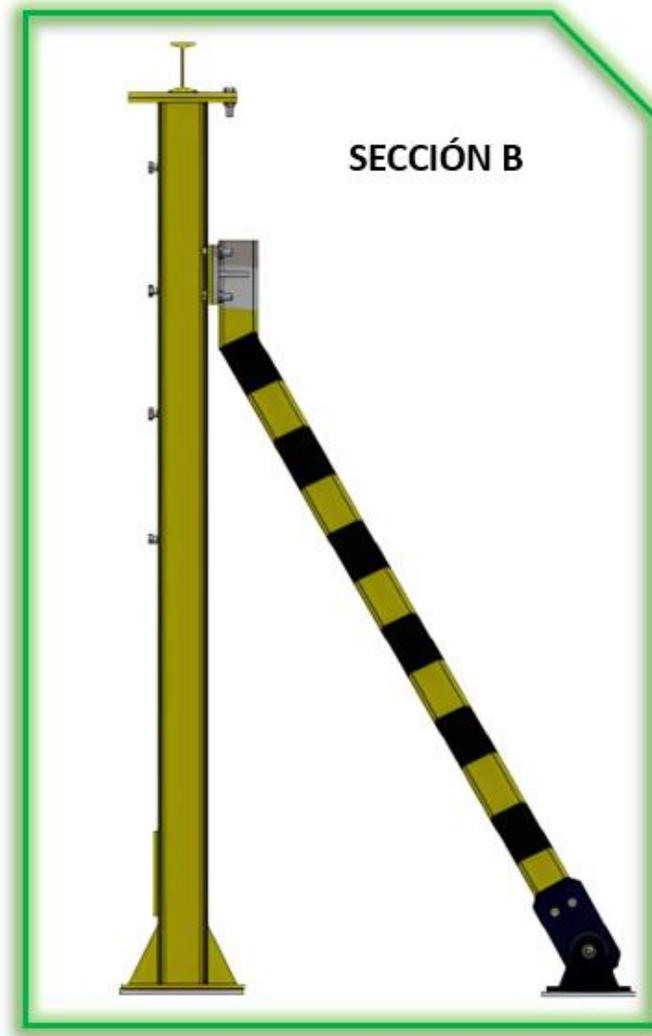
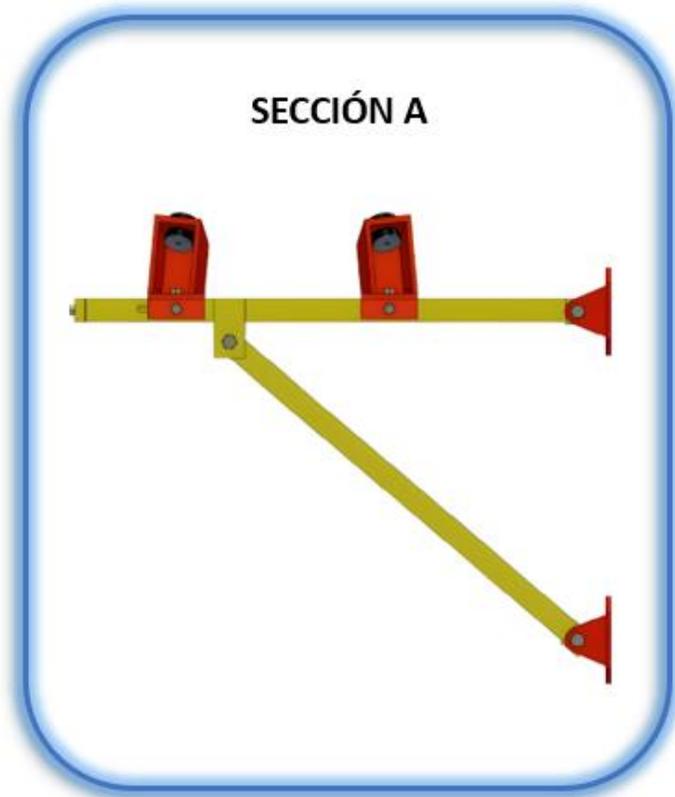
$$F_x = F_{\text{punto sujeción}} \cdot \cos \alpha = 1092 [N] \cdot \cos 54.74^\circ = 630.39 [N]$$

$$F_y = F_{\text{punto sujeción}} \cdot \cos \beta = 1092 [N] \cdot \cos 54.74^\circ = 630.39 [N]$$

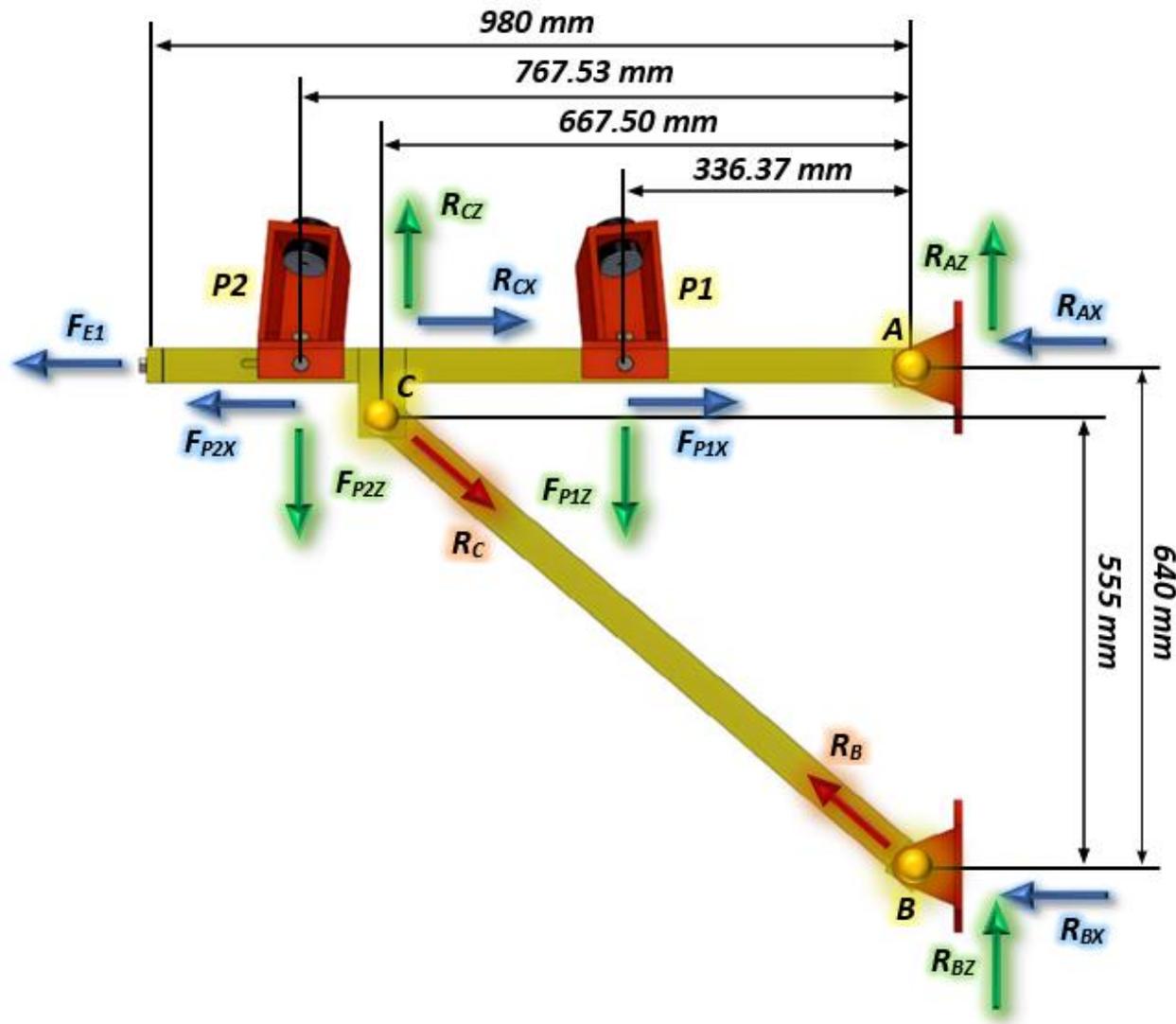
$$F_z = F_{\text{punto sujeción}} \cdot \cos \gamma = 1092 [N] \cdot \cos 54.74^\circ = 630.39 [N]$$



ANÁLISIS ESTRUCTURAL



ANÁLISIS ESTRUCTURAL SECCIÓN A



$$\sum M_A = 0$$

$$-F_{P_{1z}} \cdot (0.3364 \text{ m}) + R_{C_z} \cdot (0.6675 \text{ m}) - F_{P_{2z}} \cdot (0.7675 \text{ m}) = 0$$

$$\uparrow R_{C_z} = \frac{695.88 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.6675 \text{ m}} = 1042.52 \text{ [N]}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{A_z} + R_{C_z} - F_{P_{1z}} - F_{P_{2z}} = 0$$

$$R_{A_z} = 1260.78 \text{ N} + R_{C_z}$$

$$R_{A_z} = 1260.78 \text{ N} - 1042.52 \text{ N}$$

$$\uparrow R_{A_z} = 218.7 \text{ [N]}$$



ANÁLISIS ESTRUCTURAL SECCIÓN A

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{Ax} + R_{Cx} + F_{E1} + F_{P1x} - F_{P2x} = 0$$

$$R_{Ax} + R_{Cx} = -524.25 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{Cz} \cdot (0.6675 \text{ m}) - R_{Cx} \cdot (0.555 \text{ m}) = 0$$

$$\leftarrow R_{Cx} = \frac{695.88 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.555 \text{ m}} = 1253.84 \text{ [N]}$$

$$\rightarrow R_{Ax} = 1778.09 \text{ [N]}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{Bz} + R_{Cz} = 0$$

$$\downarrow R_{Bz} = 1042.52 \text{ [N]}$$

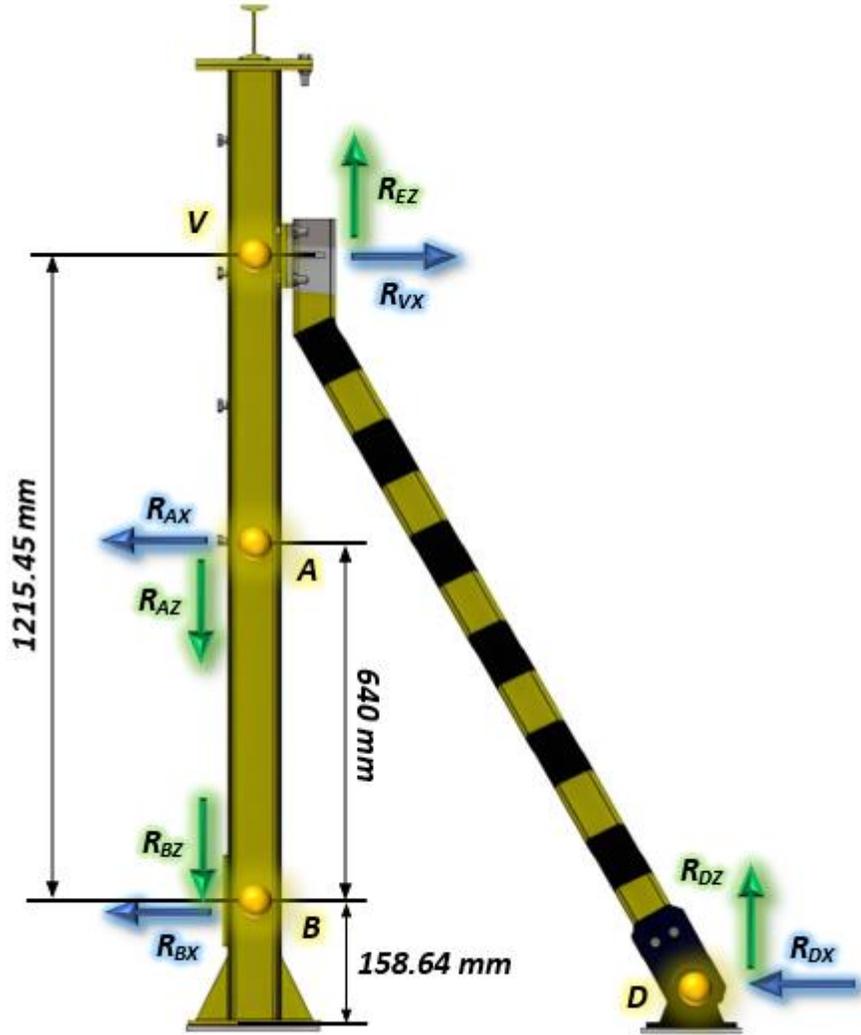
$$\sum F_x = 0$$

$$R_{Bx} + R_{Cx} = 0$$

$$\rightarrow R_{Bx} = 1253,84 \text{ [N]}$$



ANÁLISIS ESTRUCTURAL SECCIÓN B



$$\sum M_B = 0$$

$$-R_{Ax} \cdot (0.64 \text{ m}) + R_{Vx} \cdot (1.2155 \text{ m}) = 0$$

$$R_{Vx} = 936.22 \text{ [N]}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{Vz} + R_{Az} - R_{Bz} = 0$$

$$R_{Vy} + 218.7 \text{ N} - 1042.52 \text{ N} = 0$$

$$R_{Vy} = 823.82 \text{ [N]}$$

$$\sum M_V = 0$$

$$R_{Dx} \cdot (1.3741 \text{ m}) - R_{Dz} \cdot (0.7627 \text{ m}) = 0$$

$$R_{Dz} = \frac{R_{Dx} \cdot 1.3741 \text{ m}}{0.7627 \text{ m}}$$

$$\sum F_x = 0$$

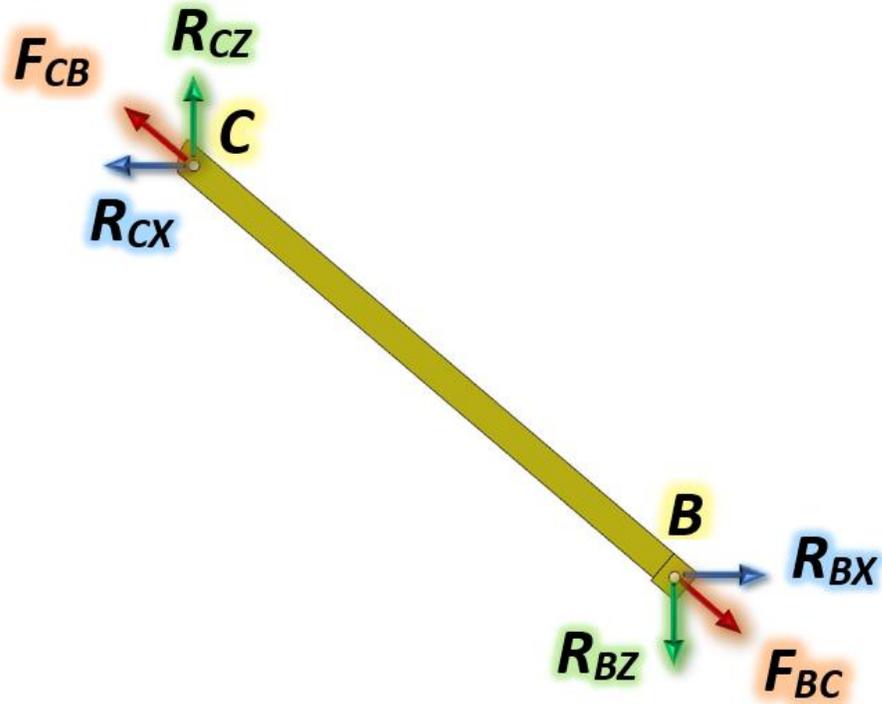
$$-R_{Vx} + R_{Dx} = 0$$

$$R_{Dx} = 936.22 \text{ [N]}$$

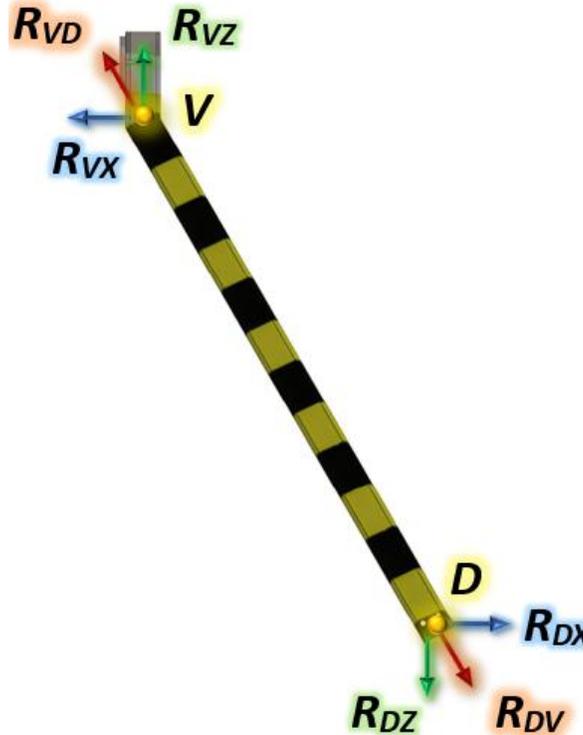
$$R_{Dz} = 1686.71 \text{ [N]}$$



SECCIÓN CB



SECCIÓN VD



$$F_{CB} = F_{BC} = \sqrt{R_{Cx}^2 + R_{Cz}^2}$$

$$F_{CB} = F_{BC} = \sqrt{(1042.52)^2 + (1253.84)^2}$$

$$F_{CB} = F_{BC} = 1630.63 \text{ [N]}$$

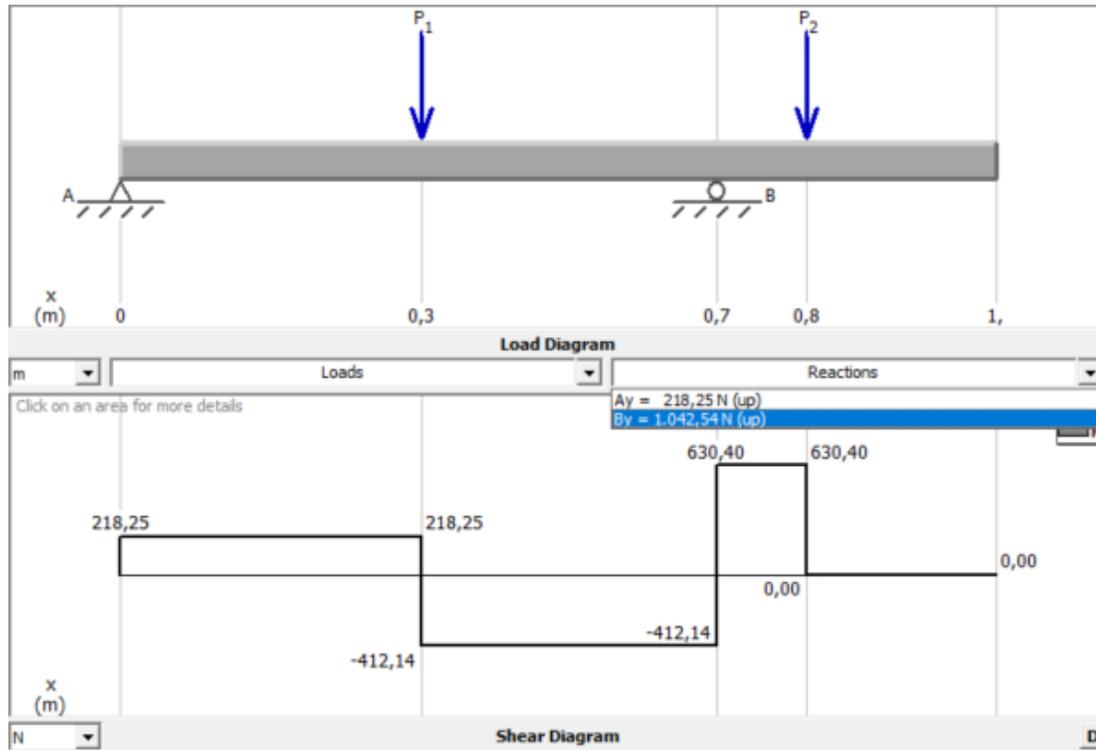
$$F_{VD} = F_{DV} = \sqrt{R_{Dx}^2 + R_{Dz}^2}$$

$$F_{VD} = F_{DV} = \sqrt{(1686.71)^2 + (936.22)^2}$$

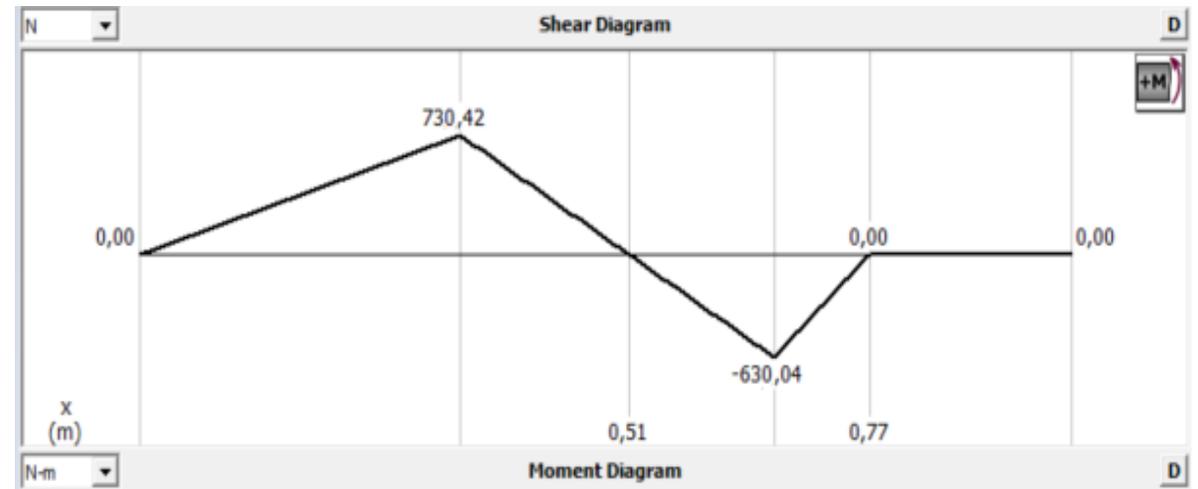
$$F_{VD} = F_{DV} = 1319.71 \text{ [N]}$$

