



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

TEMA: "Diseño y construcción de los mecanismos de operación y funcionamiento para un prototipo de helicóptero a escala controlado remotamente".

AUTORES:

- Pino Villacis, Mateo Fernando
- Morales Zuñiga, Henry Fabricio

Tutor: Ing. Solís Santamaria, Santiago Isaac





Los obstáculos son esas
cosas espantosas que
ves cuando apartas los
ojos de tu meta.

Henry Ford



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO

1

Resumen

2

Planteamiento del Problema

3

Descripción del proyecto

4

Objetivos

5

Marco Teórico

6

Justificación e importación

7

Análisis de Resultados

8

Conclusiones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESUMEN

Este proyecto incursiona en la investigación y estudio de los componentes de operación y a su vez los de accionamiento, como son los servomotores los cuales van a tener la función de accionar el plato oscilante para los diferentes tipos de movimiento que va a tener el prototipo. De igual manera se realizó el estudio e investigación del sistema de potencia para el cual se tomó en cuenta el peso total del prototipo para seleccionar el motor dependiendo de la potencia necesaria para mover dicho prototipo empleando cálculos matemáticos. De igual manera se realizó la investigación de los sistemas de comunicación electrónicos como lo es el radio control el cual tendrá la misión de accionar los diferentes componentes electrónicos dentro del prototipo.

Como punto final se realizó los estudios computacionales para visualizar el comportamiento del material aplicando diferentes velocidades y visualizar sus deformaciones así como los esfuerzos



PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

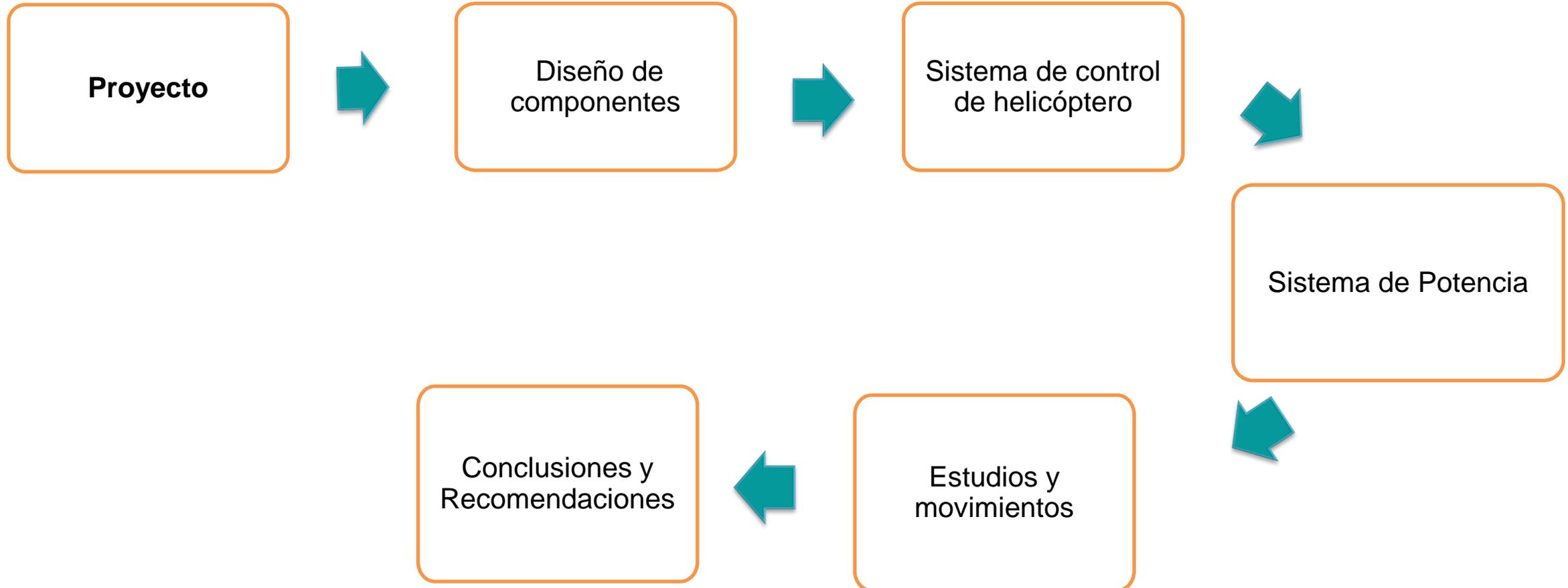
El diseño y fabricación de aeronaves dentro de la industria nacional es inexplorado

Formar profesionales con altos conocimientos que incursionen dentro de este sector permitirá el desarrollo tecnológico

Representa un aporte para aquellos interesados en el diseño y construcción de elementos, partes y piezas que conforman el sistema de control con precisión.



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



OBJETIVOS

Objetivo General



Diseño y construcción de los mecanismos de operación y funcionamiento para un prototipo de helicóptero a escala controlado remotamente.

Objetivos Específicos



- Diseñar y construir los mecanismos de operación y funcionamiento para un prototipo de helicóptero a escala controlado remotamente.
- Selección de un motor de combustión idóneo para el prototipo.
- Ensamblar el motor en la estructura.
- Diseñar los controles de operación del rotor de Cola.
- Construir y ensamblar los controles del rotor de cola en la estructura del helicóptero.
- Construir los controles de mando para el motor de combustión.



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Especificaciones del Prototipo

Motor de combustión
interna para
aeromodelismo

Servomotores

Radio Control

Canales

Sistema de comunicación

Batería



CAPACIDADES DEL PROTOTIPO

**Alcance del control remoto:
1 Km**

Peso máximo: 1,6 kg

**Altura máxima de elevación:
200 m**

Operación: interior y exterior

Tiempo de vuelo: 12 min

Grados de libertad: 3



ESTIMACIÓN DE MASA DEL PROTOTIPO

Peso promedio del prototipo

PARTES	CANTIDAD	PESO (g)
Motor	1	406
Propelas	2	160
Servo	4	30
Batería	1	200
Tarjeta de control	1	120
Estructura (estimado)	1	250
Giroscopio	1	28
Tornillos, tuercas, cableado y otros	1	150
PESO TOTAL (g)		1580



SELECCIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Motores de combustión interna para aeromodelismo RC

**MOTOR OS MAX-50SX-H RING
HYPER**

Desplazamiento: 8.17cc

RPM: 2000-
20000rpm

Potencia: 1.87hp

Peso: 406g

MOTOR STINGER RCGF 15CC SE

Desplazamiento: 15cc

RPM: 1500-
15000rpm

Potencia: 2.4hp

Peso: 594g

Motor NGH GT9 Pro

Desplazamiento: 9cc

RPM: 1800-
13500rpm

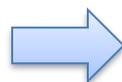
Potencia: 1.2hp

Peso: 535g



Tabla de selección de
motor

Precios



Motor

Precio

MOTOR OS MAX-50SX-H RING HYPER

\$ 155 dólares americanos

MOTOR STINGER RCGF 15CC SE

\$ 183 dólares americanos

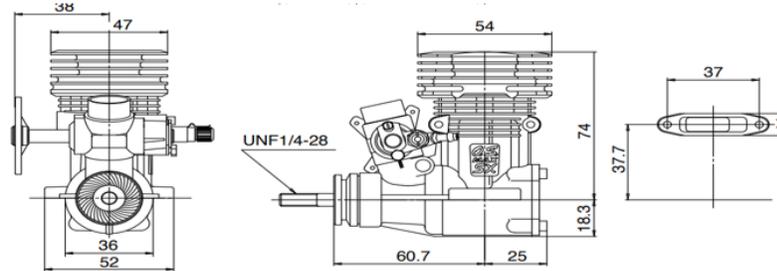
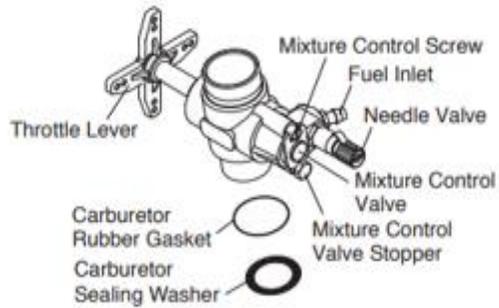
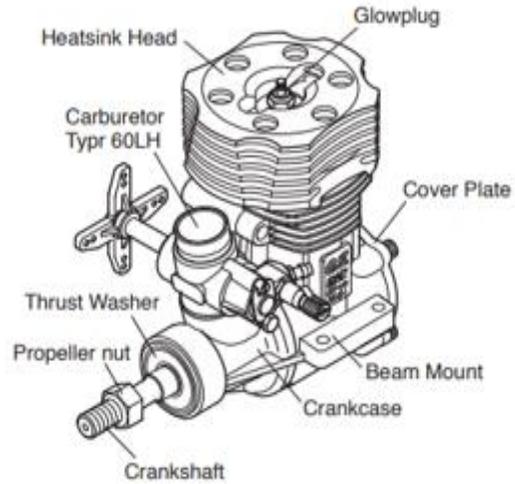
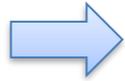
Motor NGH GT9 Pro

\$ 180 dólares americanos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Partes



Dimensiones

Parámetros para selección de un motor

Tipo	Motor de combustión interna para Aero modelismo
Desplazamiento	0.499 cu in (8.17cc)
Potencia	1.87hp (17000 Rpm)
Peso	406g
Carburador	60LH



RADIO CONTROL

Modelo JR PROPO 9303

TIPO	HELICOPTERO
Nombre del sistema	X-9303H(Básico)/(Avanzado)
Cuerpo del transmisor	NTE-N339HS
Receptor	R649 PCM
Cargador	NEC-222
Batería aerotransportada	1100 mah
Servos	4-DS811 (Básico) 4-DS8311(Avanzado)
Accesorios	Interruptor de lujo Extensión de todo de 12” Conector de carga Accesorios para servos Llave hexagonal



ESPECIFICACIONES DEL TRANSMISOR

TIPO	HELICOPTERO
Numero de modelo	NTE-N339HS
Codificador	N/A
Módulo de radiofrecuencia	Modulo enchufable
Modulación	PPM/SPCM
Potencia de salida	N/A
Drenaje actual	200 ma
Fuente de alimentación	N/A
Pulso de salida	N/A



ESPECIFICACIONES DEL RECEPTOR

TIPO	SPCM de 9 canales
Numero de modelo	R649
Tipo	9 canales/SPCM-ABC&W
Frecuencia	72/75/50 MHz
Sensibilidad (Microsegundos)	5 <u>EE.UU.</u> Mínimo
Selectividad	8 KHz/5db
Peso(oz)	1.5 (oz)
Antena receptora	39" para todas las frecuencias



TABLA DE CANALES

# CANAL	ACCIONAMIENTO
CANAL 1	Acelerador (Servo motor C-505)
CANAL 2	Alerón o rotor principal/Derecha o Izquierda (Servomotor NES-517)
CANAL 3	Elevador o rotor principal/Adelante o Atrás (Servomotor DS-821)
CANAL 4	Timón o rotor de cola (Servomotor JR 8700G)
CANAL 5	Colectivo arriba o abajo



SELECCIÓN DE SERVOMOTORES

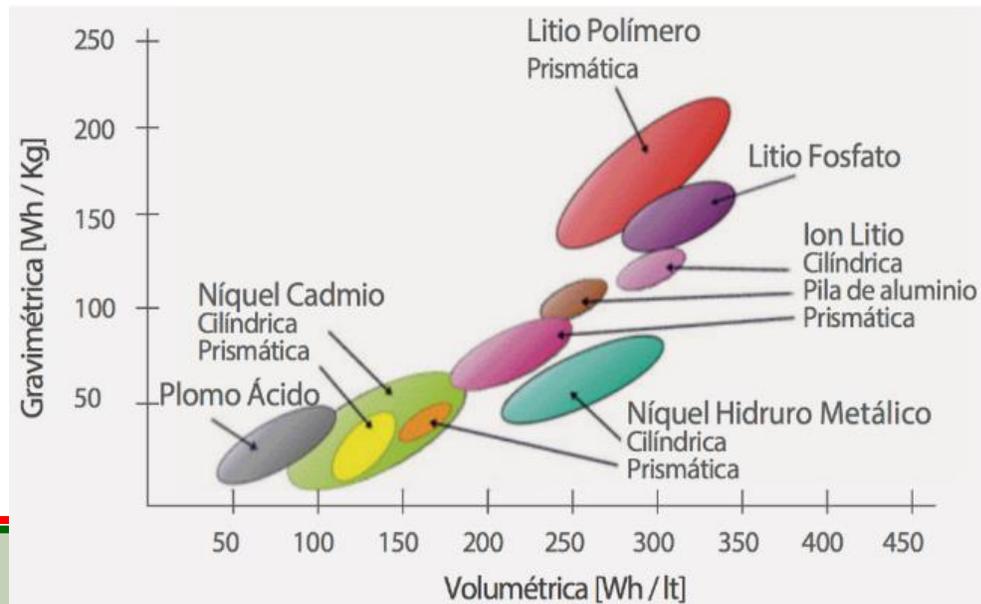
Modelos Servomotores		
NES-8700G	Modulación	Análoga
	E. Torsión	3.59 kg*cm
	Velocidad	0.09 s/60°
	Peso	59.8 g
	Dimensiones	34.5x19x38 mm
	T. Engranaje	Metálico
	Rotación/Soporte	Rodamientos dobles
	Precio	80 \$
	Voltaje	4.8 V
	C-505	Modulación
E. Torsión		5.5 kg*cm
Velocidad		0.12 s/60°
Peso		68 g
Dimensiones		35x19x39 mm
T. Engranaje		Metálico
Rotación/Soporte		Rodamiento de bolas
Precio		80 \$
Voltaje		4.5 V – 8.5 V
NES-517		Modulación
	E. Torsión	4.8 kg*cm
	Velocidad	0.04 s/60°
	Peso	63.8 g
	Dimensiones	40x20x40.5 mm
	T. Engranaje	Metálico
	Rotación/Soporte	Rodamientos dobles
	Precio	90 \$
	Voltaje	4.5 V



SELECCIÓN DE BATERÍA

Tipos de baterías

TIPO	PLOMO	POLIMERO DE LITIO	NIQUEL-CADMIO	NIQUEL-HIDRURO
Voltaje por célula	2V	5V	1.2V	1.2V
Potencia/Peso	30 Wh/kg	100-130 Wh/kg	50 Wh/kg	70 Wh/kg
Numero de recargas	1000	5000	500	1000
Tasa descarga	5%	6%	30%	20%



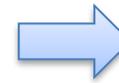
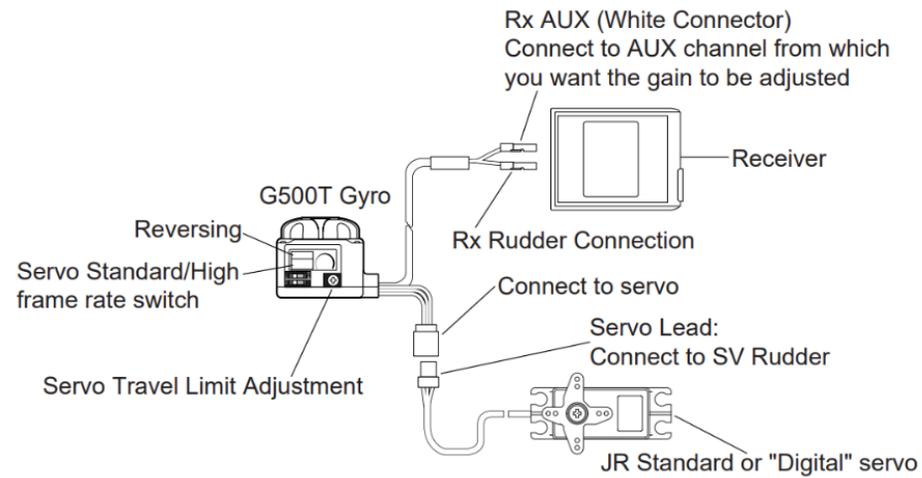
SELECCIÓN DE GIROSCOPIO

Especificaciones Piezo Giroscopio

Marca:	JR PROPO
Modelo:	JR PIEZO GYRO G5000T
Voltaje de funcionamiento:	Solo 4,8 V
Corriente de funcionamiento:	95 mAh
Dimensiones:	24.5 alto x 30.5 ancho x 30.5 largo
Peso:	28 g
Ganancia giroscópica:	Doble control remoto ajustable
Modos de bloqueo/Velocidad de cola:	Remota/Seleccionable
Limitador de recorrido del servo:	Potenciómetro manual



Instalación

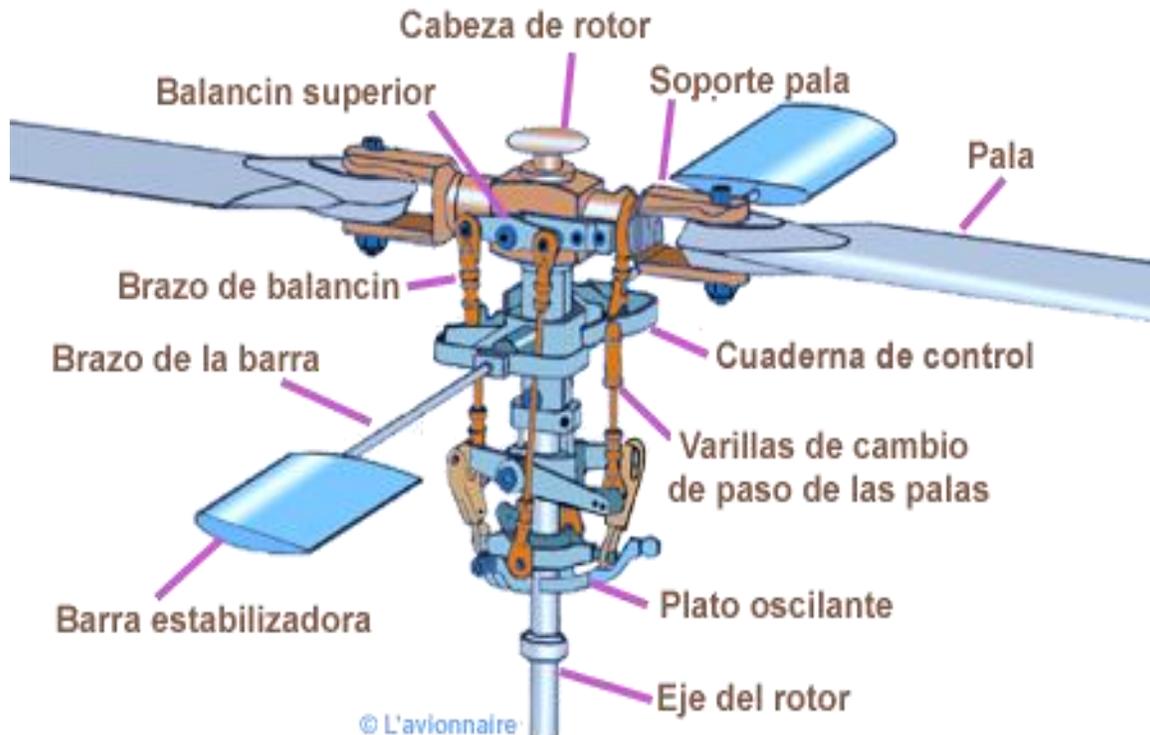


Conexiones



MODELADO

Partes principales del sistema de rotor bipalas



Especificaciones del modelo en miniatura X-Cell 60

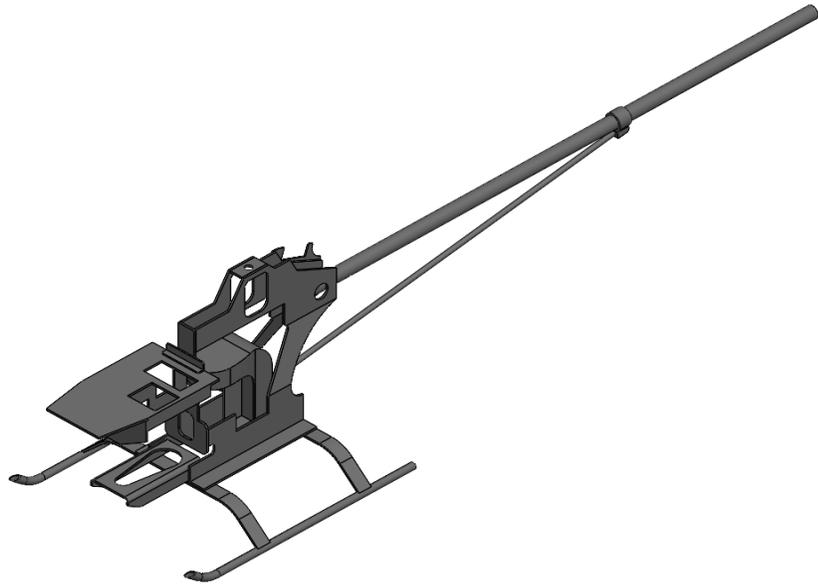
Características físicas del X-Cell 60

<i>Velocidad del rotor</i>	1600 – 1700 rpm
<i>Velocidad punta</i>	127 – 135 m/s
<i>Peso en seco</i>	4.5 kg
<i>Instrumentación</i>	7.6 kg
<i>Motor</i>	2 tiempos refrigerado por aire
<i>Autonomía de vuelo</i>	12 minutos

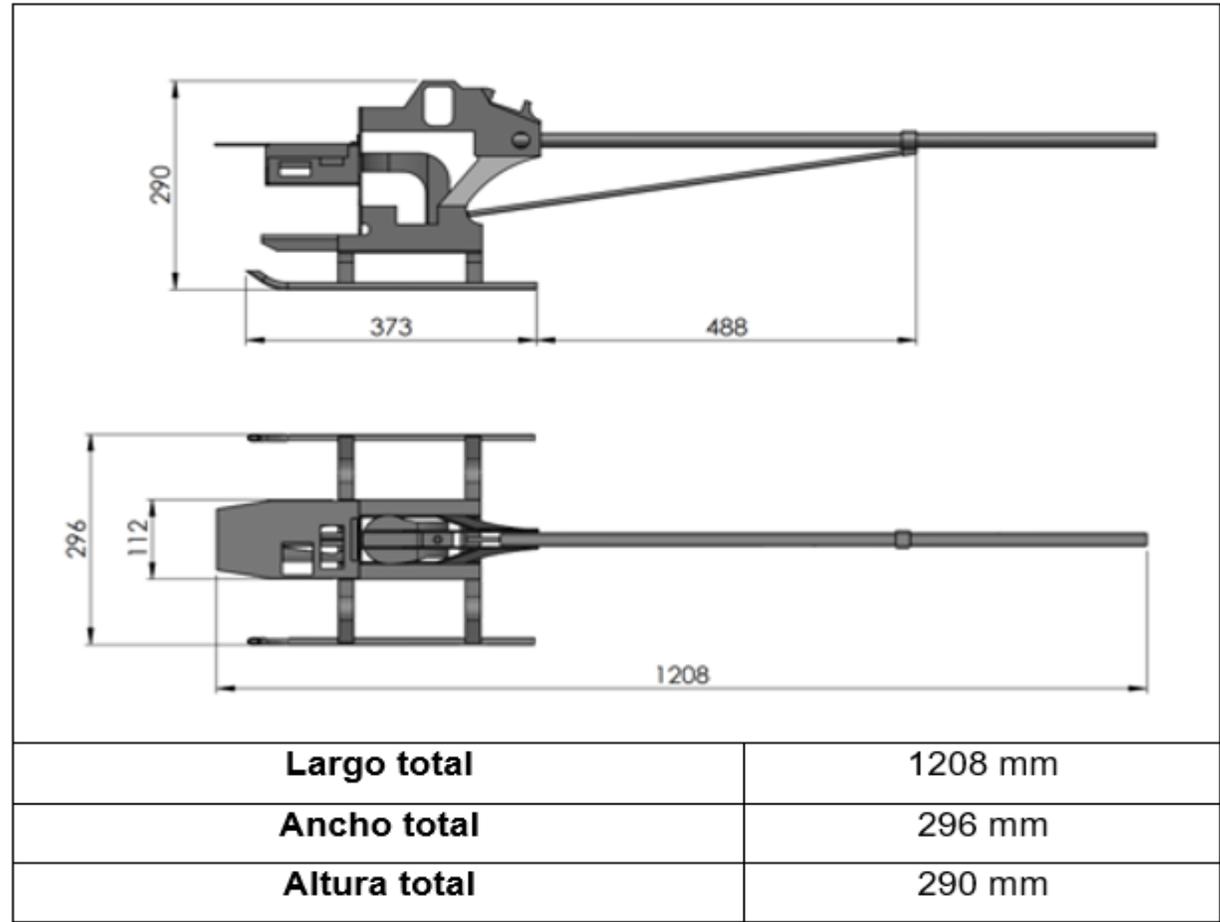


MODELADO 3D

Estructura



dimensiones del modelado en miniatura

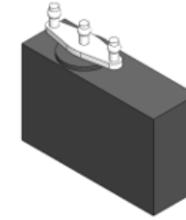


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

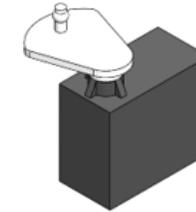
Vista general de los componentes del modelo en miniatura



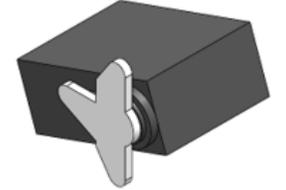
Servomotor frontal 1 (a), Servomotor frontal 2 (b), Servomotor posterior (c) y Servo accionador M.C.I.



(a)



(b)

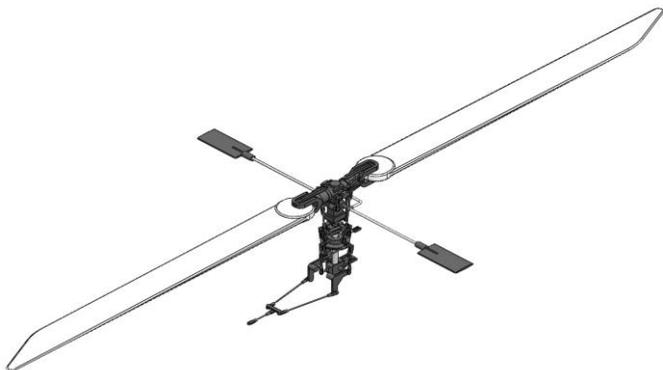


(c)

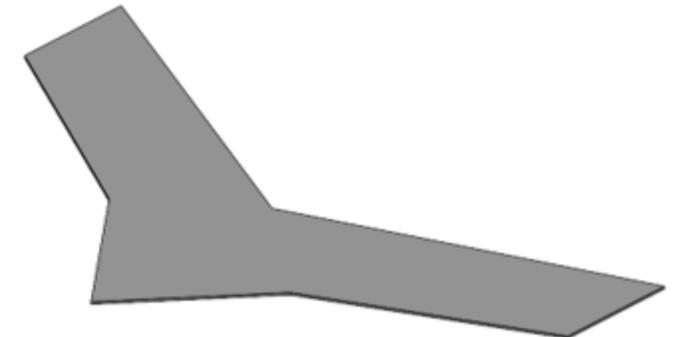


(d)

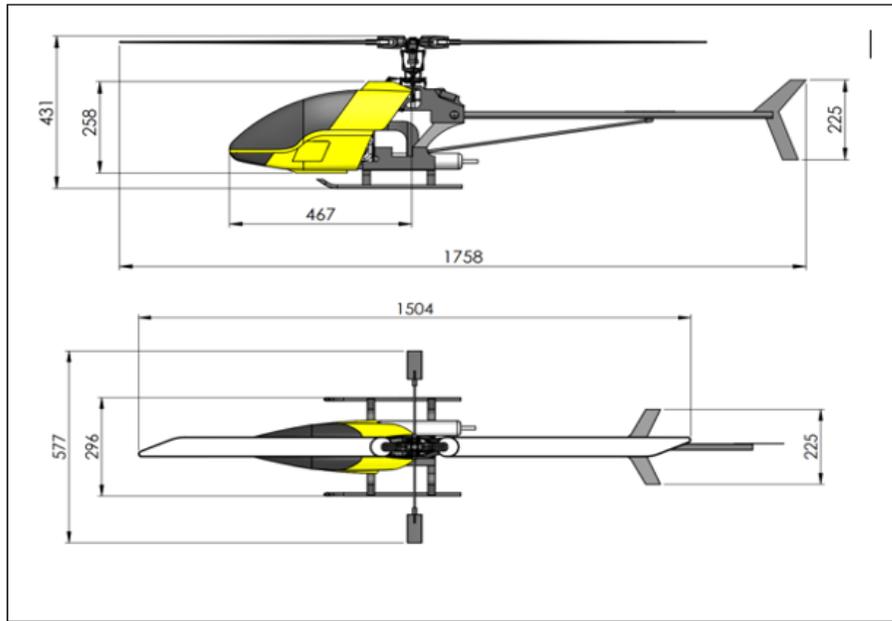
Rotor principal bipalas



Eestabilizador

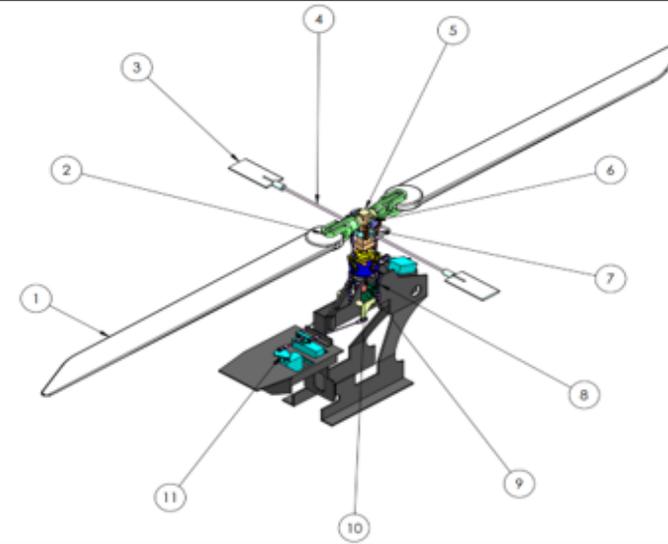


MODELO FINAL



Largo total	1758 mm
Ancho total	577 mm
Altura total	431 mm
Largo total de las palas	1504 mm
Largo total de las barras estabilizadoras	577 mm

COMPONENTES DEL ROTOR BIPALAS



Nº de Elemento	Denominación	Color	Cantidad
1	Pala	■	2
2	Soporte de pala	■	2
3	Barra estabilizadora	■	2
4	Brazo de la barra	■	2
5	Cabeza del rotor	■	1
6	Balancín superior	■	2
7	Brazo del balancín	■	4
8	Varillas de cambio de paso de palas	■	11
9	Eje del rotor	■	1
10	Plato oscilante	■	1
11	Servomotor	■	4

ACCIONAMIENTO DEL ACELERADOR

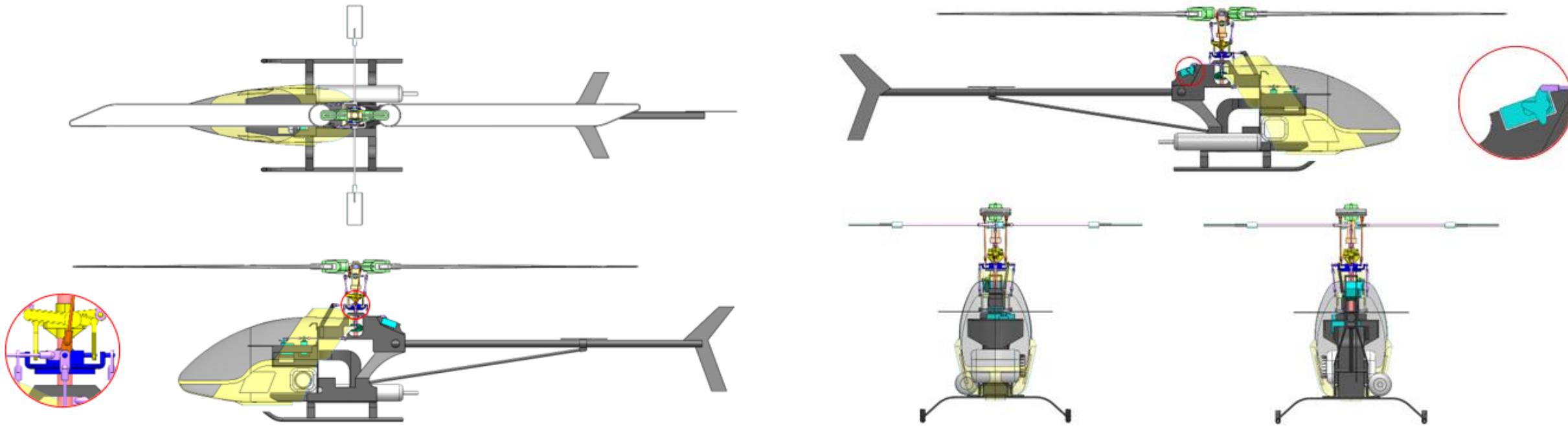


primera posición neutral del accionamiento del servomotor hacia el MCI

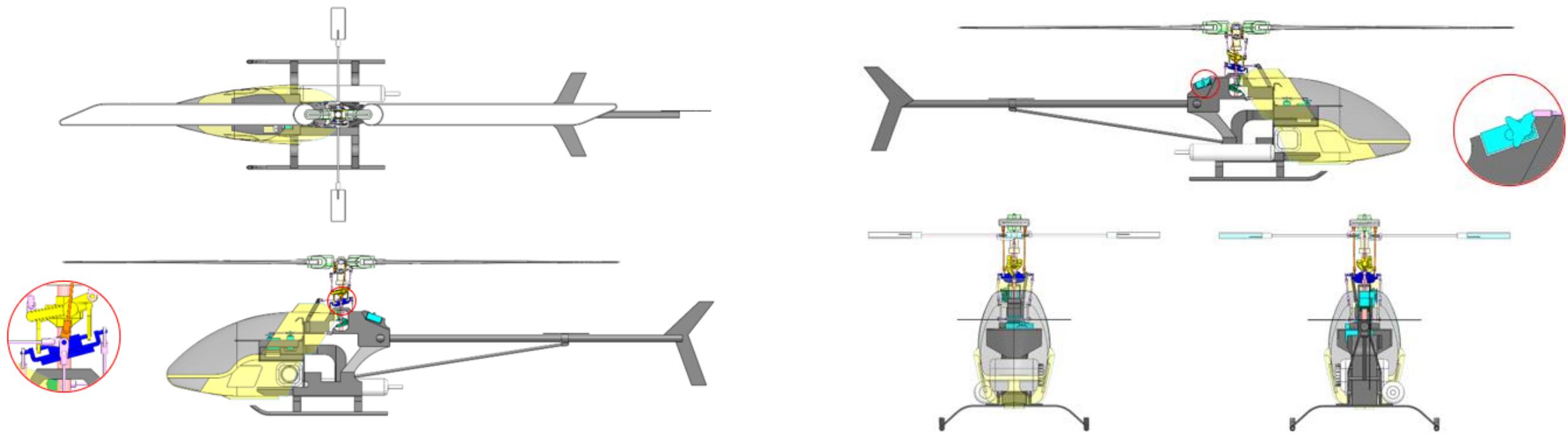
segunda posición del accionamiento del servomotor hacia el MCI



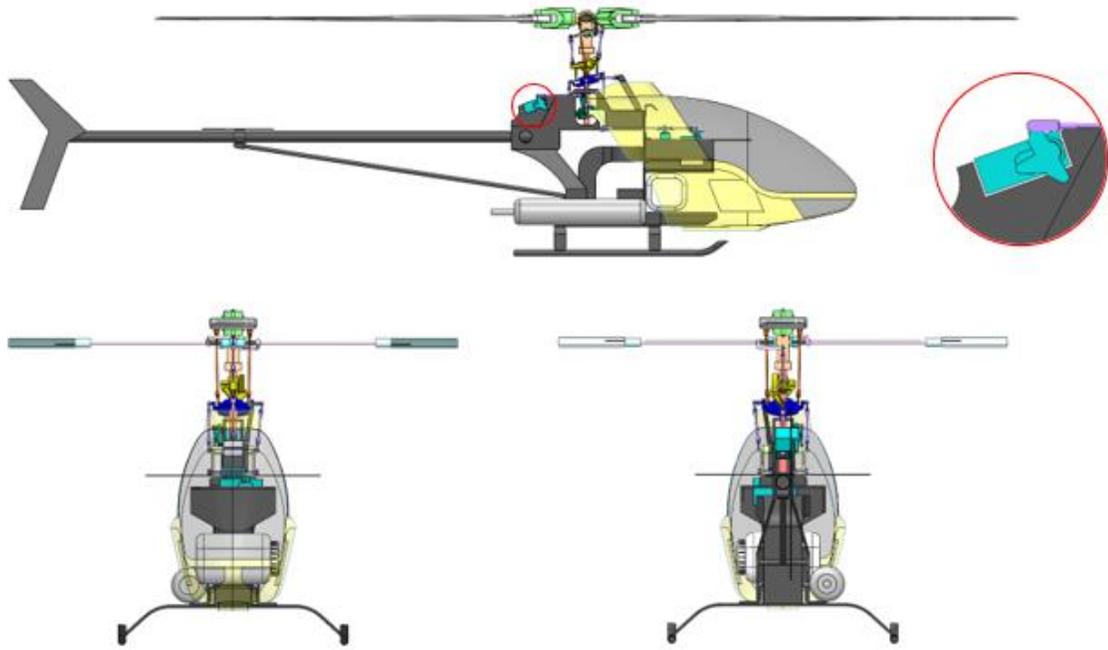
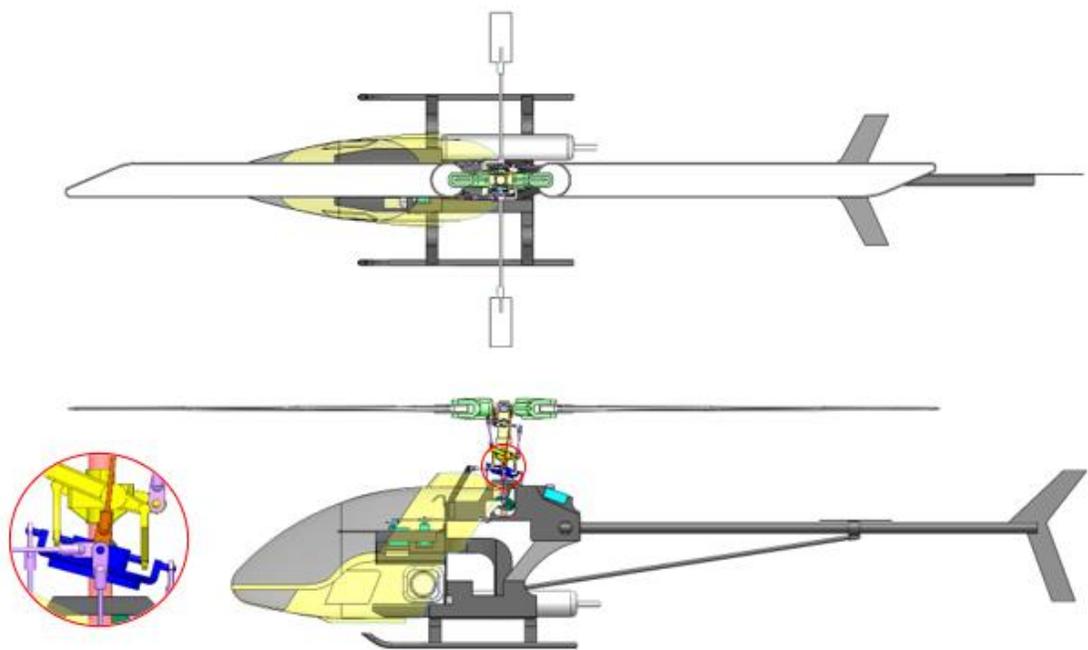
POSICIÓN ESTADO NEUTRAL DEL MODELO EN MINIATURA



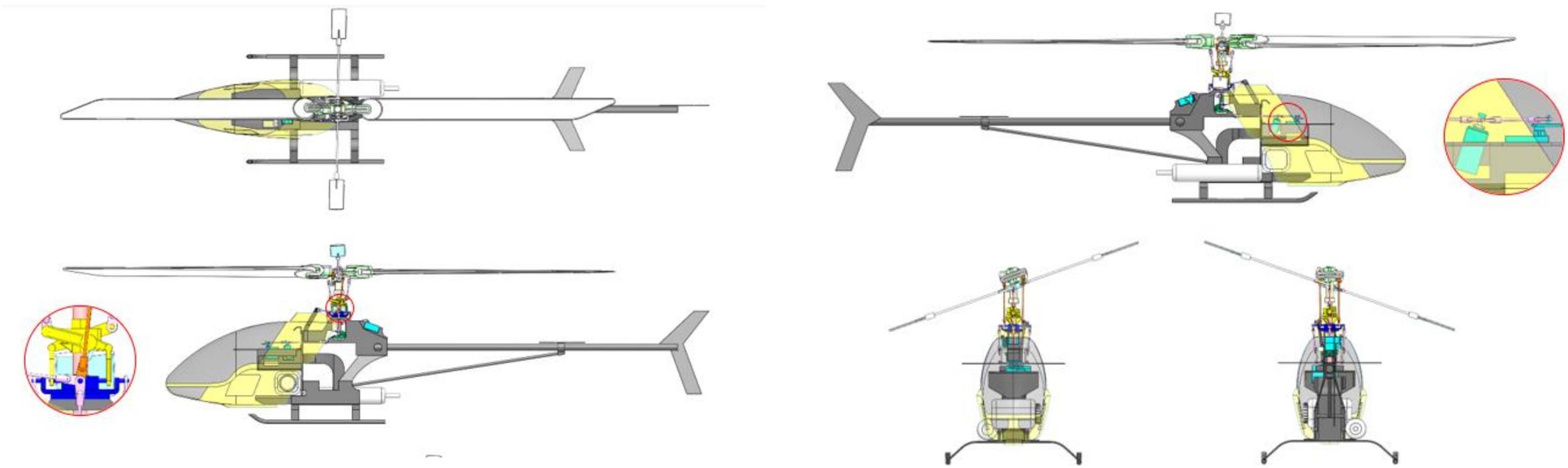
PRIMERA POSICIÓN DEL MODELO MINIATURA (DIRECCIÓN)



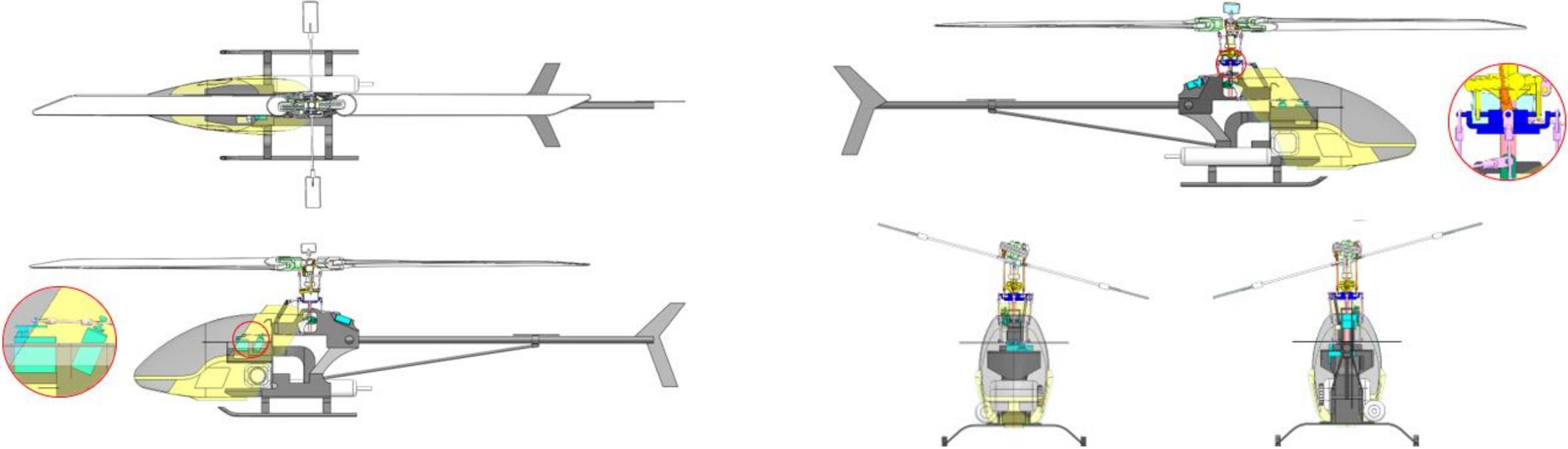
SEGUNDA POSICIÓN DEL MODELO MINIATURA (DIRECCIÓN)



TERCERA POSICIÓN DEL MODELO MINIATURA (INCLINACIÓN)



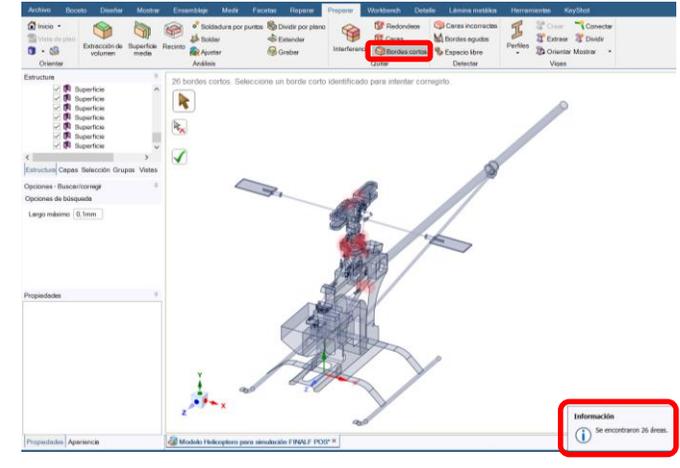
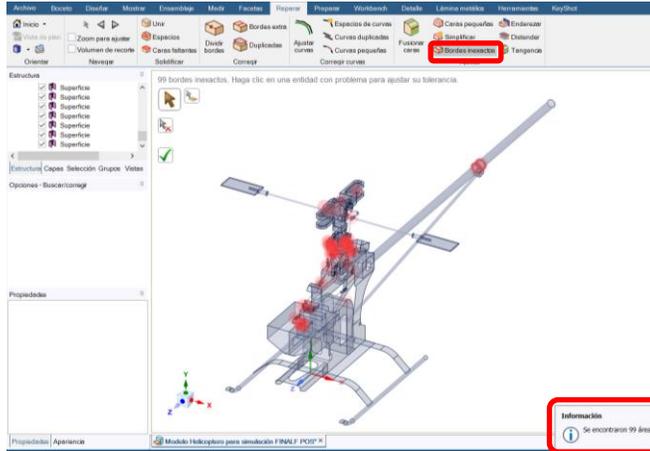
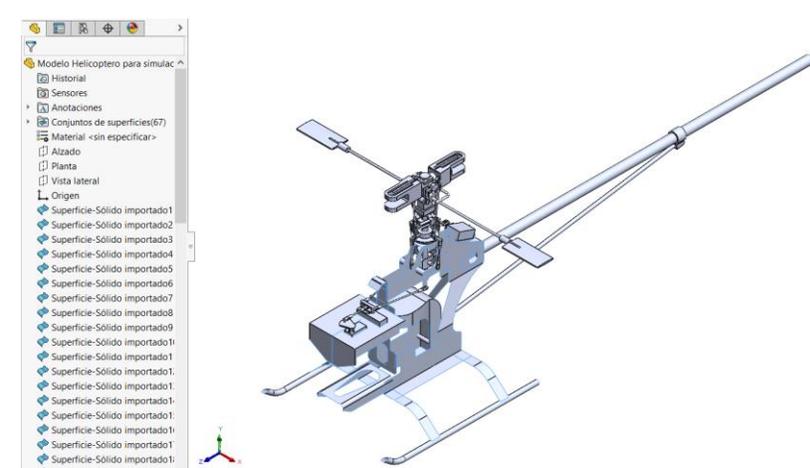
CUARTA POSICIÓN DEL MODELO MINIATURA (INCLINACIÓN)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ANÁLISIS ESTÁTICO

Preprocesado del modelo CAD

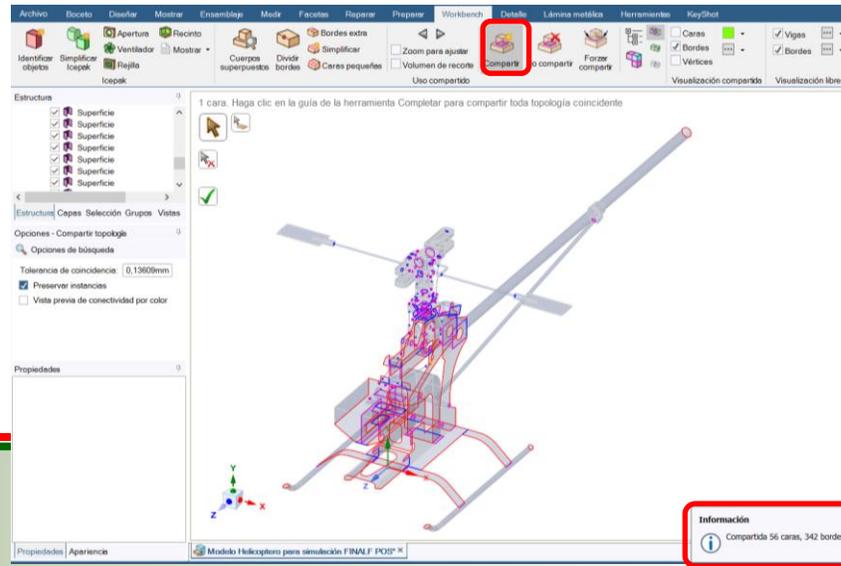


Componentes principales de la estructura y del sistema del rotor bipalas

Reparación del modelo

Preparación del modelo

Reparación del modelo



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Materiales

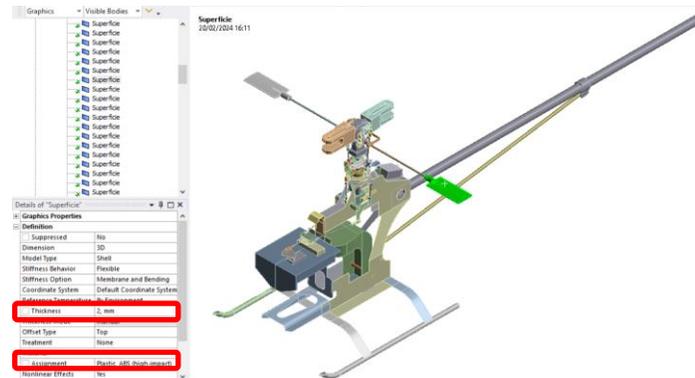
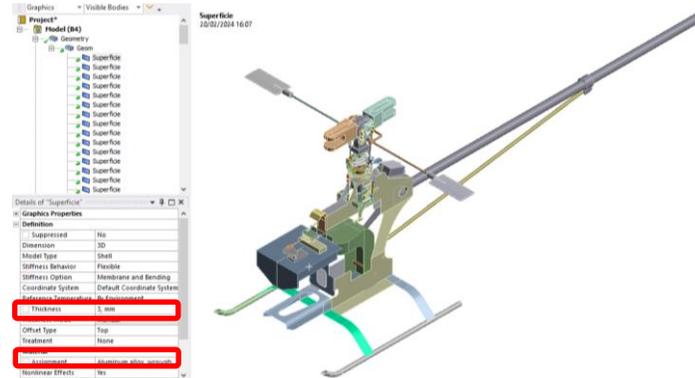
Aluminio 6061 T6

Propiedad	Valor
Densidad del material	2.713e-6 (kg/mm ³)
Módulo de Young	69.04 (GPa)
Radio de Poisson	0.33
Límite de fluencia	259.20 (MPa)
Resistencia última a la tracción	313.10 (MPa)

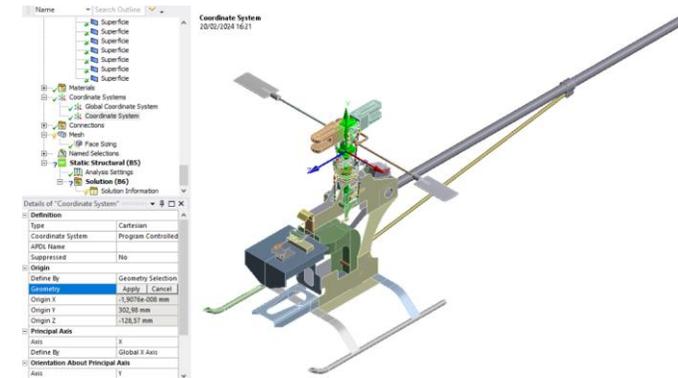
ABS de alto impacto

Propiedad	Valor
Densidad del material	1.03e-6 (kg/mm ³)
Módulo de Young	1.6 (GPa)
Radio de Poisson	0.40
Límite de fluencia	27.44 (MPa)
Resistencia última a la tracción	36.26 (MPa)

Asignación de materiales y espesores

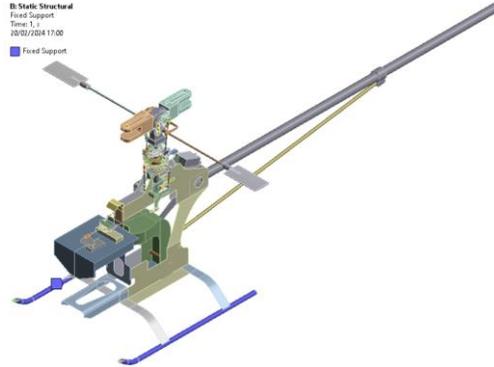


Asignación de materiales y espesores

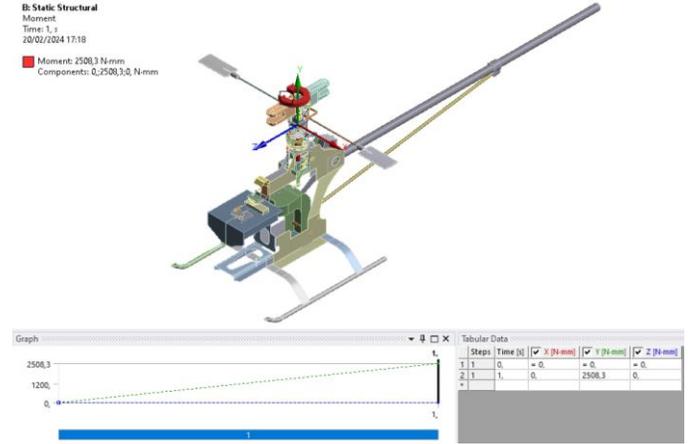


Condiciones de frontera

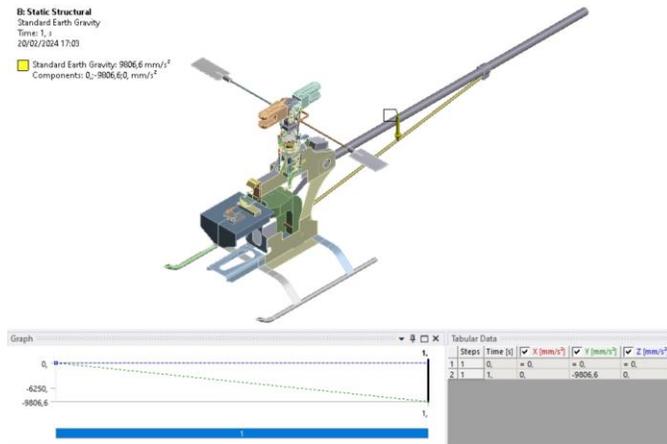
Soportes fijos en los anclajes de aterrizaje



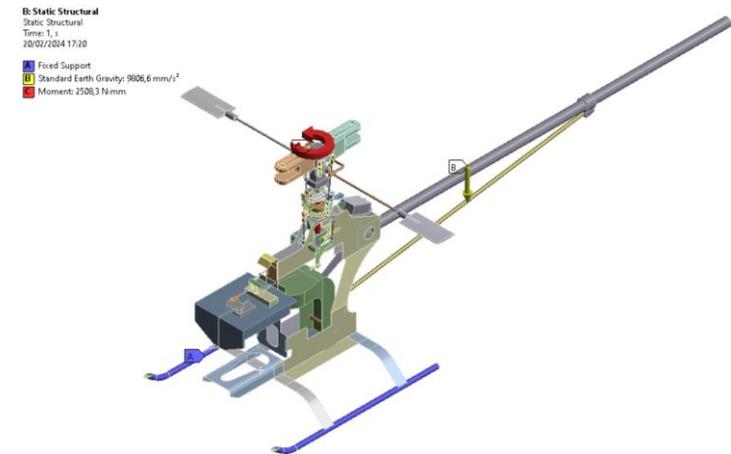
Torque asignado en el rotor del modelo miniatura



Asignación de la gravedad dentro del sistema

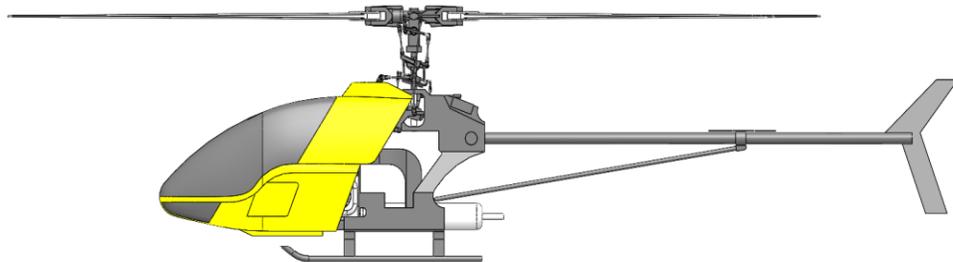
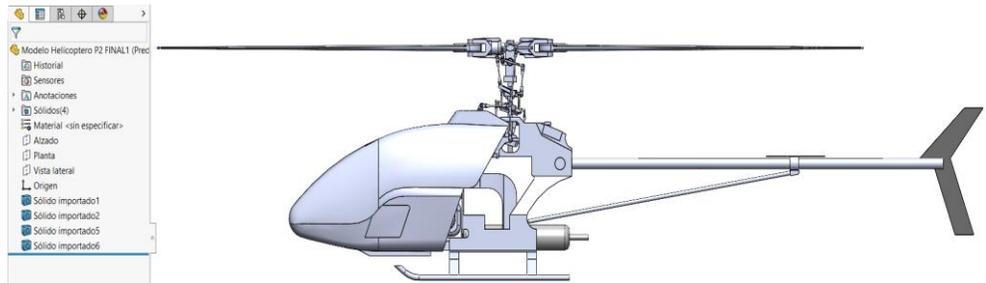


Cargas asignadas en todo el sistema

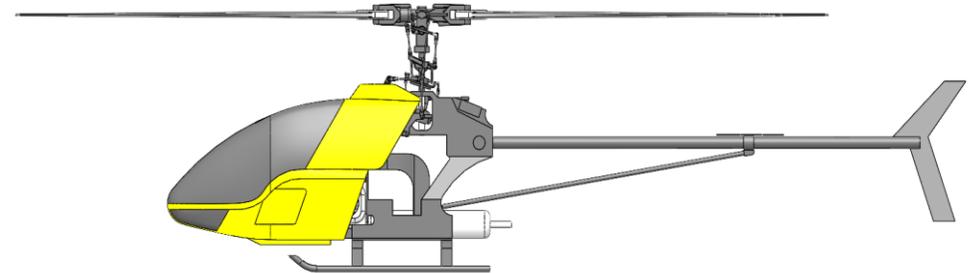
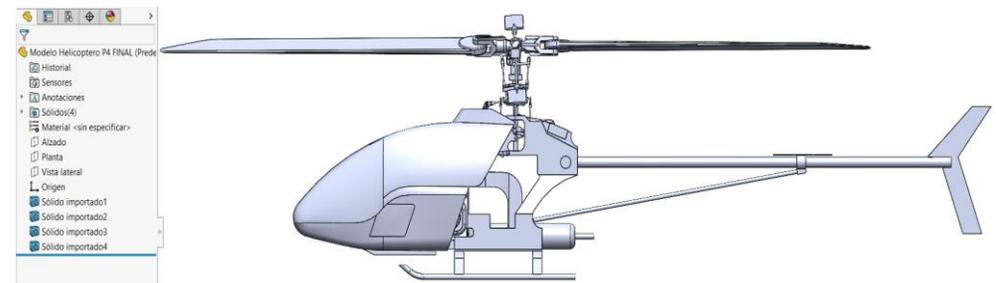


ANÁLISIS CFD

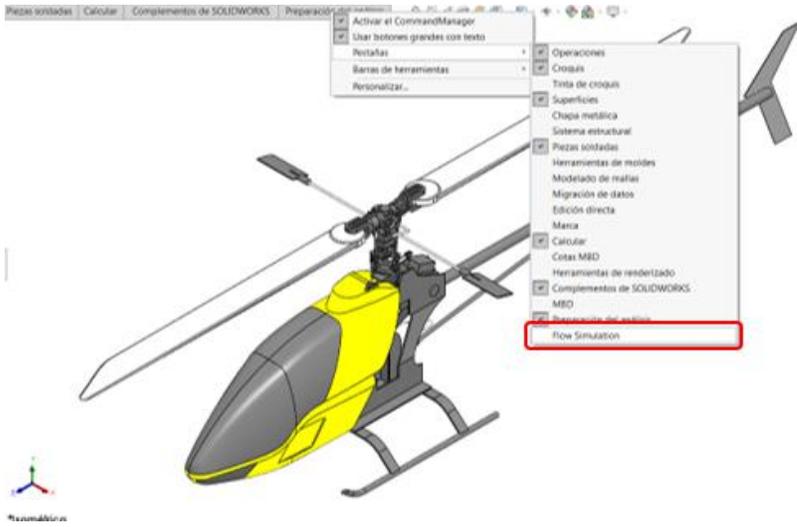
SEGUNDA POSICIÓN



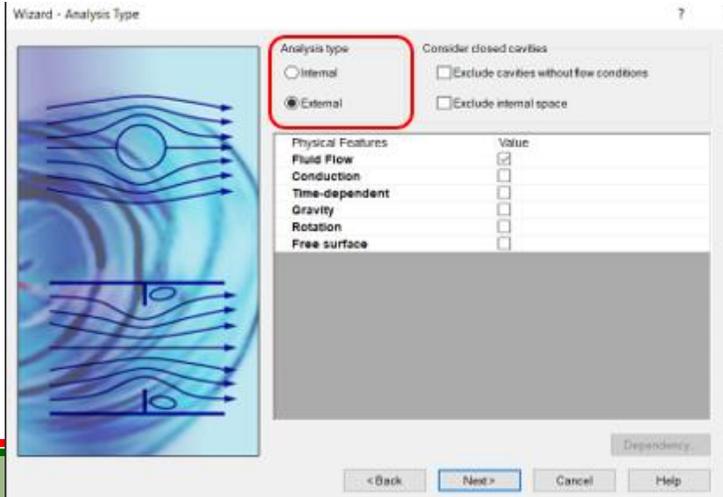
CUARTA POSICIÓN



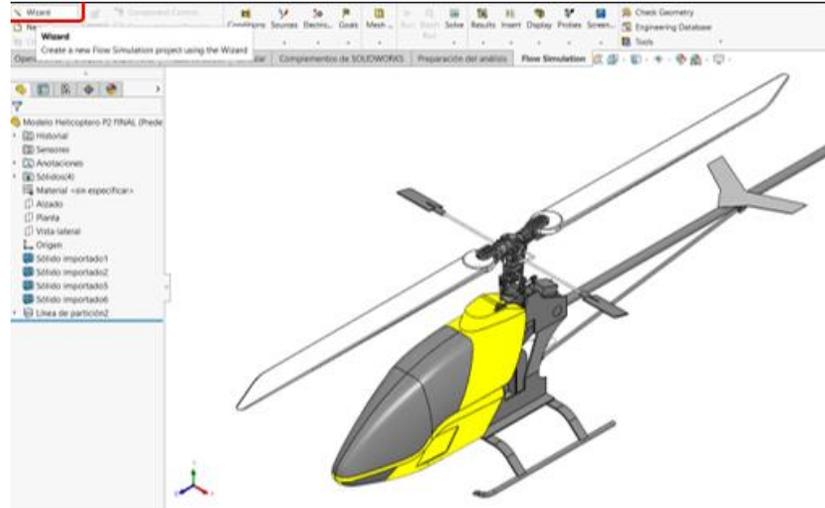
Activación Flow Simulation



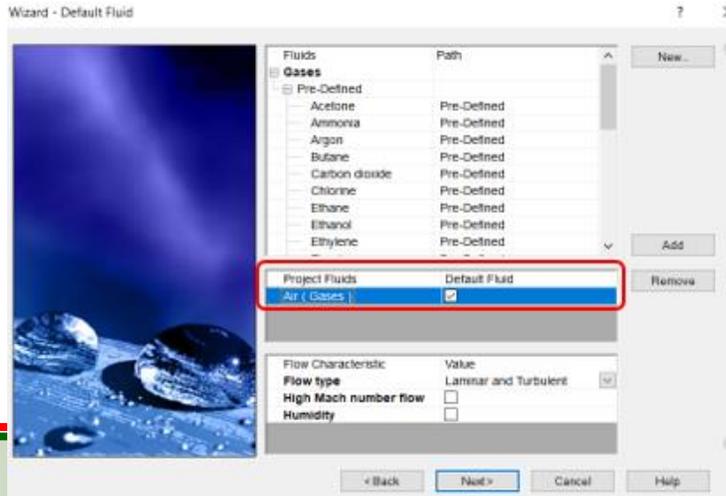
Tipo de Análisis



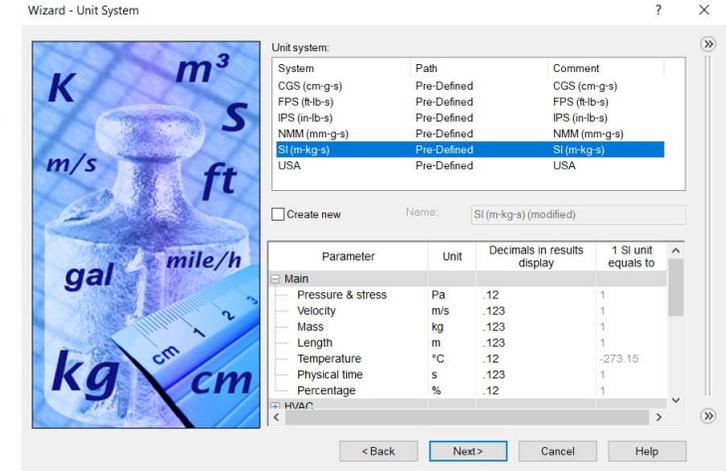
Wizard



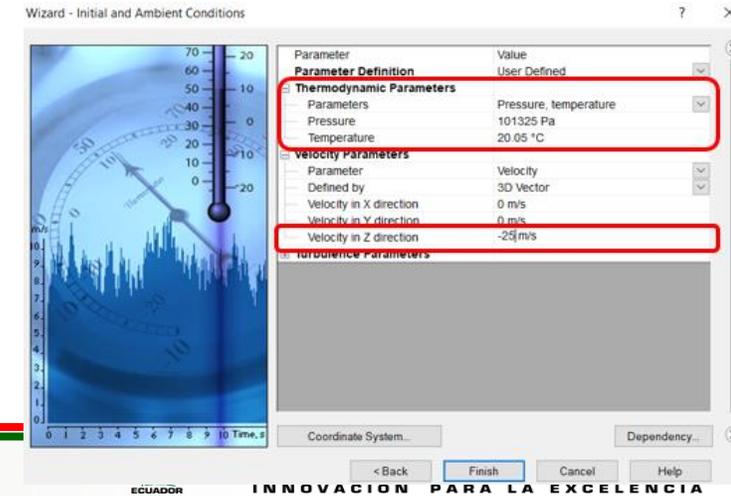
Fluido



Unidades SI



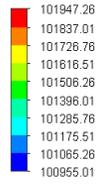
Parámetros



SEGUNDA POSICIÓN

PRESIONES

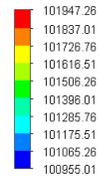
CUARTA POSICIÓN



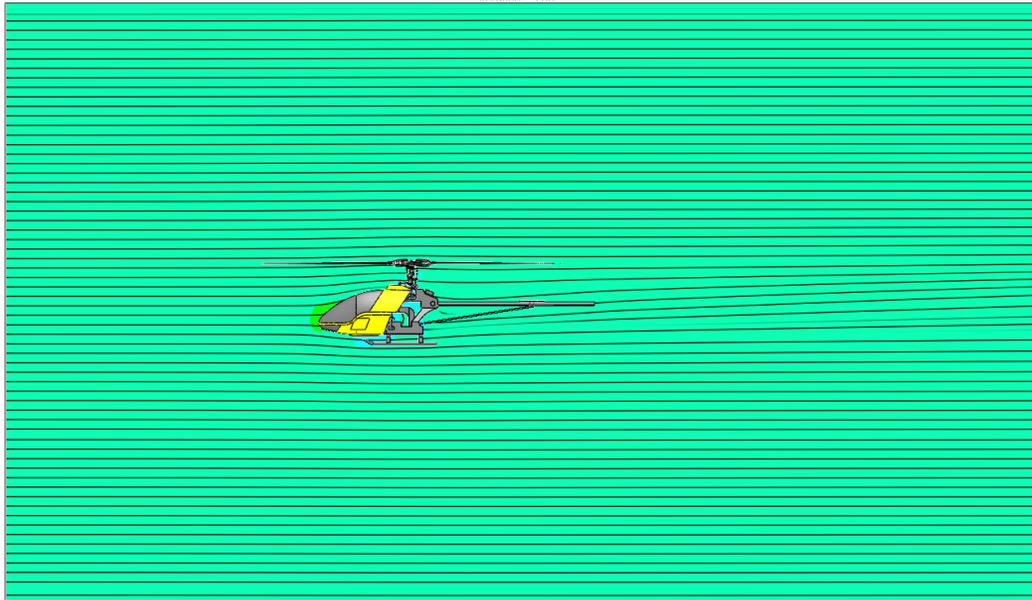
Pressure [Pa]
Cut Plot 1: contours
Surface Plot 1: contours



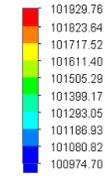
Iteration = 239



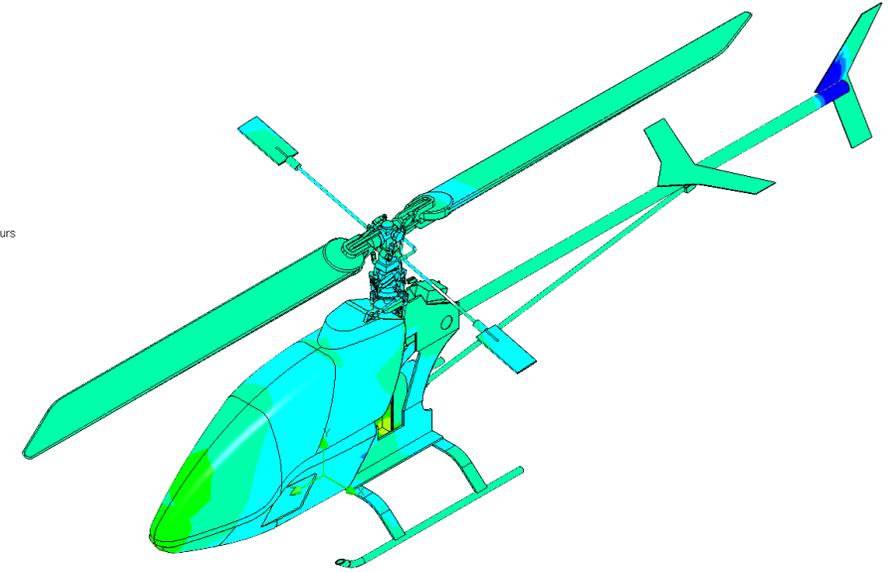
Pressure [Pa]
Cut Plot 1: contours



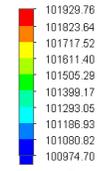
Iteration = 239



Pressure [Pa]
Cut Plot 1: contours
Surface Plot 1: contours



Iteration = 277



Pressure [Pa]
Cut Plot 1: contours



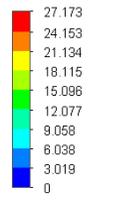
Iteration = 277



VELOCIDADES

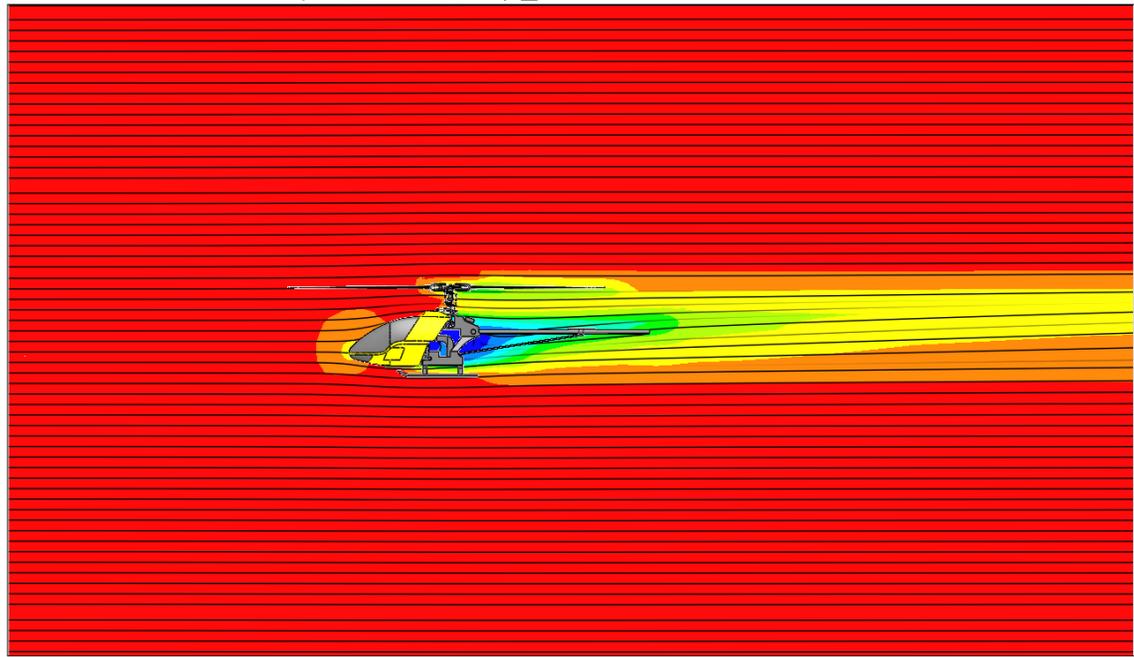
SEGUNDA
POSICIÓN

CUARTA
POSICIÓN

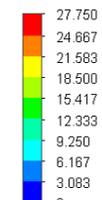


Velocity [m/s]

Cut Plot 1: contours

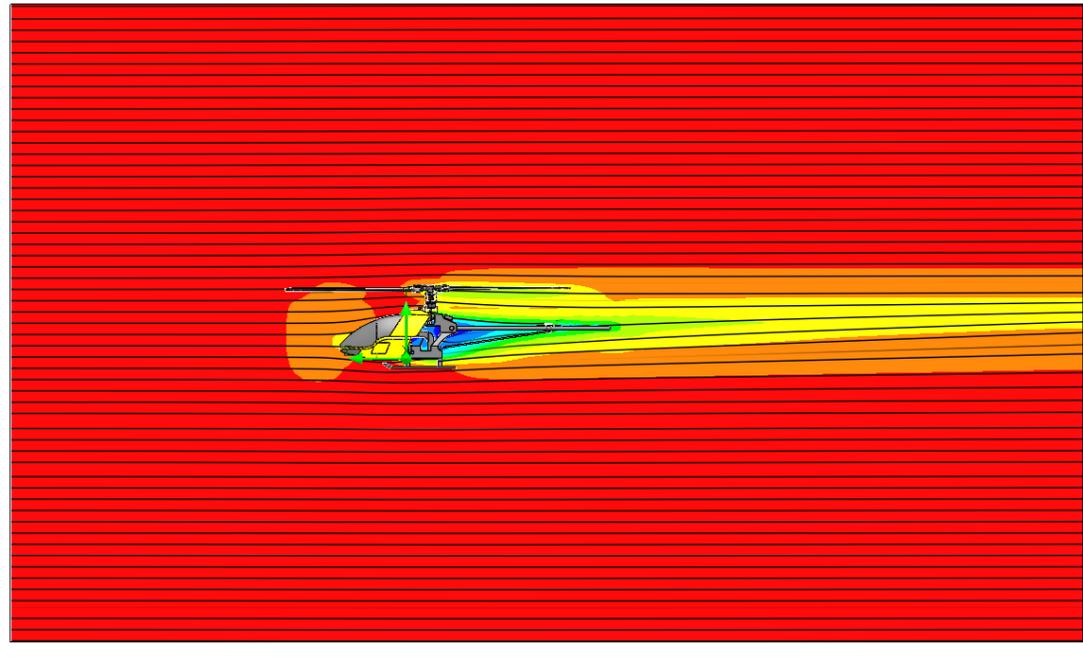


Iteration = 239



Velocity [m/s]

Cut Plot 1: contours



Iteration = 277

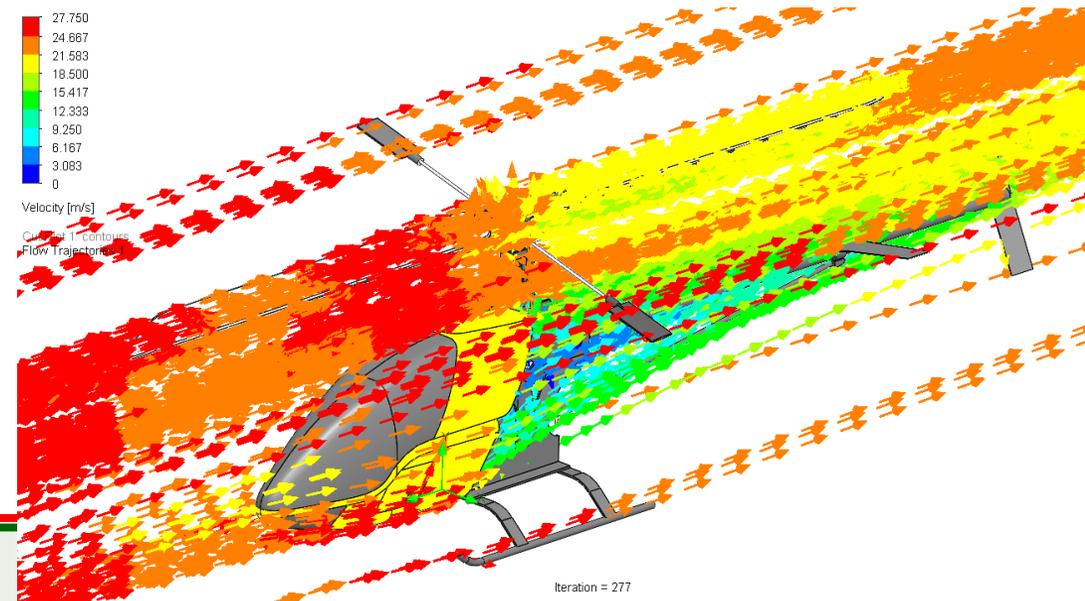
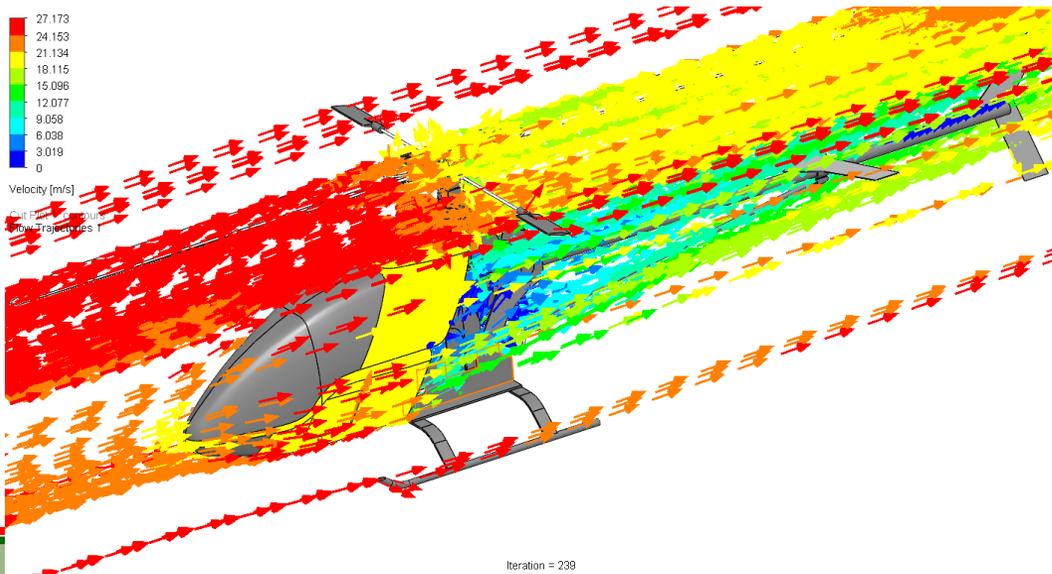
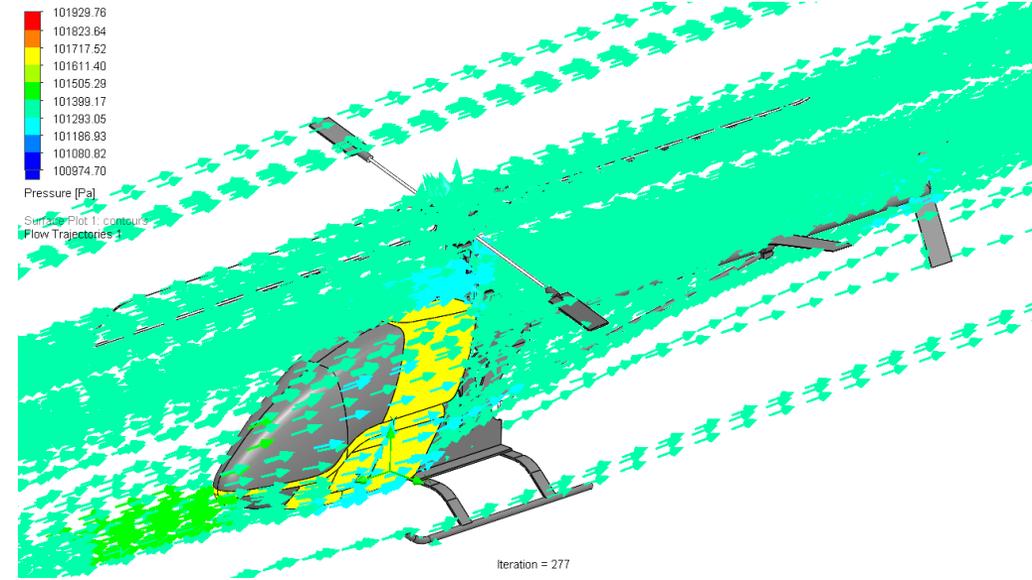
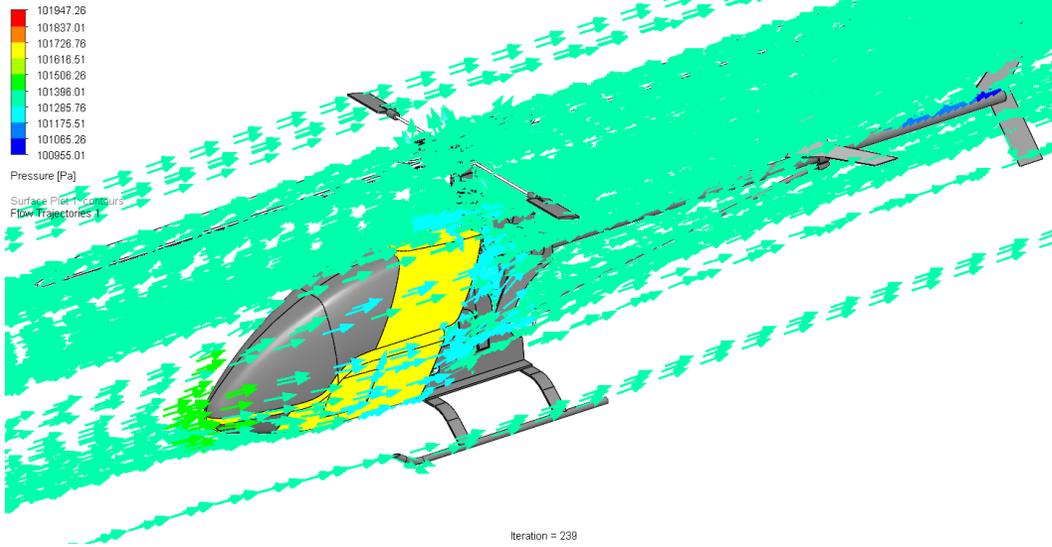


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SEGUNDA POSICIÓN

TRAYECTORIA DEL AIRE

CUARTA POSICIÓN



CONCLUSIONES

El diseño propuesto está validado por medio de CFD y análisis estructural en el cual podemos evidenciar un buen comportamiento de los mecanismos de operación y control, por lo cual se puede proceder con la construcción de los mismos.

La selección del motor para un helicóptero de aeromodelismo es un proceso que requiere cuidado y consideración. Balancear la potencia, eficiencia, compatibilidad y otros factores garantizará un rendimiento óptimo y una experiencia de vuelo satisfactoria. Por ello con los resultados obtenidos de vuelos de experimentación podemos llegar a la conclusión que la selección y montaje del motor fue satisfactoria, debido a que logramos adecuar a la estructura del prototipo con el motor y demás mecanismos.

La construcción de un control remoto para un helicóptero de aeromodelismo es un proyecto avanzado que requiere habilidades técnicas y dedicación. La planificación cuidadosa, la selección de componentes de calidad y las pruebas rigurosas son esenciales para lograr un control remoto funcional y seguro.

¡Gracias!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA