



PROCESOS DE FABRICACIÓN, INTEGRACIÓN Y PRUEBAS FUNCIONALES DE UNA AVIÓN NO TRIPULADO

PROYECTO CÉFIRO

Autor: Carlos Bernal Ortega

Tutor: Sergio Esteban Roncero

Departamento de Ingeniería Aeroespacial
Escuela Técnica Superior de Ingenieros



▣ Introducción

- Objetivos
- Características generales
- Características propias

▣ Procesos de fabricación

- Objetivo
- Técnicas CAD/CAM

▣ Procesos de integración

- Equipado de grupos estructurales
- Integración Estructural
- Integración de sistemas

▣ Pruebas Funcionales

- Objetivos
- Pruebas *Indoor*
- Pruebas *Outdoor*

▣ Gestión del Proyecto Céfiro

- Planificación
- Presupuesto

▣ Valoración

- Propuestas de mejora
- Superación de objetivos





Objetivos

- Educacional. Asignatura de Cálculo de Aviones y PFC
- Investigación y desarrollo. Departamento de Ing. Aeroespacial

Características generales

- Sistema de bajo coste
 - Materiales *Off-the-shelf*
- Diseñado según un concepto modular
 - Unidades fácilmente intercambiables (flexibilidad ante re-diseño), reparables y transportables
- Grupos estructurales
 - Fuselaje en dos secciones (Fuselaje de Morro y Fuselaje Central)
 - Grupo Alar en tres secciones (Ala Central y Extremos de Ala), Ala alta
 - Cola (Estabilizador Horizontal en posición baja)
 - Tubos de Cola

- Introducción
 - **Objetivos**
 - **Características generales**
 - **Características propias**
- Procesos de fabricación
 - Objetivo
 - Técnicas CAD/CAM
- Procesos de integración
 - Equipado de grupos estructurales
 - Integración Estructural
 - Integración de sistemas
- Pruebas Funcionales
 - Objetivos
 - Pruebas *Indoor*
 - Pruebas *Outdoor*
- Gestión del Proyecto Céfire
 - Planificación
 - Presupuesto
- Valoración
 - Propuestas de mejora
 - Superación de objetivos



▢ Características propias:



▪ Configuración estructural

- Ala Alta, Estabilizador Horizontal en posición baja
- Configuración propulsiva tipo *Pusher*
- Amplia bahía de carga en Fuselaje de Morro
- Configuración tren de aterrizaje tipo triciclo, fijo

▪ Dimensiones (m)

- Envergadura – 2.9
- Longitud – 2.7
- Altura (con tren) – 0.85

▪ Pesos (Kg)

- Máximo al despegue (MTOW) – 25.6
- Cargo de pago máxima – 7.5
- Máximo de combustible – 2

▪ Actuaciones

- Vel. Crucero (Km/h) – 90
- Vel. Máxima ascensional (m/s) – 3.2
- Vel. de Máximo Alcance (Km/h) – 74
- Vel. de Máxima Autonomía (Km/h) – 65
- Techo a MTOW (m) – 1500
- Alcance máximo (Km) – 100
- Autonomía máxima (h) – 1.4
- Distancia de despegue (m) – 180
- Distancia de aterrizaje (m) – 613

▪ Planta de potencia

- Motor alternativo de un cilindro, dos tiempos
- Potencia (Hp) – 4.2
- Cubicaje (cm³) – 45
- Hélice (in) 22

PROCESOS DE FABRICACIÓN I



Objetivo:

- Optimizar
 - Fabricar a coste reducido
 - Potenciar el uso de materiales convencionales
 - Diseño + Fabricación = Técnicas CAD/CAM.
Optimización económica (materiales, tiempo)

Técnicas CAD/CAM:

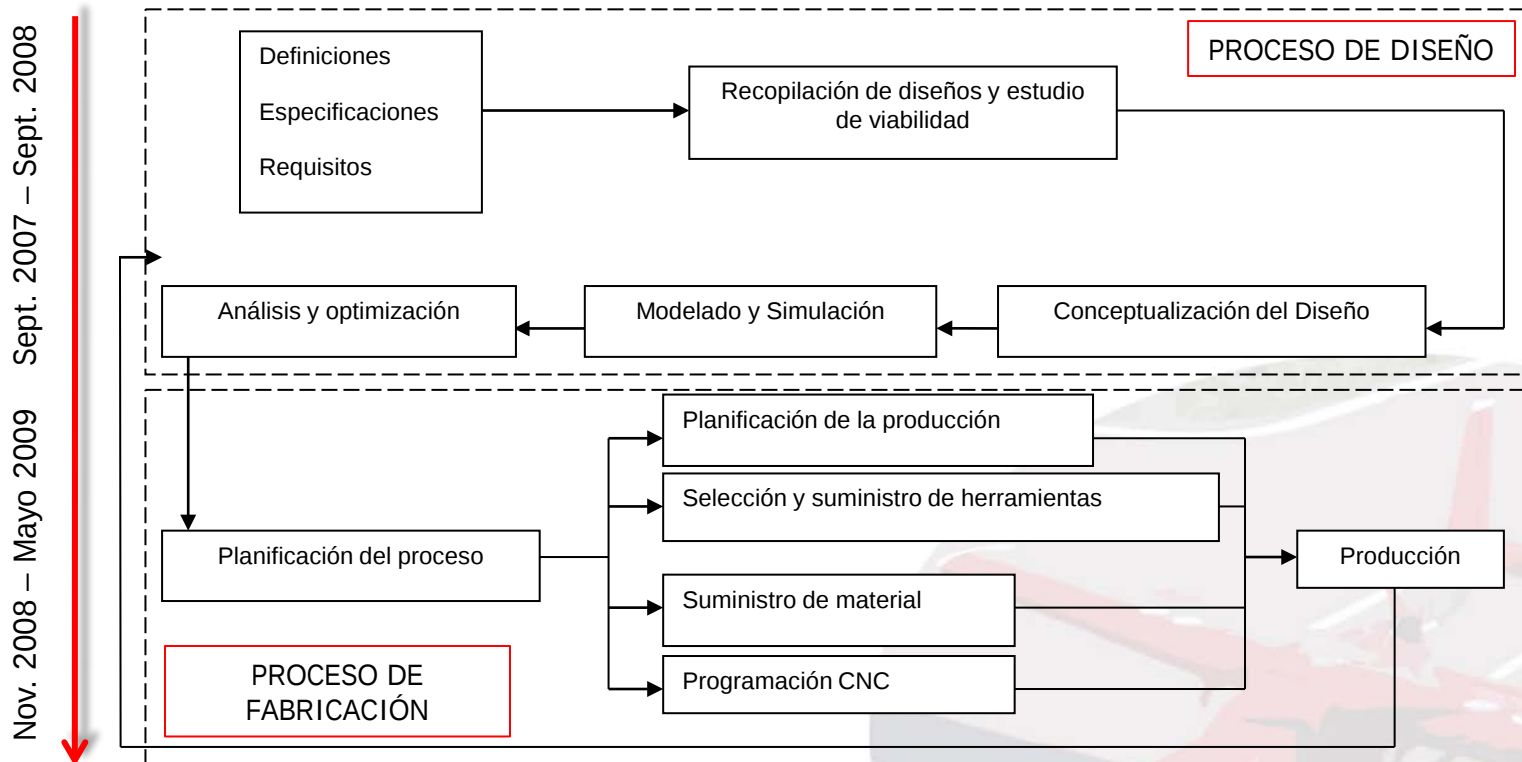
- Desarrollo del proceso CAD/CAM
 - Operaciones realizadas
- Requisitos de Herramientas
 - Herramientas gráficas
 - Máquina Herramienta
 - Herramientas secundarias
- Metodología
 - Entornos de trabajo
- Proceso de producción

- Introducción
 - Objetivos
 - Características generales
 - Características propias
- Procesos de fabricación
 - Objetivo
 - Técnicas CAD/CAM
- Procesos de integración
 - Equipado de grupos estructurales
 - Integración Estructural
 - Integración de sistemas
- Pruebas Funcionales
 - Objetivos
 - Pruebas *Indoor*
 - Pruebas *Outdoor*
- Gestión del Proyecto Céfiro
 - Planificación
 - Presupuesto
- Valoración
 - Propuestas de mejora
 - Superación de objetivos

PROCESOS DE FABRICACIÓN II

Desarrollo del proceso CAD/CAM:

- Operaciones realizadas

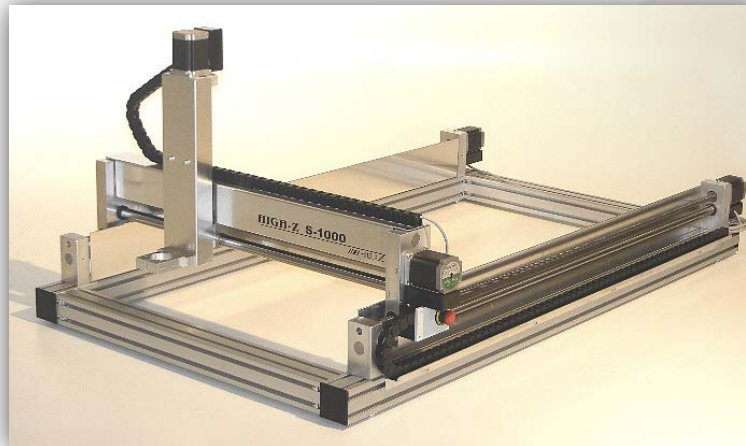


PROCESOS DE FABRICACIÓN III



Requisitos de Herramientas:

- Herramientas gráficas
 - Programas de diseño asistido por ordenador – CATIA V5
 - Programas para generar trayectorias de corte – VCarve Pro
 - Programa para control de la máquina CNC – WinPC-NC Professional
- Máquinas Herramienta
 - Estación de fresado CNC
 - Taladro de banco, Máquina de cinta de sierra metálica, Lijadora
- Herramientas secundarias
 - Soldador, perforador y atornilladora manuales, herramientas para corte, lijado, etc.



PROCESOS DE FABRICACIÓN IV



Metodología:

1. Entorno CATIA V5

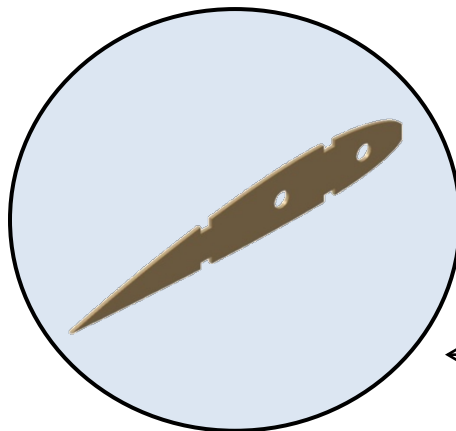
- Guardar cada componente a cortar de forma separada (CATIA PART)
- De componente se genera una vista frontal a escala 1:1 (CATIA DRAWING → .dxf)

2. Entorno VCarve Pro

- Tratamiento de archivos .dxf: edición de las trayectorias de corte
- Generar archivo para post-proceso (.tap)

3. Entorno WinPC-NC Professional

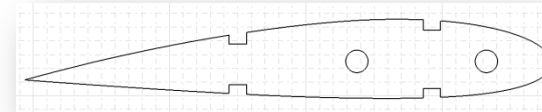
- Reproducción de archivos .tap: ejecución de las trayectorias de corte



1. Componente EA 15 (costilla de Extremo de Ala) en CATIA V5. [Archivo CATIA PART]



2. Módulo Drafting



3. Plano a escala 1:1 del componente EA 15. [Archivo .dxf]



4. Pre-proceso y Post-proceso

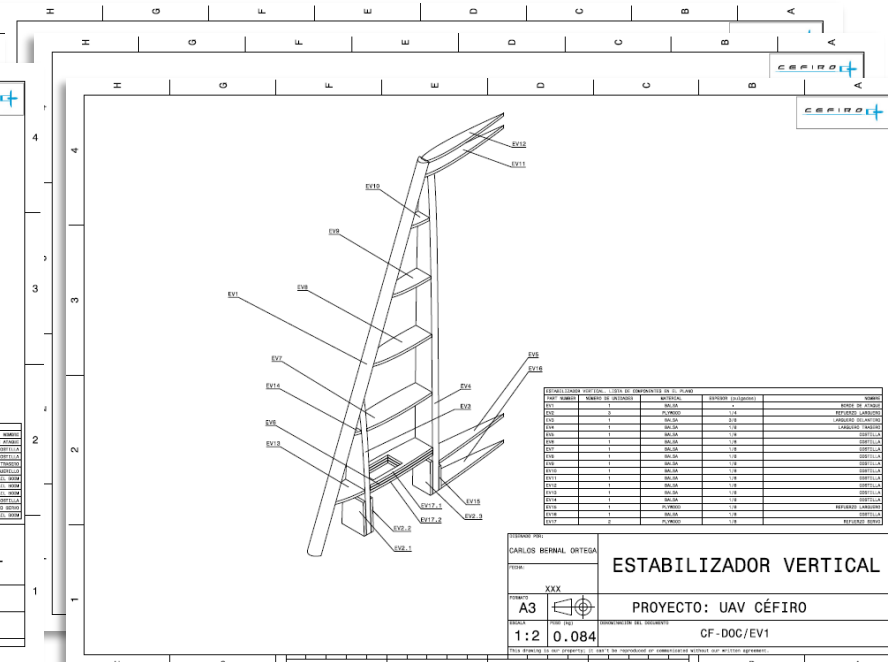
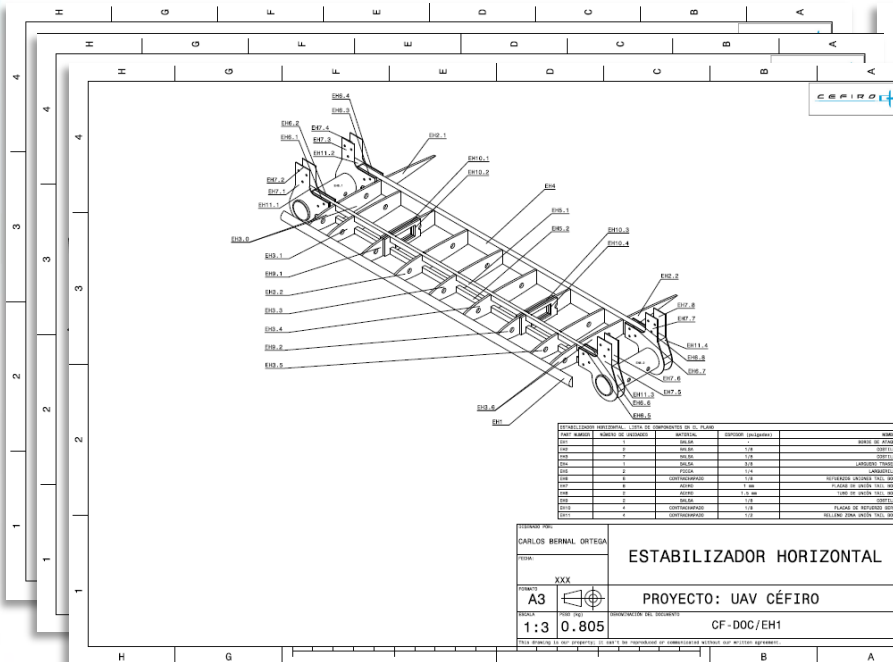


¿mejora?

PROCESOS DE FABRICACIÓN V

Proceso de producción I:

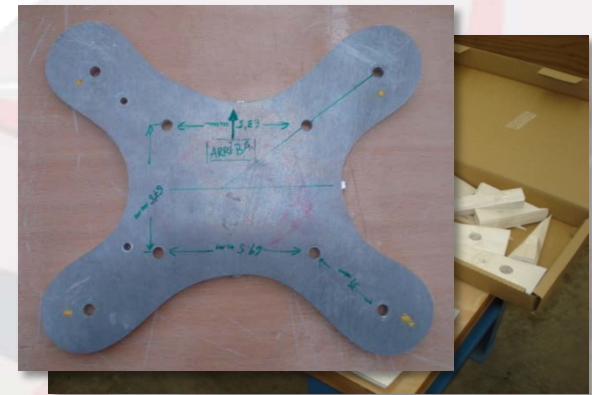
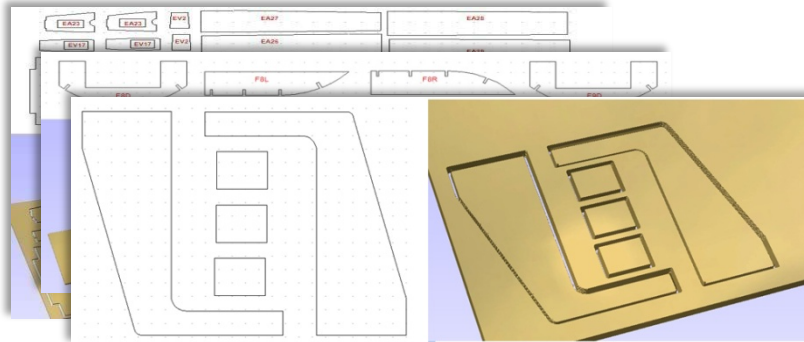
1. Listas de corte y planos de Configuración
2. Corte de componentes mediante CNC (piezas y utillajes)
3. Construcción
4. ¿Necesidad de mejora en el diseño? → Implantación en tiempo real en modelo CAD



PROCESOS DE FABRICACIÓN VI



Proceso de producción II:



PROCESOS DE FABRICACION, INTEGRACION Y PRUEBAS FUNCIONALES DE UN AVIÓN NO TRIPULADO

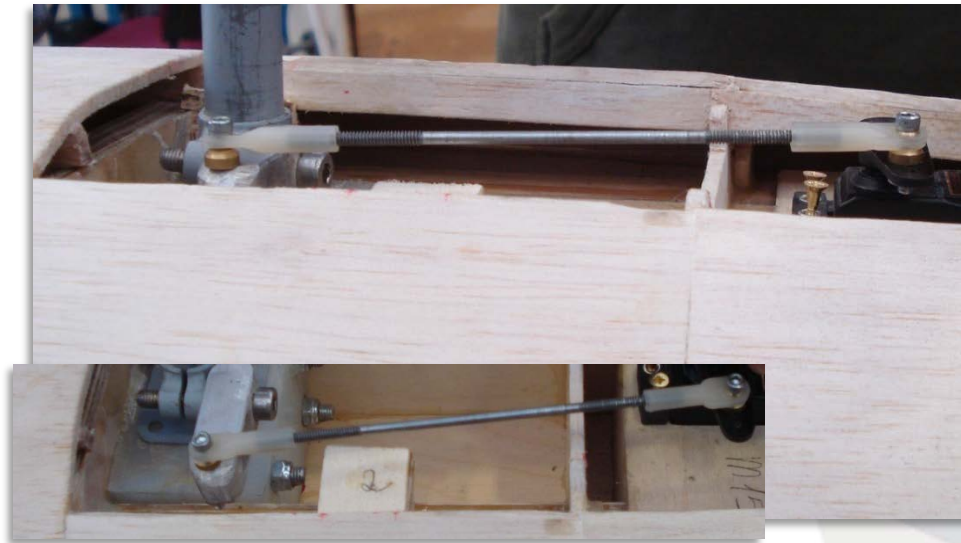
Sevilla, Diciembre 2009

PROCESOS DE INTEGRACIÓN I



▣ Equipado de grupos estructurales I:

- Equipado del Fuselaje de Morro:
 - Sistema de mando de dirección para Tren Auxiliar
 - Terminales de conexión de tipo rótula
 - Varilla roscada en ambos extremos
 - Servo digital de alto par (24.5 Kg·cm)



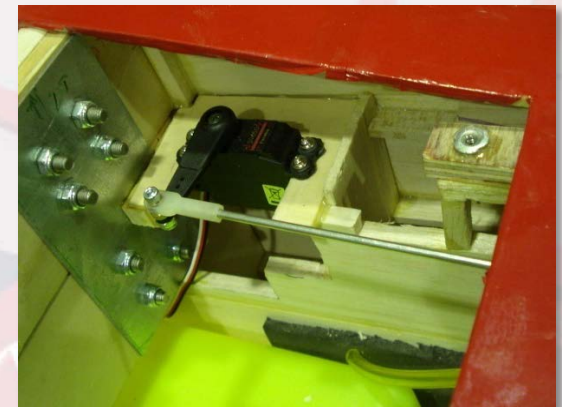
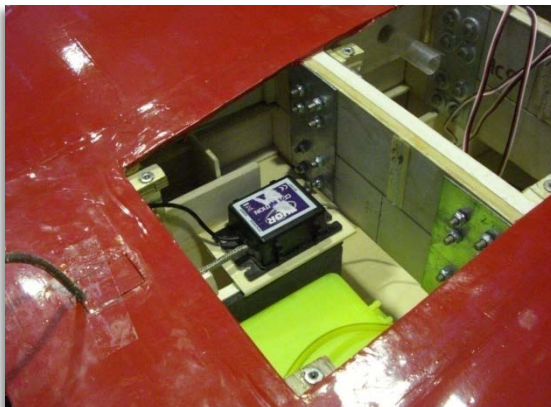
- Introducción
 - Objetivos
 - Características generales
 - Características propias
- Procesos de fabricación
 - Objetivo
 - Técnicas CAD/CAM
- Procesos de integración
 - Equipado de grupos estructurales
 - Integración Estructural
 - Integración de sistemas
- Pruebas Funcionales
 - Objetivos
 - Pruebas Indoor
 - Pruebas Outdoor
- Gestión del Proyecto Céfiro
 - Planificación
 - Presupuesto
- Valoración
 - Propuestas de mejora
 - Superación de objetivos

PROCESOS DE INTEGRACIÓN II



Equipado de grupos estructurales II:

- Equipado del Fuselaje Central:
 - Sistema de comunicaciones
 - Interruptor de encendido
 - Baterías (LiPo 7.4 V a 2000 mAh / 2200 mAh; NiCd 4.8 V a 2200 mAh)
 - Regulador de tensión (8 V estables)
 - Receptor (9 canales)
 - Planta de potencia
 - Equipado del motor (modelo THOR 45)
 - Control de motor
 - Varilla roscada en ambos extremos, doblada
 - Terminales de conexión tipo rótula y con cierre de seguridad + retenedor
 - Servo digital de bajo par (4.5 Kg · cm)
 - Sistema de combustible



PROCESOS DE FABRICACIÓN, INTEGRACIÓN Y PRUEBAS FUNCIONALES DE UN AVIÓN NO TRIPULADO

Sevilla, Diciembre 2009

PROCESOS DE INTEGRACIÓN III



▢ Equipado de grupos estructurales III:

- Equipado de Cola y Grupo Alar
 - Control de superficies de mando
 - Varilla de transmisión
 - Conectores tipo "screwlock pushrod"
 - Escuadras de mando

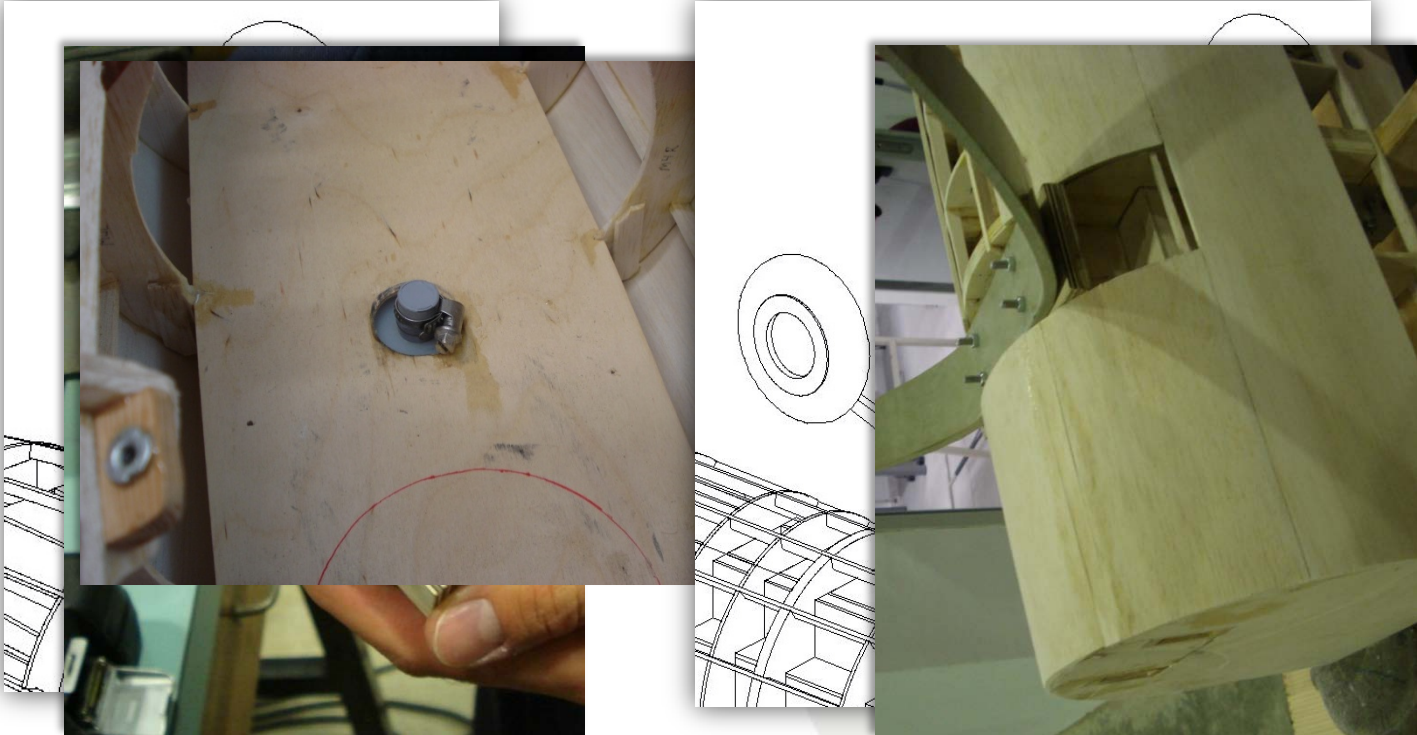


PROCESOS DE INTEGRACIÓN IV



Integración estructural I:

- Integración del sistema de Tren de Aterrizaje en Fuselaje
 - Tren Auxiliar – bloque de nylon (unión atornillada), presilla de acero
 - Tren principal – placa de contrachapado (unión atornillada)

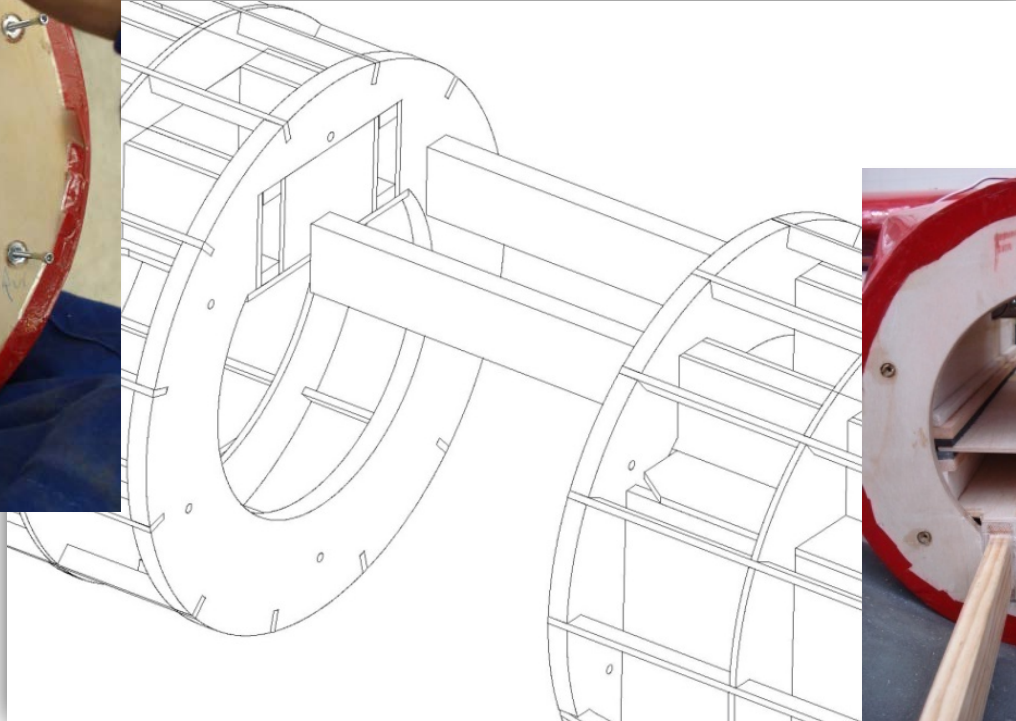


PROCESOS DE INTEGRACIÓN V



Integración estructural II:

- Integración Fuselaje de Morro – Fuselaje Central
 - Largueros “macho – hembra”
 - Unión de atornillada de cuadernas

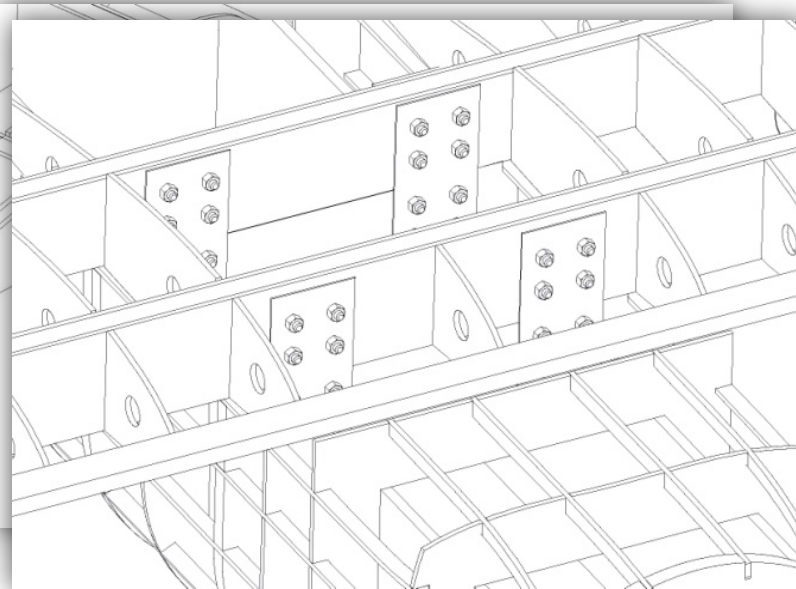


PROCESOS DE INTEGRACIÓN VI



Integración estructural III:

- Integración del Grupo Alar: Extremos de Ala – Ala Central
 - Largueros “macho – hembra” (unión atornillada)
- Integración Ala Central – Fuselaje Central (“permanente”)
 - Chapas de acero (unión atornillada)



PROCESOS DE INTEGRACIÓN VII



Integración estructural IV:

- Tubos de Cola – Grupo Alar
 - Unión atornillada
- Integración Superficies de Control – Grupo Alar y Cola
 - Bisagras (unión adhesiva, asegurada con alfileres de acero)

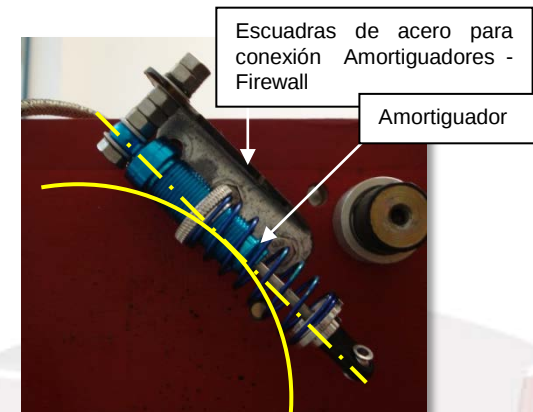
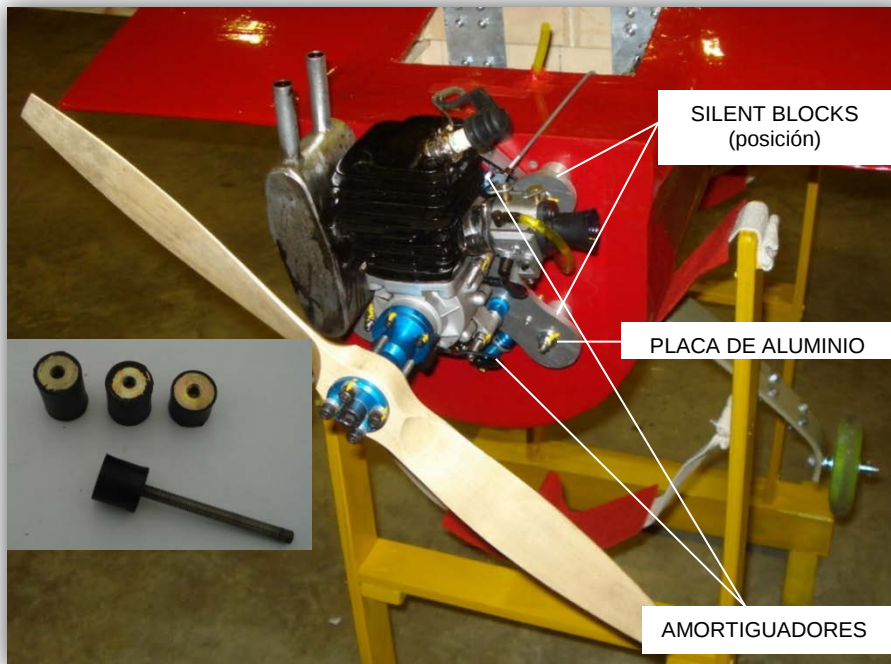


PROCESOS DE INTEGRACIÓN VIII



Integración estructural V:

- Integración de carga de pago en Fuselaje de Morro
 - Plomada + estructura de integración (3,6 Kg) (unión atornillada)
- Integración Motor – Firewall
 - Placa de Aluminio, *Silent blocks*, Amortiguadores

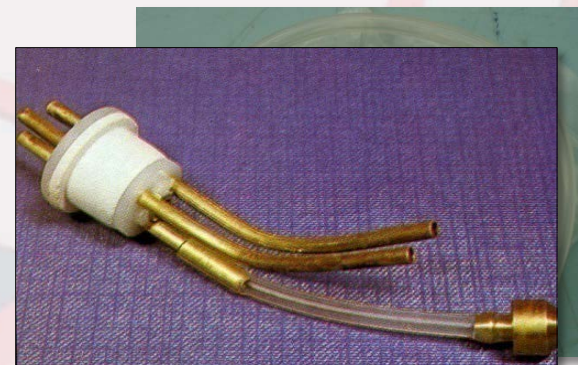
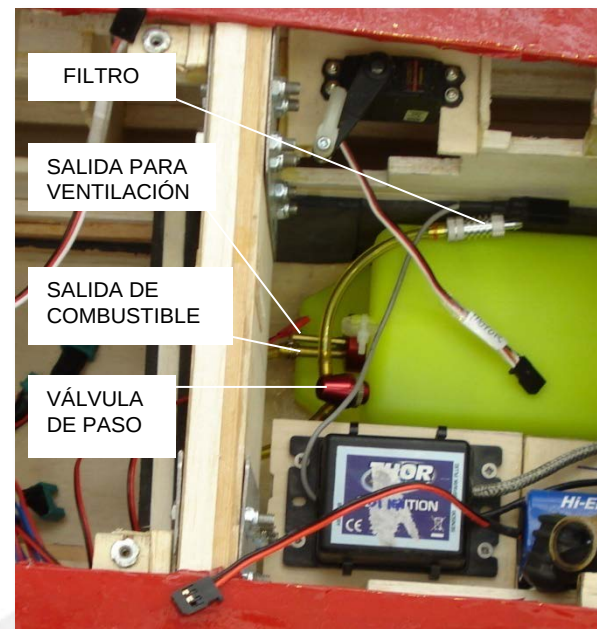
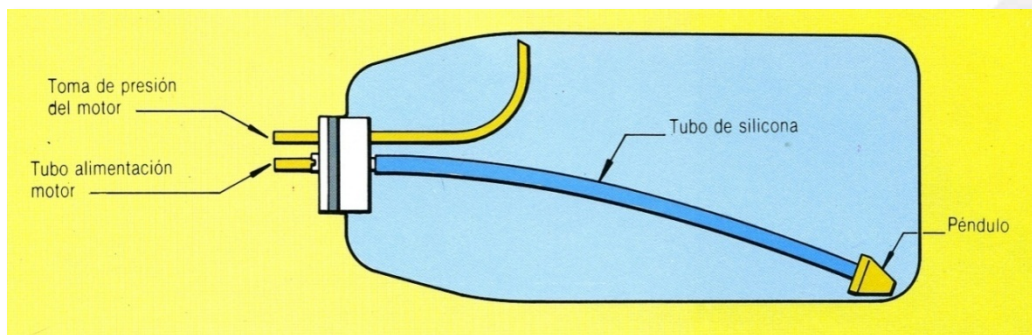
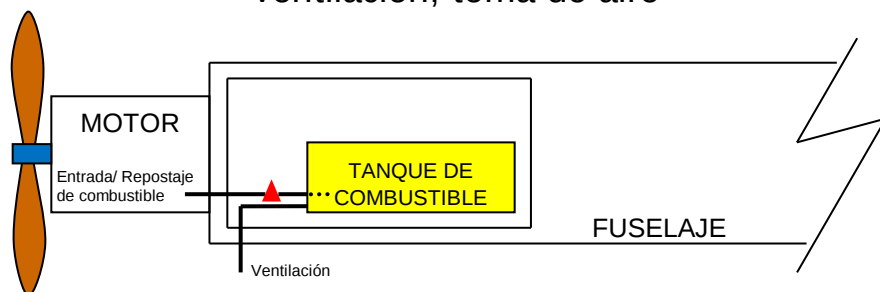


PROCESOS DE INTEGRACIÓN IX



Integración de sistemas I:

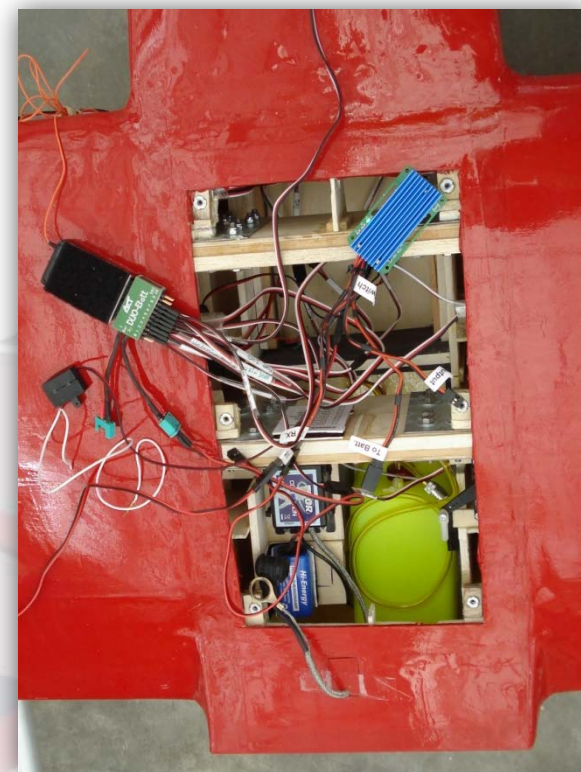
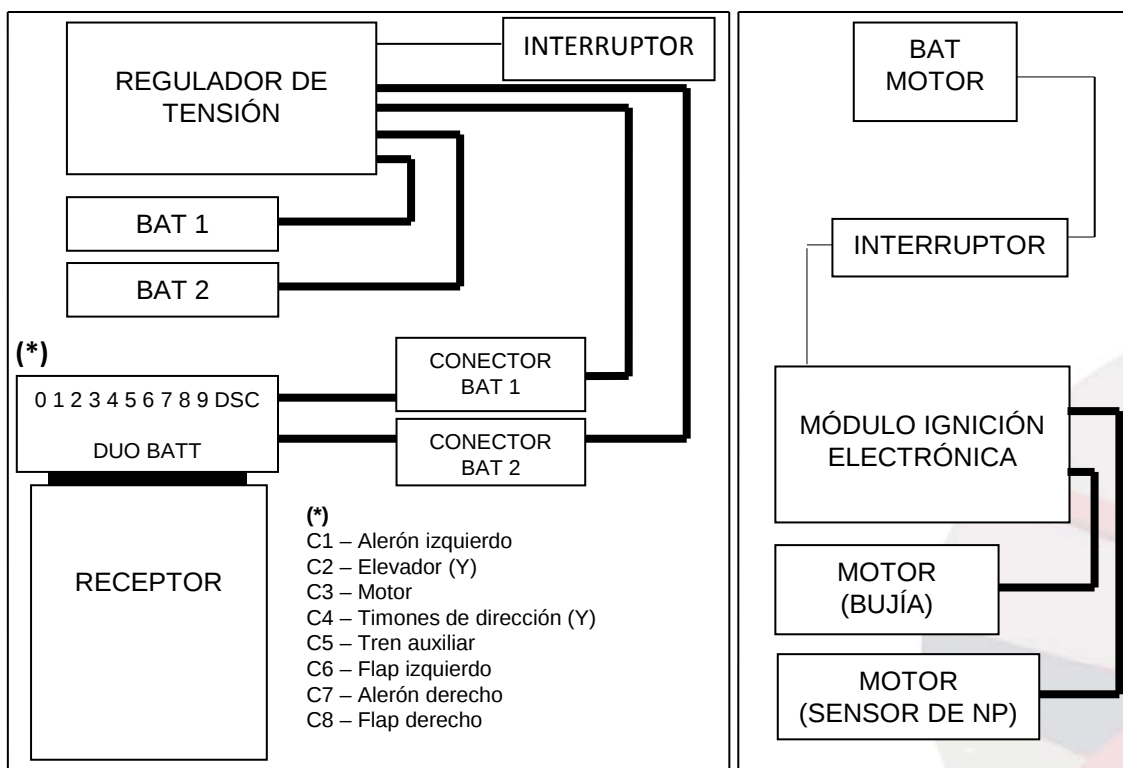
- Conexión del sistema de combustible:
 - Tres segmentos
 - Conducción interior al tanque de combustible
 - Conducción hacia el carburador
 - Ventilación, toma de aire



PROCESOS DE INTEGRACIÓN X

Integración de sistemas II:

- Conexionado del sistema eléctrico
 - Sistema de comunicaciones
 - Sistema de mandos – vuelo, motor y tren auxiliar

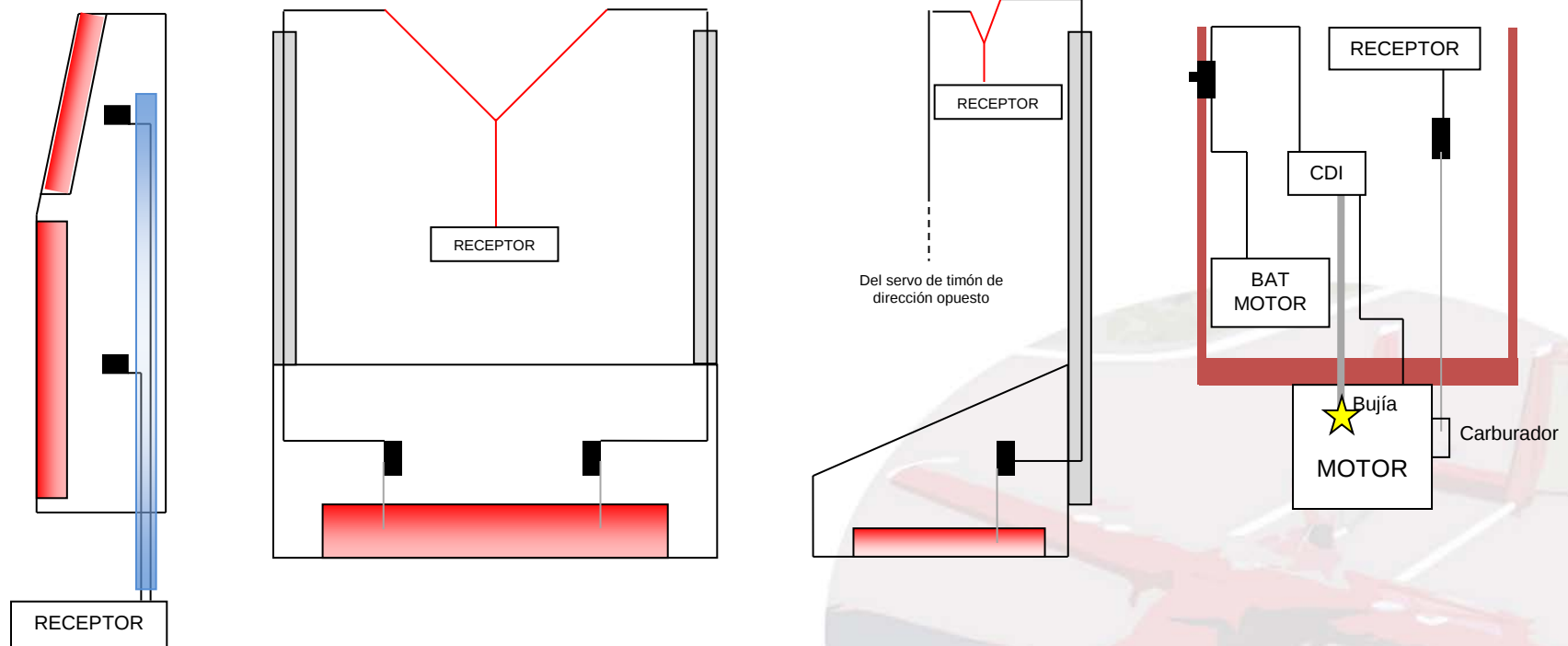


PROCESOS DE INTEGRACIÓN XI



Integración de sistemas III:

- Esquemas de los sistemas de mandos de vuelo y de motor



PRUEBAS FUNCIONALES I



Objetivos:

- Demostrar que los sistemas del avión de forma autónoma funcionan correctamente.
- Asegurar todas y cada una de las uniones funcionales entre los sistemas

Pruebas *Indoor* :

- Continuidad de la instalación de cableado
- Reglaje de mandos de vuelo, Alabeo
- Reglaje de mandos de vuelo, Dirección
- Reglaje de mandos de vuelo, Altura
- Reglaje de flaps
- Reglaje del mando dirección de tren
- Barrido de ángulos en alabeo
- Barrido de ángulos en altura
- Barrido de ángulos en dirección
- Respuesta de la dirección de Tren Auxiliar
- Actuación de flaps
- Pesaje del UAV

Pruebas *Outdoor* :

- Rodaje de motor en banco
- Funcionamiento de los sistemas con el motor en marcha
- Rango de captación de la señal radiada por la emisora

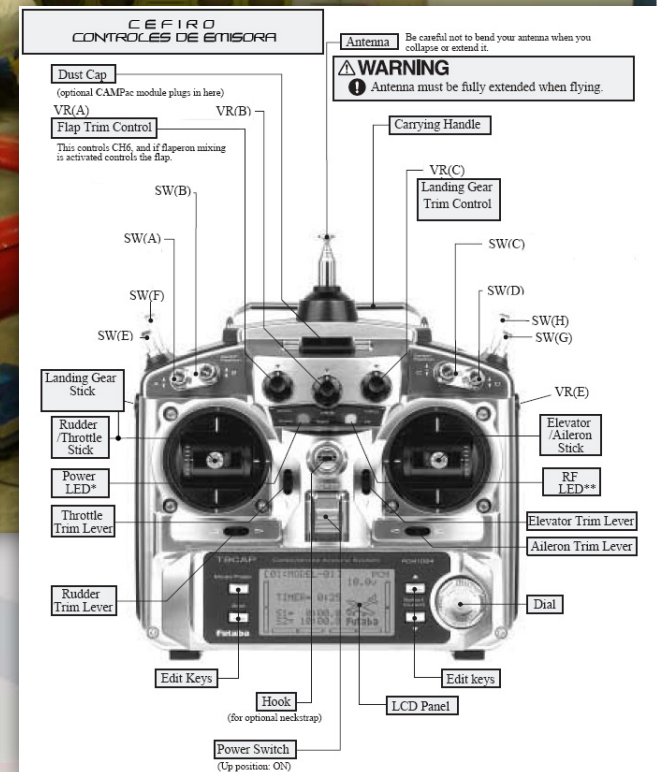
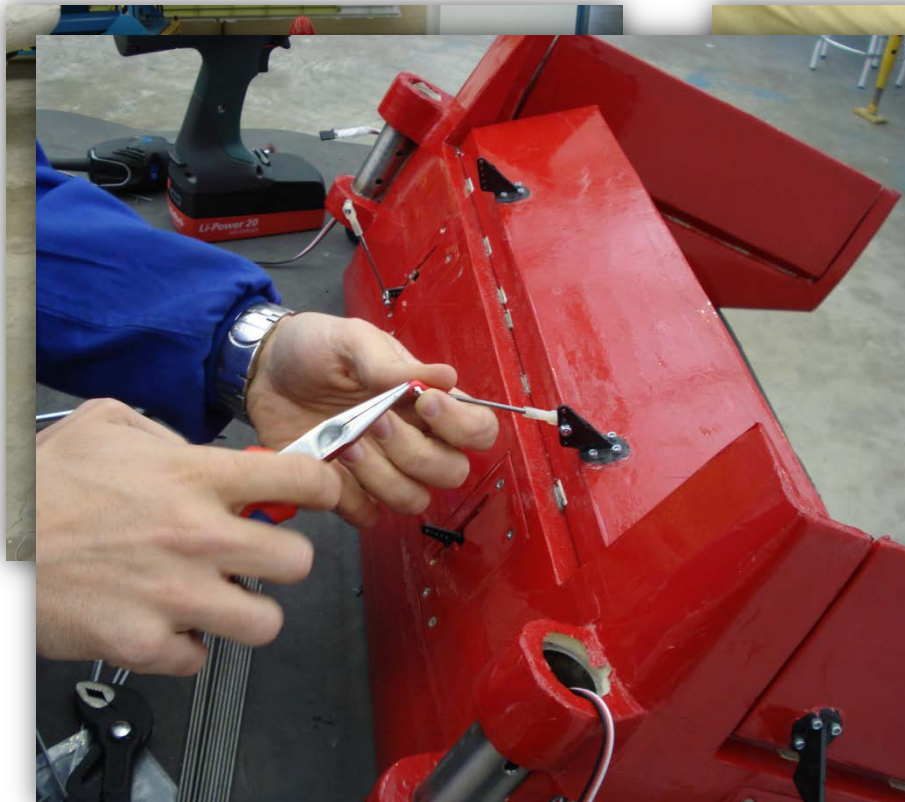
- Introducción
 - Objetivos
 - Características generales
 - Características propias
- Procesos de fabricación
 - Objetivo
 - Técnicas CAD/CAM
- Procesos de integración
 - Equipado de grupos estructurales
 - Integración Estructural
 - Integración de sistemas
- Pruebas Funcionales
 - Objetivos
 - Pruebas *Indoor*
 - Pruebas *Outdoor*
- Gestión del Proyecto Céfiro
 - Planificación
 - Presupuesto
- Valoración
 - Propuestas de mejora
 - Superación de objetivos

PRUEBAS FUNCIONALES II



Pruebas *Indoor*.

- Continuidad de la instalación de cableado
- Pesada
- Reglaje de mandos de vuelo, Altura



PROCESOS DE FABRICACION, INTEGRACION Y PRUEBAS FUNCIONALES DE UN AVIÓN NO TRIPULADO

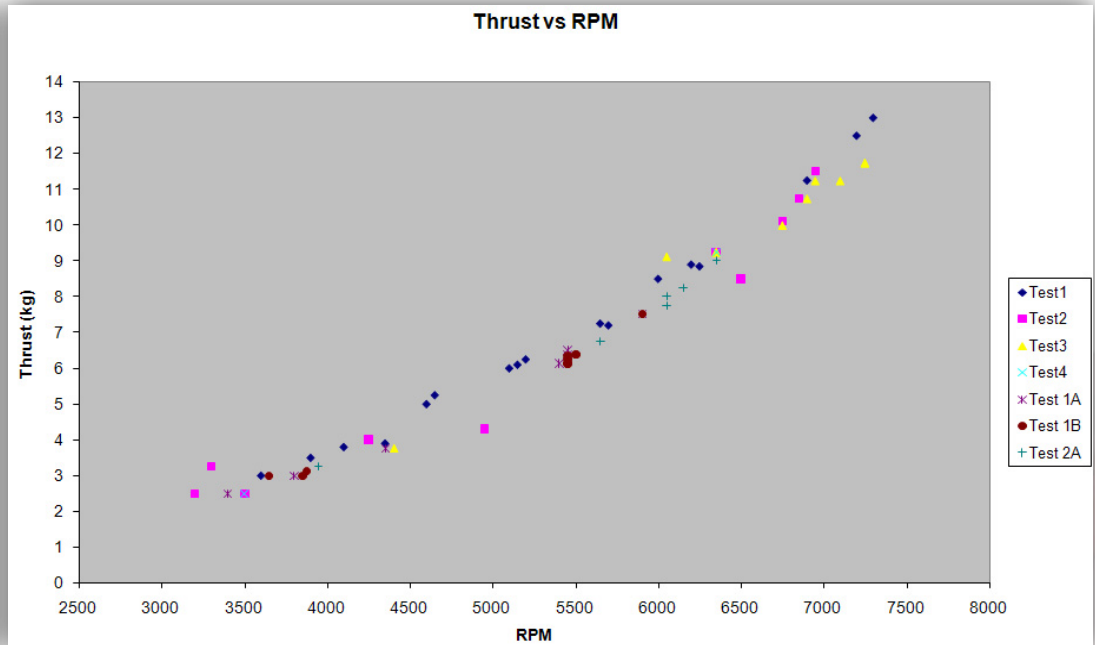
Sevilla, Diciembre 2009

PRUEBAS FUNCIONALES IV



Pruebas *Outdoor* I:

- Rodaje de motor en banco

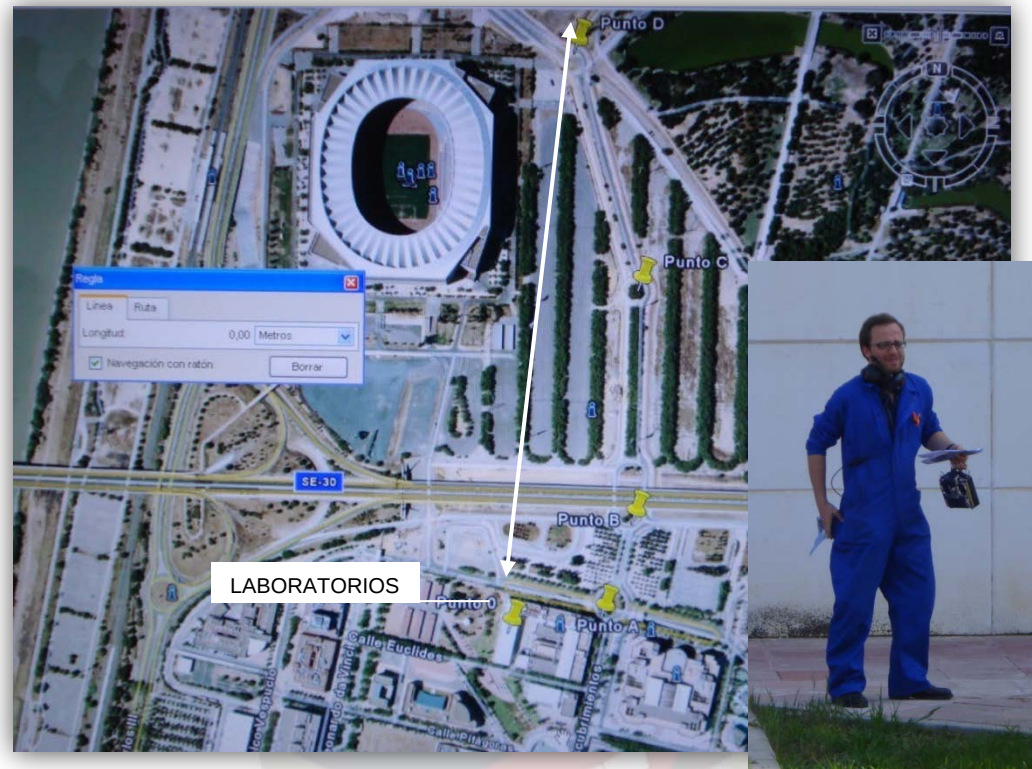


PRUEBAS FUNCIONALES V



▣ Pruebas *Outdoor* II:

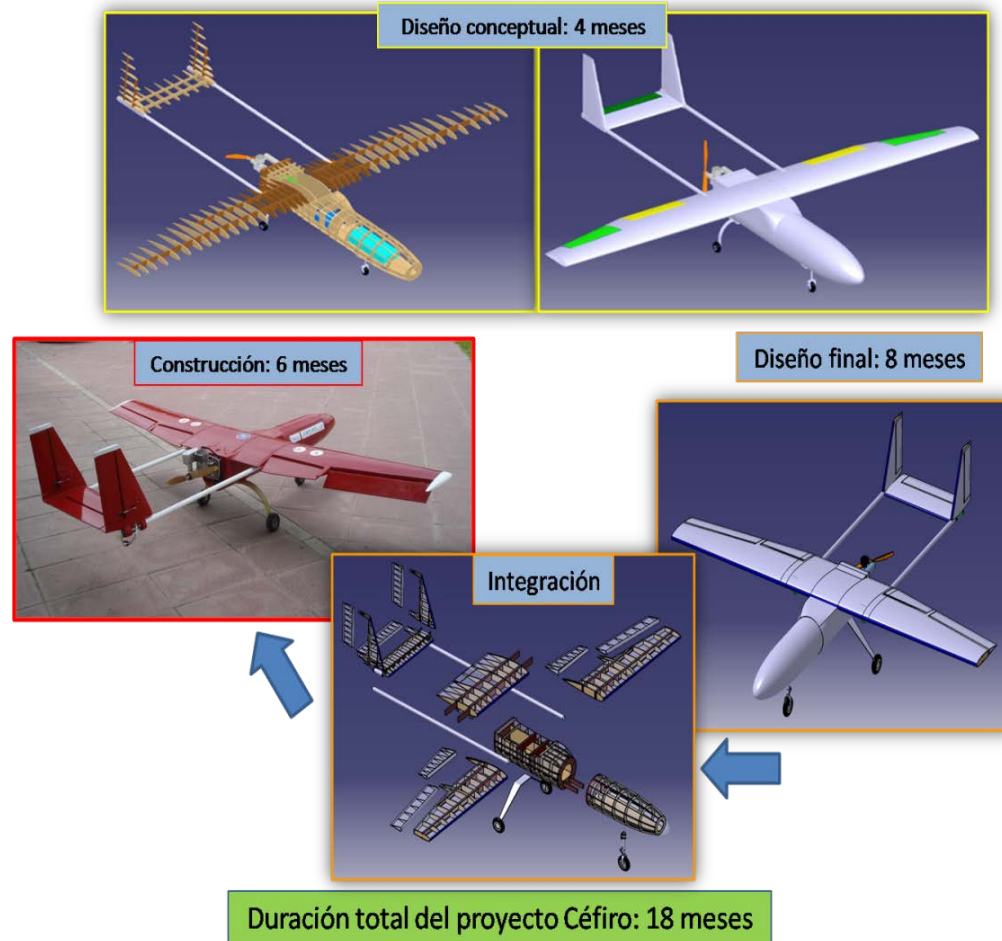
- Rango de captación de la señal radiada por la emisora



GESTIÓN DEL PROYECTO CÉFIRO I



Planificación:



- Introducción
 - Objetivos
 - Características generales
 - Características propias
- Procesos de fabricación
 - Objetivo
 - Técnicas CAD/CAM
- Procesos de integración
 - Equipado de grupos estructurales
 - Integración Estructural
 - Integración de sistemas
- Pruebas Funcionales
 - Objetivos
 - Pruebas Indoor
 - Pruebas Outdoor
- Gestión del Proyecto Céfiro
 - Planificación
 - Presupuesto
- Valoración
 - Propuestas de mejora
 - Superación de objetivos

▪ Estimación 62 días
(situación ideal) (Microsoft Project)

PROCESOS DE FABRICACION, INTEGRACION Y PRUEBAS FUNCIONALES DE UN AVIÓN NO TRIPULADO

Sevilla, Diciembre 2009

GESTIÓN DEL PROYECTO CÉFIRO II



Presupuesto:

- Aproximación 3906 €
 - Falta de *know-how*
 - Uso parcial de elementos comprados
 - Compras en exceso (imprevistos)
 - Préstamos de algunas materias primas
 - Costes no computados: mano de obra, equipos y maquinaria, algunos materiales

COSTES DIRECTOS UAV CÉFIRO	
Planta de potencia	303,26 €
Sistema de combustible	149,39 €
Hélices	84,54 €
Herramientas de alineamiento y medida	140,90 €
Herramientas de recubrimiento	92,78 €
Sistema de comunicaciones	665,72 €
Servos y Conectores	973,20 €
Baterías	270,14 €
Adhesivos	239,64 €
Tornillería	234,87 €
Herramientas para construcción	109,2 €
Elementos de transmisión	113,05 €
Maderas (pedido 1)	217,63 €
Maderas (pedido 2)	275,95 €
Recubrimientos y pintura	147,8 €
Tren de aterrizaje	212,82 €
Tubos de cola	25€
Total	4255,9 €

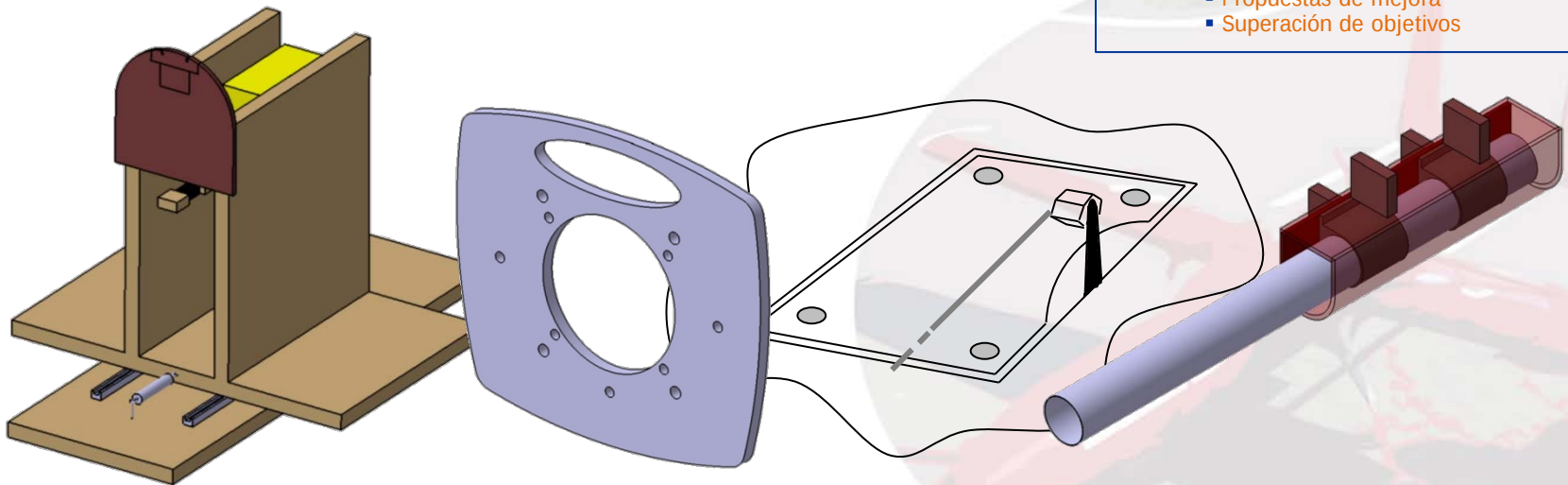
VALORACIÓN I



Propuestas de mejora:

- Procesos de Fabricación
 - Mejora de las técnicas de Fabricación
 - Componentes y materiales
 - Planificación de las actividades de Fabricación
- Procesos de Integración
 - Mejora de las técnicas de construcción e integración:
¿Requieren cambios en diseño CAD?
- Pruebas Funcionales

- Introducción
 - Objetivos
 - Características generales
 - Características propias
- Procesos de fabricación
 - Objetivo
 - Técnicas CAD/CAM
- Procesos de integración
 - Equipado de grupos estructurales
 - Integración Estructural
 - Integración de sistemas
- Pruebas Funcionales
 - Objetivos
 - Pruebas Indoor
 - Pruebas Outdoor
- Gestión del Proyecto Céforo
 - Planificación
 - Presupuesto
- Valoración
 - Propuestas de mejora
 - Superación de objetivos



PROCESOS DE FABRICACION, INTEGRACION Y PRUEBAS FUNCIONALES DE UN AVIÓN NO TRIPULADO

Sevilla, Diciembre 2009



▣ Superación de objetivos:

- Educativos. Proyecto Fin de Carrera
- Profesionales. Trabajo coordinado en equipo



**CAPACIDAD DEMOSTRADA PARA DISEÑAR Y CONSTRUIR UN AVIÓN UAV A MEDIDA
EN BASE A ESPECIFICACIONES DE PARTIDA**

PROCESOS DE FABRICACION, INTEGRACION Y PRUEBAS FUNCIONALES DE UN AVIÓN NO TRIPULADO

Sevilla, Diciembre 2009

FIN DE LA PRESENTACIÓN



Gracias por su atención



PROCESOS DE FABRICACION, INTEGRACION Y PRUEBAS FUNCIONALES DE UN AVIÓN NO TRIPULADO

Sevilla, Diciembre 2009