CÁLCULO DE MOMENTOS Y FUERZA

Esfuerzos cortantes sección AC



Momentos Flectores sección AC



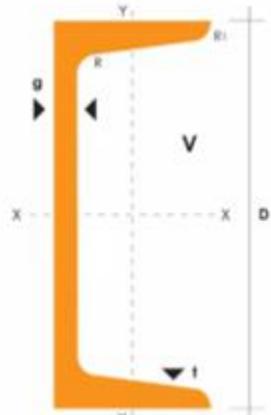
SELECCIÓN DE PERFILES

Nro	Formas de carga	Material dúctil
1	Estática	$\sigma_d = \frac{S_y}{2}$
2	Repetida	$\sigma_d = \frac{S_y}{8}$
3	Impacto o choque	$\sigma_d = \frac{S_y}{12}$

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_d}$$

$$S = \frac{730,42 \text{ Nm}}{124 \cdot 10^6 \text{ Pa}}$$

$$S = 5.89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \approx 5.89 \text{ cm}^3$$



Material ASTM Núm. Y productos	Resistencia máxima S_u		Resistencia a la fluencia S_y		Porcentaje de alargamiento en 2 [in]
	Ksi	Mpa	Ksi	Mpa	
A36-perfiles, placas y barras de acero al carbón.	58	400	36	248	21

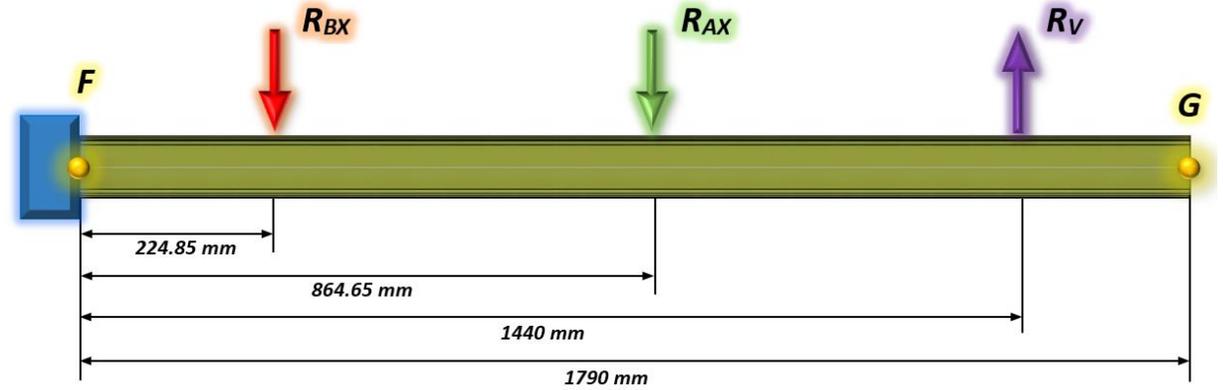
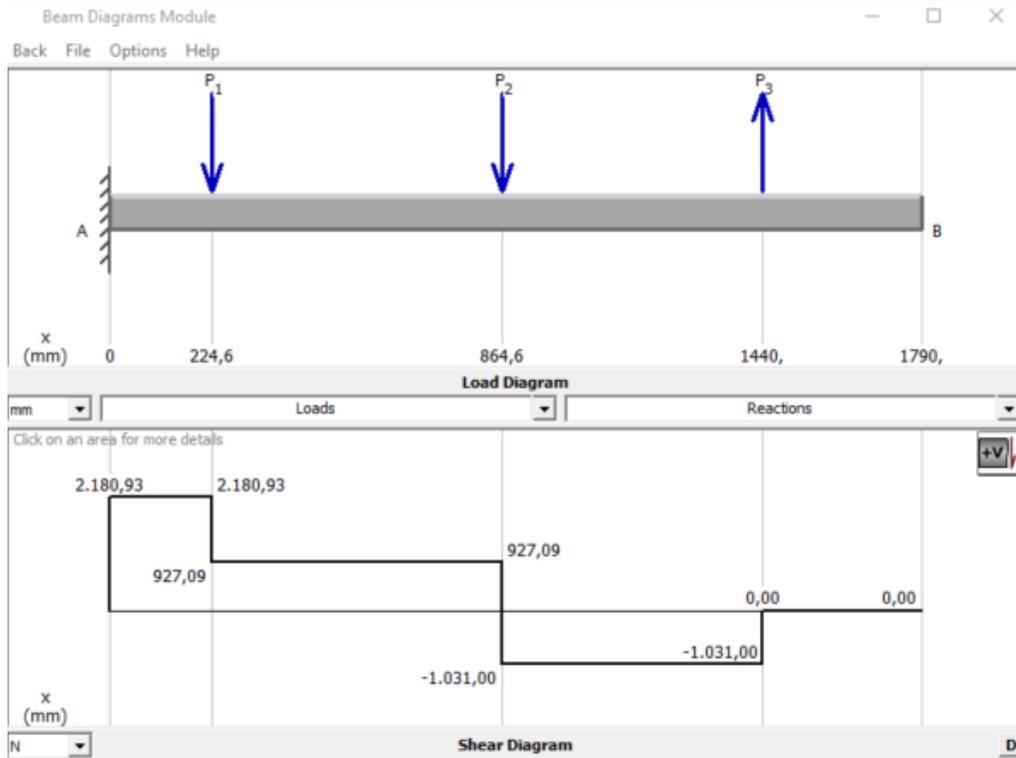
Perfil para la sección AC

DENOMINACION	DIMENSIONES						TIPOS					
	h mm	s mm	g mm	t mm	R mm	R1 cm4	SECCION cm2	PESOS kg/mt	Ix cm4	Iy cm4	Wx cm3	Wy cm3
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.59	26.40	9.12	10.60	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	57.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.90	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

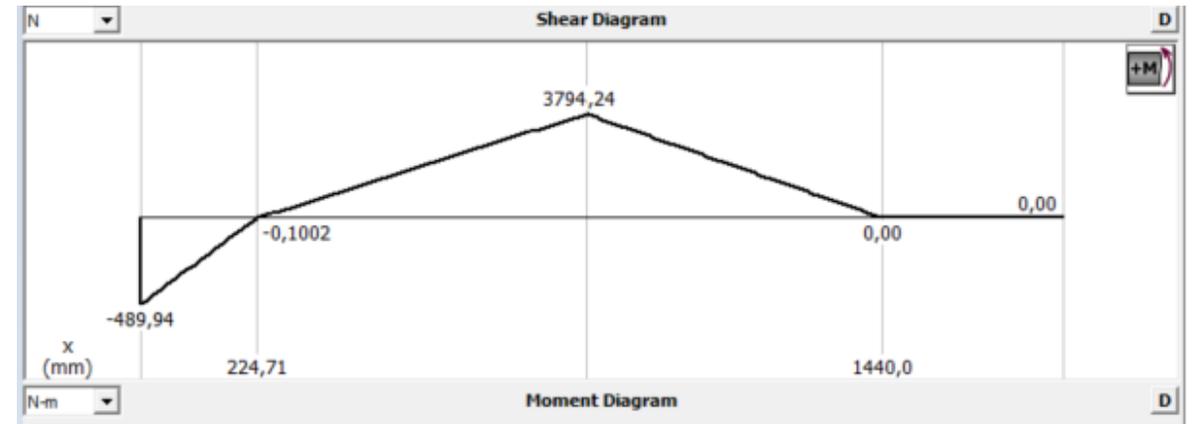


CÁLCULO DE MOMENTOS Y FUERZA

Esfuerzos cortantes sección FG



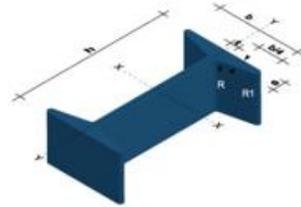
Momentos Flectores sección FG



SELECCIÓN DE PERFILES

$$S = \frac{3794.24 \text{ N} \cdot \text{m}}{124 \cdot 10^6 \text{ Pa}}$$

$$S = 3.06 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \approx 30.60 \text{ cm}^3$$



$$\sigma_d = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{admissible} = \frac{S_y}{2}$$

$$\sigma_d = \frac{1630.63 \text{ N}}{0.00011 \text{ m}^2}$$

$$\sigma_{admissible} = \frac{248 \text{ Mpa}}{2}$$

$$\sigma_d = 90.7 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{admissible} = 124 \text{ Mpa}$$

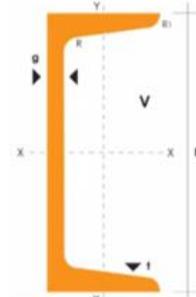
$$\sigma_d < \sigma_{admissible}$$

$$90.7 \text{ Mpa} < 124 \text{ Mpa}$$

Perfil para la sección FG

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h mm	b mm	t mm	e mm	R mm	R1 mm	ÁREA SECCIÓN cm ²	PESOS kg/mt	INERCIA (cm ⁴)		MÓDULO RESISTENCIA (cm ³)	
									Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
IPN 80	80	42	3.90	5.90	30.90	2.30	7.58	5.95	77	6.29	19.50	3.00
IPN 100	100	50	4.50	6.80	4.50	2.70	10.60	8.32	171	12.20	34.20	4.88
IPN 120	120	64	4.40	6.30	4.50	3.00	13.20	10.40	318	27.70	53.00	8.65
IPN 140	140	66	5.70	8.60	5.70	3.40	18.30	14.40	573	35.20	81.90	10.70
IPN 160	160	74	6.30	9.50	6.30	3.80	22.80	17.90	935	54.70	117.00	14.80
IPN 200	200	90	7.50	11.30	7.50	4.50	33.50	26.30	2140	117.00	214.00	26.00
IPN 240	240	106	8.70	13.10	8.70	5.20	46.10	36.20	4250	221.00	354.00	41.70
IPN 300	300	125	10.80	16.20	10.80	6.50	69.10	54.20	9800	451.00	653.00	72.20
IPN 400	400	155	14.40	21.60	14.40	8.60	118.00	92.60	29210	1160.00	1460.00	149.00
IPN 450	450	170	16.20	24.30	16.20	9.70	147.00	115.00	45850	1730.00	2040.00	203.00

Perfil para elemento BC



DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						TIPOS					
	h mm	s mm	g mm	t mm	R mm	R1 mm	SECCION cm ²	PESOS kg/mt	Ix cm ⁴	Iy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.59	26.40	9.12	10.60	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	57.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.90	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80



SELECCIÓN DE PERFILES

Perfil para DV

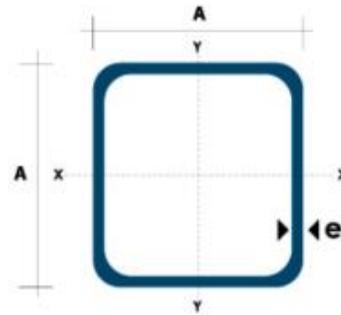
$$\sigma_d = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_d = \frac{1319.71 N}{0.0001095 m^2}$$

$$\sigma_d = 85 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_d < \sigma_{admisible}$$

$$85 \text{ Mpa} < 124 \text{ Mpa}$$



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
80	5.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



SELECCIÓN DE PERNOS EN LOS SUJETADORES

Pernos agrupados en una misma sección sometidos a una fuerza cortante directa

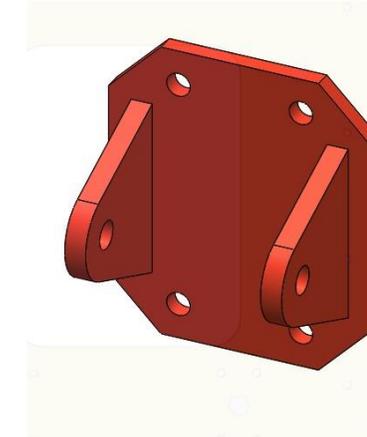
Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso		Serie de paso fino			
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

$$F = 0.577 \cdot \frac{4}{Np} \pi \cdot d^2 \cdot \frac{S_y}{N}$$

$$F = 0.577 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \frac{S_y}{N}$$

$$d = \sqrt{\frac{1042.52 \text{ N}}{0.577 \cdot \pi \cdot \frac{420 \text{ Mpa}}{2}}}$$

$$d = 0.00132 \text{ m} \approx 13.2 \text{ mm}$$



Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, MPa	Resistencia mínima a la tensión, MPa	Resistencia mínima a la fluencia, MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	4.6
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	4.8
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	5.8
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	8.8
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	9.8
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	10.9
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	12.9



SELECCIÓN DE PERNOS PUNTO C SECCIÓN A

Un perno sometido a fuerzas cortantes en dos caras diferentes

Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal	Serie gruesa-UNC		Serie fina-UNF			
		Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión A_t , pulg ²	Área del diámetro menor A_r , pulg ²	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión A_t , pulg ²	Área del diámetro menor A_r , pulg ²
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ a $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	57 36	Acero de bajo o medio carbono	
4	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	

Área de aplastamiento

$$A_b = 2 \cdot d_{nom} \cdot e$$

$$A_b = 2 \cdot 0.016 \text{ m} \cdot 0.006 \text{ m} = 0.931 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F = \sqrt{R_{C_x}^2 + R_{C_z}^2}$$

$$F = \sqrt{1042.52^2 + 1253.84^2}$$

$$F = 1630.63 \text{ [N]}$$

$$\sigma_p = \frac{1630.63 \text{ [N]}}{0.1615 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 100.1 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de aplastamiento

$$\sigma_b = \frac{\tau}{A_b}$$

$$\sigma_b = \frac{1630.63 \text{ N}}{0.931 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma_b = 175.1 \text{ MPa}$$

Teoría de la energía de distorsión

$$S_{yy} = 0.577 S_y$$

$$S_y = \frac{N \cdot \sigma_p}{0.577}$$

$$S_y = \frac{2 \cdot 100.1 \text{ MPa}}{0.577}$$

$$S_y = 347 \text{ MPa}$$

$$N = \frac{S_y}{\sigma_b}$$

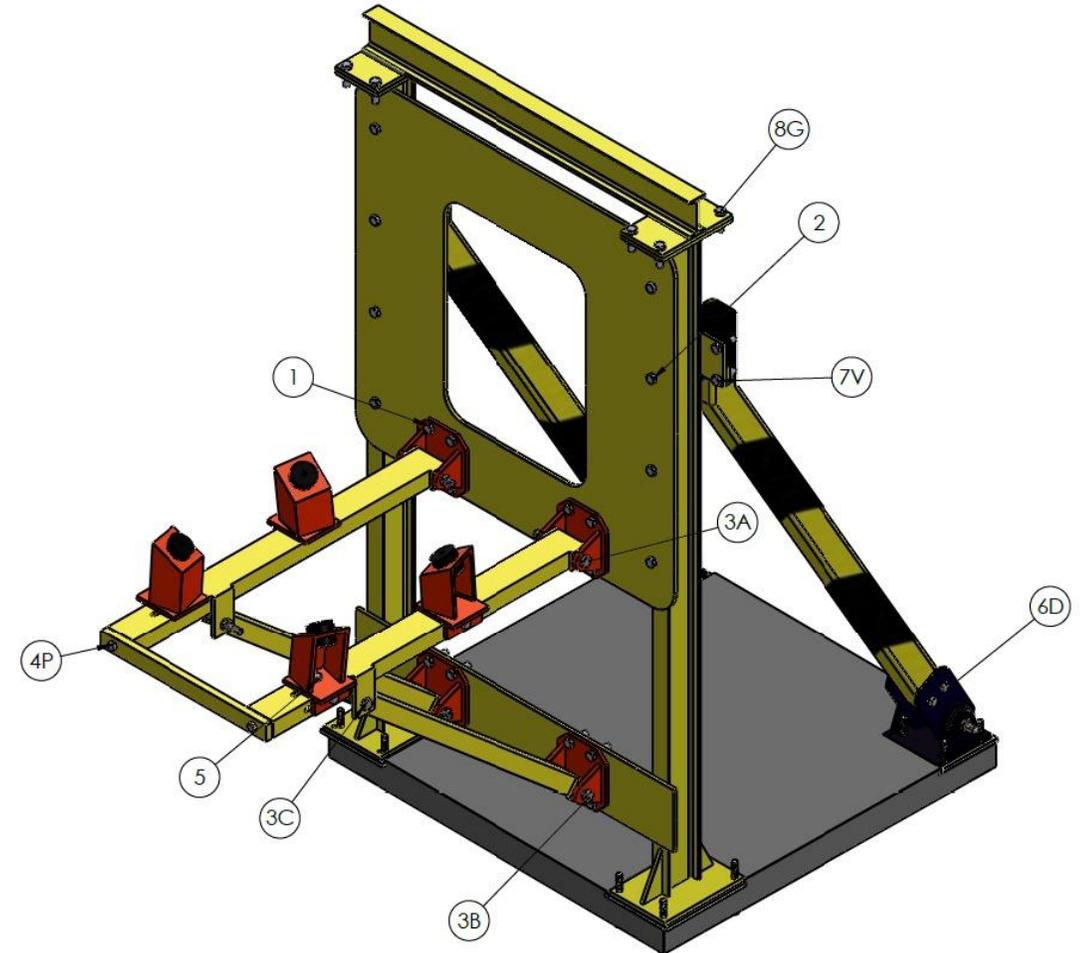
$$N = \frac{347 \text{ MPa}}{175.1 \text{ MPa}}$$

$$N = 1.98$$

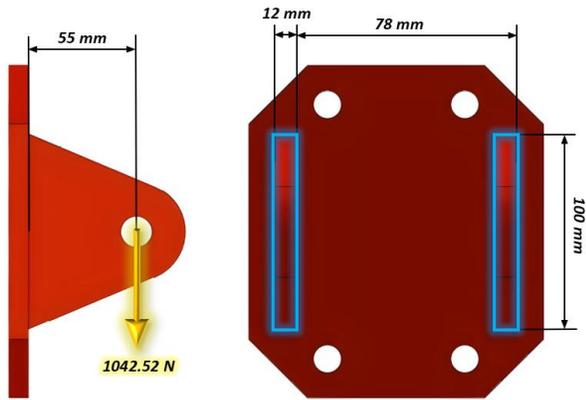


RESUMEN SELECCIÓN DE PERNOS

Nro	Ubicación	Diámetro	Paso	Grado
1	Sujetadores	14 [mm]	1.5 [mm]	5.8
2	Placa superior	12 [mm]	1.25 [mm]	5.8
3	Puntos A B C sección A	5/8	18 TPI	SAE 2
4	Punto P sección A	1/2	20 TPI	SAE 2
5	Puntos de sujeción	1/2	20 TPI	SAE 2
6	Punto D sección B	10	1.5 [mm]	4.6
7	Punto V sección B	12 [mm]	1.25 [mm]	5.8
8	Punto G sección B	14 [mm]	1.5 [mm]	5.8



CÁLCULO DE SOLDADURA



$$\tau' = \frac{V}{A_g}$$

$$A_g = g \cdot L_T$$

Donde $g = 0.707 \cdot w$, donde w es el ancho de la soldadura de filete y es igual a 6 mm

$$L_T = 448 \text{ mm}$$

$$A_g = g \cdot L_T = 0.707 \cdot 6 \text{ mm} \cdot 448 \text{ mm} = 19900 \text{ mm}^2$$

$$\tau' = \frac{1042.52 \text{ N}}{19900 \text{ mm}^2} = 54 \text{ Mpa}$$

$$I_u = \frac{(100 \text{ mm})^2}{6} (3 \cdot 78 \text{ mm} + 100 \text{ mm})$$

$$I_u = 556666.66 \text{ mm}^3$$

$$I = 0.707 \cdot 6 \text{ mm} \cdot 556666.66 \text{ mm}^3 = 2361379.97 \text{ mm}^4$$

$$N = \frac{S_{ssy}}{\tau}$$

$$N = \frac{0.577(345 \text{ Mpa})}{61.67 \text{ Mpa}} = 3.22$$

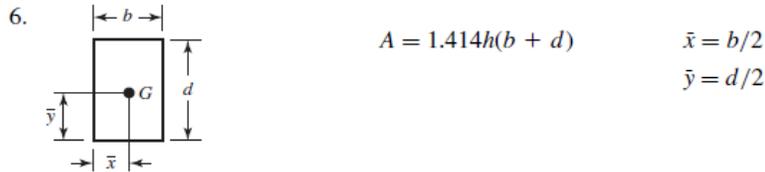
El esfuerzo cortante a flexión es:

$$\tau'' = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$\tau'' = \frac{57338.6 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 50 \text{ mm}}{2361379.97 \text{ mm}^4} = 29.8 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \sqrt{54^2 + 29.8^2}$$

$$\tau = 61.67 \text{ Mpa}$$



$$A = 1.414h(b + d)$$

$$\bar{x} = b/2$$

$$\bar{y} = d/2$$

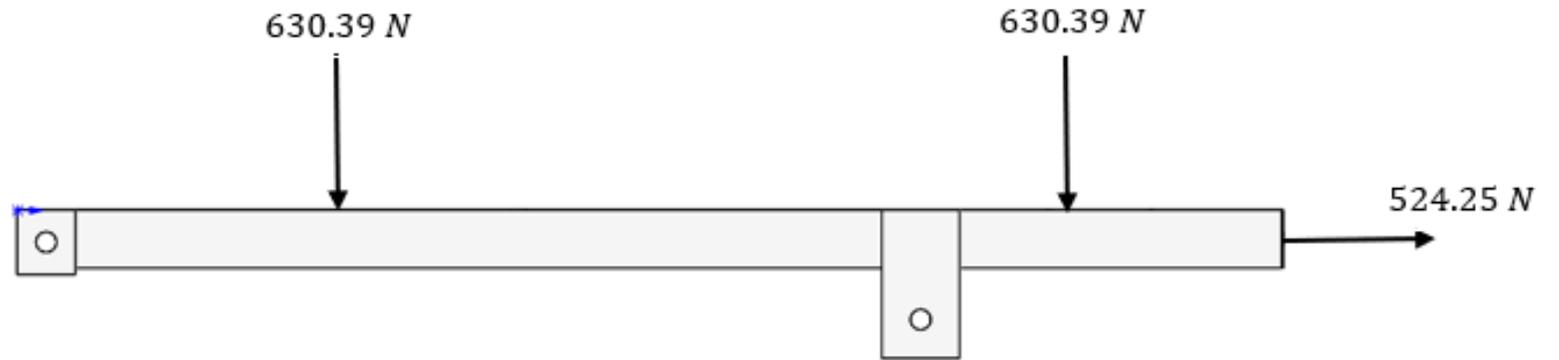
$$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$$

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14



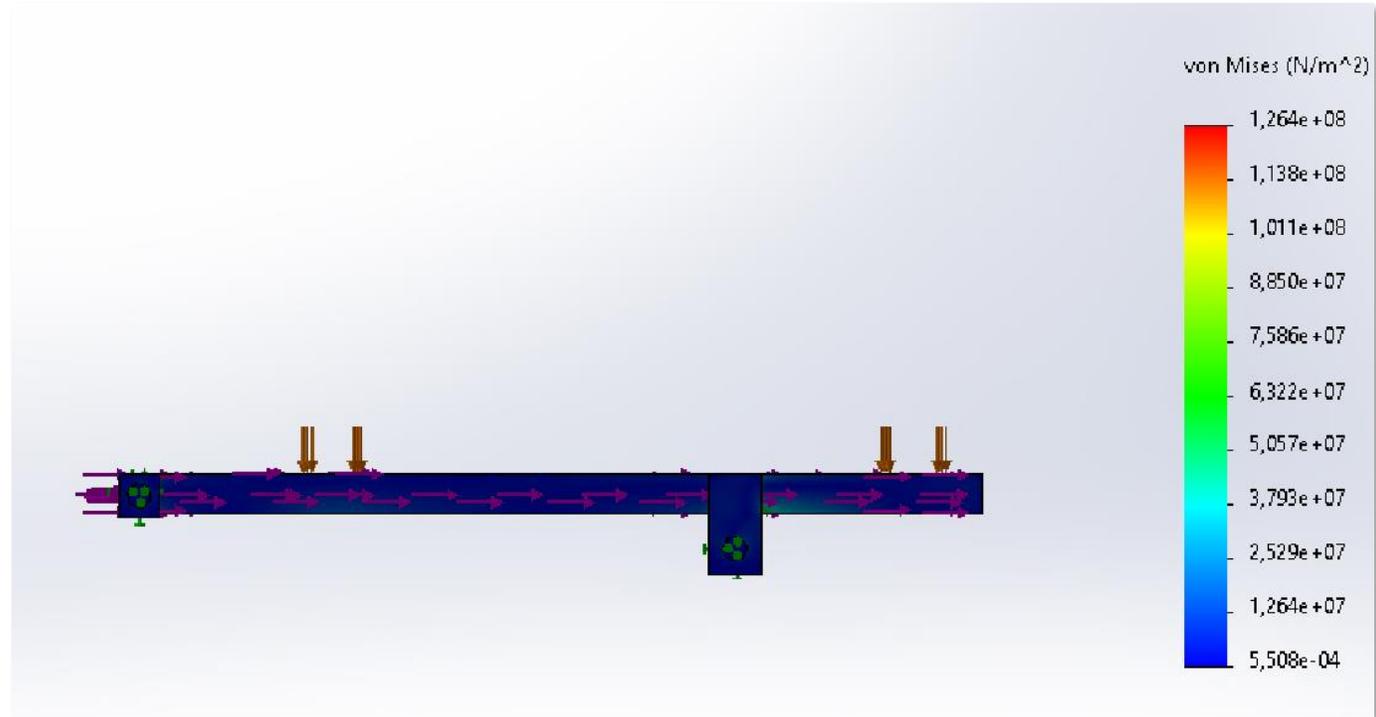
ESTUDIOS CAE - SOPORTE HORIZONTAL

Tipo de malla	Malla sólida
Material	ASTM A36
	Límite elástico: 2,8e+08 N/m ²
Mallado utilizado	Malla estándar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Número total de nodos	52391
Número total de elementos	27448
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden



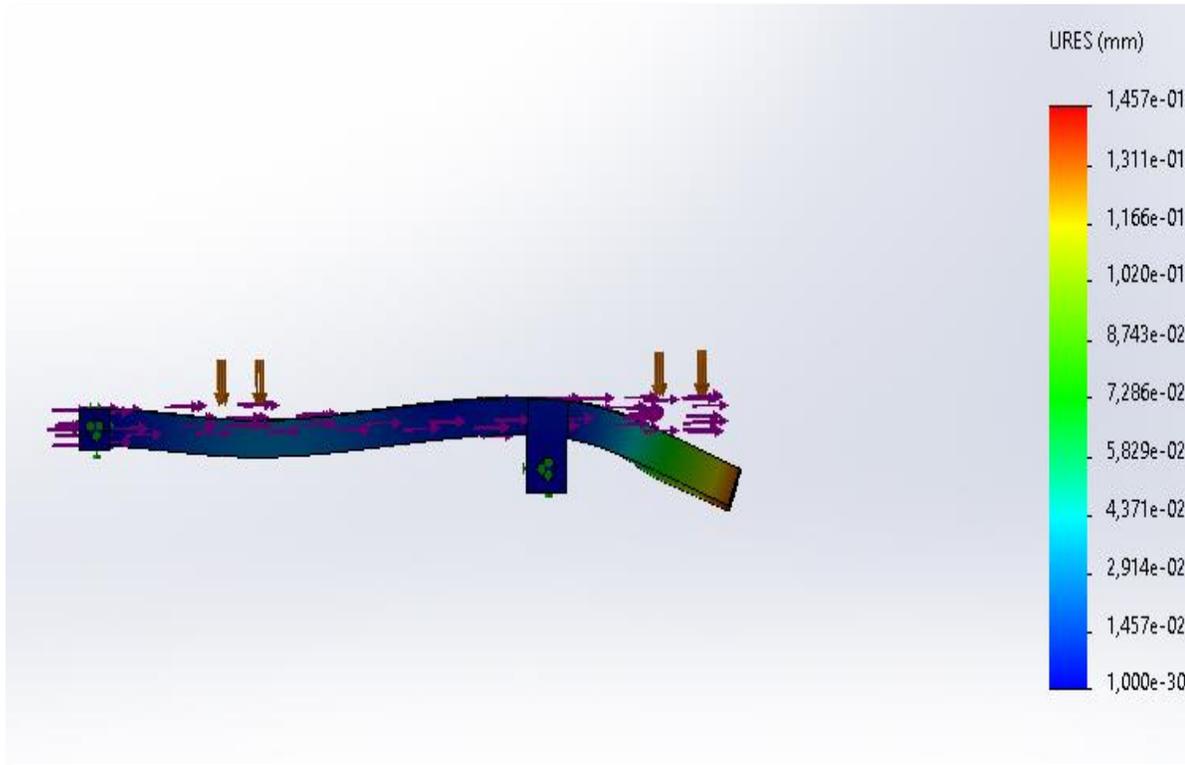
ESFUERZOS VON MISES

Resultados
$\sigma_{max} = 126,4 \text{ Mpa}$
$D_{max} = 0.146 \text{ mm}$
$FS = 2.2$

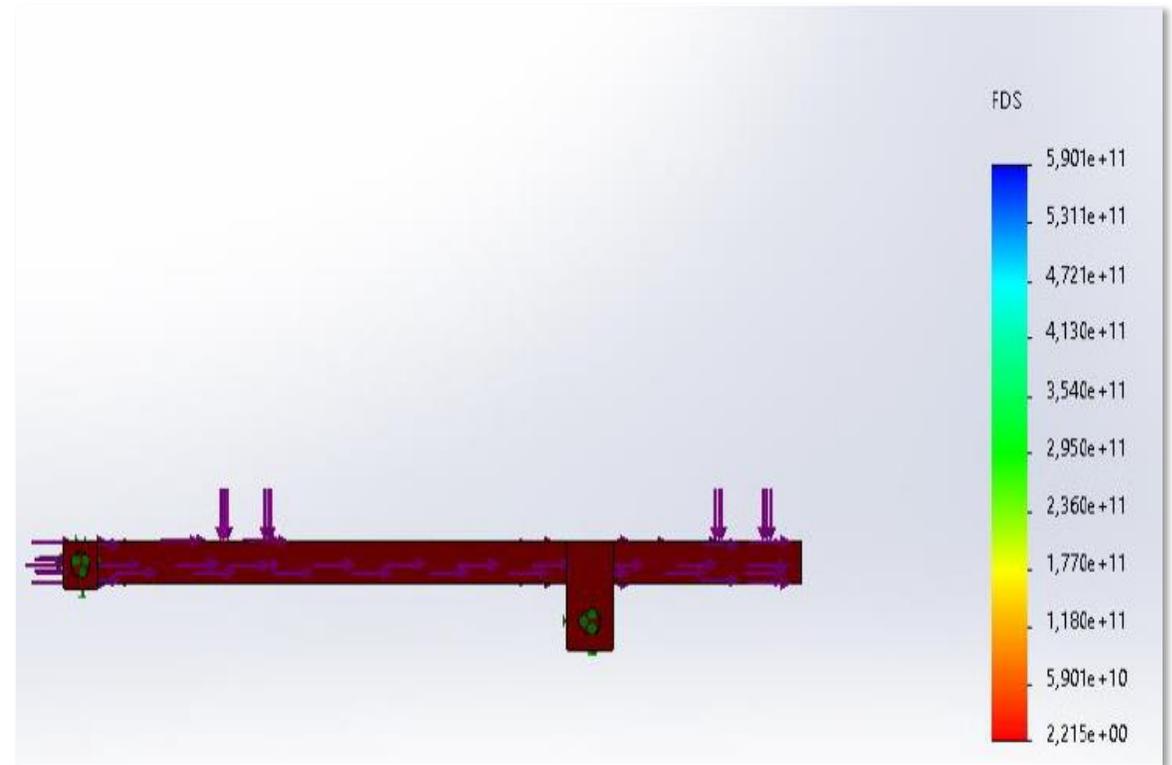


ESTUDIOS CAE - SOPORTE HORIZONTAL

DESPLAZAMIENTO



FACTOR DE SEGURIDAD



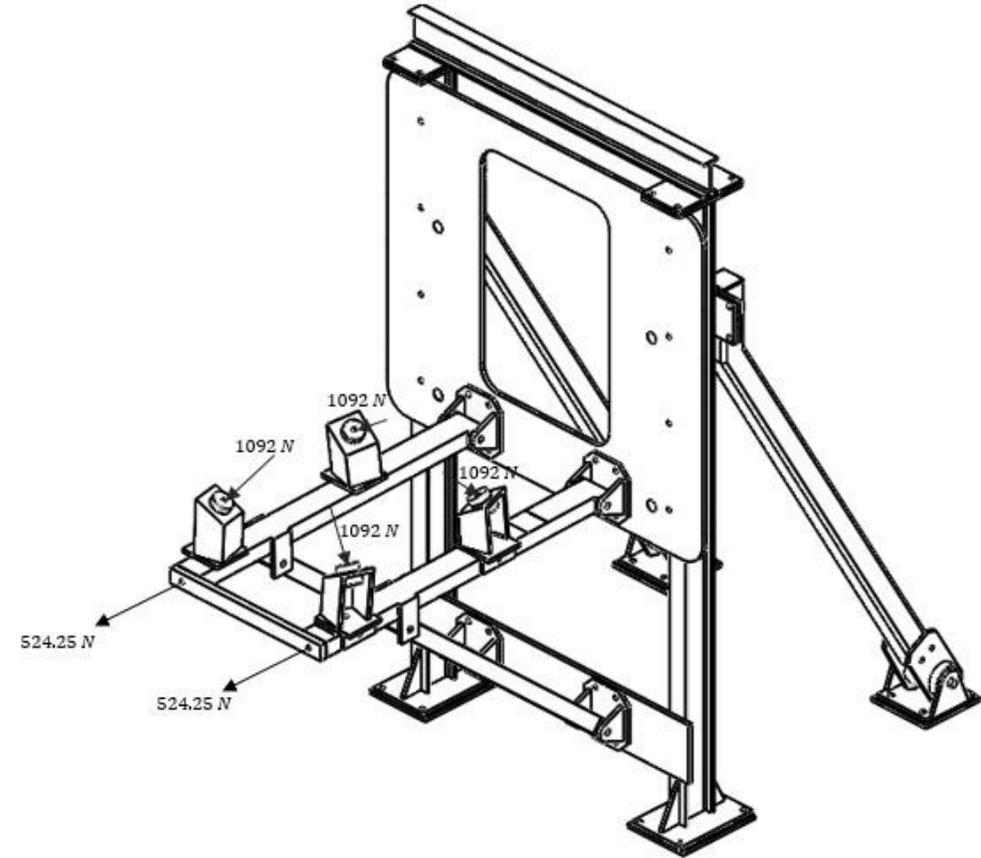
RESUMEN ESTUDIOS CAE COMPONENTES

Componente	σ_{max} [Mpa]	D_{max} [mm]	FS
Soporte horizontal	126,4	0.146	2.2
Placa superior	118,6	0.332	2,1
Soporte inclinado	144,4	0,2530	1.9
Soporte fijación	103	0.104	2.4
Sujetador	127.9	0,0237	2
Viga Inclinada	124,7	0.185	2
Placa Inferior	133	0.480	1.9



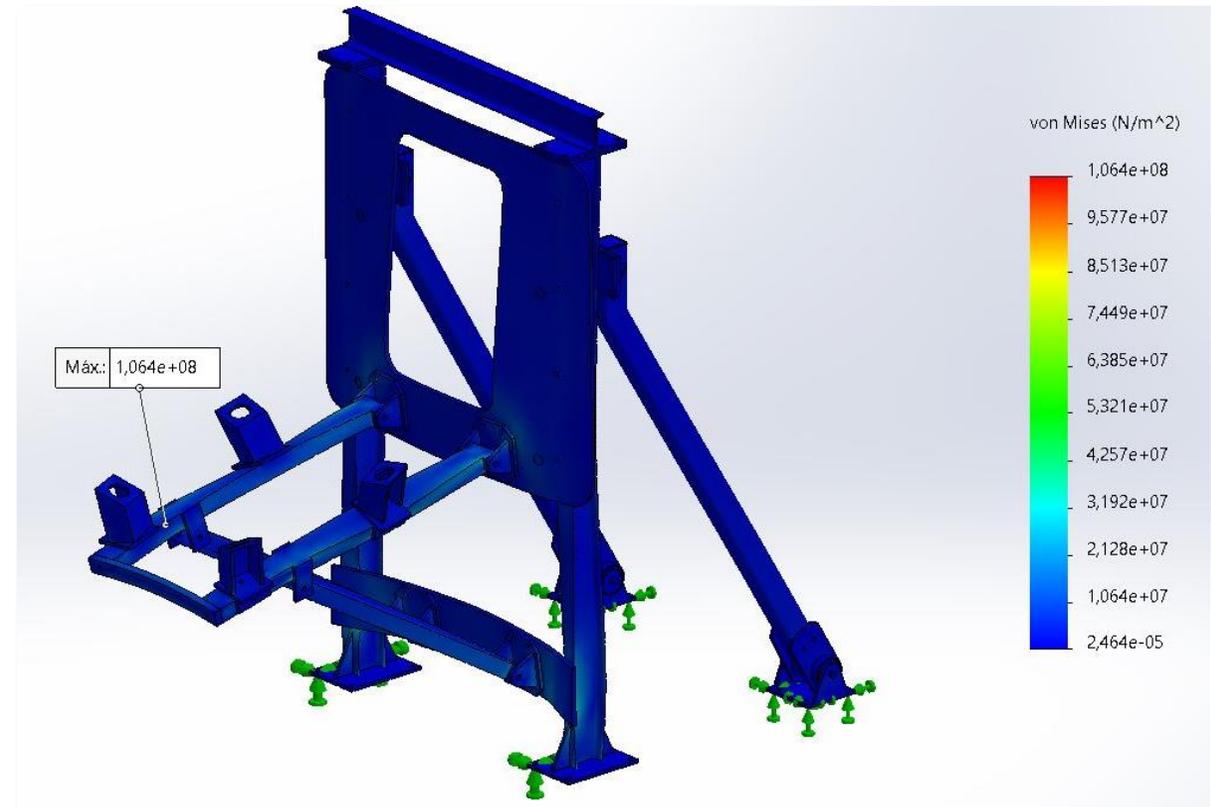
ESTUDIOS CAE - ENSAMBLE ESTRUCTURAL

Tipo de malla	Malla sólida
Material	ASTM A36
	Límite elástico: $2,8e+08 \text{ N/m}^2$
	Neopreno
	Límite elástico: $15e+08 \text{ N/m}^2$
Mallado utilizado	Malla estándar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Número total de nodos	120659
Número total de elementos	57223
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden



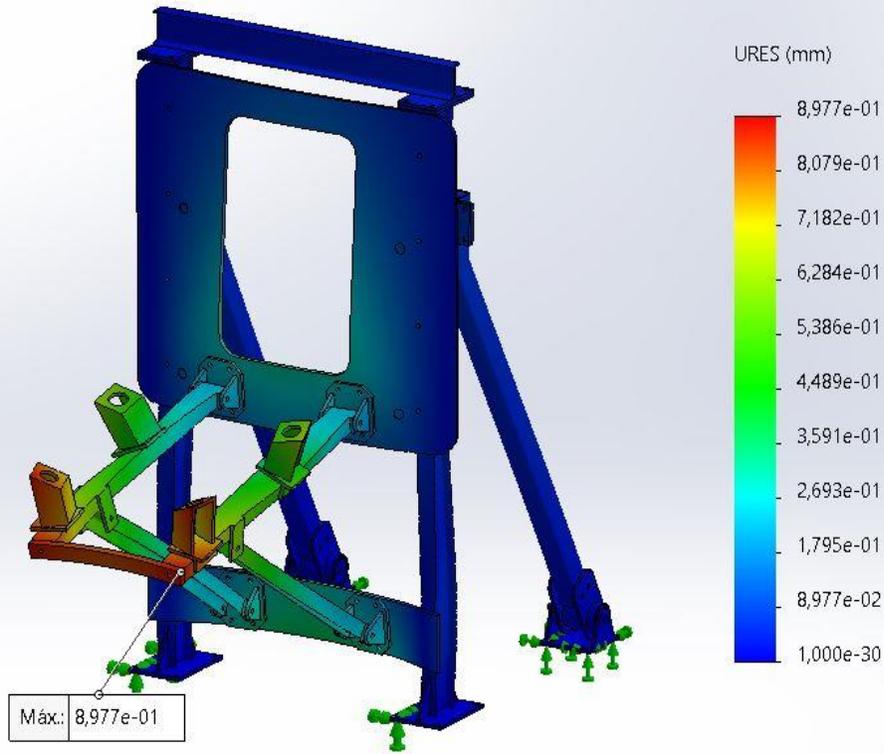
ESFUERZOS VON MISES

Resultados
$\sigma_{max} = 106.4 \text{ Mpa}$
$D_{max} = 0.898 \text{ mm}$
$FS = 2.5$



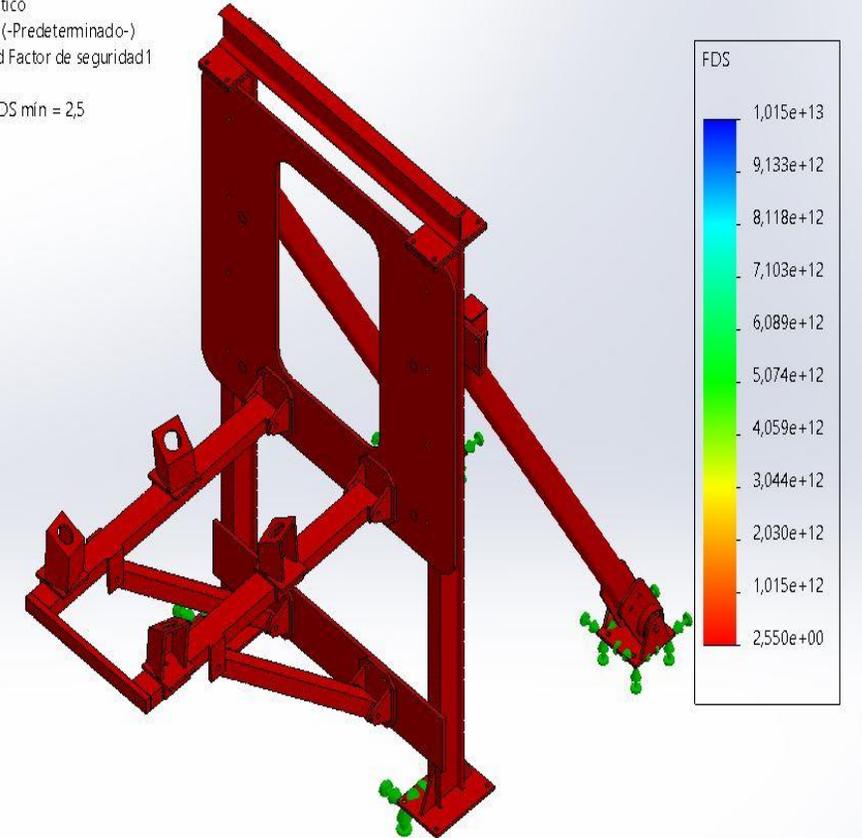
ESTUDIOS CAE - ENSAMBLE ESTRUCTURA

DESPLAZAMIENTO



FACTOR DE SEGURIDAD

Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2,5



ESTUDIOS RESONANCIA - ESTRUCTURA SIN AMORTIGUADORES

Resultado	
1	$f_n = 26.35 \text{ Hz}$
2	$f_n = 42.20 \text{ Hz}$
3	$f_n = 44 \text{ Hz}$
4	$f_n = 64 \text{ Hz}$
5	$f_n = 70 \text{ Hz}$

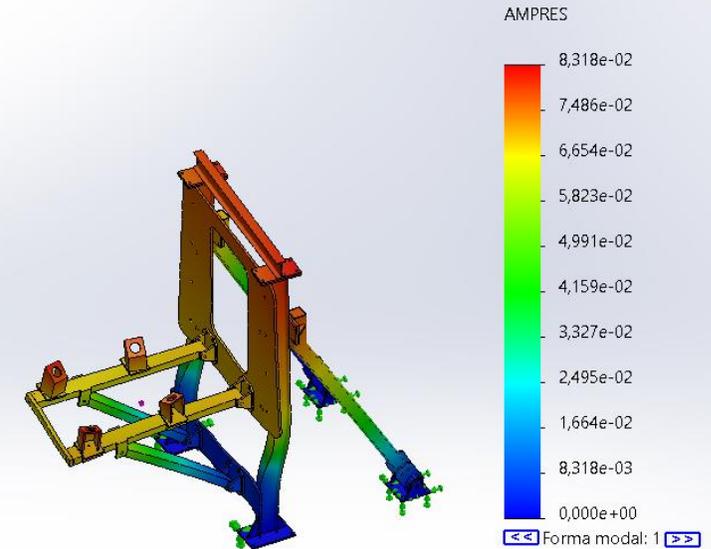
$$\text{Frecuencia} = \text{Ciclos por segundo (RPS)} = \frac{\text{RPM}}{60}$$

$$3400 \frac{\text{rev}}{\text{minuto}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ ciclo}}{1 \text{ rev}} = \frac{57}{\text{s}} = 57 \text{ Hz}$$

$$\text{Frecuencia} = 57 \text{ Hz}$$

Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud1
 Forma modal: 1 Valor = 26,355 Hz
 Escala de deformación: 2,48744

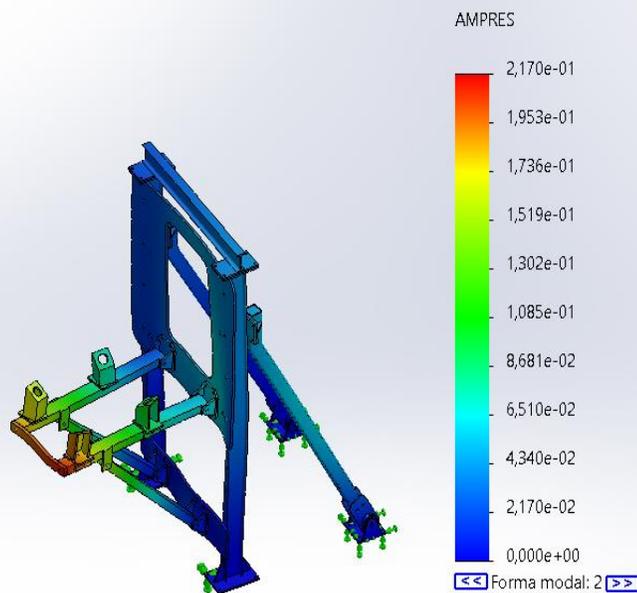
Tipo de malla	Malla sólida
Material	ASTM A36
	Límite elástico: 2,8e+08 N/m^2
Mallado utilizado	Malla estándar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Número total de nodos	137001
Número total de elementos	65427
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden



FORMAS MODALES

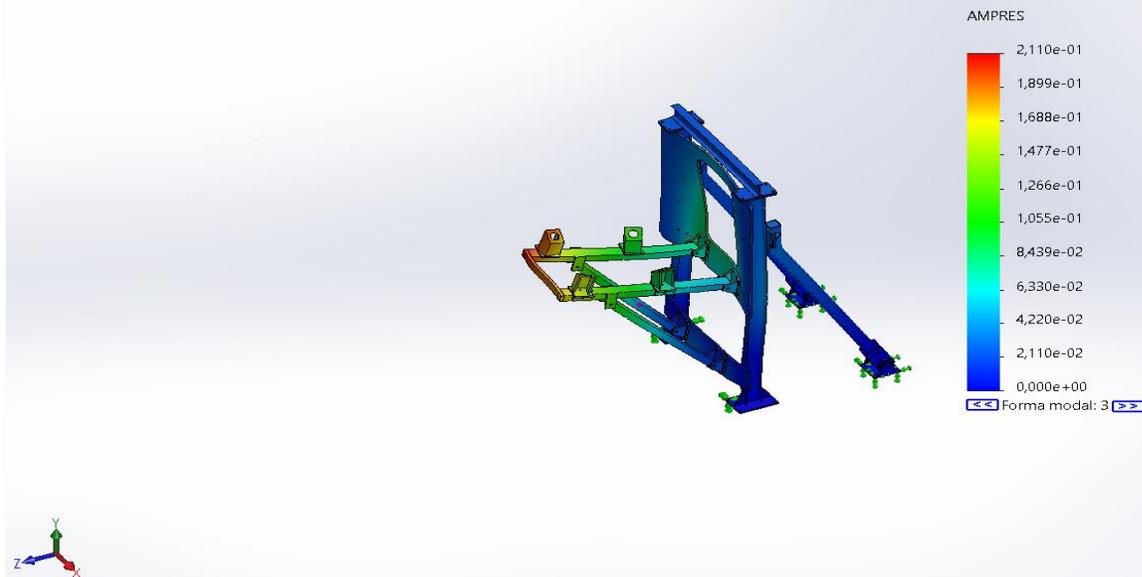
2

Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud2
Forma modal: 2 Valor = 42,196 Hz
Escala de deformación: 1,12488



3

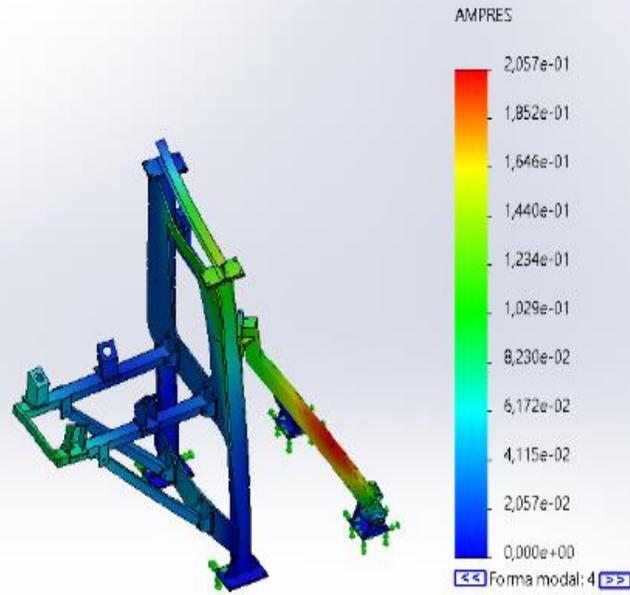
Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud3
Forma modal: 3 Valor = 43,919 Hz
Escala de deformación: 1,27575



FORMAS MODALES

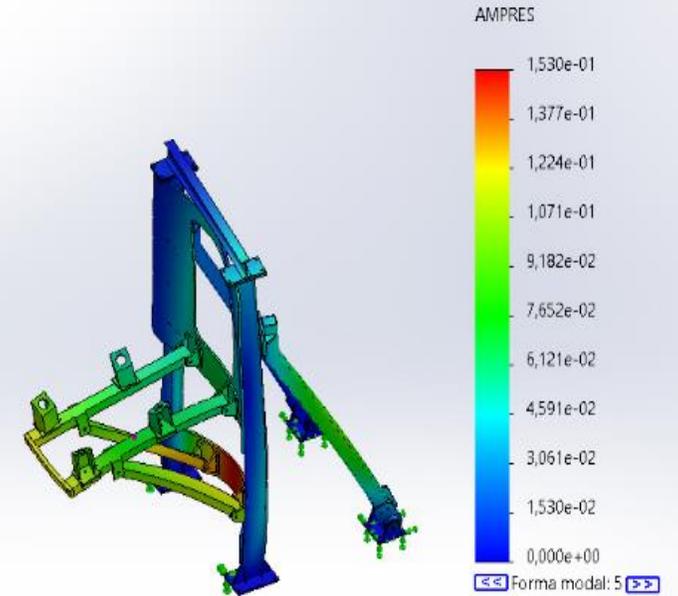
Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud4
Forma modal: 4 Valor = 64,368 Hz
Escala de deformación: 1,00043

4



Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud5
Forma modal: 5 Valor = 70,025 Hz
Escala de deformación: 1,31686

5

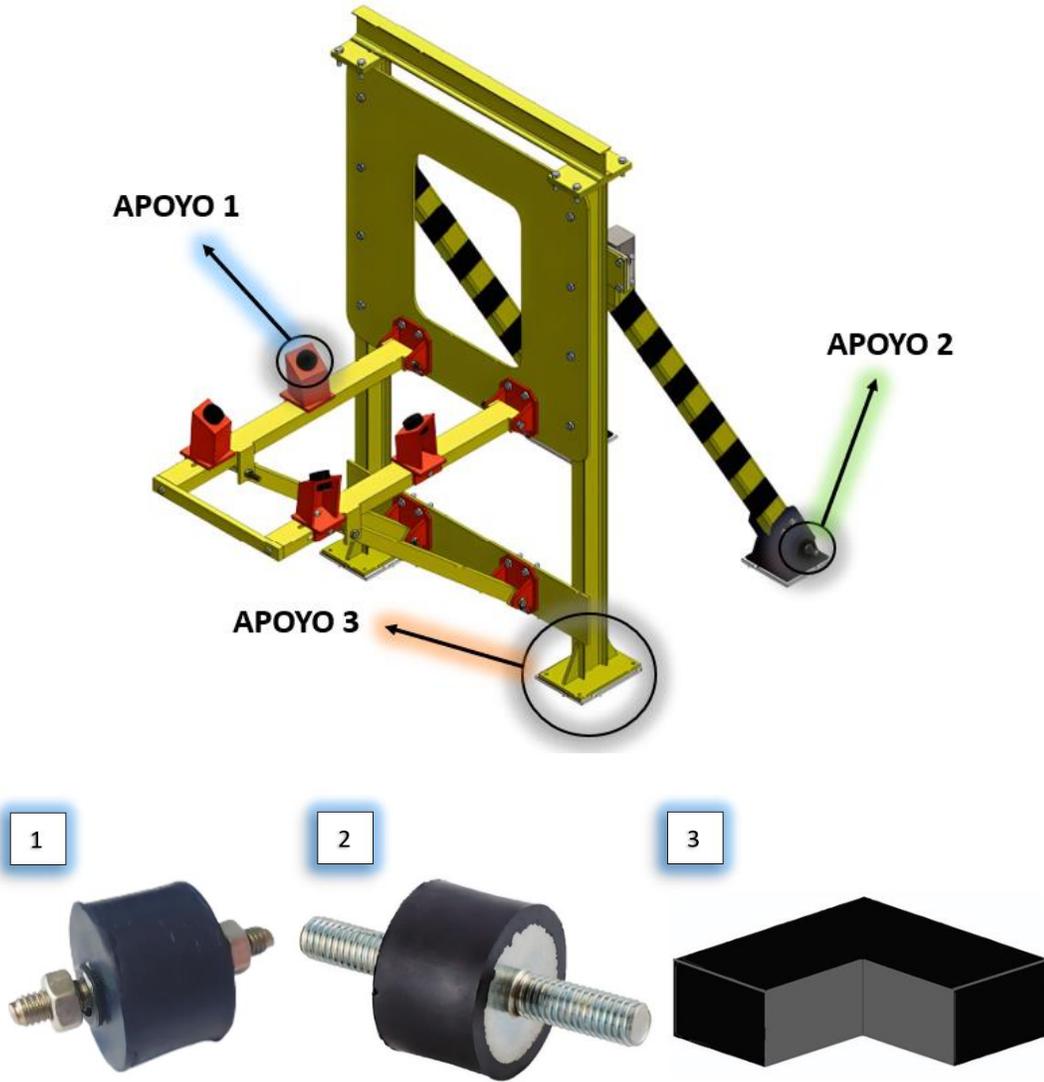


SISTEMA DE AMORTIGUAMIENTO

APOYOS ELASTOMÉRICOS

1. Placas de 20x20x1 [cm]
2. Rollos bajo plano de 0.5 [cm] de espesor
3. Piezas vulcanizadas bajo plano

Caucho Neopreno		
Base color		Neopreno negro
Norma	ASTM S 1056	2C2
Norma	NFR 99211	3C O8 B3
Norma	ASTM D 6576	Tipo 2 Grado A
Densidad	ASTM D 1056	150 kg/m ³ +/- 15
Dureza shore	ASTM D 2240	50 +/- 5
Resistencia a la compresión a 25%	ASTM D 1056	35 a 65 Kpa
Resistencia a la compresión a 50%	ASTM D 99211	80 a 160 Kpa
Compresión SET 25% 72 °C a 24 horas	ISO 1856	23.00%
Resistencia a la ruptura	DIN 412	520 KN
Absorción de agua	ASTM D 1056	< 4%

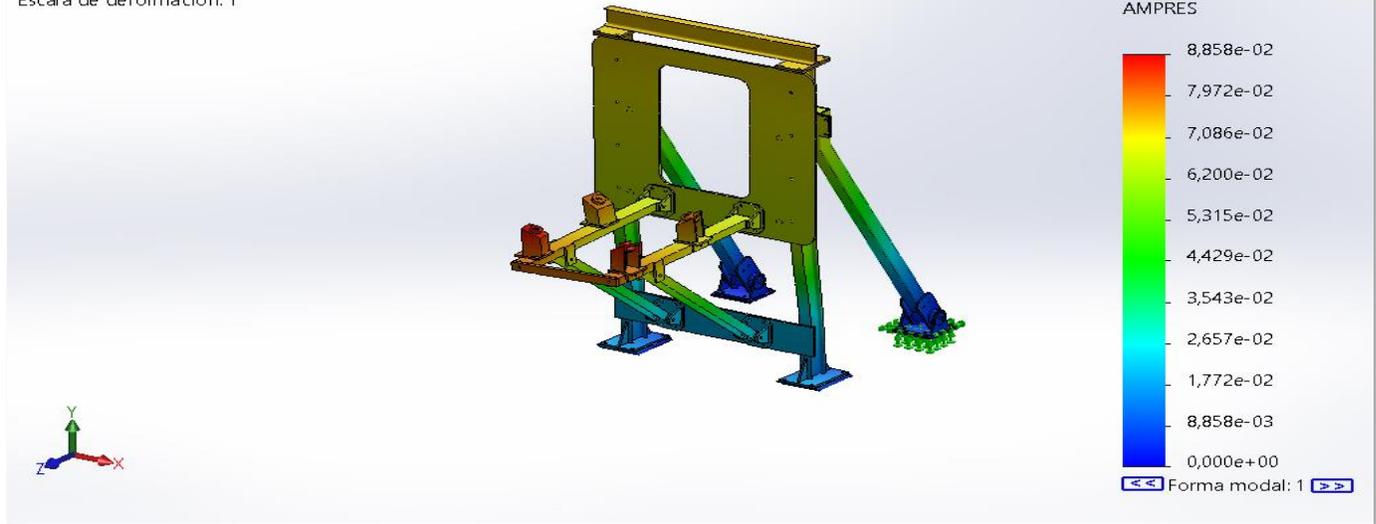


ESTUDIOS RESONANCIA - ESTRUCTURA CON AMORTIGUADORES

Tipo de malla	Malla sólida
Material	ASTM A36
	Límite elástico: 2,8e+08 N/m ²
	Neopreno
	Límite elástico: 15e+08 N/m ²
Mallado utilizado	Malla estándar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Número total de nodos	170725
Número total de elementos	63646
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Resultado	
1	$f_n = 21.18 \text{ Hz}$
2	$f_n = 31.43 \text{ Hz}$
3	$f_n = 32.53 \text{ Hz}$
4	$f_n = 70,03 \text{ Hz}$
5	$f_n = 74.657 \text{ Hz}$

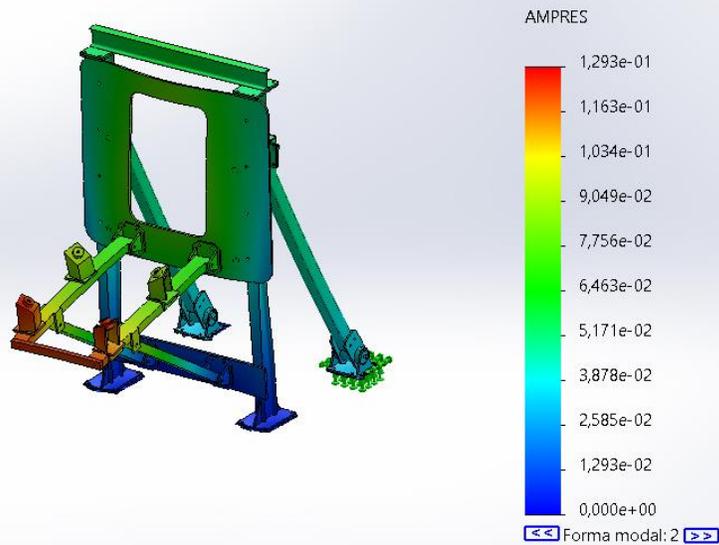
Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud 1
 Forma modal: 1 Valor = 21,181 Hz
 Escala de deformación: 1



FORMAS MODALES

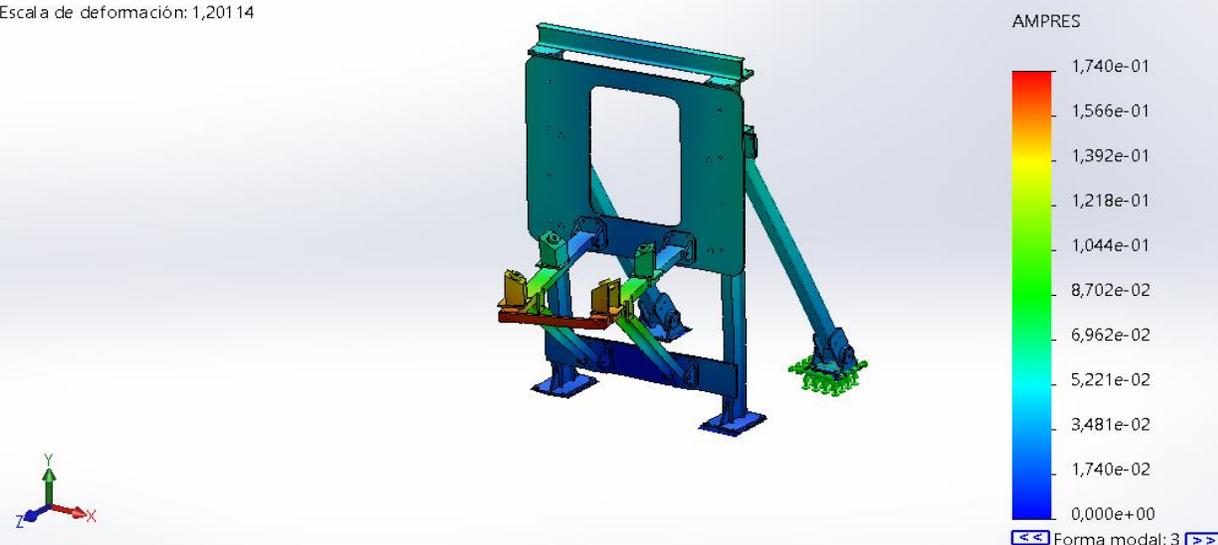
Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud2
Forma modal: 2 Valor = 31,434 Hz
Escala de deformación: 1,92848

2



Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud3
Forma modal: 3 Valor = 32,529 Hz
Escala de deformación: 1,20114

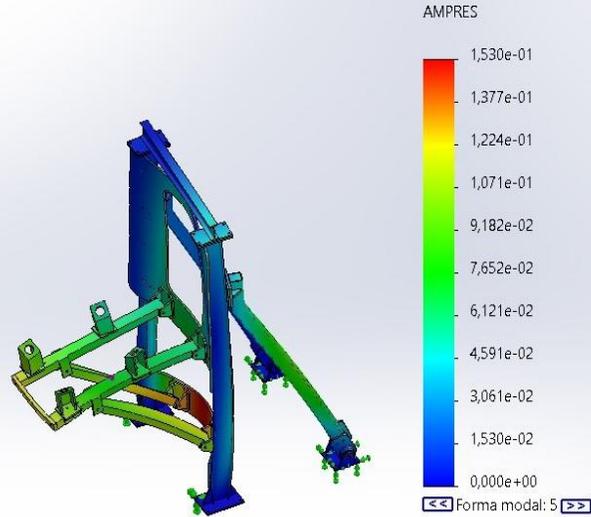
3



FORMAS MODALES

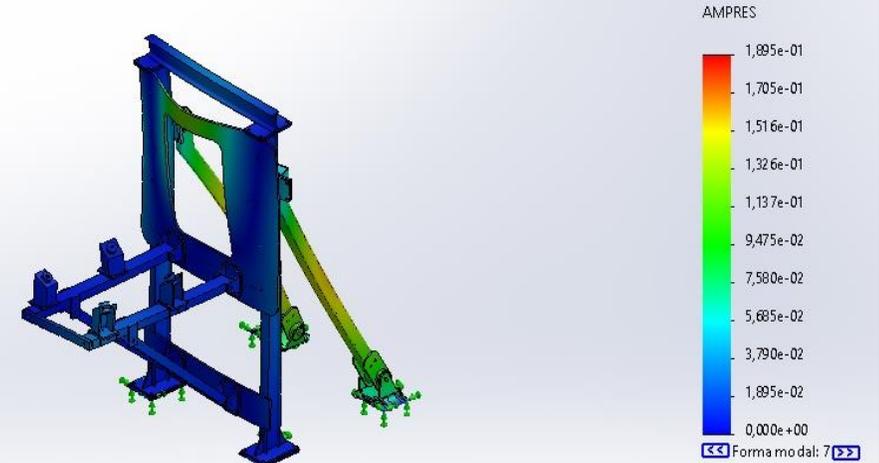
Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud4
Forma modal: 4 Valor = 70,025 Hz
Escala de deformación: 1,31686

4



Nombre del modelo: Ensamblaje_estatico
Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud5
Forma modal: 5 Valor = 74,657 Hz
Escala de deformación: 1,07886

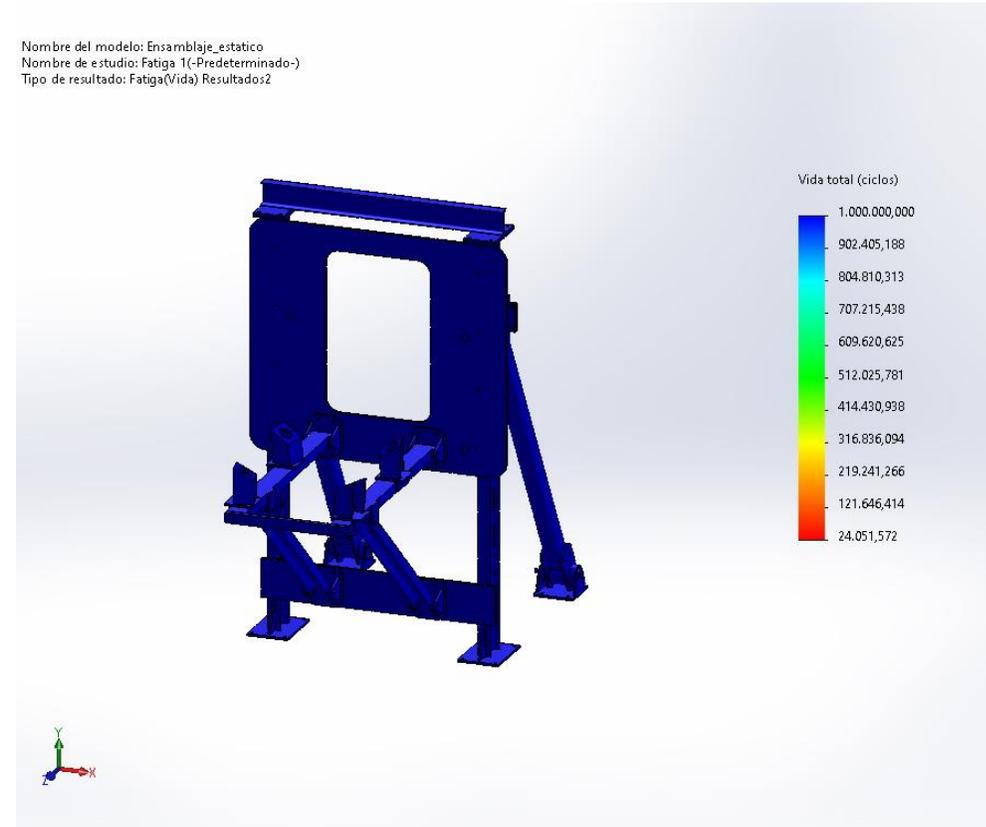
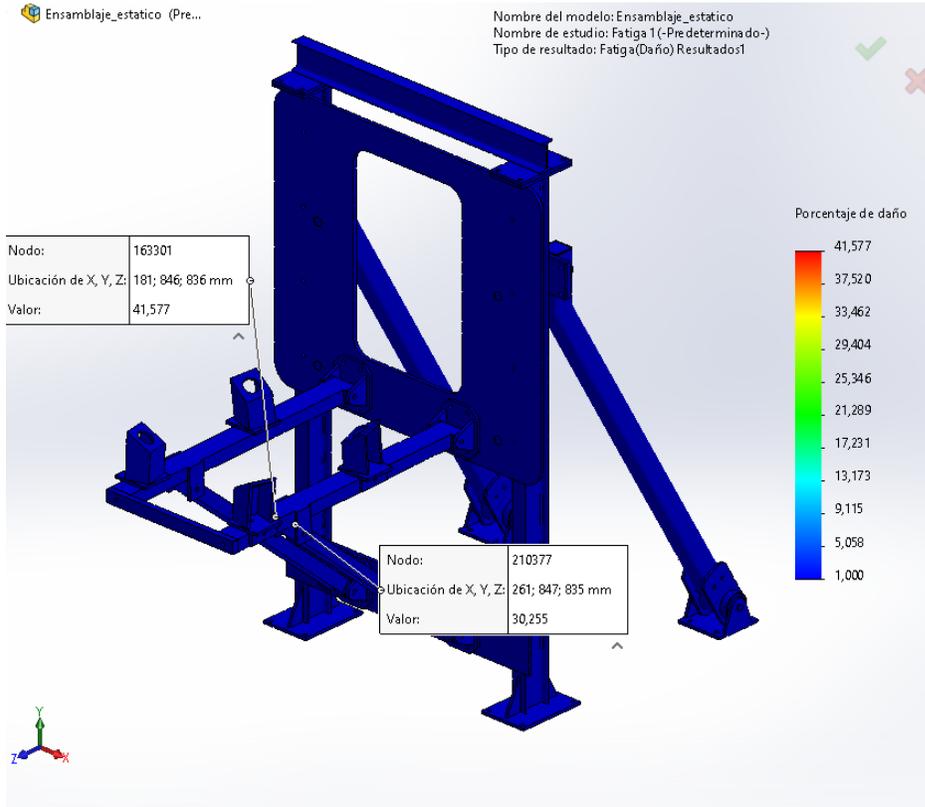
5



La frecuencia más cercana a la fuente resonante se encuentre un 20.5% por encima de la misma, en la forma modal 4, asegurando que la bancada no entre en resonancia.



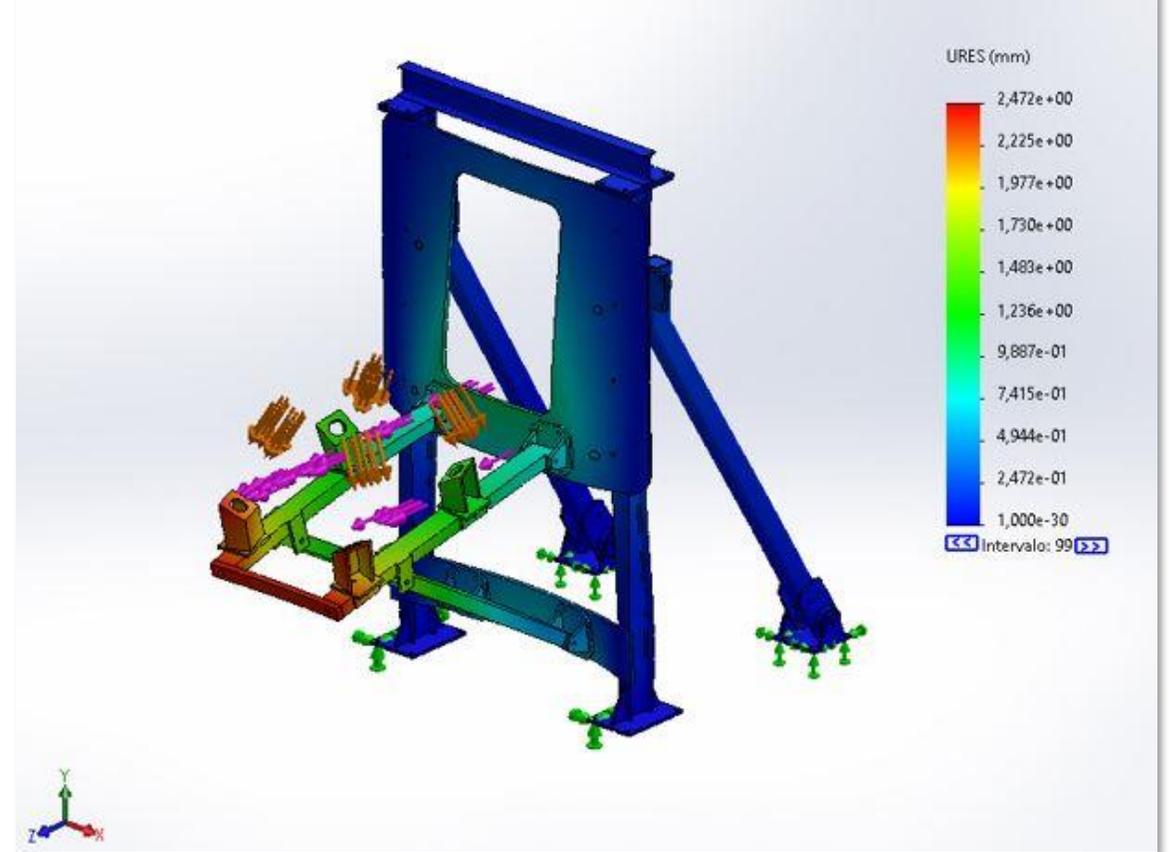
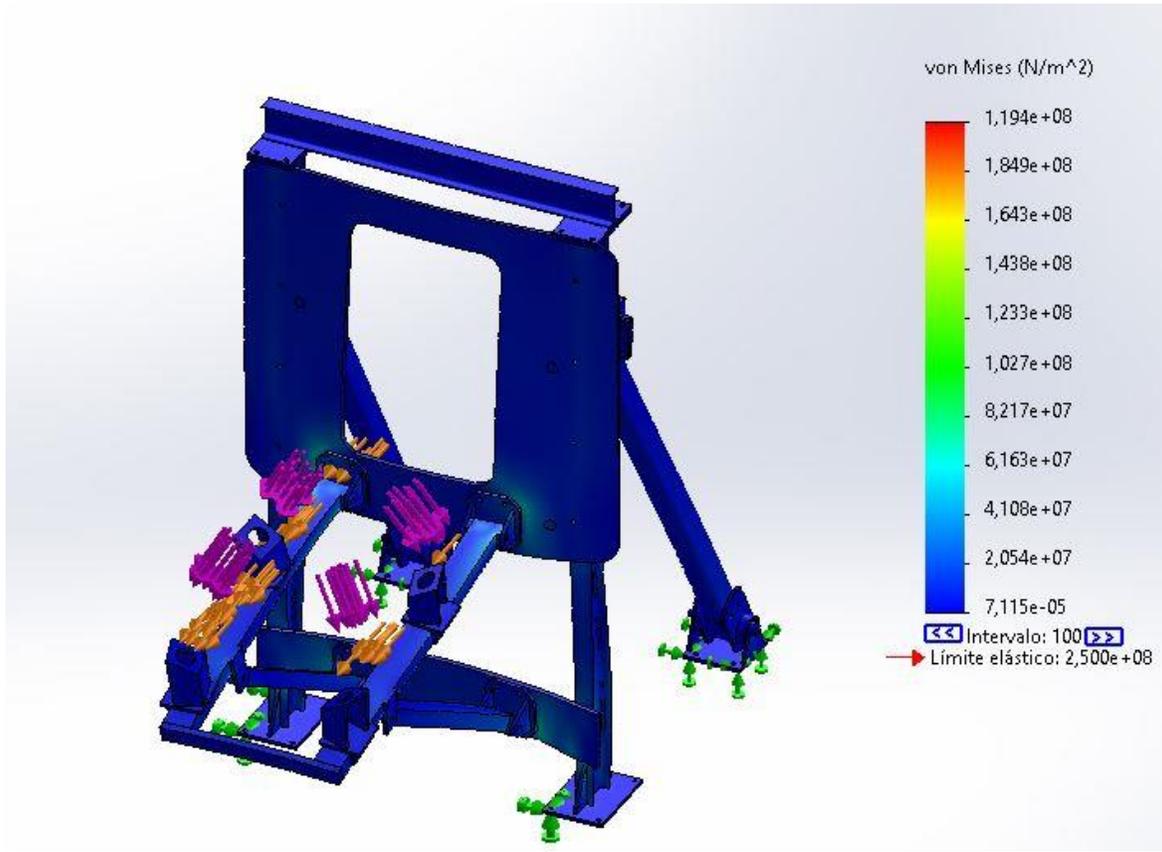
ESTUDIO FATIGA



La estructura presenta porcentajes de daño en ciclos mayores a $N = 10^6$, en las partes críticas la estructura presenta daños con valores iniciales de del 1% hasta el 41.60 % , se comprueba el diseño a vida infinita.



ESTUDIO DINÁMICO



Los resultados muestran una tensión máxima de 205.4 MPa y una deformación máxima resultante de 2.47 mm, la tensión máxima generada se encuentra por debajo del límite elástico.



SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO



SISTEMA EMS

TXi EIS de Garmin



MVP-50 de Electronics International



EDM-930 de J.P. Instruments



6" x 3.6"
10,347 USD

5,55" x 5,15"
7,500 USD

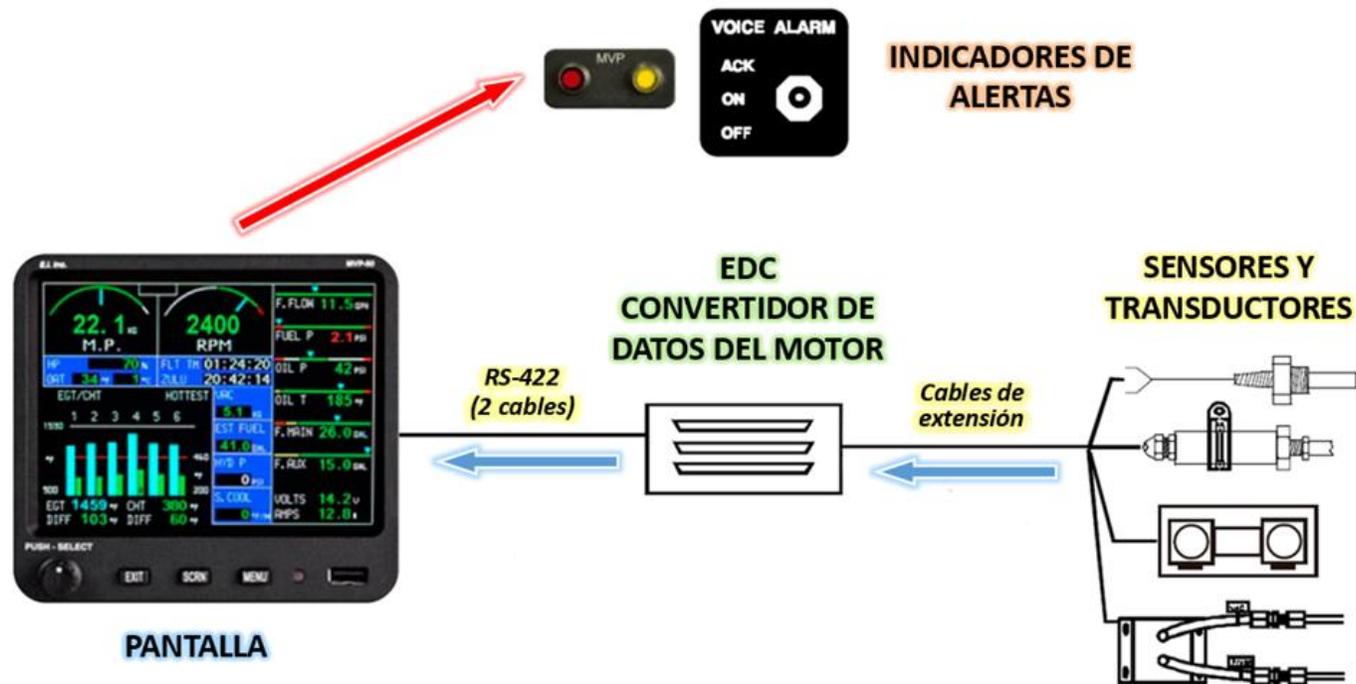
6.18" x 5,17"
8,012 USD

Factor	Peso	TXi EIS de Garmin		MVP-50 de Electronics International		EDM-930 de J.P. Instruments	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Viabilidad económica	0.4	6	2.4	8	3.2	7	2.8
Tamaño de pantalla	0.1	9	0.9	7	0.7	8	0.8
Interfaz de usuario	0.3	7	2.1	9	2.7	8	2.4
Reputación Marca	0.2	9	1.8	9	1.8	8	1.6
Total	1		7.2		8.4		7.6



MVP-50

Componentes	Tipo o Designación
Unidad de pantalla a color	MVP-50P
Convertidor de datos del motor	EDC-33P
Sondas	EGT
	CHT
	IAT
	CDT
	OAT
Transductores	Temperatura de aceite
	Presión de aceite
	Presión de combustible
	Flujo de combustible
	Presión del Manifold (Colector de admisión)
Cable P-Leads	RPM
Shunt (Derivación)	Amperaje y voltaje del sistema de arranque
Luces de precaución	AL-1R (Roja)
	AL-1Y (Amarilla)
Advertencia de voz	AV-17CP
Interfaz del anunciador	
Dispositivo de memoria USB	
Cables	Arnés precableado
	Cables de extensión



**CERTIFICACIONES
AERONÁUTICAS**

FAA STC'd como reemplazo principal
FAA TSO'd a DO-160G
FAA DO-178 Nivel C



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PANTALLA



Indicadores de presión del Manifold (Colector de admisión) y RPM

Indicadores de potencia y OAT

Temporizadores y relojes

Gráfico de barras EGT/CHT

Botones de navegación

Indicadores de:

- Consumo de combustible
- Presión de combustible
- Presión de aceite
- Temperatura de aceite
- Combustible principal
- Combustible auxiliar
- Voltios
- Amperaje



Puerto USB

Pantalla del sistema



Pantalla de datos de vuelo



Pantalla de configuración y control

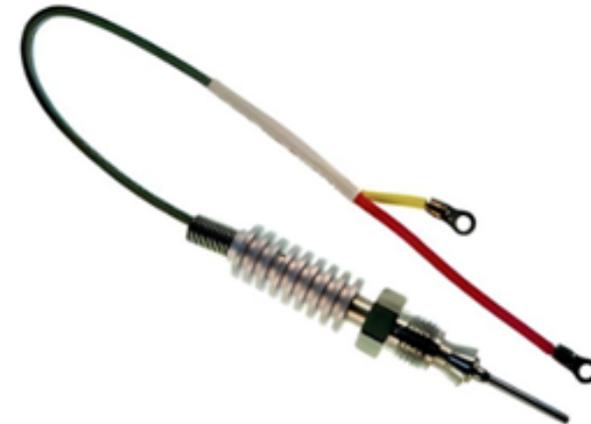
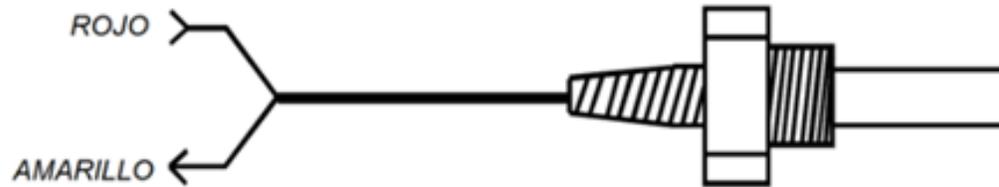


Pantalla de configuración del sistema



SONDAS

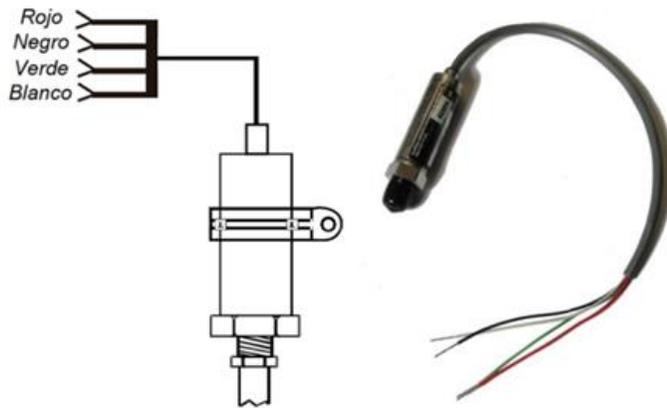
Abreviación	Designación	Ubicación	Tipo
EGT	Exhaust Gas Temperature Temperatura de los gases de escape	Sistema de escape del motor	K
CHT	Cylinder Head Temperature Temperatura de los cabezales de los cilindros	Culata del motor	K
IAT	Induction Air Temperature Temperatura del aire entrante al motor	Sistema de admisión de aire del motor	K
CDT	Compressor Discharge Temperature Temperatura de descarga del compresor	Línea de descarga del compresor	K
OAT	Outside Air Temperature Temperatura del aire exterior	N/A Motor - Estructura Bancada	K
Temperatura de aceite	Oil Temperature Temperatura del aceite del motor	Líneas de retorno del aceite	K



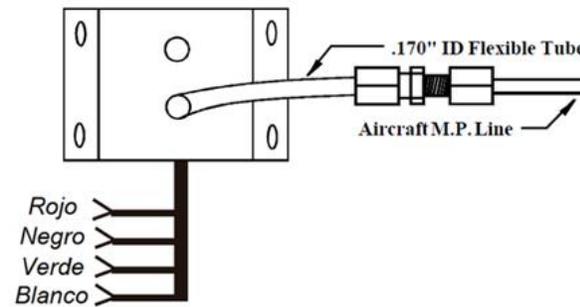
TRANSDUCTORES

Parámetro	Transductor
Presión de aceite	PT-100GA
Presión de combustible	PT-100GA
Flujo de combustible	FT-60
Presión de colector de admisión	PT-60ABS

PT-100GA



PT-60ABS

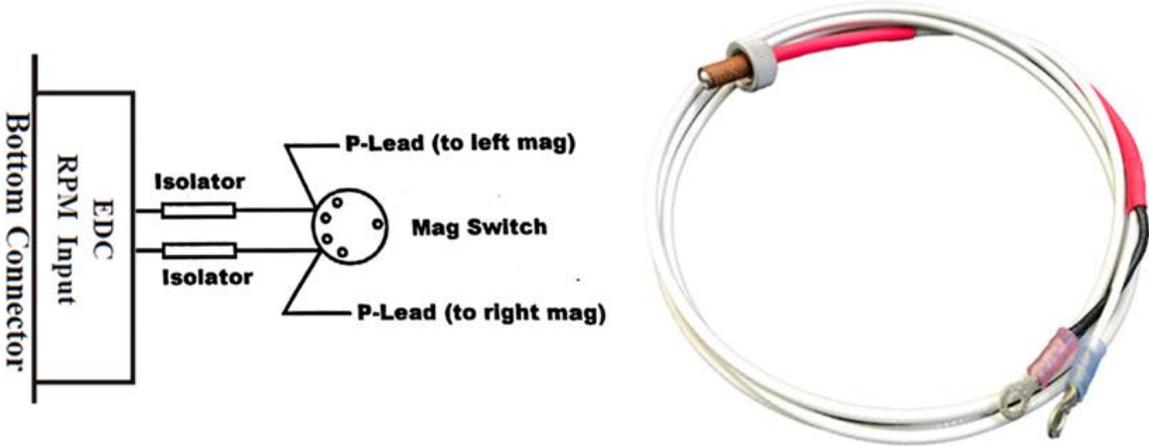


FT-60



RPM, AMPERAJE Y VOLTAJE

CABLES P-LEADS



DERIVACIÓN EXTERNA S-50 SHUNT



ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

INTERRUPTOR DE LLAVE



PALANCAS ACELERACIÓN, MEZCLA Y HÉLICE



VIBRADOR DE ARRANQUE



MASTER RELAY



STARTER RELAY



SISTEMA DE ALIMENTACIÓN



FUENTE DE PODER

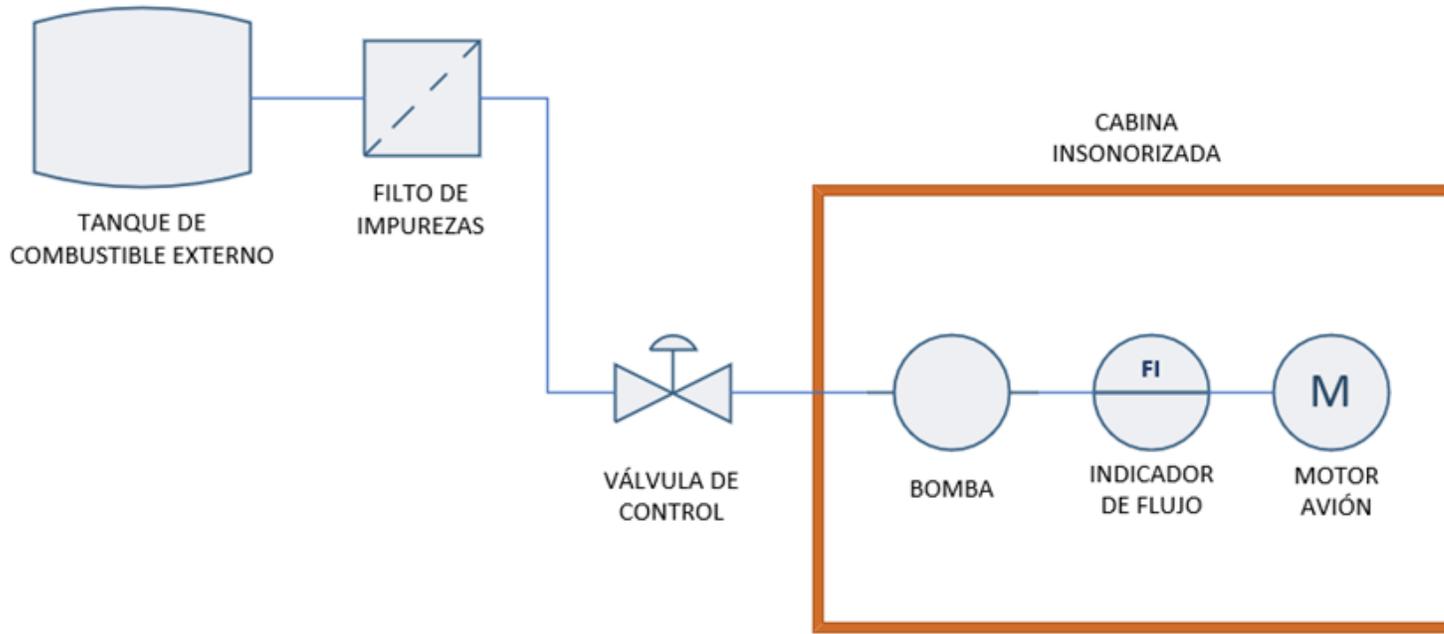
Componente	Voltaje (V)	Corriente (A)
Pantalla MVP-50	12	0.2
EDC	12	0.1
Vibrador de arranque	12	0.2
Bomba de combustible	12	0.5

GPU

Componente	Voltaje (V)	Corriente (A)
Arranque motor	12	32



SISTEMA DE COMBUSTIBLE



Bomba de combustible de avión CJ Aviation Pump Fuel Boost

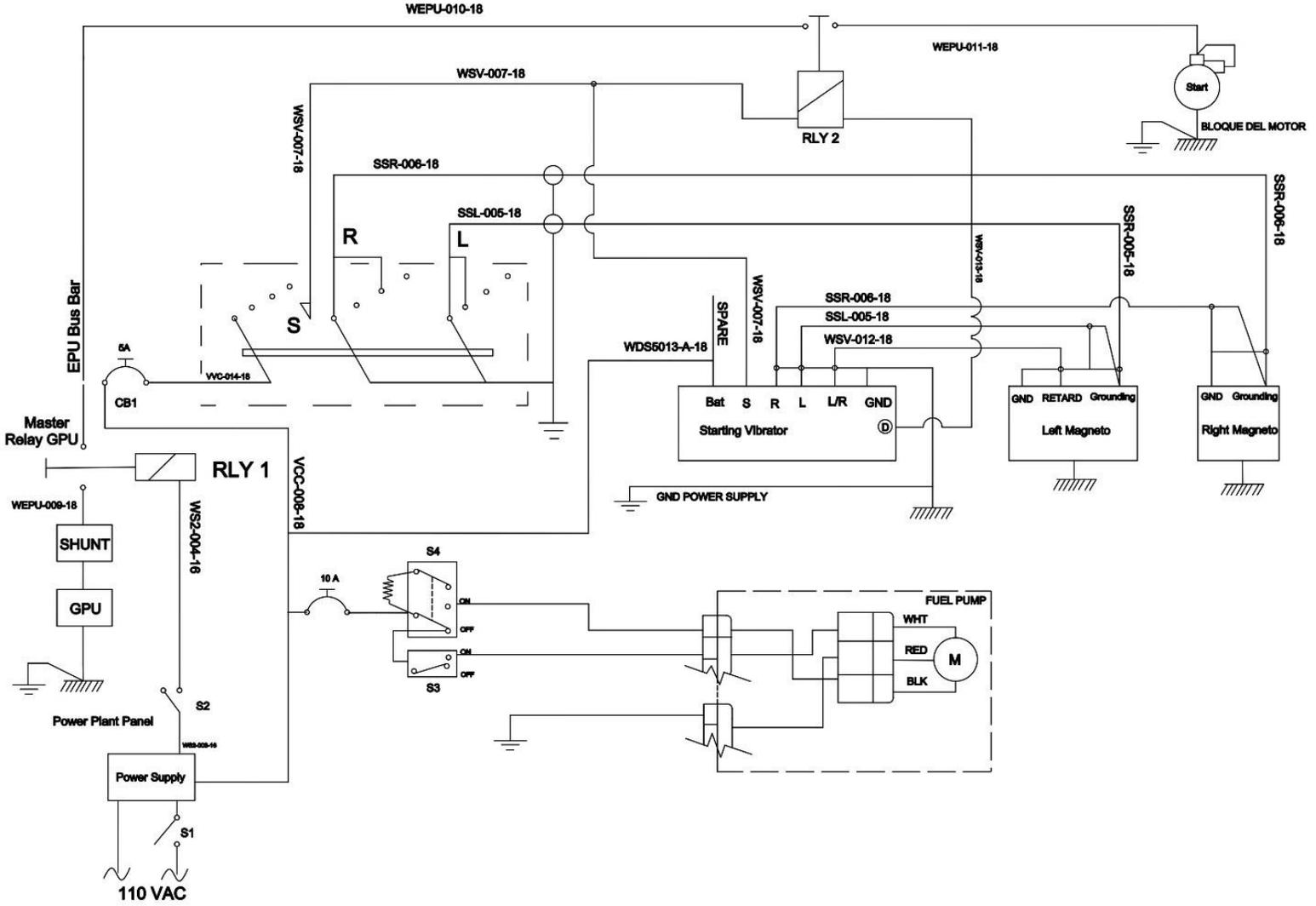
35 GPH

Modo Normal: 23 psi

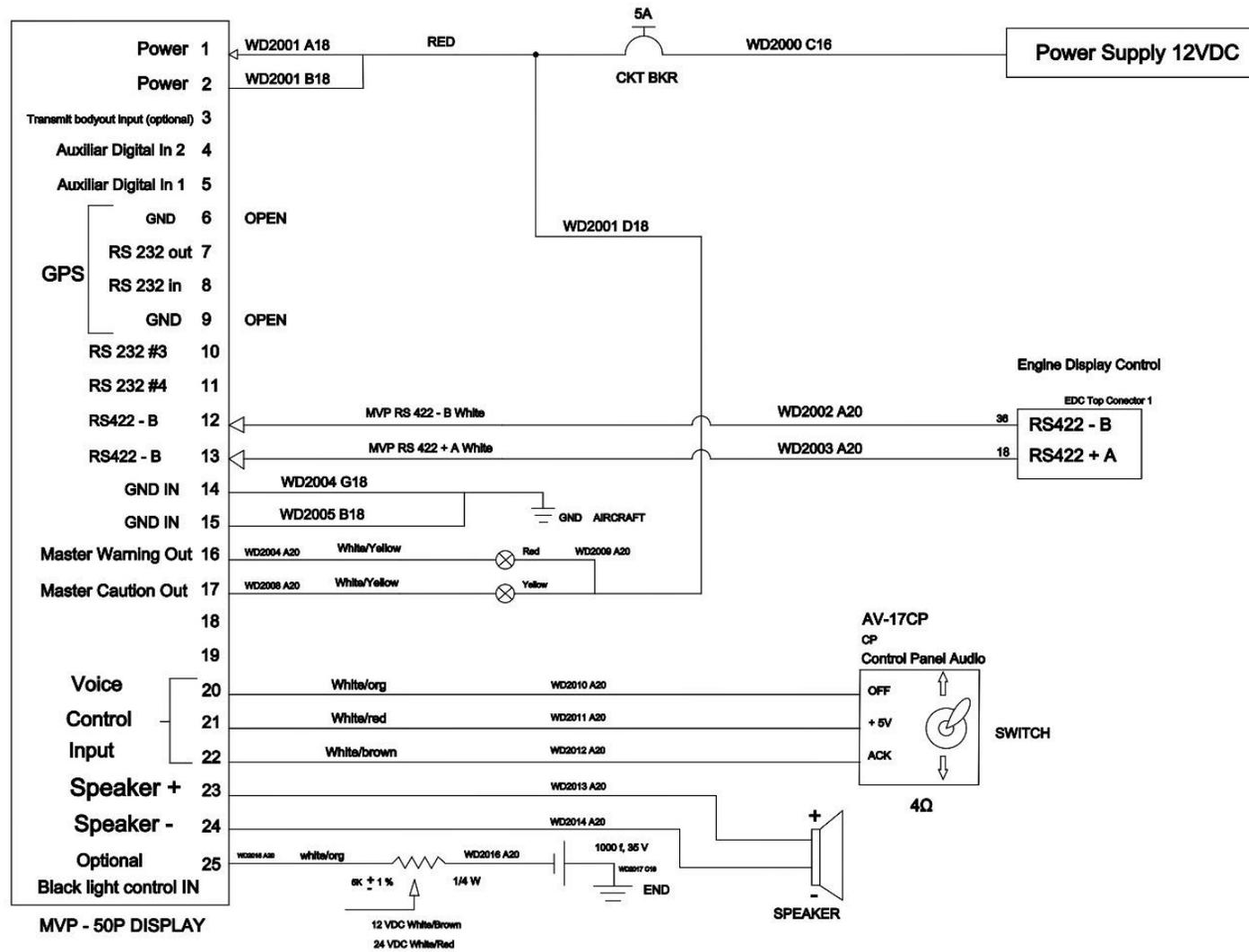
Modo Master: 30 psi



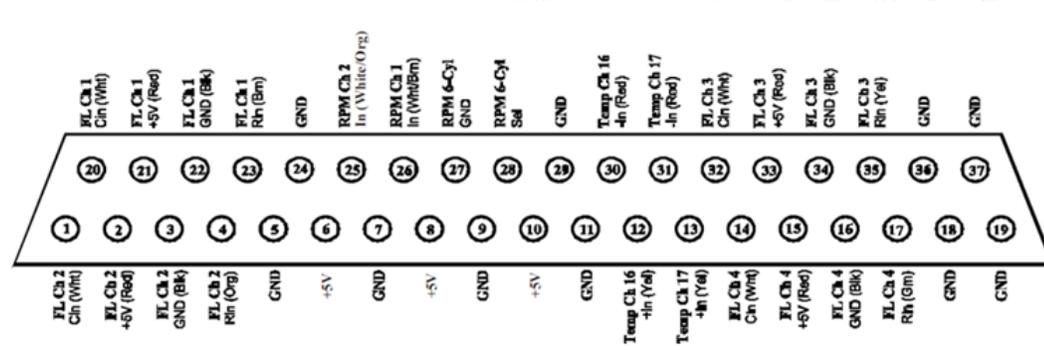
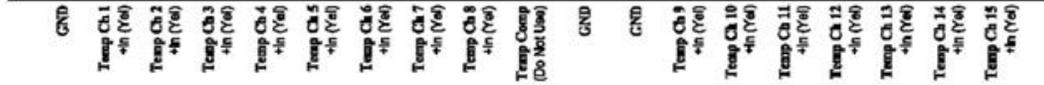
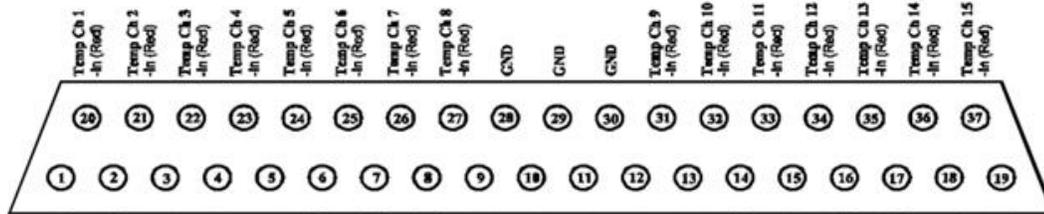
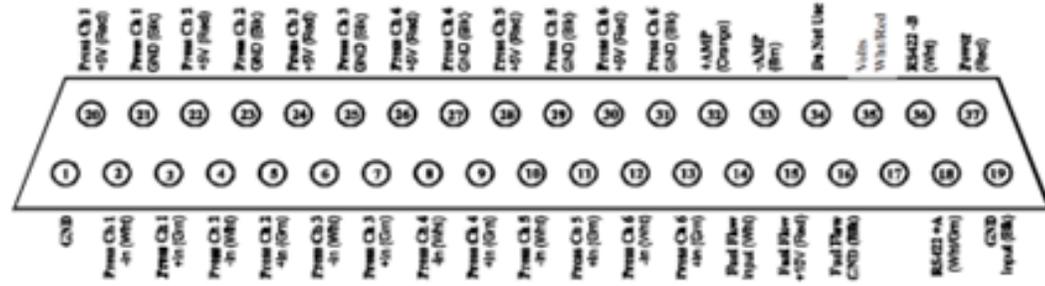
ESQUEMA ELÉCTRICO SISTEMA DE ARRANQUE



ESQUEMA ELÉCTRICO CONECTOR PANTALLA

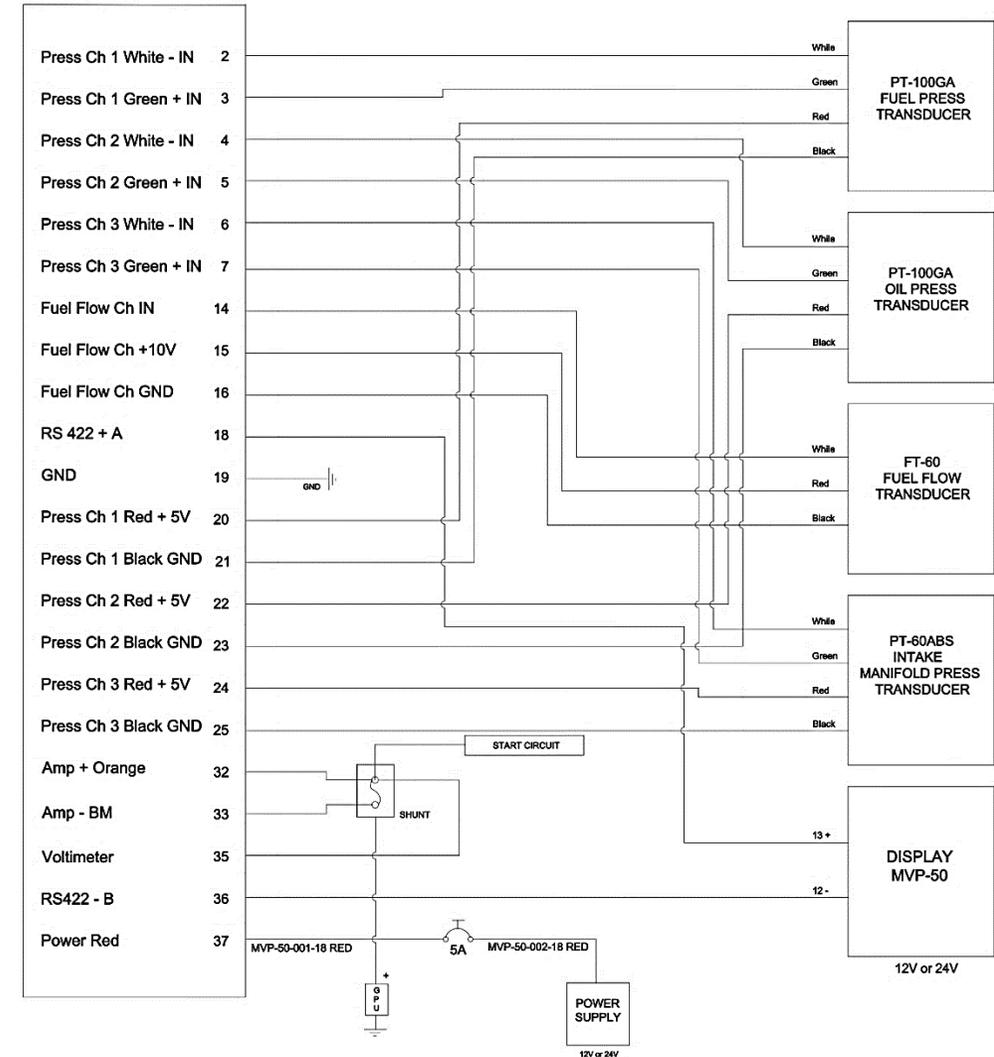


EDC - CONVERTIDOR DE DATOS DEL MOTOR



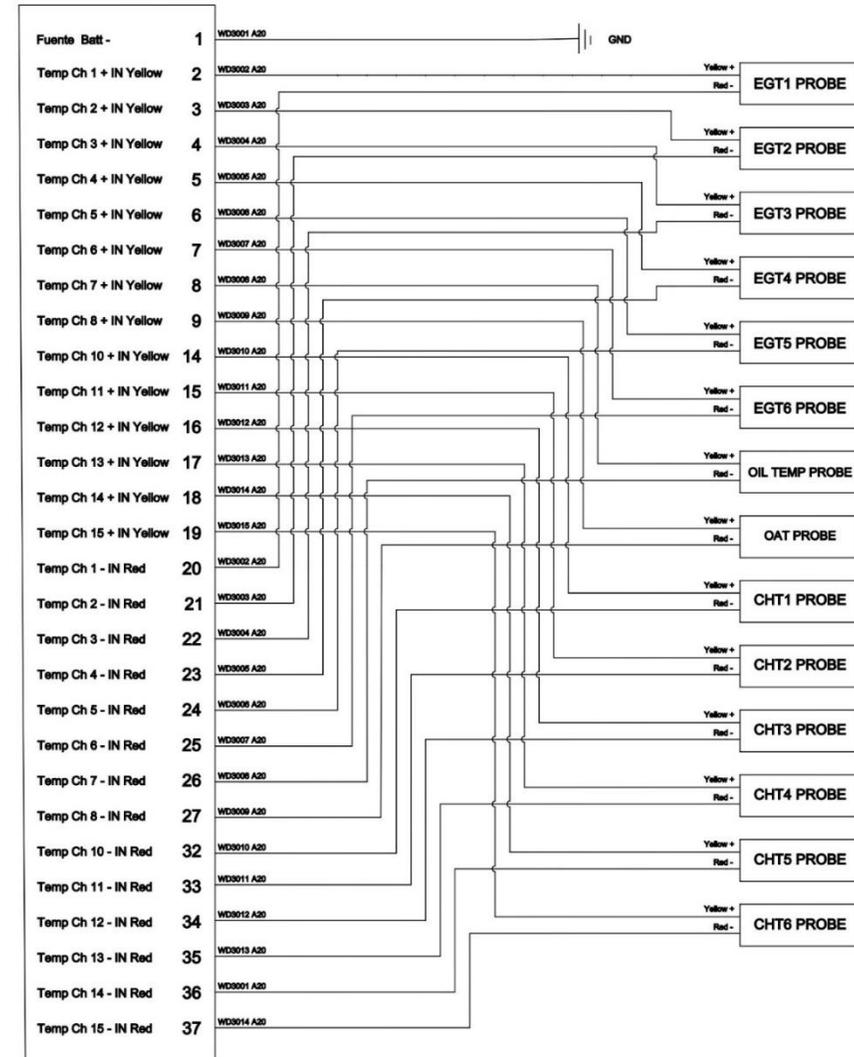
CONECTOR SUPERIOR EDC

EDC entrada	Designación	PIN	Color conductor	Sonda, transductor o módulo
Alimentación y GND	+V	37	Rojo	Fuente alimentación DC 12V
	GND	19	Negro	
Salida RS422	RS422 +A	18	Verde	MVP-50P
	RS422 -B	36	Blanco	Pantalla
Voltaje		35	Blanco/Rojo	Shunt
				Línea positiva (+)
Amperaje	+Señal Amp	32	Naranja	Shunt-50
	- Señal Amp	33	Cafe	
Flujo de combustible	Señal	14	Blanco	FT-60
	+10V	15	Rojo	
	GND	16	Negro	
Canal de presión 1	+5	20	Rojo	PT-100GA Combustible
	GND	21	Negro	
	+ Señal	3	Verde	
Canal de presión 2	- Señal	2	Blanco	PT-100GA Aceite
	+5	22	Rojo	
	GND	23	Negro	
Canal de presión 3	+ Señal	5	Verde	PT-60ABS Colector
	- Señal	4	Blanco	
	+5	24	Rojo	
Canal de presión 4	GND	25	Negro	N/A
	+ Señal	7	Verde	
	- Señal	6	Blanco	
Canal de presión 5	+5	26	Rojo	N/A
	GND	27	Negro	
	+ Señal	9	Verde	
Canal de presión 6	- Señal	8	Blanco	N/A
	+5	28	Rojo	
	GND	29	Negro	
Canal de presión 7	+ Señal	11	Verde	N/A
	- Señal	10	Blanco	
	+5	30	Rojo	
Canal de presión 8	GND	31	Negro	N/A
	+ Señal	13	Verde	
	- Señal	12	Blanco	



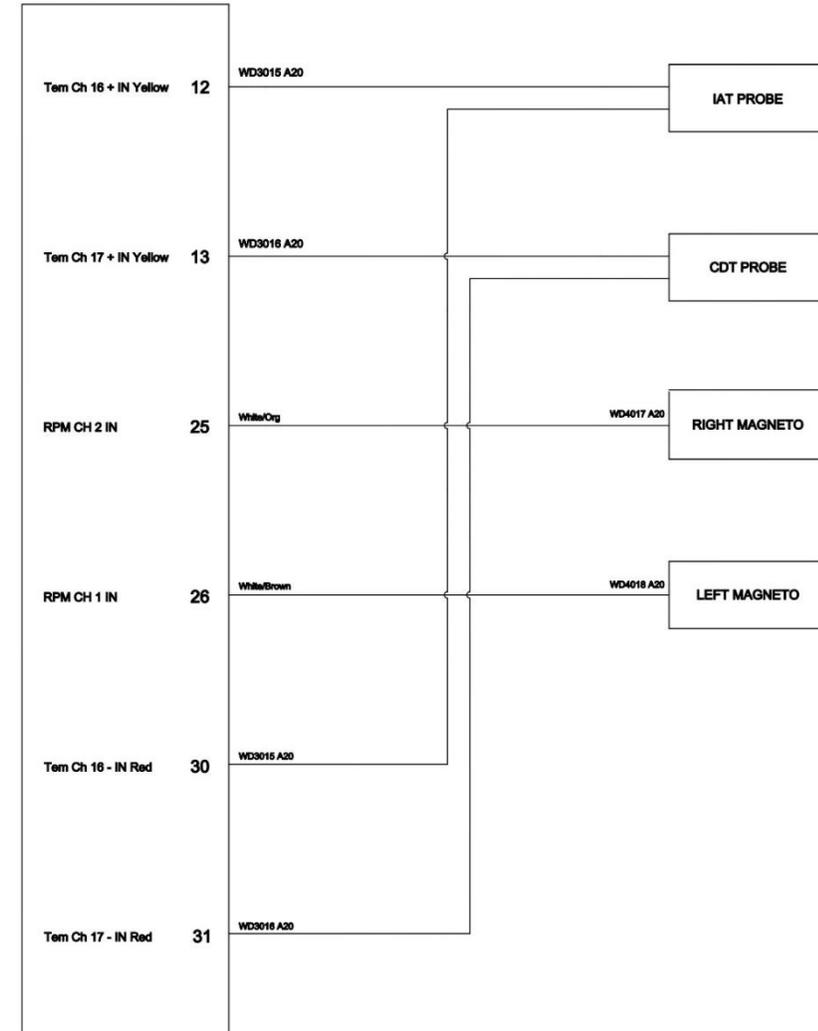
CONECTOR MEDIO EDC

EDC entrada	Designación	PIN	Color conductor	Sonda, transductor o módulo
Canal de temperatura 1	+ Señal	2	Amarillo	EGT 1
	- Señal	20	Rojo	
Canal de temperatura 2	+ Señal	3	Amarillo	EGT 2
	- Señal	21	Rojo	
Canal de temperatura 3	+ Señal	4	Amarillo	EGT 3
	- Señal	22	Rojo	
Canal de temperatura 4	+ Señal	5	Amarillo	EGT 4
	- Señal	23	Rojo	
Canal de temperatura 5	+ Señal	6	Amarillo	EGT 5
	- Señal	24	Rojo	
Canal de temperatura 6	+ Señal	7	Amarillo	EGT 6
	- Señal	25	Rojo	
Canal de temperatura 7	+ Señal	8	Amarillo	Temperatura Aceite
	- Señal	26	Rojo	
Canal de temperatura 8	+ Señal	9	Amarillo	OAT
	- Señal	27	Rojo	
Canal de temperatura 9	+ Señal	13	Amarillo	N/A
	- Señal	31	Rojo	
Canal de temperatura 10	+ Señal	14	Amarillo	CHT 1
	- Señal	32	Rojo	
Canal de temperatura 11	+ Señal	15	Amarillo	CHT 2
	- Señal	33	Rojo	
Canal de temperatura 12	+ Señal	16	Amarillo	CHT 3
	- Señal	34	Rojo	
Canal de temperatura 13	+ Señal	17	Amarillo	CHT 4
	- Señal	35	Rojo	
Canal de temperatura 14	+ Señal	18	Amarillo	CHT 5
	- Señal	36	Rojo	
Canal de temperatura 15	+ Señal	19	Amarillo	CHT 6
	- Señal	37	Rojo	

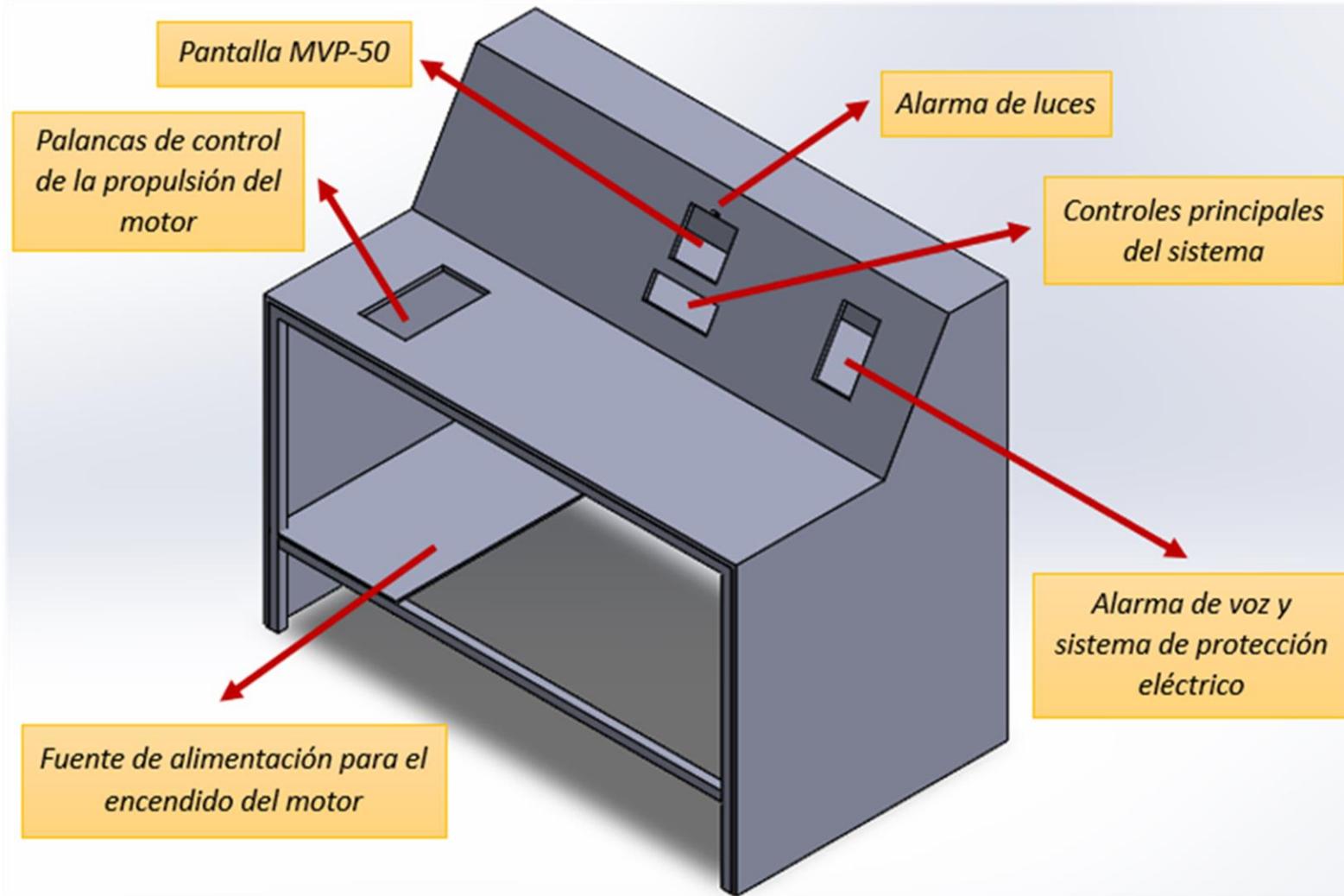


CONECTOR INFERIOR EDC

EDC entrada	Designación	PIN	Color conductor	Sonda, transductor o módulo
Canal de nivel de combustible 1	Señal resistiva	23	Café	N/A
	Señal capacitiva	20	Blanco	
	+5V	21	Rojo	
	GND	22	Negro	
Canal de nivel de combustible 2	Señal resistiva	4	Naranja	N/A
	Señal capacitiva	1	Blanco	
	+5V	2	Rojo	
	GND	3	Negro	
Canal de nivel de combustible 3	Señal resistiva	35	Amarillo	N/A
	Señal capacitiva	32	Blanco	
	+5V	33	Rojo	
	GND	34	Negro	
Canal de nivel de combustible 4	Señal resistiva	17	Verde	N/A
	Señal capacitiva	14	Blanco	
	+5V	15	Rojo	
	GND	16	Negro	
Canal de RPM 1	Magneto izquierdo	26	Blanco/Café	Cable P-Lead con Aislador
Canal de RPM 2	Magneto derecho	25	Blanco/Naranja	Cable P-Lead con Aislador
Selección de RPM de 6 cilindros	Línea	28	Blanco	N/A
	Cerrada 6C	27		
Canal de temperatura 16	+ Señal	12	Amarillo	IAT
	- Señal	30	Rojo	
Canal de temperatura 17	+ Señal	13	Amarillo	CDT
	- Señal	31	Rojo	



PANEL DE INSTRUMENTACIÓN



ANUNCIADORES DE ALERTAS



CIRCUIT BREAKERS



SWITCHES DE PALANCA



CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EQUIPOS/HERRAMIENTAS



Nro.	Equipo de protección
1	Mandil/Overol
2	Botas punta de acero
3	Guantes
4	Gafas
5	Casco de soldadura
6	Tapones auditivos

Designación	Máquina/Equipo	Características generales
M1	Taladro de columna	Potencia: 750 W Recorrido del husillo: 110 mm Tensión / Frecuencia: 230-400V/50 Hz
M2	Amoladora	Voltaje: 110V – 220 V Potencia: 540 W Velocidad: 6500 RPM
M3	Esmeril de banco	Rueda abrasiva (diámetro): 15 cm Potencia: 370 W Velocidad: 3.450 rpm Tensión / Frecuencia: 127 V / 60 Hz
M4	Dobladora hidráulica	Potencia del Motor: 1,85 KW Tensión: 230/400 V
M4	Torno paralelo	Distancia entre centros: 1500 mm Volteo: 750 mm Potencia: 5.5 kW
M5	Fresadora universal	Revoluciones husillo vertical: 90 – 2000 rpm Revoluciones husillo horizontal: 40 – 1300 rpm Potencia: 7.5 kW
M6	Soldadura MMA	Voltaje: 220V Corriente máxima: 350 A
M7	Pistola de pintura pulverizadora	Capacidad del vaso: 600 ml Presión óptima de trabajo: 29 PSI - 50 PSI Consumo de aire: 226,6 L/min (8 CFM)

Designación	Herramientas
H1	Flexómetro
H2	Escuadras
H3	Tiza Industrial
H4	Martillo
H5	Compas
H6	Nivel
H7	Calibrador pie de rey
H8	Llave de boca
H9	Cinzel
H10	Limas
H11	Cepillo de metal



SIMBOLOGÍA DE DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Significado	Símbolo
Operación	
Inspección	
Traslado o transporte	
Almacenamiento	
Espera	

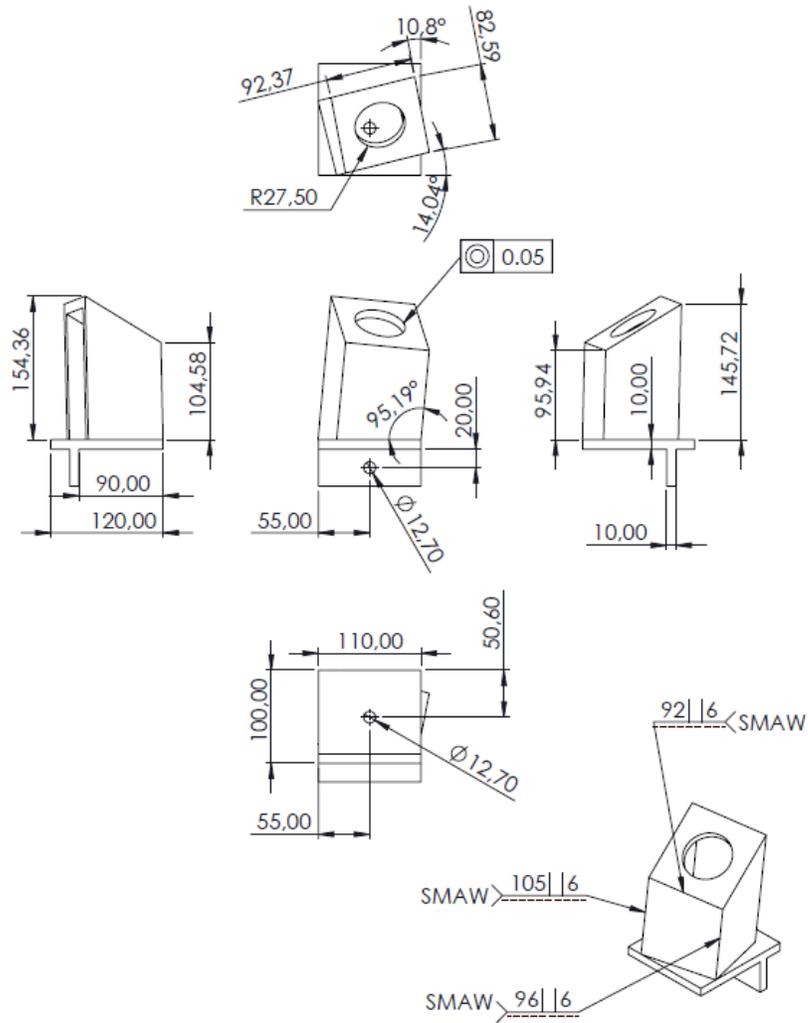


OPERACIONES

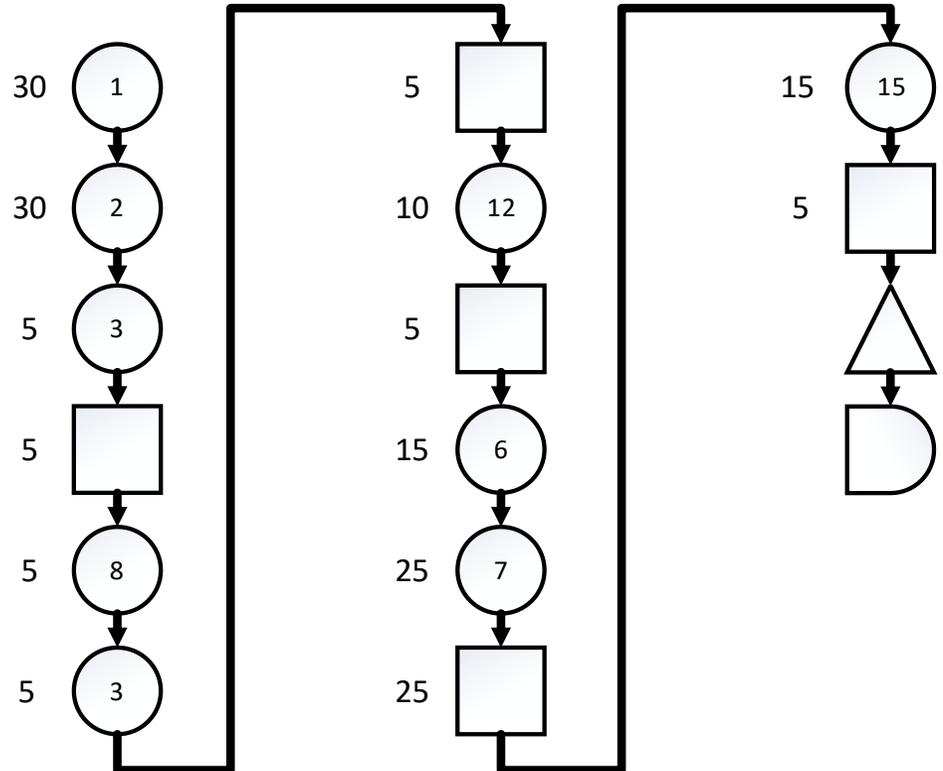
Nro.	Operación
1	Medición y trazado
2	Corte del material
3	Limpieza de rebabas
4	Doblado
5	Esmerilado
6	Nivelado
7	Soldadura
8	Taladrado
9	Torneado: Cilindrado
10	Torneado: Roscado
11	Torneado: Mandrinado
12	Fresado: Cajeadado
13	Fresado: Ranurado
14	Fresado: Perfilado
15	Pintura
16	Montaje



ORDEN DE FABRICACIÓN COMPONENTE 1 DE 12



Plancha de acero laminado en frío de 1mx1m de 10mm de espesor



ORDEN DE ENSAMBLE

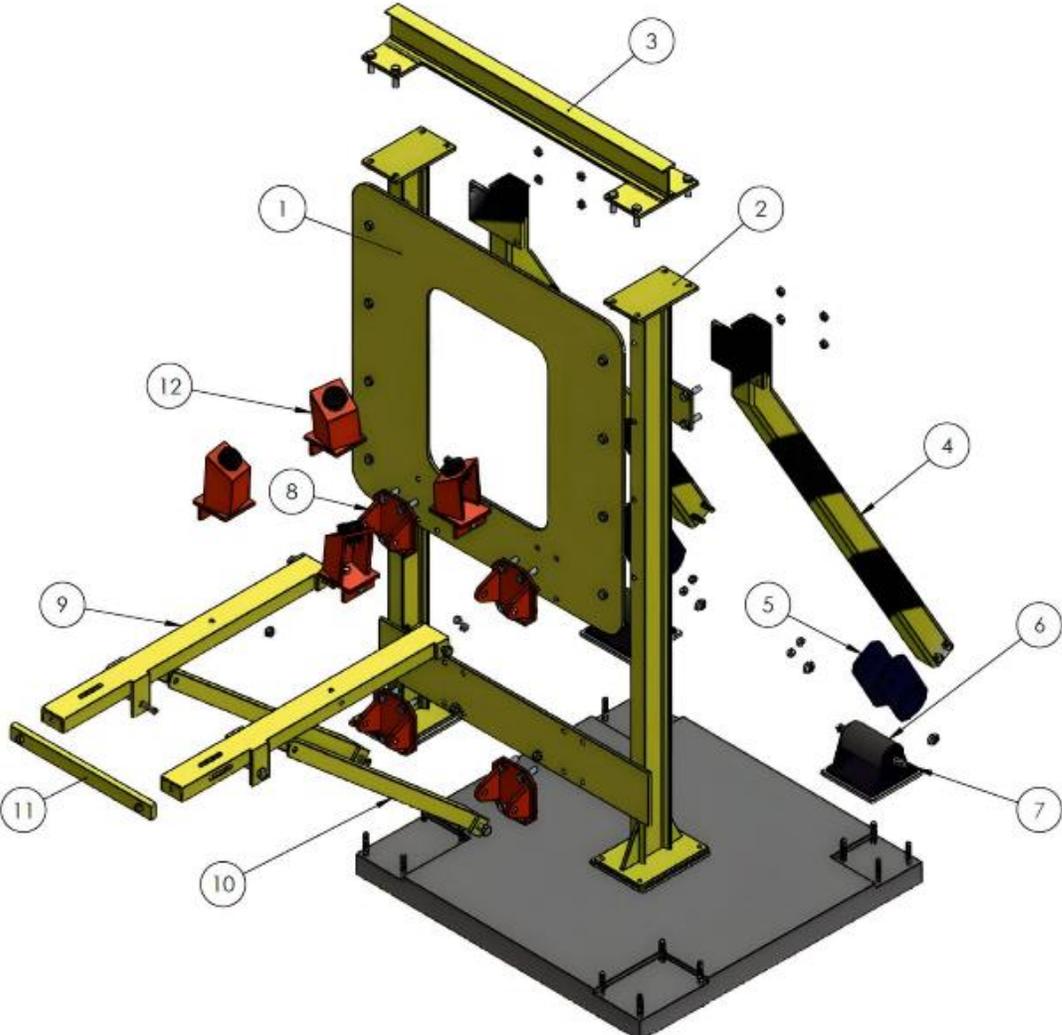
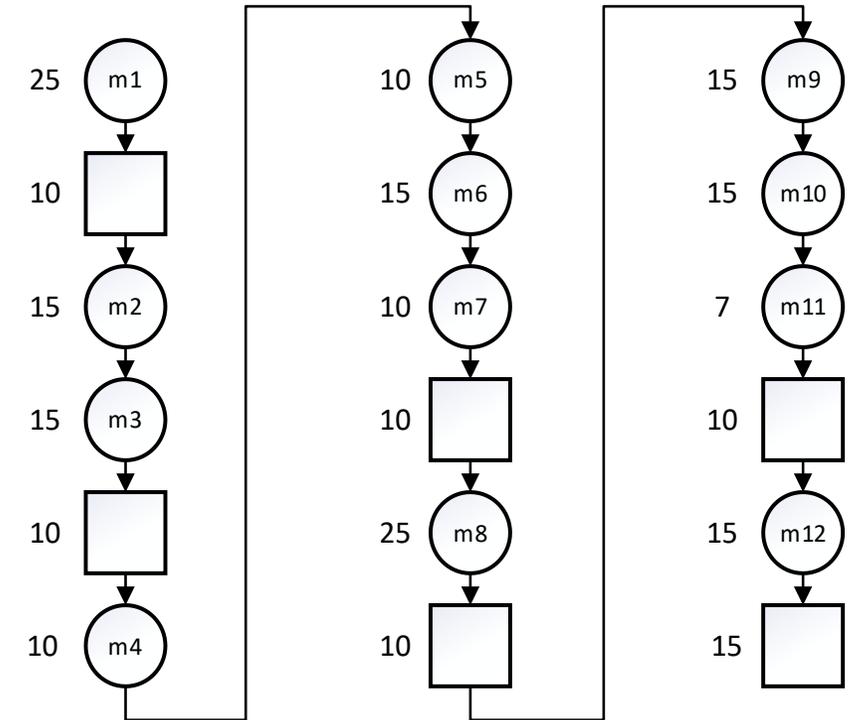


DIAGRAMA DE FLUJO DEL ENSAMBLE

Operaciones de montaje	Código
Montaje del componente 2 sobre los pernos de la base de concreto	m1
Montaje del componente 1 sobre el componente 2 mediante pernos	m2
Montaje del componente 3 sobre el componente 2 mediante pernos	m3
Montaje del componente 7 sobre los pernos de la base de concreto	m4
Montaje del componente 6 sobre el componente 7 mediante pernos	m5
Montaje del componente 5 sobre el componente 7 mediante pernos	m6
Montaje del componente 4 sobre el componente 7 mediante pernos	m7
Montaje del componente 8 sobre el componente 1 y 2 mediante pernos	m8
Montaje del componente 9 sobre el componente 8 mediante pernos	m9
Montaje del componente 10 sobre el componente 8 mediante pernos	m10
Montaje del componente 11 sobre el componente 9 mediante pernos	m11
Montaje del componente 12 sobre el componente 9 mediante pernos	m12

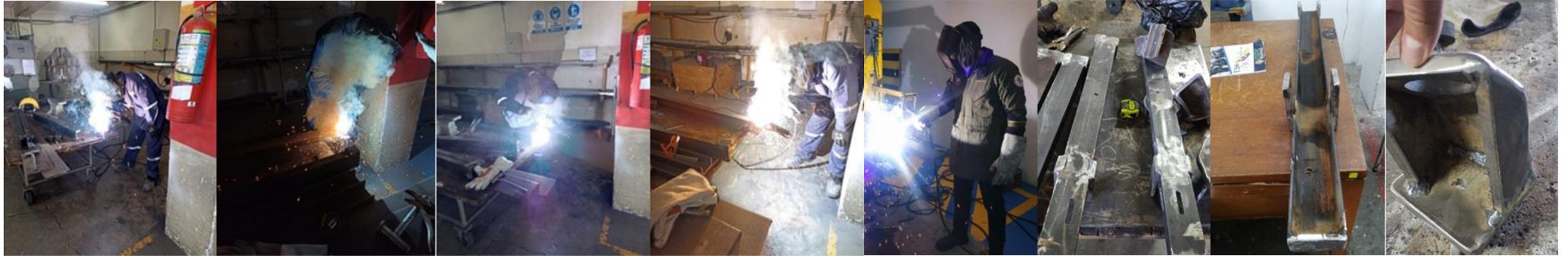


PROCESO DE MANUFACTURA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PROCESO DE SOLDADURA E INSPECCIÓN



PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS (NDT)

Norma ASTM E1444

Estándar para la examinación por
partículas magnéticas



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CERTIFICADO DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA DE LAS PIEZAS

DIRECCIÓN DE INDUSTRIA AERONÁUTICA FAE (DIAF)										
PHYSICAL ADDRESS: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI HANGAR No. 1 LATACUNGA-ECUADOR						FAA REPAIR / STATION NUMBER: Q06Y444Y DGAC No. N-01-DIAF INAC OMAC-E No. 512 OTHERS: _____				
MAGNETIC PARTICLE INSPECTION REPORT										
1. CUSTOMER / INCOMING DATE: DIAF / 21-MAR-2023			2. NOMENCLATURE: BANCO DE PRUEBAS MOTOR		3. A/C REGISTRATION: ACCESORIOS			4. MANUFACTURER: N/A		
5. ITEM DESCRIPTION	6. MAINTENANCE DATA	7. PART NUMBER	8. SERIAL NUMBER	9. METHOD	10. EQUIPMENT	11. MAGNETIC FIELD	12. CURRENT	13. DEFECTS	14. EQUIPMENT HOURS	15. MAN HOURS
-ACCESORIOS SF_01	MANUAL DE ENSAYOS NO	N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-SF_02	DESTRUCTIVOS. CODIGO PMT 1,	N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-SF_03	REV. 2	N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-SF_04		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-SH_01		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-SH_02		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-VI_01		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-VI_02		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-BS_01		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-BS_02		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-VFS		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-C_0102-PS		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-S_01		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-S_02		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-S_03		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
-S_04		N/A	N/A	CONTINUO	BOBINA / YOKE	LONGITUDINAL	AC	NO	----	----
								TOTAL	02H00	04H00
16. REMARKS: SIN DETECTARSE DISCREPANCIAS EQUIPO UTILIZADO: DIGITAL RADIOMETER P/N XRP-3000 S/N 1859404/1859407 MAGNETIC FIELD INDICATOR P/N 105645, S/N 19-2159										
						DUE DATE: APR/24/2023 DUE DATE: SEP/13/2023		W.O. M1901-05-8001 PÁG. 1 DE 1		
17. ACCOMPLISHED BY: KLEVER TACO 2711				18. DATE: 20-ABR-2023						

DIAF FORM QC 019

REV. 6



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

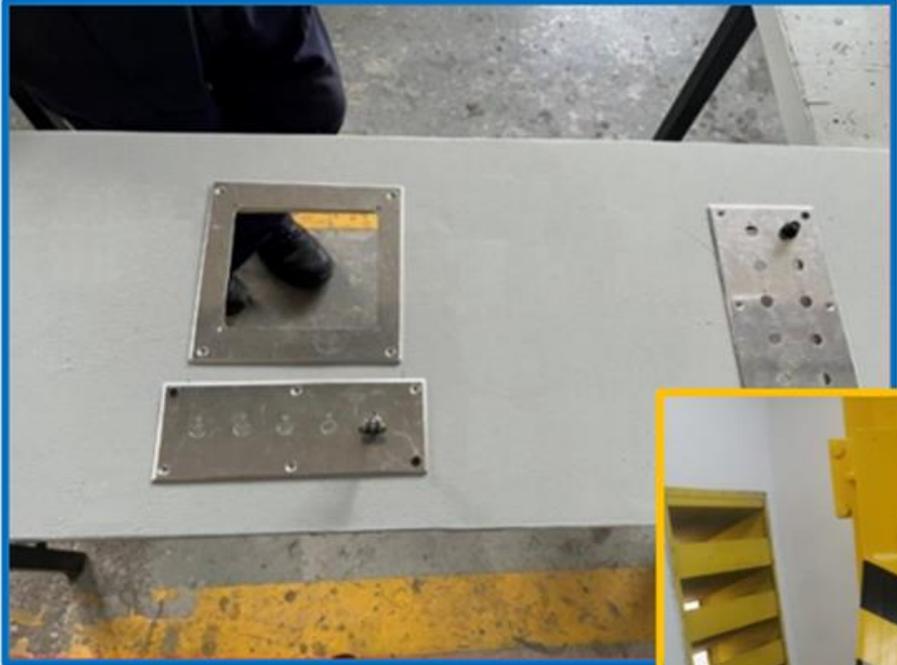
PROCESO DE PINTURA Y SISTEMA DE AMORTIGUADORES



PROCESO DE ENSAMBLE



PANEL Y CAJA DE INSTRUMENTACIÓN



PROCESO DE CABLEADO Y ETIQUETACIÓN

Alfabeto radiofónico aeronáutico



PROCESO DE ENRUTAMIENTO Y MONTAJE



CONEXIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PROPULSIÓN DEL MOTOR



INSTALACIÓN COMPLETA DEL BANCO DE PRUEBAS



CONFIGURACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO

PANTALLA 1

Asignación de funciones a las entradas del EDC

PANTALLA 2

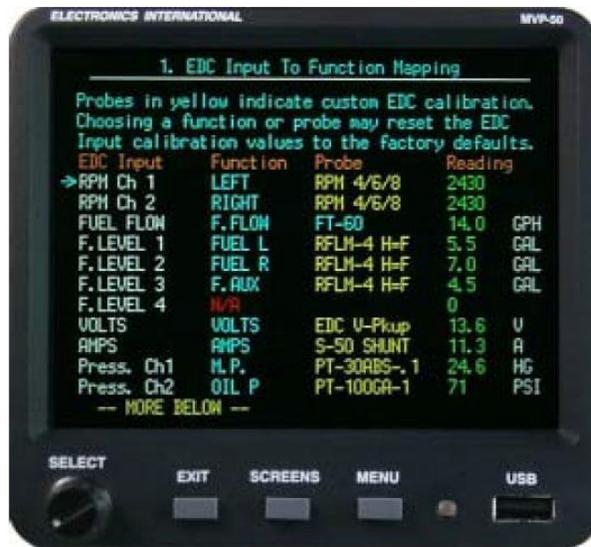
Personalización de interfaz

PANTALLA 3

Configuración de límites, restricciones y colores

PANTALLA 4

Calibración de entradas del EDC



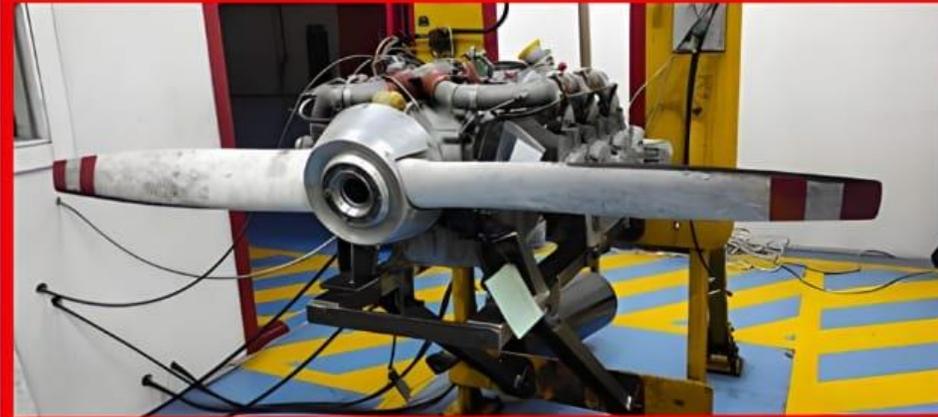
CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Sistema Mecánico



Sistema de Control y Monitoreo

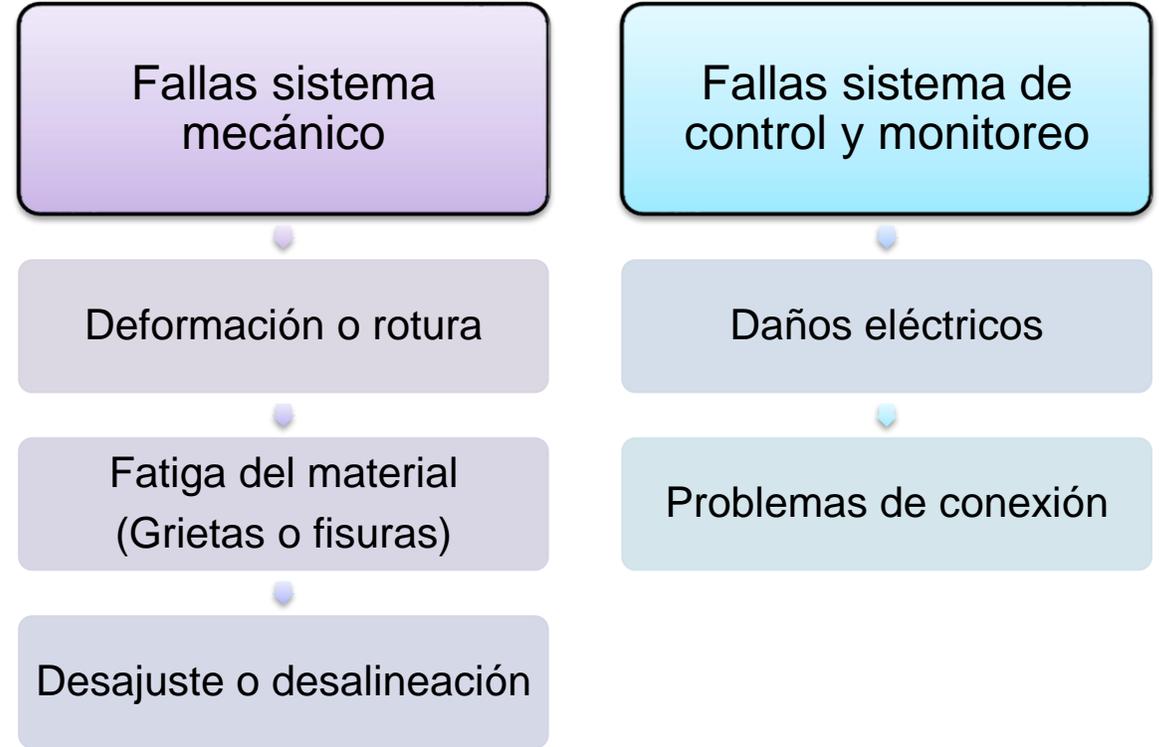


RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

MOTOR IO-520		Sistema Mecánico	Sistema de control y monitoreo
N. Prueba	Duración Prueba (horas)	Daños en la estructura	Correcto funcionamiento
1	1	No	Sí
2	2	No	Sí
3	3	No	Sí
4	1	No	Sí
5	2	No	Sí
6	3	No	Sí
Total	Sí	0	6
	No	6	0

MOTOR TSIO-360		Sistema Mecánico	Sistema de control y monitoreo
N. Prueba	Duración Prueba (horas)	Daños en la estructura	Correcto funcionamiento
1	1	No	Sí
2	2	No	Sí
3	3	No	Sí
4	1	No	Sí
5	2	No	Sí
6	3	No	Sí
Total	Sí	0	6
	No	6	0

100% Eficiencia



VALIDACIÓN HIPÓTESIS

Hipótesis: *¿El banco de pruebas diseñado y construido para los motores Continental IO-520 y TSIO-360 en la empresa DIAF, contribuirá de manera eficiente a los servicios de inspección y mantenimiento para este tipo de motores?*

Con esta hipótesis se plantea la hipótesis nula y la hipótesis alternativa:

- **Hipótesis nula (H_0):** El banco de pruebas diseñado y construido para los motores Continental IO-520 y TSIO-360 en la empresa DIAF, no contribuirá de manera eficiente a los servicios de inspección y mantenimiento para este tipo de motores.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** El banco de pruebas diseñado y construido para los motores Continental IO-520 y TSIO-360 en la empresa DIAF, sí contribuirá de manera eficiente a los servicios de inspección y mantenimiento para este tipo de motores.



VALIDACIÓN HIPÓTESIS - COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH

Encuesta dirigida a los técnico operadores, con el fin de medir el nivel de satisfacción de los usuarios con respecto a las eficiencias del uso del banco de pruebas. Para la evaluación de la encuesta, se asignaron las siguientes categorías: Excelente (5), Bueno (4), Regular (3), Malo (2), Deficiente (1).

Nro	Pregunta	Promedio
1	¿El banco de pruebas cumple con las expectativas iniciales de la empresa?	4.75
2	¿Cómo califica la efectividad del banco de pruebas para realizar inspecciones de los motores en distintas condiciones operativas?	4.50
3	¿El sistema muestra facilidad en su control y operación?	4.44
4	¿Cómo califica el diseño del sistema mecánico?	4.44
5	¿Cómo califica la implementación del sistema de control y monitoreo?	4.06
6	¿Cómo califica el nivel de confiabilidad y seguridad que ofrece el banco de pruebas en su funcionamiento?	4.88
7	¿Cuál es su opinión y/o recomendación acerca del banco de pruebas implementado en la empresa?	N/A



VALIDACIÓN HIPÓTESIS - COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH

Encuestados	Ítems - Preguntas						Suma
	1	2	3	4	5	6	
E-1	5	5	3	3	3	5	24
E-2	5	5	5	5	5	5	30
E-3	5	5	5	5	4	5	29
E-4	5	5	5	5	4	5	29
E-5	5	4	4	2	3	4	22
E-6	5	4	4	5	3	5	26
E-7	5	4	5	5	4	5	28
E-8	3	4	4	3	3	4	21
E-9	5	4	5	5	5	5	29
E-10	5	5	4	5	5	5	29
E-11	5	5	4	5	5	5	29
E-12	5	5	5	5	5	5	30
E-13	5	4	5	5	4	5	28
E-14	5	5	5	5	4	5	29
E-15	4	4	4	5	5	5	27
E-16	4	4	4	3	3	5	23
Promedio	4.75	4.50	4.44	4.44	4.06	4.88	
Varianza	0.3125	0.2500	0.3711	0.9961	0.6836	0.1094	8.1836

Cálculo del coeficiente “Alfa de Cronbach”

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} \left(1 - \frac{\sum S^2}{S_T^2} \right)$$

Donde:

- k = El número de ítems
- $\sum S^2$ = Sumatoria de varianza de los ítems
- S_T^2 = Varianza de la suma de los ítems
- α = Coeficiente de alfa de Cronbach



VALIDACIÓN HIPÓTESIS - COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH

$$\alpha = \frac{6}{6-1} \left(1 - \frac{2.7230}{8.1836} \right)$$

$$\alpha = 0,8010$$

Intervalo al que pertenece el coeficiente de alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad de los ítems analizados
$\alpha < 0,5$	Inaceptable
$0,5 \leq \alpha < 0,6$	Pobre
$0,6 \leq \alpha < 0,7$	Débil
$0,7 \leq \alpha < 0,8$	Aceptable
$0,8 \leq \alpha < 0,9$	Bueno
$\alpha \geq 0,9$	Excelente

El valor calculado del coeficiente Alpha de Cronbach es de 0.8, lo cual indica que se encuentra en el rango de aceptable, respaldando la aceptación de los datos recopilados en dicha encuesta y la validación de la hipótesis alternativa. Por lo tanto, se puede afirmar que el banco de pruebas diseñado y construido específicamente para este tipo de motores en la empresa DIAF contribuye de manera eficiente a los servicios de inspección y mantenimiento para este tipo de motores.



COSTO

Designación	Elemento	Cantidad	Precio (USD)
Sistema mecánico	Viga IPN 100 x 6m	1	120
	Tubo estructural cuadrado x 6m	1	50
	Planchas de acero laminado en frío de 1mx1m de 10mm de espesor	2	240
	Planchas de acero laminado en frío de 1mx1m de 20mm de espesor	1	120
	Eje de transmisión AISI 1018	1	80
	Perfil UPN 80 x 6m	1	115
	Pernos de 1/2"x1.5 con tuercas, arandelas de presión	10	12
	Pernos de 5/8"x1.5 con tuercas, arandelas de presión	24	54
	Pernos hexagonales de 20mmx1.5 con tuercas, arandelas de presión	8	24
	Pernos hexagonales de 10mmx1.5 con tuercas, arandelas de presión	8	22



Continua

Designación	Elemento	Cantidad	Precio (USD)
Sistema de control y monitoreo	Módulo EMS MVP-50	1	7500
	Parlante	1	4
	Palancas Throtlle, mixture, propeller	1	1100
	Key Switch ACS W/Start Position	1	195
	Vibrador de arranque	1	810
	Relay master	1	10
	Relay starter	1	120
	Swiches de palanca	3	20
	Fuente de poder	1	210
	EPU	1	750
Proceso Pintura	Breakers	5	120
	Bomba de combustible	1	1250
	Indicador de flujo analógico	1	97
Proceso Pintura	Amarilla	1 gal	12
	Negra	½ gal	6
	Roja	½ gal	6
Total			13 047 USD



CONCLUSIONES

- En conclusión, este trabajo de titulación ha presentado una solución práctica y eficiente para mejorar la capacidad del taller de motores de la empresa DIAF en la inspección y análisis del rendimiento de los motores recíprocos Continental IO-520 y TSIO-360. La implementación del banco de pruebas permite una evaluación precisa y detallada del rendimiento de estos motores, facilitando la detección de posibles fallos y la toma de decisiones acertadas para su reparación, lo que se traduce en una mayor eficiencia en los procesos de inspección y mantenimiento.
- La estructura del banco de pruebas ha sido diseñada de manera adecuada para soportar las cargas de peso y las fuerzas de arrastre que son generadas por el motor a plena potencia. Para absorber las vibraciones, se han utilizado amortiguadores de apoyo elastoméricos, los cuales son una excelente alternativa para reducir la transmisión de cargas en la estructura, proteger el suelo, minimizar el riesgo de agrietamiento y evitar fallas en el sistema de empotramiento. De igual manera, se evita el efecto de resonancia que podría generarse en la estructura con las cargas dinámicas del motor y la hélice. Además, la selección adecuada de materiales garantiza la resistencia, durabilidad y eficiencia de la estructura durante el funcionamiento.



CONCLUSIONES

- El monitoreo en tiempo real de las variables y señales del motor a través de una pantalla digital EMS permite una evaluación precisa del rendimiento del motor y una detección temprana de fallos o problemas mediante las alertas visuales y auditivas incorporadas en el sistema. Además, al mostrar todos los parámetros de manera compacta en un solo lugar, en lugar de tener múltiples instrumentos analógicos, se mejora la eficiencia y precisión del proceso de inspección y mantenimiento.
- La adaptación de los sujetadores de la bancada del motor Continental IO-520 para su uso con el modelo Continental TSIO-360 es una estrategia fundamental que maximiza el uso del banco de pruebas y optimiza la capacidad del taller. Esta adaptación destaca la versatilidad y adaptabilidad del diseño, lo que permite que el banco de pruebas sea utilizado para múltiples series de estos modelos de motores, aumentando su eficiencia y reduciendo los costos para la empresa.



RECOMENDACIONES

- Explorar y evaluar la posibilidad de expandir el uso del banco de pruebas para incluir otros modelos de motores, lo que puede aumentar la versatilidad, la eficiencia y la rentabilidad del taller de motores.
- Evaluar la posibilidad de implementar tecnología de monitoreo en línea para el banco de pruebas, lo que permitiría la supervisión remota del desempeño del motor y el diagnóstico de fallas en tiempo real.
- Aplicar el sistema de mantenimiento y limpieza regular para el banco de pruebas y sus componentes, con el fin de prolongar su vida útil y mantener su funcionalidad a largo plazo.
- Seguir la guía de procedimientos y protocolos para el correcto uso del banco de pruebas, con el fin de asegurar la integridad del equipo y personal.



VIDEO DE FUNCIONAMIENTO



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

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN MECATRÓNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTORES RECÍPROCOS DE 6
CILINDROS PARA LOS MODELOS CONTINENTAL IO-520 Y TSIO-360 PARA EL TALLER DE MOTORES
DE LA DIRECCIÓN DE INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA - DIAF
UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”

AUTORES

CEVALLOS JÁCOME, FREDDY DANIEL
TORRES ESCALANTE, LUIS SAMUEL

DIRECTOR

ING. SANTILLÁN MARIÑO, ERNESTO RAMIRO

LATACUNGA 2023

FECHA ÚLTIMA REVISIÓN: 09/10/13

CÓDIGO: SGC-DI-260

VERSIÓN: 1.1



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA