

# Trabajo Fin de Grado

## Ingeniería Aeroespacial

Modelado y recreación en el software CATIA V5 del  
avión De Havilland Mosquito B Mk. IV.

Autor: Cinta Carrasco Gómez

Tutor: María Gloria del Río Cidoncha

Dpto. de Ingeniería Gráfica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2022





Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Aeroespacial

# **Modelado y recreación en el software CATIA V5 del avión De Havilland Mosquito B Mk. IV.**

Autor:

Cinta Carrasco Gómez

Tutor:

María Gloria del Río Cidoncha

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Gráfica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2022



Trabajo de Fin de Grado: Modelado y recreación en el software CATIA V5 del avión De Havilland Mosquito B Mk. IV.

Autor: Cinta Carrasco Gómez

Tutor: María Gloria del Río Cidoncha

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2022

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

Puesto que este Proyecto supone el fin del Grado quisiera agradecer a aquellos que, durante todos estos años, han estado presentes y han aportado en mi vida, pues de todo se puede sacar un aprendizaje.

A mis amigos, por todo el esfuerzo en avanzar y por todos los momentos tanto buenos como difíciles.

A mi familia, quienes han sido un apoyo incondicional desde siempre.

Aunque muchos logros son de uno mismo, hay que ser consciente de que no todo se puede hacer sin cierto apoyo y a veces este llega de una manera que no nos esperamos.

*Cinta Carrasco Gómez*  
*Grado en Ingeniería Aeroespacial*  
*Sevilla, 2022*



Este Proyecto tiene como principal objetivo recrear el avión bombardero de la Segunda Guerra Mundial De Havilland Mosquito B Mk. IV. El modelado se realizó mediante la herramienta de diseño 3D CATIA V5, un software presente en la industria aeronáutica actual. Además, otro motivo por el que se utilizó esta herramienta fue que ya se tenían ciertos conocimientos sobre ella provenientes de una asignatura del Grado, lo que dio lugar al desarrollo de estos.

En primer lugar, se llevó a cabo un estudio previo y una búsqueda de información y planos adecuados para el modelado posterior. Debido a la época en la que estuvo presente la aeronave, no fue posible encontrar unos planos completos. Por lo que fue necesario adaptar unos hasta conseguir las vistas requeridas. También se extrajeron de los planos tomados como referencia elementos pertenecientes a la estructura interna de la aeronave, lo que fue fundamental en el diseño de esta.

En el cuarto capítulo se detalla el proceso de modelado paso a paso. En este se recorre la aeronave siguiendo la división entre *Parts* tomada: Fuselaje, Estabilizador Horizontal, Estabilizador Vertical, Ala, Planta Motora y Góndolas y Tren de Aterrizaje. A su vez, cada *Part* está estructurado en los elementos y conjuntos en los que se divide. En general, se basa en la distinción entre estructura interna y superficie externa. Dentro los *Part* también se distingue entre acciones que generan superficies y sólidos y los elementos geométricos que son utilizados como soporte en el diseño: los primeros se recogen en *Bodys*, mientras que los segundos conforman los *Geometrical Sets*.

Teniendo esto en cuenta, el proceso de modelado comenzó utilizando el módulo *Sketch Tracer* para insertar las vistas en perfil y planta de la aeronave en el espacio 3D. Tras esto, se comenzó el modelado de los *Parts* mencionados en el párrafo anterior. Para ello se utilizaron principalmente los módulos de trabajo *Part Design*, *Generative Shape Design* y *Free Style*. Además, a lo largo del capítulo se detallan las decisiones de diseño tomadas.



# Abstract

---

The principal purpose of this work is to recreate the Second World War Bombardier De Havilland Mosquito B. Mk. IV. The model was made in the 3D design tool CATIA V5. This software is used in current aviation industry. Furthermore, CATIA V5 is used in this work because I have already worked in it at Degree. What allowed me to develop my knowledge about the software.

Firstly, it was necessary to do field research. It was difficult to find complete drawings due to the time the aircraft took part. Therefore, it was necessary to adapt drawings in order to have the perspectives. There were elements related to the intern structure in the drawings.

In the fourth chapter, it is described in detail the modelling process. It describes each *Part*: Fuselage, Horizontal Stabiliser, Vertical Stabilizer, Wing, Powerplant, Nacelles, and Landing Gear. Each *Part* is organized in *Geometrical Sets* and *Bodys*. *Geometrical Sets* contains all geometrical element used in that *Part* and *Bodys* contains surfaces and solids.

The modelling process started in *Sketch Tracer* module in order to have the perspectives in the software. Then, *Parts* were generated using different modules: *Part Design*, *Generative Shape Design* and *Free Style*.

# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract</b>	<b>xi</b>
<b>Índice</b>	<b>xii</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xiv</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. <i>Objetivo y motivación del proyecto</i>	1
1.2. <i>Ámbito de trabajo y metodología</i>	1
<b>2 De Havilland Mosquito B Mk. IV</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Origen y contexto histórico</i>	3
2.2. <i>Fabricación</i>	3
2.3. <i>Modelos De Havilland Mosquito</i>	4
2.4. <i>Actualidad</i>	4
<b>3 Estudio previo y Documentación</b>	<b>7</b>
<b>4 Proceso de Modelado</b>	<b>11</b>
4.1. <i>Fuselaje</i>	13
4.2. <i>Estabilizador horizontal</i>	21
4.3. <i>Estabilizador vertical</i>	26
4.4. <i>Ala</i>	31
4.5. <i>Planta motora y Góndolas</i>	38
4.6. <i>Tren de aterrizaje</i>	44
4.7. <i>Elementos de unión</i>	47
4.8. <i>Acabado exterior y modelo final</i>	53
<b>5 Conclusiones y futuras líneas de trabajo</b>	<b>62</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>64</b>



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2.1. Bombarteros Mosquito en una base de la RAF en 1940	3
Figura 2.2. Modelo de las Fuerzas Aéreas Israelíes	4
Figura 3.1. Plano principal de referencia	7
Figura 3.2. Plano planta del DH Mosquito Mk. IV	8
Figura 3.3. Plano perfil del DH Mosquito Mk. IV	8
Figura 3.4. Bocetos de las cuadernas	9
Figura 3.5. Bocetos de las costillas del ala	9
Figura 3.6. Dibujo de corte 3D	9
Figura 3.7. Dibujo de corte 3D con descripciones	10
Figura 4.1. Árbol del Estabilizador Horizontal	11
Figura 4.2. Vista de perfil insertada en la herramienta	12
Figura 4.3. Vista de planta insertada en la herramienta	12
Figura 4.4. Representación en el espacio 3D de los planos utilizados	13
Figura 4.5. Bocetos de las cuadernas colocadas en el espacio 3D	13
Figura 4.6. <i>Sketches</i> de las cuadernas	14
Figura 4.7. Cuadernas tras <i>Pad</i>	14
Figura 4.8. Secciones de los largueros de la mitad izquierda	14
Figura 4.9. Largueros tras <i>Multi-Section Solid</i>	14
Figura 4.10. Representación de los largueros sobre el perfil	14
Figura 4.11. Modelado del cono de cola	15
Figura 4.12. Estructura interna del fuselaje	16
Figura 4.13. <i>Sketches</i> para crear la superficie del fuselaje	16
Figura 4.14. Superficie inicial del fuselaje	17
Figura 4.15. Elementos geométricos para la superficie del morro	17
Figura 4.16. Superficie del morro tras <i>Multi-Section Surface</i>	17
Figura 4.17. Superficie resultante del morro del fuselaje	18
Figura 4.18. Superficie del cono de cola	18
Figura 4.19. Superficie del fuselaje antes de definir la cabina	18
Figura 4.20. <i>Sketch</i> para definir el contorno de la cabina	19
Figura 4.21. Superficie de corte creada con <i>Extrude</i>	19
Figura 4.22. Superficie tras el corte para la cabina	19
Figura 4.23. <i>Sketches</i> creados mediante <i>Intersect</i>	20
Figura 4.24. Barras verticales de la estructura de la cabina	20
Figura 4.25. Estructura de la cabina	20

Figura 4.26. Cabina	21
Figura 4.27. Dimensiones características de las costillas del estabilizador horizontal	21
Figura 4.28. Boceto de la costilla en el plano X-Z ajustada a la vista de perfil	22
Figura 4.29. Bocetos de las costillas del lado izquierdo del estabilizador horizontal	21
Figura 4.30. Forma en planta del estabilizador horizontal	22
Figura 4.31. Modelado de las costillas fijas	22
Figura 4.32. Costillas fijas del estabilizador horizontal	23
Figura 4.33. Modelado de la estructura fija central	23
Figura 4.34. Modelado del soporte frontal fijo	23
Figura 4.35. Estructura fija del estabilizador horizontal	24
Figura 4.36. Costillas móviles del estabilizador horizontal	24
Figura 4.37. Modelado de la punta del estabilizador horizontal	24
Figura 4.38. Estructura móvil del estabilizador horizontal	25
Figura 4.39. Estabilizador horizontal	25
Figura 4.40. Primer tramo de superficie del estabilizador horizontal	25
Figura 4.41. Superficie del borde de punta del estabilizador horizontal	26
Figura 4.42. Superficie del estabilizador horizontal	26
Figura 4.43. Dimensiones características de las costillas del estabilizador vertical	26
Figura 4.44. Primer perfil ajustado al plano en planta	27
Figura 4.45. <i>Sketches</i> de las costillas del estabilizador vertical	27
Figura 4.46. Vista en perfil del estabilizador vertical	27
Figura 4.47. Costillas fijas del estabilizador vertical	28
Figura 4.48. Estructura fija del estabilizador vertical	28
Figura 4.49. Costillas móviles del estabilizador vertical	28
Figura 4.50. Modelado de la punta del estabilizador vertical	29
Figura 4.51. Estructura móvil del estabilizador vertical	29
Figura 4.52. Estructura del estabilizador vertical	29
Figura 4.53. <i>Sketches</i> y guías para la superficie del estabilizador vertical	30
Figura 4.54. Superficie inicial del estabilizador vertical	30
Figura 4.55. Superficie del borde de punta del estabilizador vertical	30
Figura 4.56. Superficie del estabilizador vertical	31
Figura 4.57. Superficie final del estabilizador vertical	31
Figura 4.58. Dimensiones características de las costillas del ala	32
Figura 4.59. Bocetos incluidos en el modelo con <i>Sketch Tracer</i>	32
Figura 4.60. <i>Sketches</i> de las costillas del ala	33
Figura 4.61. Costillas fijas	33
Figura 4.62. Estructuras del borde de ataque	33
Figura 4.63. Soportes fijos del ala	34
Figura 4.64. Costillas móviles	34

Figura 4.65. Estructura móvil del ala	34
Figura 4.66. Borde de la punta del ala	34
Figura 4.67. Modelado del ala	35
Figura 4.68. Punta de la estructura del borde de ataque	35
Figura 4.69. <i>Sketches</i> de los largueros	35
Figura 4.70. Guías para posicionar las secciones de los largueros	35
Figura 4.71. Largueros del ala tras <i>Mirror</i>	36
Figura 4.72. Estructura central del ala	36
Figura 4.73. Estructura interna del ala	36
Figura 4.74. <i>Sketches</i> para la superficie del ala	37
Figura 4.75. Superficie y elementos geométricos utilizados	37
Figura 4.76. Representación de las superficies del ala y del fuselaje	37
Figura 4.77. Representación de las superficies tras <i>Extrude</i>	38
Figura 4.78. Elementos geométricos para la superficie de la punta del ala	38
Figura 4.79. Superficie total del ala	38
Figura 4.80. <i>Sketches</i> con el perfil y la planta de la góndola	39
Figura 4.81. Secciones para la superficie de la góndola	39
Figura 4.82. Superficie central de la góndola	39
Figura 4.83. Tramo final de la góndola	39
Figura 4.84. Modelado de la superficie del cono de la góndola	40
Figura 4.85. Superficie del final del cono	40
Figura 4.86. Cuerpo central del encastre	40
Figura 4.87. Encastre de las hélices	41
Figura 4.88. <i>Sketches</i> para definir la hélice	41
Figura 4.89. Cuerpo central de la hélice mediante <i>Multi-Section Solid</i>	42
Figura 4.90. Elementos geométricos para la punta de la hélice	42
Figura 4.91. Conjunto de superficies	42
Figura 4.92. Conjunto de hélices y encastre	43
Figura 4.93. Tubo tras <i>Multi-Section Solid</i>	43
Figura 4.94. Tubo de escape tras <i>EdgeFillet</i>	43
Figura 4.95. Tubos de escape del lado izquierdo	44
Figura 4.96. Cortes rectangulares en la superficie de la góndola	44
Figura 4.97. Toma de entrada con rejilla	40
Figura 4.98. Modelado del neumático del tren de cola	45
Figura 4.99. Neumático sobre vista en perfil	45
Figura 4.100. Llanta tras <i>Shaft</i>	45
Figura 4.101. Llanta y eje	45
Figura 4.102. Estructura del tren de cola	46
Figura 4.103. Representación del tren de cola y el fuselaje sobre la vista en perfil	46

Figura 4.104. Proceso de modelado del neumático del tren principal	46
Figura 4.105. Llanta tras <i>Shaft</i> y <i>Pocket</i>	47
Figura 4.106. Estructura del lado izquierdo del tren de aterrizaje principal	47
Figura 4.107. Larguero con espigas	48
Figura 4.108. Cuaderna con cajas	48
Figura 4.109. Unión entre cuadernas y largueros	48
Figura 4.110. Remache en la estructura de la cabina	49
Figura 4.111. Unión del estabilizador horizontal y el fuselaje	49
Figura 4.112. Ensamblaje caja y espiga	50
Figura 4.113. Superficie para la cola de milano	50
Figura 4.114. Cola de milano	50
Figura 4.115. Unión entre el estabilizador vertical y el fuselaje	50
Figura 4.116. Ensamblaje con cola de milano	51
Figura 4.117. Ensamblaje de la estructura central	51
Figura 4.118. Zona de ensamblaje entre el ala y el fuselaje	51
Figura 4.119. Ensamblaje a media madera	52
Figura 4.120. Elementos de unión de la hélice	52
Figura 4.121. Elementos de sujeción del tren de cola	53
Figura 4.122. Tren de cola unido al fuselaje	53
Figura 4.123. Unión de la estructura del tren y el ala	53
Figura 4.124. Estructura interna de la aeronave	54
Figura 4.125. Tren de aterrizaje principal. A la derecha, extracción de “ <i>De Havilland DH.98 Mosquito T.43 (Nº de Serie A52-1053) conservado en el Museum of Transport and Technology de Auckland, Australia</i> ”	55
Figura 4.126. Tren de aterrizaje de cola. A la derecha, extracción de “ <i>De Havilland DH.98 Mosquito TT.35 (Nº de Serie RS712) conservado en el EAA AirVenture Museum Oshkosh, Wisconsin</i> ”	55
Figura 4.127. Conjunto de hélices y encastre	56
Figura 4.128. Emblemas de la RAF	56
Figura 4.129. Algunas superficies de corte de Ala, Estabilizador Vertical y Fuselaje	57
Figura 4.130. Vista en planta real	57
Figura 4.131. Vista en planta renderizada	58
Figura 4.132. Vista de alzado real	58
Figura 4.133. Vista de alzado renderizada	58
Figura 4.134. Vista de perfil real	59
Figura 4.135. Vista de perfil renderizada	59
Figura 4.136. Posición de vuelo real	59
Figura 4.137. Posición de vuelo renderizado	60







# 1 INTRODUCCIÓN

---

En este documento se detallará el procedimiento llevado a cabo para el modelado del avión De Havilland Mosquito B Mk. IV mediante el software de diseño CATIA V5. Previo al modelado se realizó un trabajo de documentación en el que se recogieron planos de la aeronave e imágenes de referencia como apoyo durante el proceso.

## 1.1. Objetivo y motivación del proyecto

Este proyecto tiene dos objetivos principales. El primero de ellos se centra en el ámbito académico y trata, como se ha comentado anteriormente, del modelado de la aeronave De Havilland Mosquito B Mk. IV utilizando un software de diseño. Este trabajo no solo conlleva el uso de dicho software, sino el manejo de planos para poder recrear el modelo de la manera más precisa y real posible. Debido a la época en la que esta aeronave estuvo en servicio, fue difícil encontrar documentos que aportasen toda la información necesaria. Por lo tanto, también se tomaron decisiones de diseño a lo largo del modelado para obtener el resultado deseado.

En segundo lugar, este proyecto tiene como finalidad ampliar los conceptos adquiridos sobre el programa CATIA V5 en la asignatura de *Diseño y Fabricación Asistidos por Ordenador* de tercer curso del Grado en Ingeniería Aeroespacial. Además, puesto que este software está presente en la industria, esta era una buena oportunidad para aplicar y desarrollar los conocimientos.

Además, al elegir una aeronave de la Segunda Guerra Mundial, y en concreto una que destacó por los materiales utilizados en su construcción, se tuvo la oportunidad de conocer más sobre la industria aeronáutica en esa época.

## 1.2. Ámbito de trabajo y metodología

Este modelado se realizó mediante el software de diseño CATIA V5, pues a pesar de la diversidad de programas CAD/CAM presentes en la actualidad (AutoCAD, Solid Edge, Creo, SolidWorks...), cuenta con un ambiente de trabajo idóneo para modelar sólidos, superficies y ensamblajes de cualquier tipo al nivel del usuario, bien sea principiante o profesional. Es por esto que este software tiene un papel importante en la industria, no solo aeronáutico, sino automovilística o de construcción.

Este software cuenta con varios módulos de trabajo combinables entre sí para poder realizar el modelaje lo más preciso posible. Entre ellos, se destacan los utilizados en este proyecto:

- **Part Design:** En este módulo se diseñan las piezas sólidas. En general, la metodología en este módulo se basa en crear *Sketches* al que aportar alguna característica (espesor, simetría de revolución, etc.) para generar el sólido.
- **Generative Shape Design:** Este módulo se utiliza para generar superficies de cualquier geometría.
- **Free Style:** Mientras que en los módulos anteriores se tienen ciertas restricciones de diseño, en este se liberan.
- **Sketch Tracer:** Este módulo permite insertar imágenes en el espacio 3D con objeto de utilizarlas como referencia. Es por seto que ha sido muy importante en todo el proceso de modelado.
- **Assembly Desing:** Permite la unión de varios *Parts* en un solo Product mediante determinadas restricciones.

La metodología del trabajo consistió en estructurar el modelado total en varios conjuntos: Fuselaje, Ala,

Estabilizador Horizontal, Estabilizador Vertical, Planta Motora y Góndola y Tren de Aterrizaje. Dentro de los conjuntos correspondientes se hizo distinción entre los elementos que componen la estructura interna y externa de cada conjunto. De esta manera, se consiguió organizar las acciones a realizar y permitió poder adjudicar materiales a cada zona del avión según correspondiese. Además, dentro de cada conjunto se crearon *Geometrical Sets* específicos para cada elemento, es decir, los *Bodys*. En los *Geometrical Sets* se recogieron todos los elementos que se utilizaron para el diseño, como *Sketches*, líneas, planos y puntos. Por su parte, los *Bodys* recogieron cada una de las superficies y los sólidos creados mediante las herramientas propias de los módulos antes mencionados.

# 2 DE HAVILLAND 98 MOSQUITO Mk. IV

## 2.1. Origen y contexto histórico

En 1936, el Ministerio del Aire británico decidió que necesitaban un diseño de un bombardero mediano bimotor que fuera capaz de operar a largo alcance. Entre los requisitos se pedía transportar gran cantidad de armamento y poder lanzarlo de manera que recorriese distancias largas, pues querían reducir el tiempo de vuelo sobre el territorio enemigo; es por esto que también solicitaron que la velocidad de crucero fuese la máxima posible. Las especificaciones de referencia fue alcanzar una velocidad de  $275\text{mph}$  a  $15000\text{ft}$  de altitud y transportar  $4000\text{lb}$  de carga a través de  $3000$  millas de alcance. [1]

En cuanto al armamento defensivo, se propuso colocar torretas en la nariz y la cola de la aeronave operadas con control remoto. [1]

Una de las compañías candidatas a realizar esta producción fue De Havilland. Hasta ese momento la compañía se centraba en la producción de aviación civil debido al auge que tuvo lugar en la década de los años 20 tras los acontecimientos de la Primera Guerra Mundial. [1]

Eran dos los aviones que destacaban de su producción: DH.91 Albatross, un avión de pasajeros construido al completo de madera, y DH.94 Moth Minor, una aeronave más ligera que la anterior. Ante la propuesta del Ministerio, se llegó a la conclusión de que los conceptos de aerodinámica utilizados en estas aeronaves y la reducción de área total empleada podían trasladarse a un diseño de un bombardero, dando así lugar a un primer modelo Albatross en versión militar. [1]

El Gobierno rechazó este diseño por el hecho de que estaría construido con madera. Ante esto, la compañía argumentó que, exceptuando la capacidad de torsión de este material, ese modelo tenía tantas ventajas como uno construido con aluminio o acero. Además, la compañía insistía en el uso de la madera para evitar la falta de material en caso de que hubiese escasez de metales durante la guerra. Otro de los motivos para rechazar este modelo (y los que presentó la compañía más adelante) era la reducción de armamento defensivo presente en ellos, pues para cumplir los requisitos de velocidad y carga, era necesario sacrificar uno de estos: un avión más lento con el armamento deseado o un avión rápido con menos carga. [1]

Cuando la Segunda Guerra Mundial comenzó el Ministerio del Aire reconsideró la propuesta debido a la situación internacional del momento. Aunque se esperaba un encargo de 50 Mosquitos para Marzo de 1940, el primer prototipo no voló hasta Noviembre del mismo año por problemas con los materiales. Tras la demostración de estos prototipos, se consideró la producción oficial de tres tipos de Mosquito: [2]

- De Havilland Mosquito PR. Mk I, un avión de foto-reconocimiento.
- De Havilland Mosquito B. Mk IV, un bombardero que sustituyó al Bristol Blenheim.
- De Havilland Mosquito NF. Mk II, un caza nocturno.



Figura 2.1. Bombarderos Mosquito en una base de la RAF en 1940 [3]

## 2.2. Fabricación

Aunque los prototipos se empezaron a construir antes, no fue hasta 1942 cuando se fabricó a gran escala, siendo este año en el que DH Mk. IV se unió a la guerra. [4]

La versión de bombardero destacó desde el principio debido a la utilización de madera en su construcción, pues se consiguió una aeronave muy rápida y con gran maniobrabilidad capaz de transportar tanta carga como los bombarderos de la época. Fue por esto que uno de los apodosos que se le dio fue *“The Wooden Wonder”* (*“La Maravilla de Madera”*). [4]

Un aspecto a destacar de la fabricación de esta aeronave es que el proceso se optimizó, necesitando menos tiempo y siendo más eficiente. Además, fueron los carpinteros de la época los encargados de la producción. Destacar que este proceso se llevó a cabo en fábricas hasta entonces utilizadas para muebles y pianos. [5]

Los materiales principales que se utilizaron fueron la madera de balsa, de abeto y el contrachapado, aportando un resultado más ligero que los bombarderos presentes. En concreto, el contrachapado se utilizó para la estructura de los largueros y los revestimientos. Por su parte, en el fuselaje se construyó una estructura tipo *“sándwich”* de contrachapado-balsa-contrachapado sobre placas de abeto. Además, esta estructura se fabricó en dos mitades a las que se les incluyeron los equipos de control necesarios antes de unirlos. [6]

A pesar de las numerosas ventajas que presentó la madera, el principal inconveniente fue la corta esperanza de vida de estos modelos. Mientras que otras aeronaves presentes en la Segunda Guerra Mundial continuaron en servicio durante décadas después, los modelos Mosquito se dejaron de producir en 1950. [5]

Otro detalle a tener en cuenta es que el tren de aterrizaje no contó con un sistema de amortiguación oleoneumático, utilizando caucho en su lugar. En relación con la planta motora, esta se basó en dos motores Rolls-Royce Merlin que permitieron cumplir los requisitos de velocidad. [4]

## 2.3. Modelos De Havilland Mosquito

Aunque en un principio se aceptaron tres versiones, el buen rendimiento de estas dio lugar a la llegada de nuevos diseños. Contando finalmente con modelos de bombardero táctico y caza diurnos y nocturnos, avión de ataque marítimo, cazabombardero y avión de reconocimiento. [3]

El servicio de De Havilland Mosquito comenzó en la RAF pero pasó a formar parte de otras fuerzas aéreas en Europa, el Pacífico y el Mediterráneo. [3]

Algunas de las misiones más importantes fueron las operaciones estratégicas de defensa y reconocimiento nocturno. Tras el éxito en estas misiones se decidió construir el primer modelo de bombardero. [3]

Durante la guerra también realizó operaciones de evacuación. Tras esta, se diseñó un modelo de transporte de pasajeros utilizado por la BOAC (British Overseas Airways Corporation). [7]



Figura 2.2. Modelo de las Fuerzas Aéreas Israelíes [3]

## 2.4. Actualidad

Años después de terminar la Segunda Guerra Mundial, se encontraron más de 20.000 planos que conformaban los diseños de los modelos De Havilland Mosquito en un edificio en Hawarden Airfield (Broughton, Gales) antes de que fuese demolido. Este es el único archivo completo de documentos técnicos de DH. Mosquito. En

estos se incluyen planos de prototipos que no llegaron a producirse. [5]

Estos documentos fueron donados a *The People's Mosquito*, una organización cuyo objetivo es reconstruir un Mosquito que se estrelló durante su servicio. Su motivación es conseguir un modelo que mantenga el significado histórico y respete la normativa actual de aeronavegabilidad. [5]



# 3 ESTUDIO PREVIO Y DOCUMENTACIÓN

En este capítulo se detalla la primera parte del Proyecto y, sin duda, la más importante. Esta consistió en obtener información y planos. A esta se le añadió la adecuación de los planos para su inserción en el software de diseño.

En primer lugar, se buscaron las dimensiones más características de la aeronave [8]:

- Longitud: 12,3m.
- Envergadura: 16,5m.
- Altura: 3,7 m.

El siguiente paso fue encontrar planos que mostrasen la planta y el perfil del avión para insertarlos en la herramienta mediante el módulo *Sketch Tracer*. Aunque se encontraron varias opciones, finalmente se eligió el siguiente plano de *Frank B. Baker y Joe Demarco*.

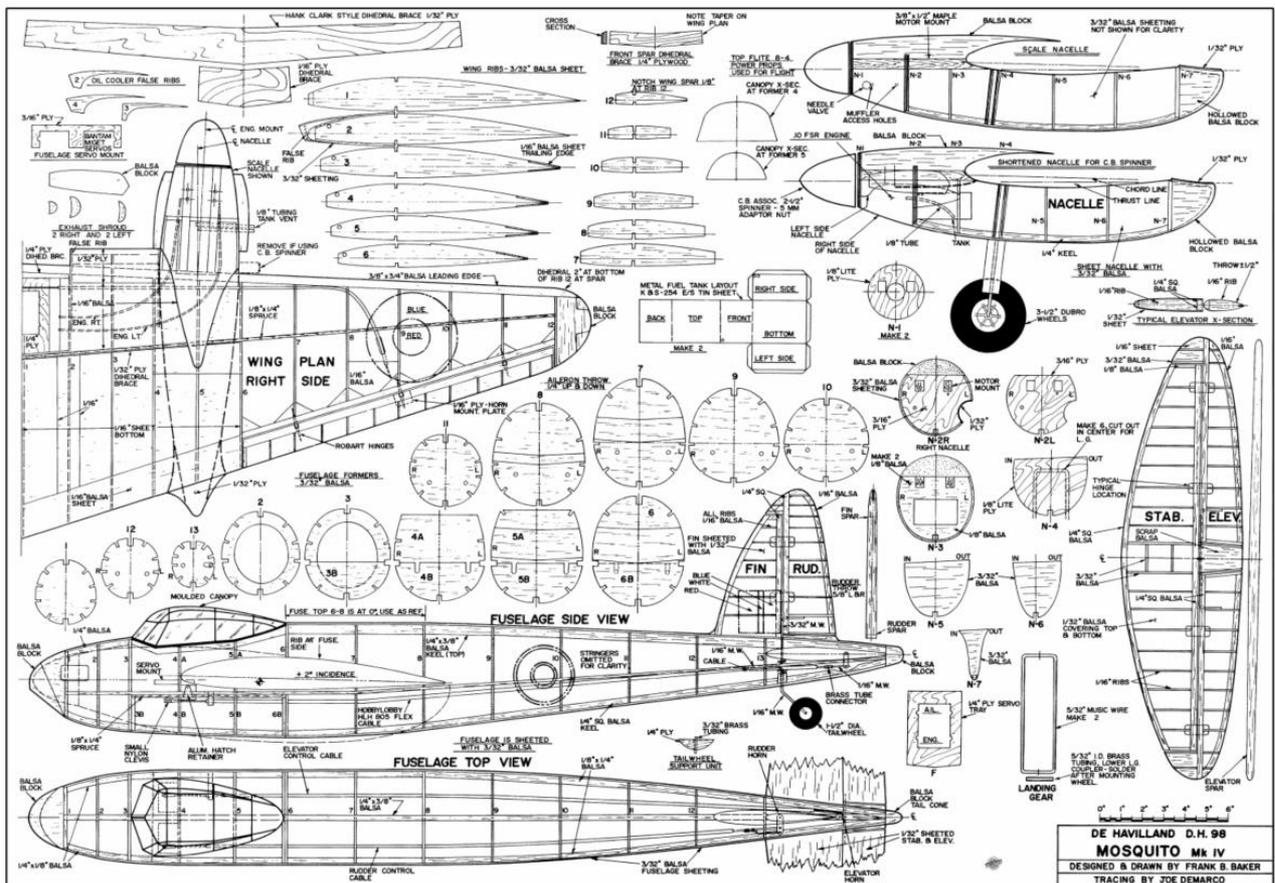


Figura 3.1. Plano principal de referencia [9]

Una de las razones por las que se eligió este plano fue el detalle que aporta sobre la distribución de los elementos en la aeronave. Entre otros, indica la posición de las cuerdas del fuselaje y de las costillas del ala y estabilizadores. Además, incluye bocetos de algunos de estos elementos.

Por otro lado, no contiene las vistas completas del perfil y la planta, siendo estas fundamentales para el modelado. Por lo que el siguiente paso fue obtener dichas vistas a partir del plano de la Figura 3.1.

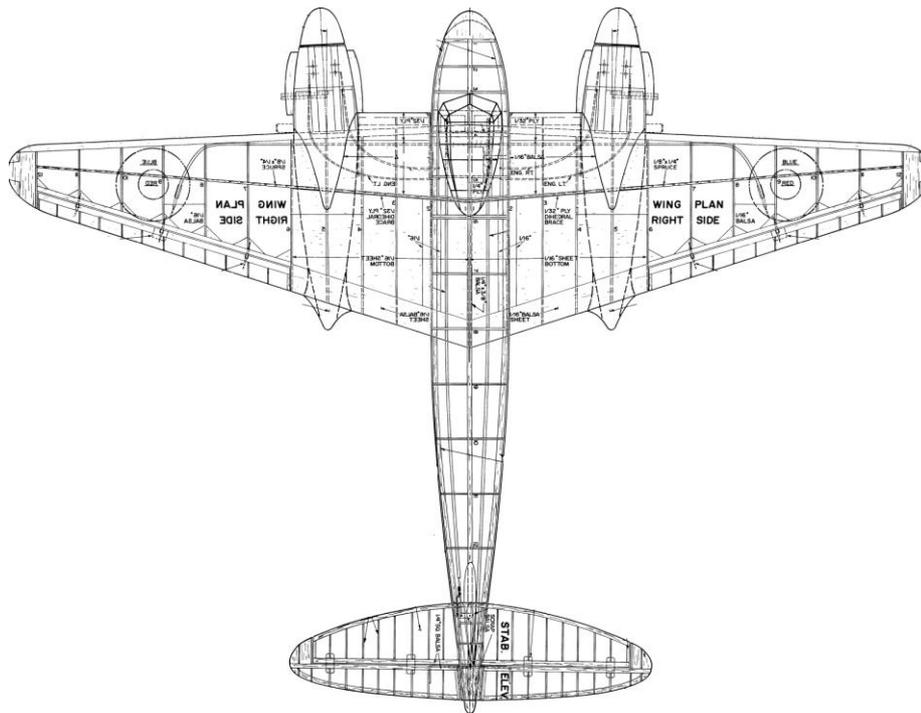


Figura 3.2. Plano de la planta del DH Mosquito Mk. IV [9]

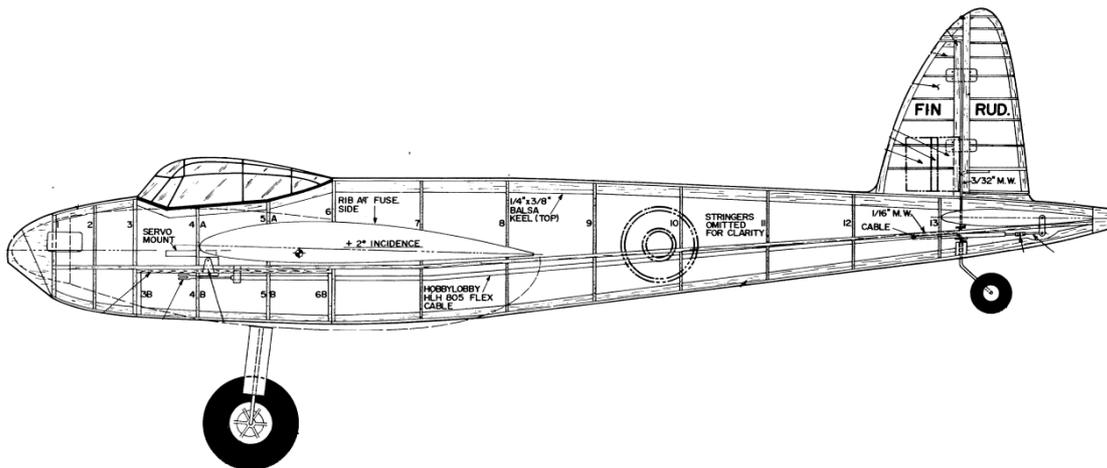
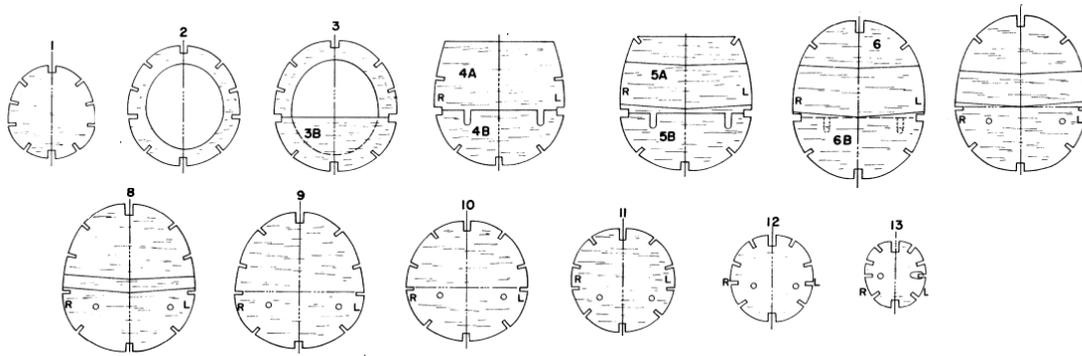
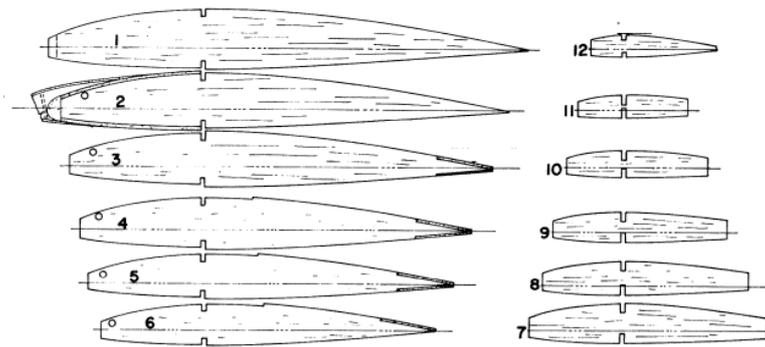


Figura 3.3. Plano del perfil del DH Mosquito Mk. IV [9]

Puesto que el plano mostrado en la Figura 3.1. aporta bocetos de las cuerdas del fuselaje y costillas del ala, se extrajeron de dicho documento para facilitar la inserción de las mismas en el espacio 3D mediante el módulo *Sketch Tracer*.



**Figura 3.4.** Bocetos de las cuadernas [9]



**Figura 3.5.** Bocetos de las costillas del ala [9]

Además de estos planos se han utilizado imágenes de corte en 3D para identificar y definir la posición de determinados elementos. En concreto, destacar las siguientes imágenes de corte 3D.



**Figura 3.6.** Dibujo de corte 3D [10]







# 4 PROCESO DE MODELADO

En este capítulo se describe paso a paso el procedimiento que se llevó a cabo para la realización del modelo, desde la organización de los paquetes de trabajo hasta el modelado de cada elemento y el acabado final de la aeronave.

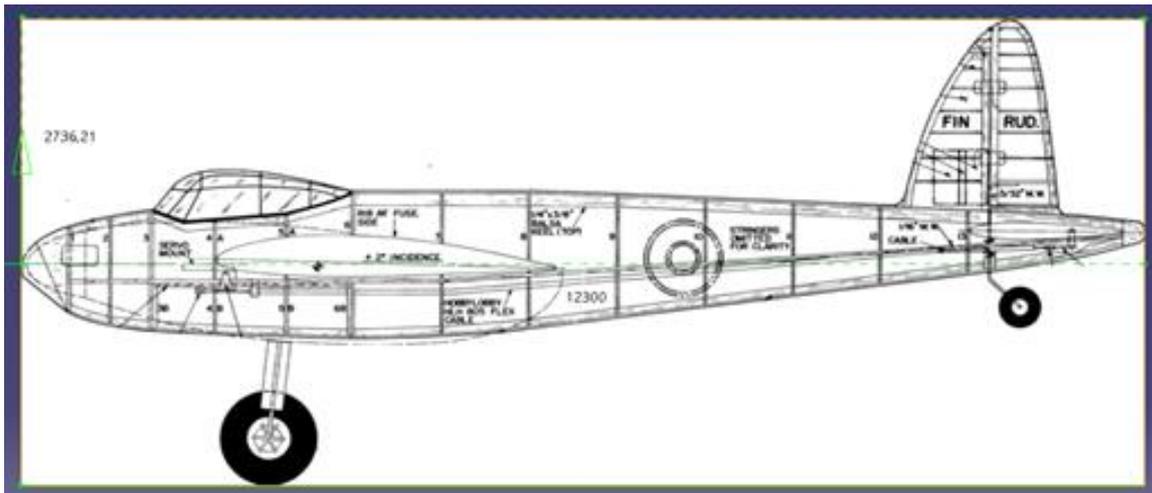
En primer lugar, se decidió dividir la aeronave en conjuntos que representasen las estructuras propias de esta: Fuselaje, Estabilizador Horizontal, Estabilizador Vertical, Ala, Hélices, Góndolas y Tren de Aterrizaje. De esta manera se pudo organizar el modelado de cada conjunto (elementos sólidos y superficies) y su unión entre sí. Además, con el objetivo de separar el modelado de los sólidos y las superficies se optó por crear un *Product* independiente que recogiese todos los elementos que representasen el acabado exterior de la aeronave según los conjuntos enunciados anteriormente.

Por otro lado, se creó un *Product* que recogiese los elementos sólidos de cada conjunto presente en la aeronave. A su vez, para facilitar la navegación entre archivos se crearon *Products* y *Parts* internos. Como ejemplo de esta organización se muestra el árbol del estabilizador horizontal.

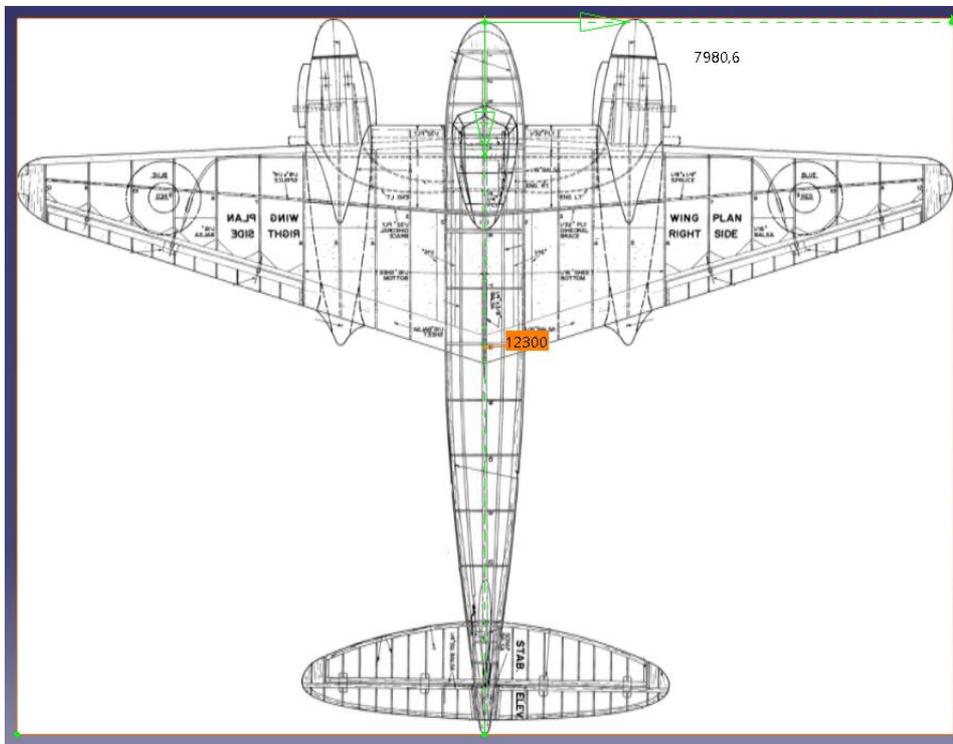


Figura 4.1. Árbol del Estabilizador Horizontal

En primer lugar, se insertaron los planos de planta y perfil utilizando el módulo *Sketch Tracer* [12] e imponiéndose la longitud indicada en la sección anterior. Para definir las dimensiones de altura y envergadura se indicó que se mantuviese la proporción.



**Figura 4.2.** Vista de perfil insertada en la herramienta



**Figura 4.3.** Vista en planta insertada en la herramienta

Con esto, se colocaron de manera que ambas vistas concordasen tomando la punta del morro del fuselaje como origen de coordenadas. De esta manera, el eje X recorrió la longitud del fuselaje, el eje Y la envergadura del ala y el eje Z quedó perpendicular al plano creado por estos.

Aplicando una determinada transparencia al perfil, quedó la representación en el espacio 3D mostrada en la Figura 4.4.

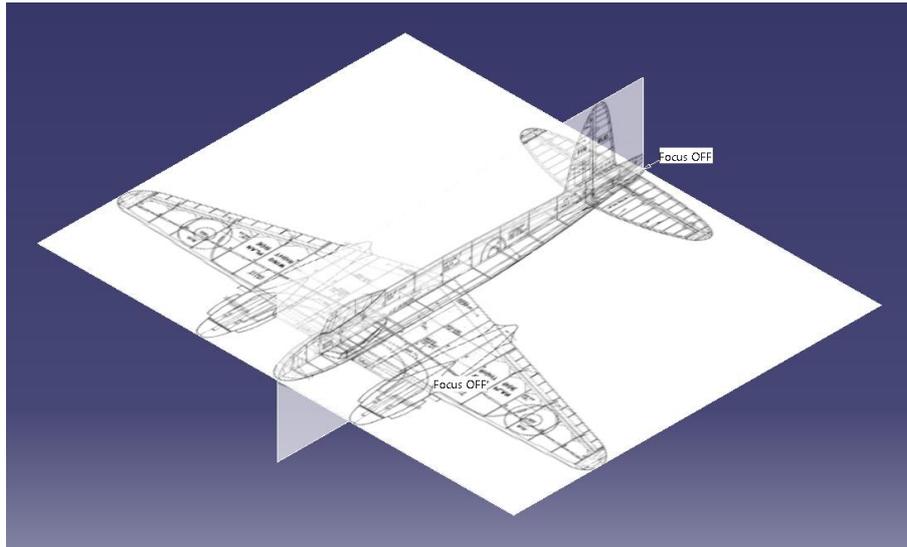


Figura 4.4. Representación en el espacio 3D de los planos utilizados

## 4.1 Fuselaje

La primera parte a modelar fue el fuselaje debido a que es la parte central de toda aeronave, pues es donde el resto de estructuras quedan ensambladas.

### Estructura interna

En primer lugar, se desarrolló la estructura interna, comenzando por las cuadernas. Como se comentó anteriormente, se extrajeron los bocetos de estas del plano de la Figura 3.1 y se colocaron en las posiciones indicadas utilizando el módulo *Sketch Tracer* [12].

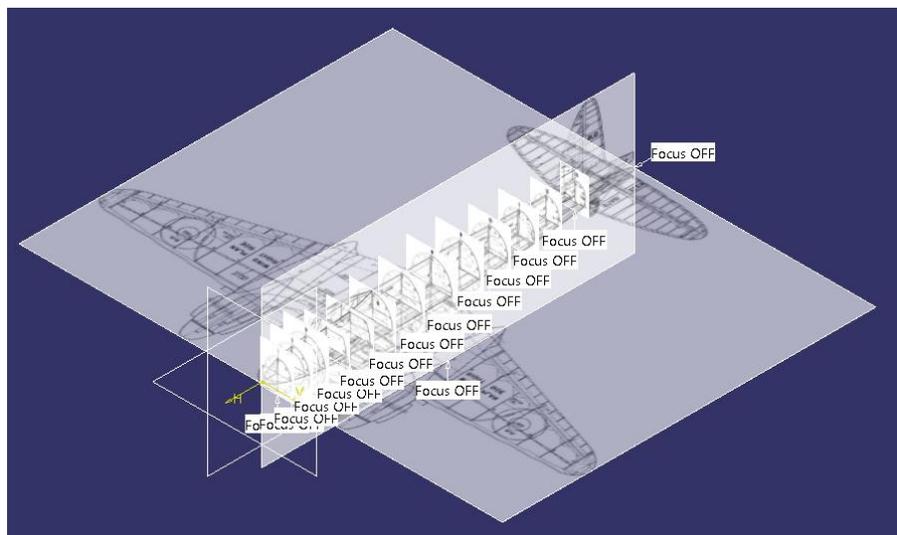
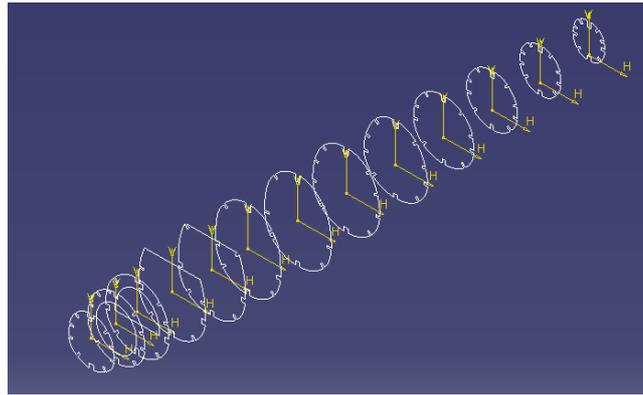


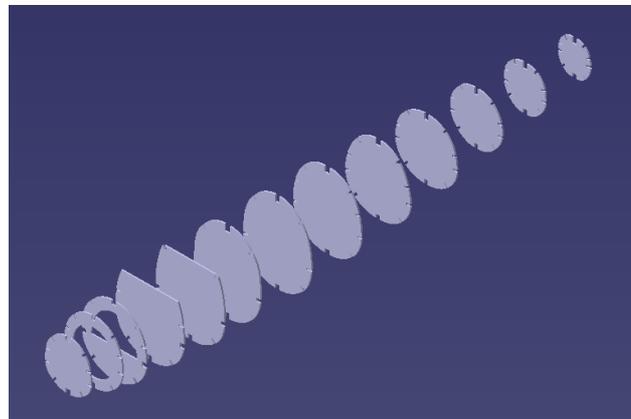
Figura 4.5. Bocetos de las cuadernas colocados en el espacio 3D

A continuación, se definieron planos en las posiciones correspondientes para realizar los *Sketches* de cada una. Puesto que estas son simétricas respecto al eje vertical, se obtuvo la parte derecha de las imágenes importadas y se utilizó la herramienta *Mirror* para completar el boceto.



**Figura 4.6.** *Sketches* de las cuadernas

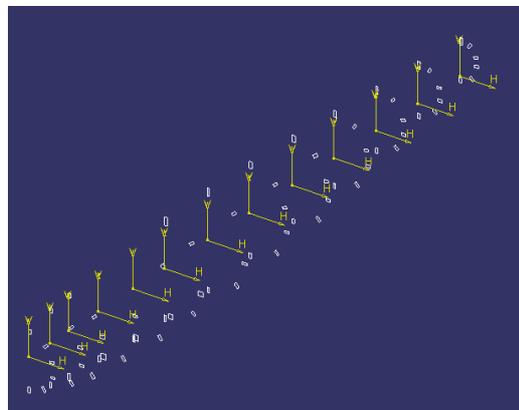
Una vez se tuvieron todos los bocetos se les dio espesor con *Pad*.



**Figura 4.7.** Cuadernas tras *Pad*

Tras esto se llevó a cabo el diseño de los largueros. Para esto, se utilizaron las aperturas exteriores que se aprecian en los bocetos de las cuadernas, pues estas representan las secciones de los largueros en la posición del eje X de cada cuaderna.

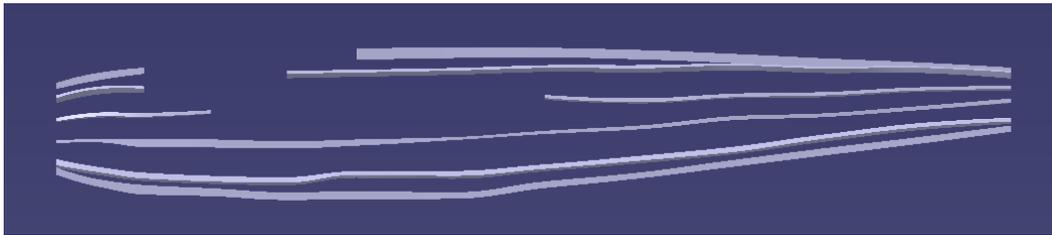
Análogamente a las cuadernas, los largueros son simétricos con respecto al plano X-Z, por lo que se obtuvieron las secciones del lado izquierdo para obtener los sólidos y aplicar simetría con respecto a dicho plano.



**Figura 4.8.** Secciones de los largueros de la mitad izquierda

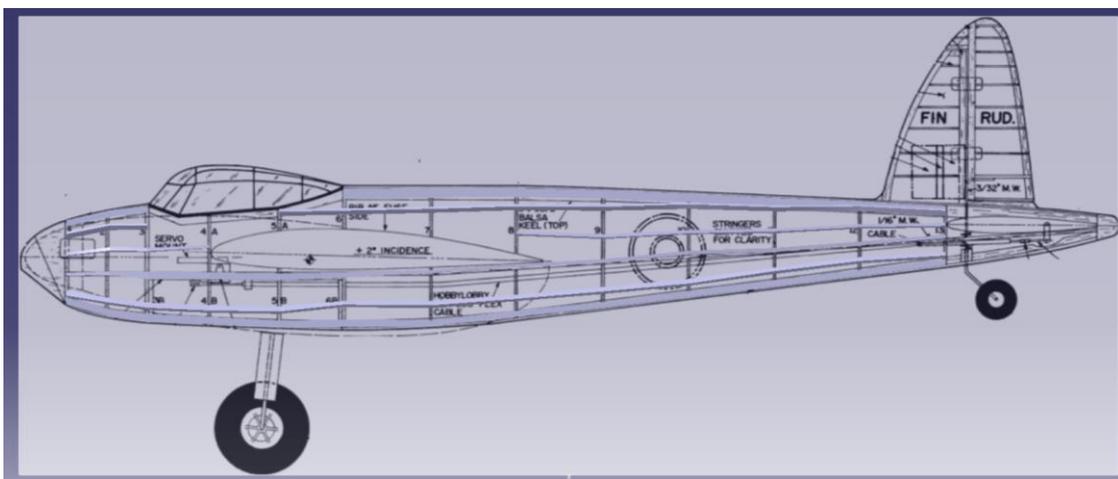
El siguiente paso fue crear los largueros mediante la herramienta Multi-Section Solid del módulo Part Design

utilizando las secciones anteriores como límites. A continuación, se obtuvieron los largueros del lado derecho utilizando la herramienta *Simmetry* del módulo *Assembly Design*.



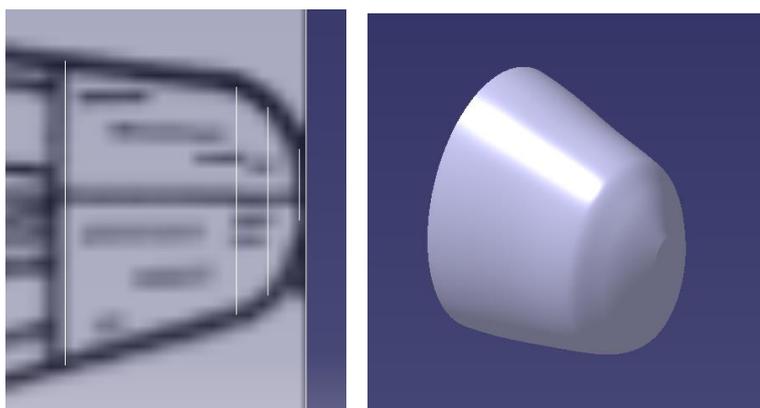
**Figura 4.9.** Largueros tras *Multi-Section Solid*

En la Figura 4.9 se puede apreciar que en la primera mitad del fuselaje hay tramos en los que no hay largueros. Esto se debe a que en esos tramos se insertan otras estructuras de la aeronave. En concreto, el tramo superior se debe a la cabina y el central permite la continuidad del ala en el ancho del fuselaje.



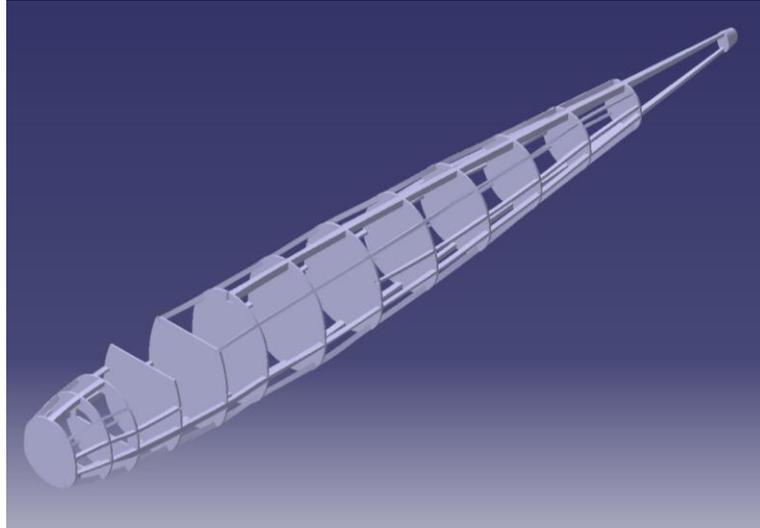
**Figura 4.10.** Representación de los largueros sobre el perfil

En la Figura 3.1 se observa que el cono de cola consta de un bloque macizo de madera. Para ello se crearon *Sketches* que permitiesen obtener la forma deseada mediante la herramienta *Multi-Section Solid*.



**Figura 4.11.** Modelado del cono de cola

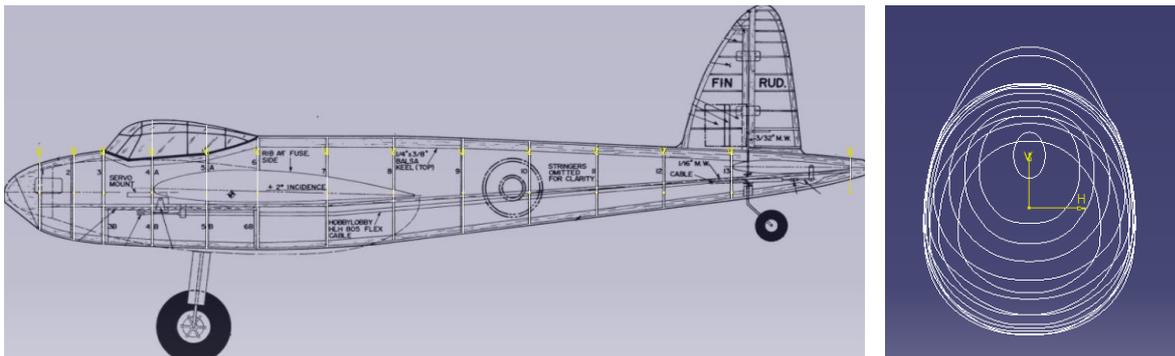
A continuación, para dar continuidad a la estructura del fuselaje se crearon tramos de largueros que uniesen los mostrados en la Figura 4.9 con el cono de cola. Teniendo en cuenta que el estabilizador horizontal se posiciona en este tramo de la aeronave y con el objetivo de evitar impactos entre ambas estructuras, se decidió continuar los largueros centrales superior e inferior.



**Figura 4.12.** Estructura interna del fuselaje

### Superficie externa

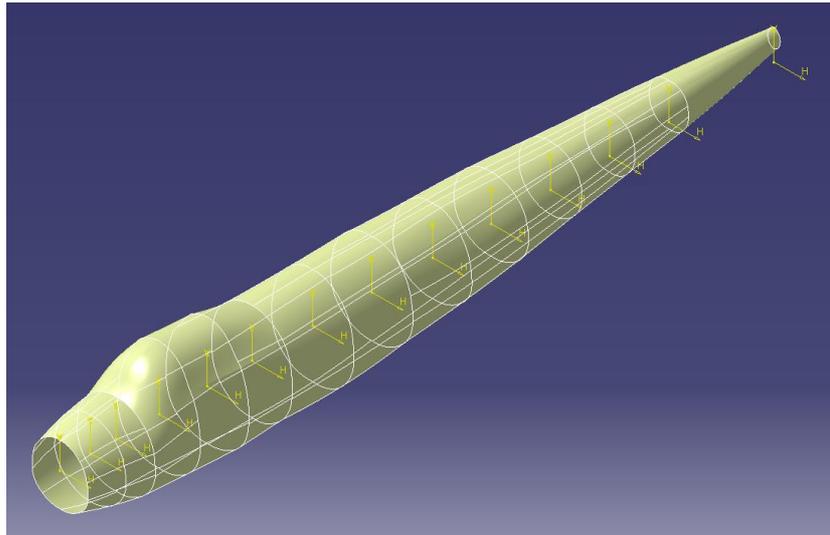
El siguiente paso fue modelar la superficie externa del fuselaje. Para ello se crearon *Sketches* que recogiesen las secciones de la superficie utilizando las cuadernas como referencia, con la excepción de las coincidentes con la cabina. En este caso, se utilizó la vista en perfil para delimitar dichas secciones hasta la parte superior de la cabina. De esta manera se consiguió que esas dos secciones concordasen mejor con el resto del fuselaje.



**Figura 4.13.** *Sketches* para crear la superficie del fuselaje

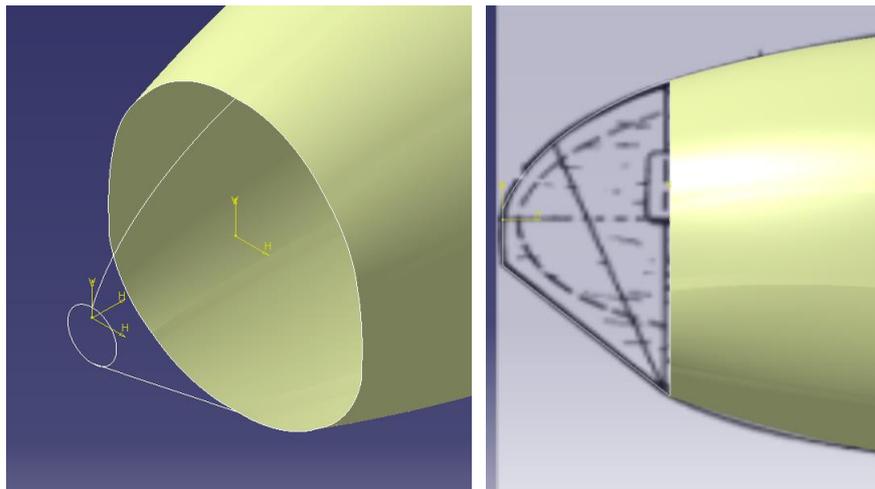
Para crear la superficie se tuvo en cuenta que a lo largo del fuselaje hay situaciones diferentes (el morro del fuselaje, la cabina y el cono de cola), y por lo tanto, se adaptó el modelado a cada una de estas.

En primer lugar, se creó la superficie recogida entre las cuadernas 1 – 3, 3 – 4, 5 – 13 y 13 – 14. Estos tramos se crearon utilizando la herramienta *Multi-Section Solid* del módulo *Generative Shape Design*. La distinción se debe a que en el primer y tercer tramo no fue necesario crear guías, pues la superficie creada a partir de los *Sketches* se ajustó correctamente al perfil. Por otro lado, para el segundo tramo se crearon guías a partir de la herramienta *3D Curve* del módulo *Free Style* y para el cuarto tramo fueron necesarias dos guías en *Sketches* recogidos en el plano X-Z.



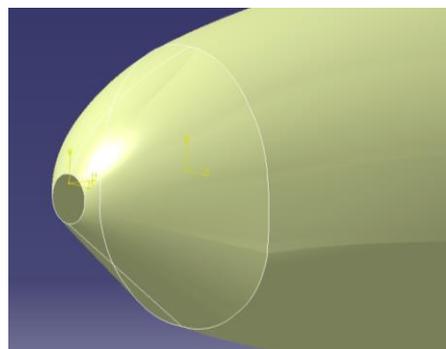
**Figura 4.14.** Superficie inicial del fuselaje

A continuación, se creó el morro del fuselaje. En este caso, debido a la forma del tramo (curva por la parte superior y recta en la parte inferior), se utilizaron un boceto creado en la punta del fuselaje y la sección 1 de la superficie como límites inicial y final, respectivamente. En relación con las guías, se creó una recta mediante *3D Curve* del módulo *Free Style* y, para la parte superior, se creó una curva que se ajustase a la vista en perfil.



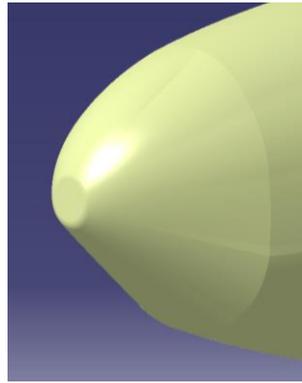
**Figura 4.15.** Elementos geométricos para la superficie del morro

Con estos elementos, la superficie se generó mediante la herramienta *Multi-Section Surface* del módulo *Generative Shape Design*.



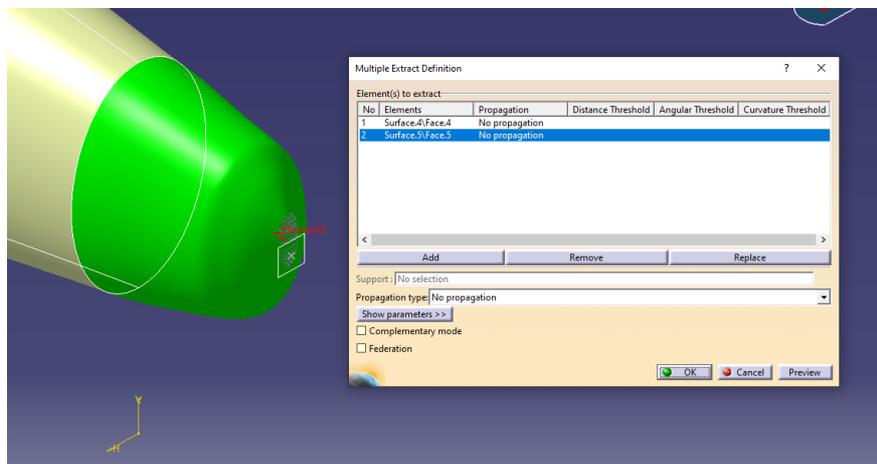
**Figura 4.16.** Superficie del morro tras *Multi-Section Surface*

Finalmente, para cerrar la apertura en la punta y suavizar el resultado final del morro se utilizó la herramienta *Fill* y *Fillet* del módulo *Generative Shape Design*, respectivamente.



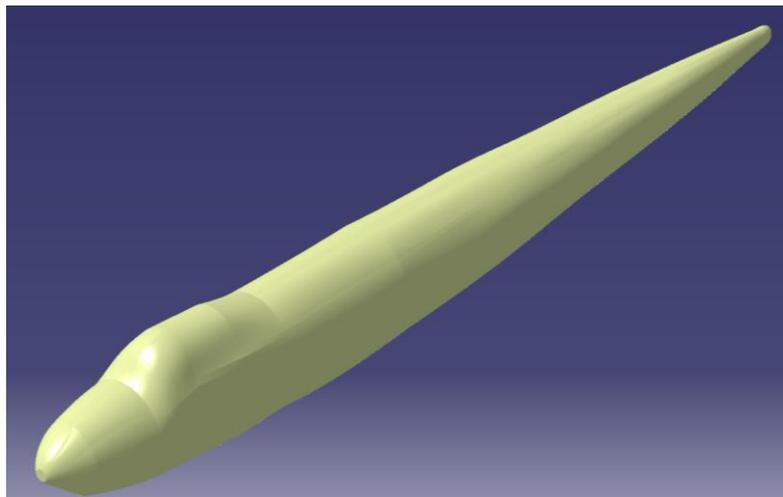
**Figura 4.17.** Superficie resultante del morro del fuselaje

A diferencia de las superficies desarrolladas hasta ahora, el cono de cola se obtuvo mediante la herramienta *Multiple Extract* del módulo *Generative Shape Design*, extrayendo así la superficie del sólido del cono.



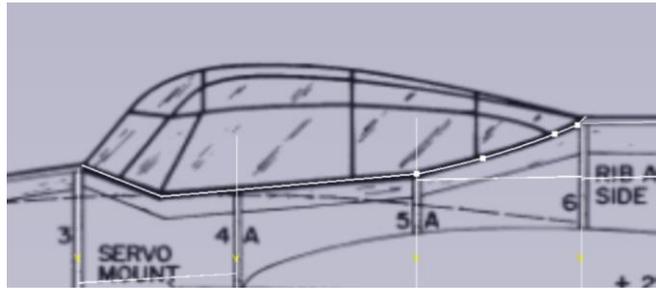
**Figura 4.18.** Superficie del cono de cola

Con esto, se obtuvo la superficie total del fuselaje.



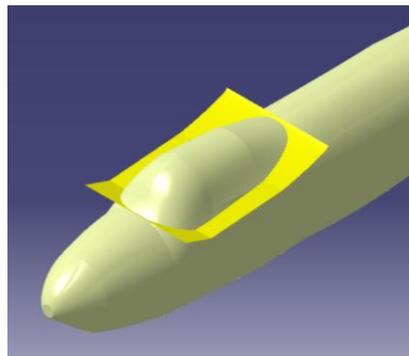
**Figura 4.19.** Superficie del fuselaje antes de definir la cabina

El siguiente paso fue cortar esta superficie de manera que se ajustase a la cabina, para así poder definir esta correctamente. Para esto se creó un *Sketch* en el plano X-Z con una recta que definiese el contorno de la cabina.



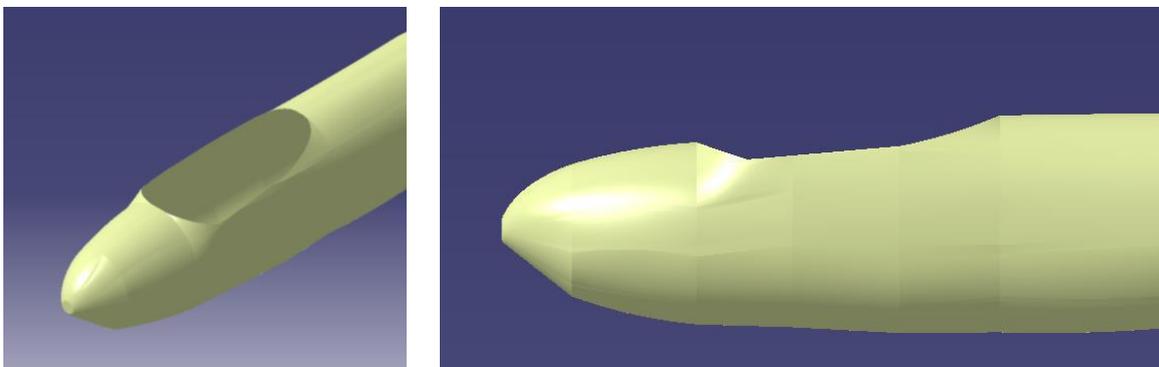
**Figura 4.20.** Sketch para definir el contorno de la cabina

Utilizando la herramienta *Extrude* del módulo *Generative Shape Design* con este *Sketch* se creó la superficie amarilla de la Figura 4.21.



**Figura 4.21.** Superficie de corte creada con *Extrude*

A continuación, con la herramienta *Split* de este mismo módulo se realizó un corte a las superficies correspondientes con la superficie creada mediante *Extrude*, eliminando así la parte superior, correspondiente a la cabina.



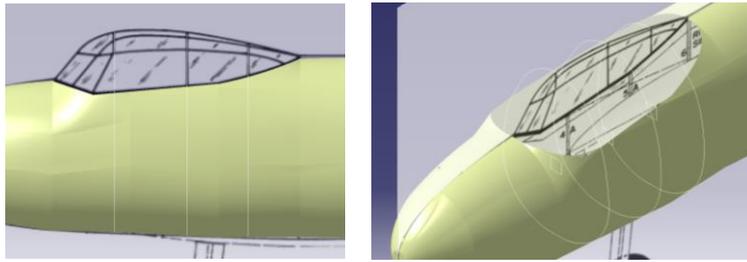
**Figura 4.22.** Superficie tras el corte para la cabina

Finalmente, se aplicó la herramienta *Join* del módulo *Generative Shape Design* para unificar todas las superficies que conforman el fuselaje, pues fue necesario en los apartados siguientes.

### **Cabina del piloto**

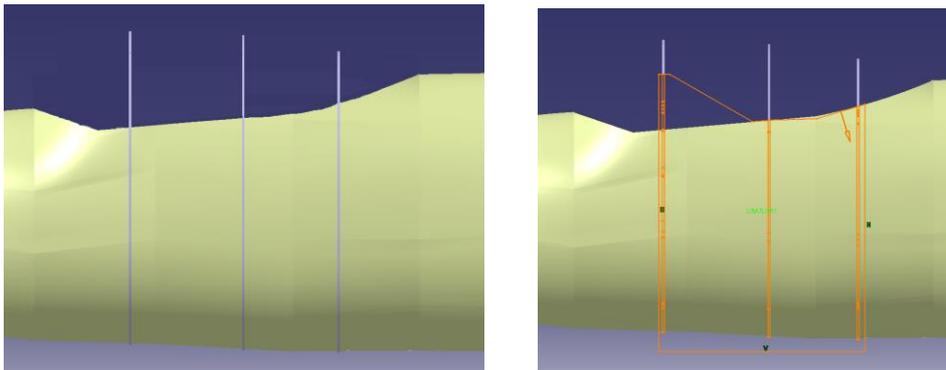
El modelado de la cabina se dividió en dos conjuntos: la estructura de barras y el cristal. Además, el cristal se obtuvo utilizando el primer conjunto como referencia.

El primer paso para reproducir la estructura de barras fue crear planos en el eje X de manera que coincidiesen con las barras verticales de la vista en perfil. Implementando estos planos y las superficies correspondientes del fuselaje en la herramienta *Intersect* del módulo *Generative Shape Design* se obtuvieron los *Sketches* mostrados en la Figura 4.23.



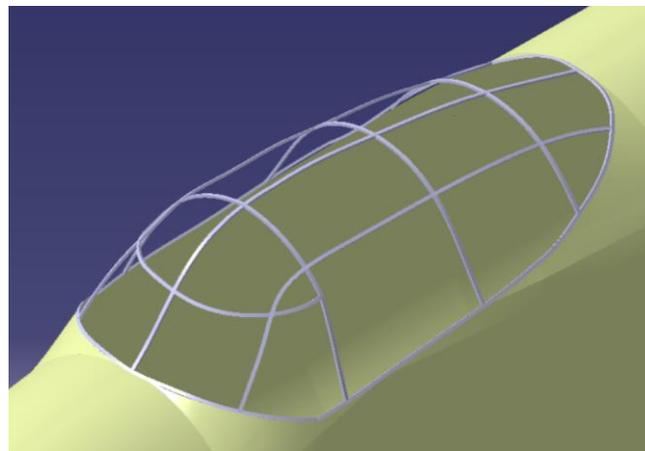
**Figura 4.23.** Sketches creados mediante *Intersect*

El siguiente paso fue aplicar *Pad* a estos *Sketches* para generar los sólidos deseados. Además, se delimitaron a la altura a la que intersecta con el fuselaje mediante *Pocket*. Ambas herramientas pertenecientes al módulo *Part Design*, pues se tratan de elementos sólidos.



**Figura 4.24.** Barrotes verticales de la estructura de la cabina

El resto de la estructura se definió creando *3D Curves* y *Sketches* en las posiciones indicadas por las Figuras 3.1 y 3.2 e implementándolos en la herramienta *Rib* del módulo *Part Design*.



**Figura 4.25.** Estructura de la cabina

Finalmente, se creó el conjunto de cristales de la cabina. Las herramientas que se utilizaron en este modelado fueron *Surface* del módulo *Free Style* y *Fill* del módulo *Generative Shape Design*. Puesto que *Fill* solo se puede implementar en contornos cerrados, se extrajeron las superficies de las barras correspondientes con la herramienta *Multiple Extract* del módulo *Generative Shape Design* y, utilizando estas superficies de referencia, se crearon curvas con la herramienta *3D Curve* del módulo *Free Style* que delimitasen el cristal a modelar.

Tras generar todas las superficies, se utilizó la herramienta *Thick Surface* del módulo *Part Design* para generar un sólido a partir de la superficie correspondiente, creando así un cristal con grosor.

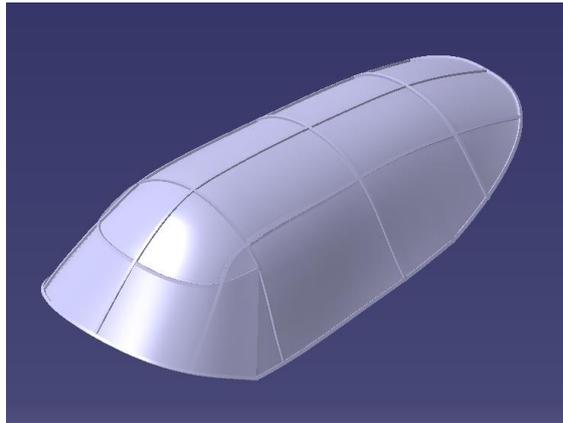


Figura 4.26. Cabina

## 4.2 Estabilizador Horizontal

### Estructura interna

Este conjunto se compone de las costillas y de las estructuras de unión que se muestra en la vista en planta. En esta se aprecian por separado la parte fija y móvil del estabilizador, siendo esta última la correspondiente al elevador.

El modelado del estabilizador se basó en obtener *Sketches* que recogiesen el perfil completo de cada costilla, de manera que se pudiesen adecuar a la parte fija y móvil de la misma. Además, estos elementos se utilizaron como referencia para diseñar los soportes interiores y exteriores del borde de ataque y de salida, de manera que se ajustasen a la forma en planta de la Figura 3.2.

Un aspecto a tener en cuenta es que el estabilizador horizontal es simétrico con respecto al plano X-Z, por lo que el proceso que se desarrollará a continuación se centra en el lado izquierdo, obteniéndose el lado derecho mediante simetría.

En primer lugar, para definir las costillas se hizo un *Sketch* sobre el plano X-Y y así obtener la cuerda de cada costilla y su distancia al eje X.

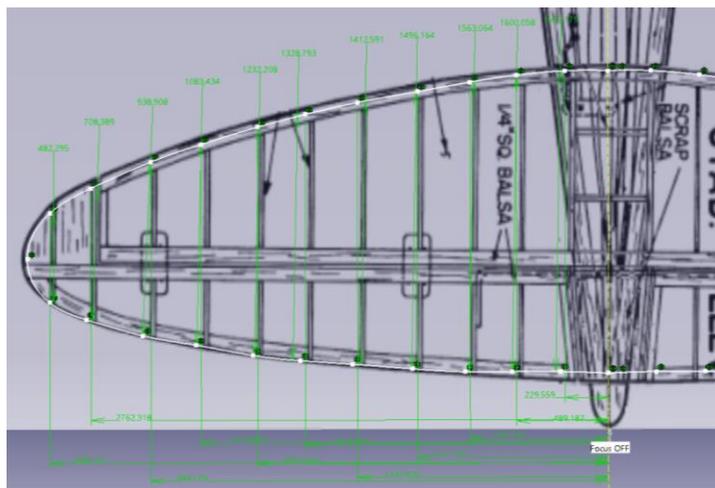
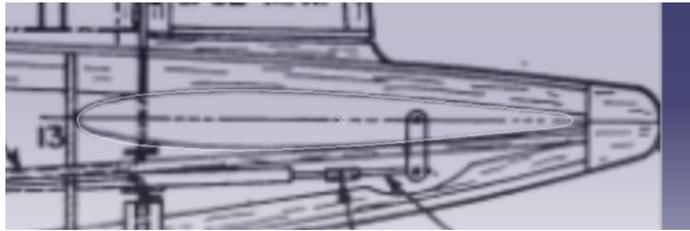


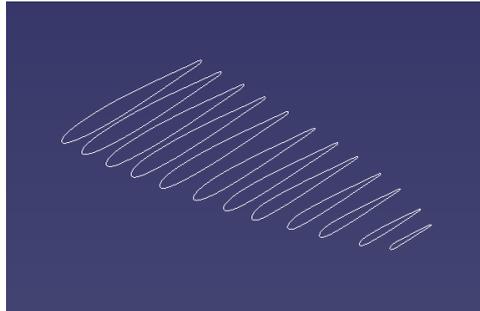
Figura 4.27. Dimensiones características de las costillas del estabilizador horizontal

A continuación, se hizo un *Sketch* en el plano X-Z para obtener el boceto de la costilla recogida en dicho plano. Esta se utilizó como referencia para el resto de costillas. Además, el diseño de los bocetos se realizó considerando que los perfiles del estabilizador tienen una distribución simétrica.



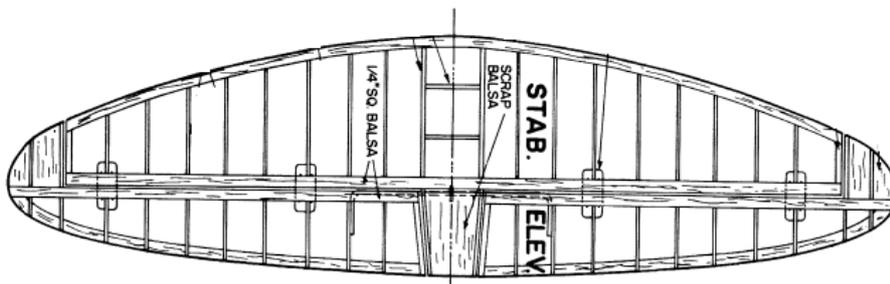
**Figura 4.28.** Boceto de la costilla en el plano X-Z ajustada a la vista de perfil

De esta manera, teniendo la forma de esta costilla como referencia y utilizando las dimensiones obtenidas de la vista en planta, se obtuvieron los bocetos de las costillas del estabilizador horizontal.



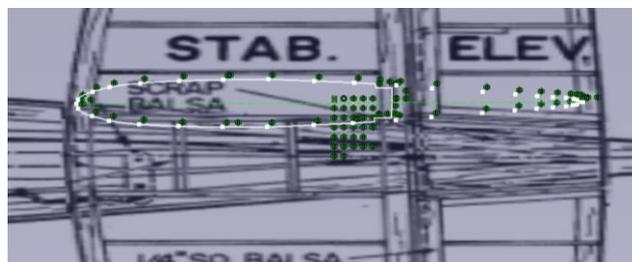
**Figura 4.29.** Bocetos de las costillas del lado izquierdo del estabilizador horizontal

A continuación, extrayendo la vista en planta del estabilizador horizontal de la Figura 3.1 se tomó la decisión de organizar el modelado en tres conjuntos: estructuras fijas, estructuras móviles y costillas. Además, el último grupo se distinguió entre la parte fija y móvil de cada costilla.



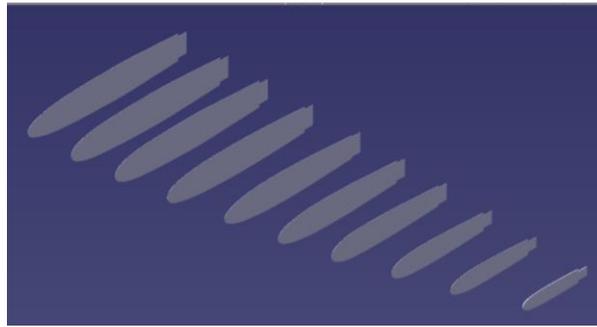
**Figura 4.30.** Forma en planta del estabilizador horizontal

En primer lugar, se modelaron las costillas fijas. Para ello se delimitaron los bocetos obtenidos anteriormente de manera que interceptasen con la estructura fija de unión central.



**Figura 4.31.** Modelado de las costillas fijas

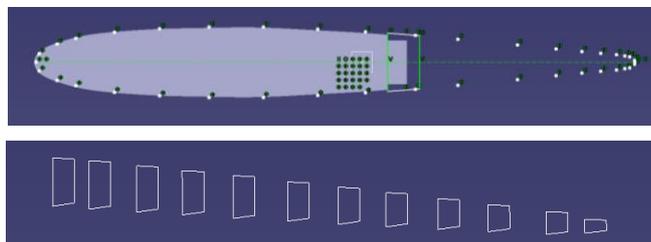
La forma que adopta el perfil cuando llega a la estructura central se debe a la unión elegida para ensamblar la costilla a esta. A continuación, se aplicó este modelado al resto de costillas fijas e implementó la herramienta *Pad* a los *Sketches* resultantes.



**Figura 4.32.** Costillas fijas del estabilizador horizontal

Como se puede observar en la Figura 4.30, la última costilla fija tiene mayor espesor; esto se debe a que su función es aportar rigidez a la estructura, por lo que se aportó más espesor que al resto de costillas.

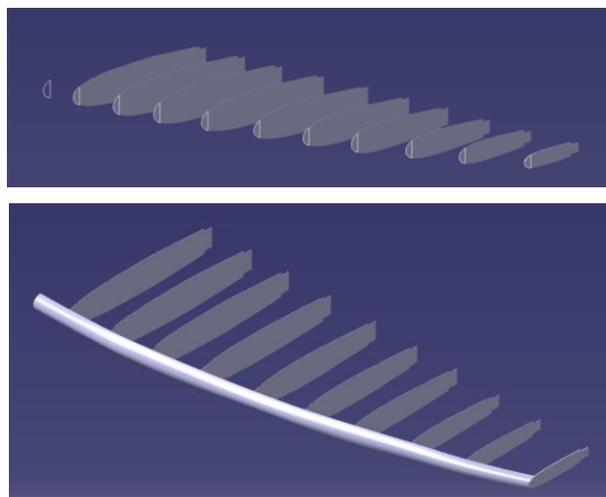
El siguiente paso fue diseñar las secciones de la estructura fija central a partir de los bocetos de la Figura 4.29 y 4.32.



**Figura 4.33.** Modelado de la estructura fija central

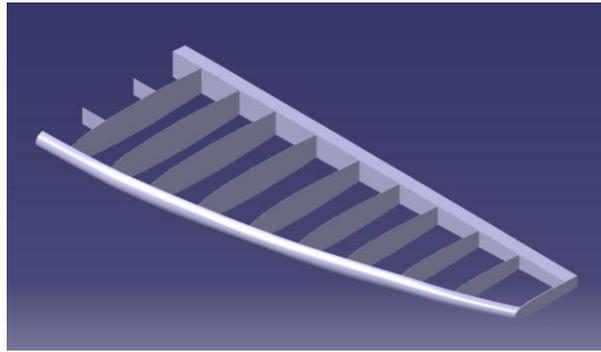
Implementando estos *Sketches* en la herramienta *Multi-Section Solid* se obtuvo el sólido de dicha estructura.

De manera análoga, se crearon *Sketches* en los bordes de ataque de las costillas de la Figura 4.32 para obtener el soporte del borde de ataque.



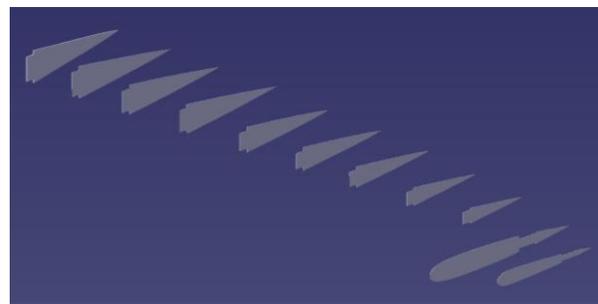
**Figura 4.34.** Modelado del soporte frontal fijo

Los últimos elementos de la estructura fija del estabilizador horizontal a modelar fueron dos placas paralelas al plano Y-Z cuya función es unir la costilla fija 1 con su simétrica con respecto al plano X-Z (razón por la que el boceto queda limitado en este plano). Su modelado consistió en realizar dos *Sketches* en las posiciones correspondientes según la vista en planta e implementarlos en la herramienta *Pad*. Añadiendo estos elementos a los detallados anteriormente, resultó la estructura fija del estabilizador horizontal.



**Figura 4.35.** Estructura fija del estabilizador horizontal

A continuación, se realizó el modelado de la estructura móvil del estabilizador. Comenzando por las costillas, debe destacarse que hay dos tipos: las que complementan a las fijas mostradas en la Figura 4.32 y las que conforman una costilla completa, es decir, las dos últimas secciones que se observan en la Figura 4.30.

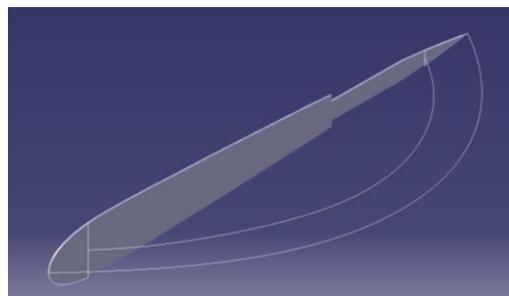


**Figura 4.36.** Costillas móviles del estabilizador horizontal

Al igual que pasa en la estructura fija, en la móvil hay una sección de mayor espesor. En este caso se trata de la más cercana al plano X-Z y, como se observa en la Figura 4.30, cuenta con cierto ángulo con respecto a este plano para ajustar el estabilizador horizontal a la forma del fuselaje.

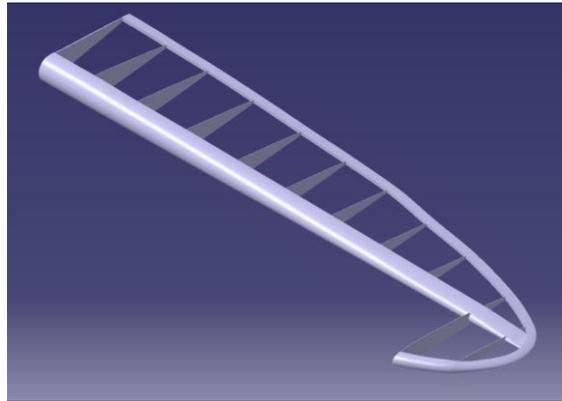
El siguiente paso fue modelar la estructura móvil central y el soporte del borde de salida. Para ello se siguió un procedimiento similar al llevado a cabo para la estructura fija, exceptuando la zona de la punta del estabilizador.

El modelado de la punta del estabilizador consistió en crear dos Sketches que recogiesen el borde de ataque y de salida de la costilla 11 y dos guías que los uniesen. Implementando estos bocetos en la herramienta *Multi-Section Solid* se obtuvo el tramo de soporte correspondiente.



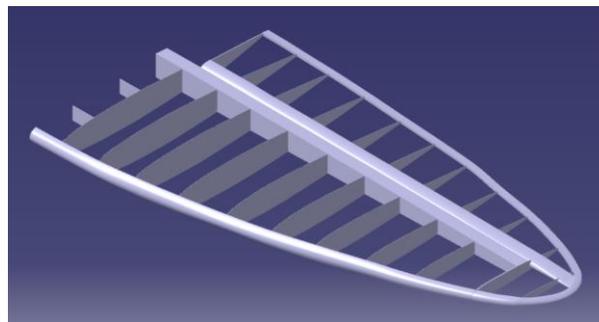
**Figura 4.37.** Modelado de la punta del estabilizador horizontal

Representando el conjunto móvil del estabilizador horizontal resulta lo mostrado en la Figura 4.38.



**Figura 4.38.** Estructura móvil del estabilizador horizontal

Finalmente, se obtuvo la estructura del lado izquierdo del estabilizador horizontal.

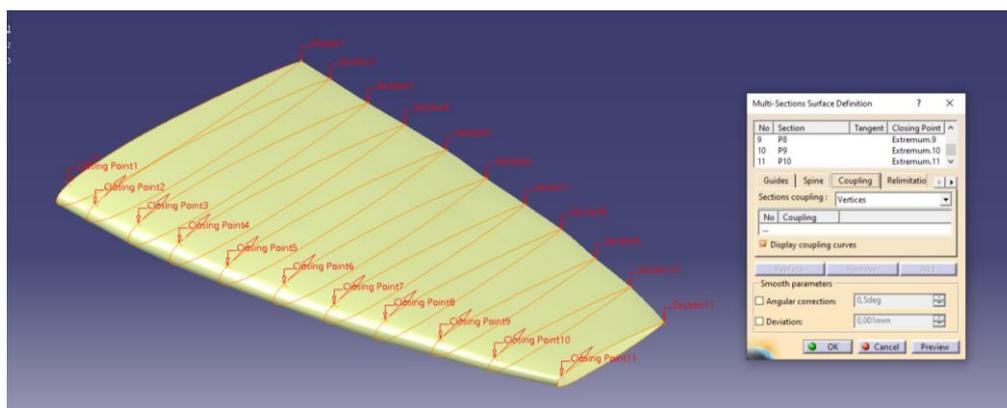


**Figura 4.39.** Estabilizador horizontal

### Superficie externa

El modelado de la superficie dio comienzo creando *Sketches* a partir de las costillas y los soportes de manera que la superficie resultante recogiese al completo la estructura creada. Para que esto se cumpliese se dividió la superficie en tres tramos: del plano X-Z a la costilla 10, entre las costillas 10 y 11 y la punta del estabilizador.

Comenzando por el primer tramo, se generó implementando los *Sketches* de las secciones hasta la costilla 10 en la herramienta *Multi-Section Surface*. El modelado de esta superficie se simplificó utilizando la opción *Vertices* del menú *Coupling*, de esta manera no fue necesario crear guías.



**Figura 4.40.** Primer tramo de superficie del estabilizador horizontal

Un detalle a tener en cuenta cuando se utiliza esta herramienta (y su equivalente en el módulo *Part Design*, *Multi-Section Solid*) es que las flechas rojas tangentes a los *Sketches* deben tener el mismo sentido, siendo horario en el caso de la Figura 4.40, y los *Closing Points* deben ser acordes entre las secciones implementadas.

El siguiente tramo, comprendido entre las costillas 10 y 11, se generó utilizando la misma herramienta y añadiendo dos guías que ajustasen la forma de dicho tramo a la forma en planta del estabilizador, de manera que el soporte móvil quedase recogido en su interior.

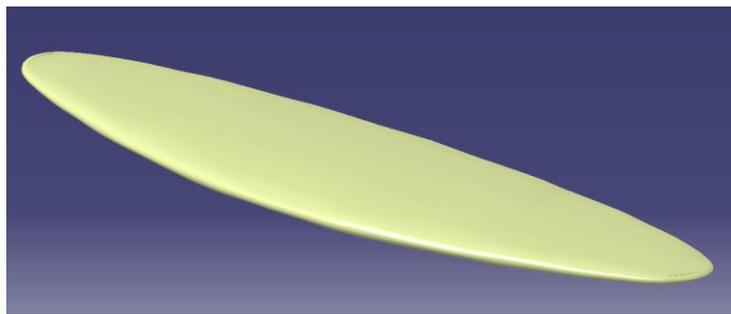
Por último, puesto que la superficie generada quedó abierta por la punta, se crearon dos *Sketches* que comprendiesen el borde de ataque y de salida del extremo de la superficie utilizando la última sección como referencia y dos guías que se ajustasen a la vista en planta del estabilizador. Implementando las secciones y las guías anteriores en la herramienta *Multi-Section Surface* se obtuvo el borde de la punta del estabilizador horizontal.



**Figura 4.41.** Superficie del borde de punta del estabilizador horizontal

A continuación, se cerraron las superficies del extradós e intradós utilizando la herramienta *Fill*. Finalmente, se unificaron las superficies creadas mediante *Join*.

Por último, se obtuvo el lado derecho del estabilizador horizontal aplicando *Symmetry* a la superficie resultante.



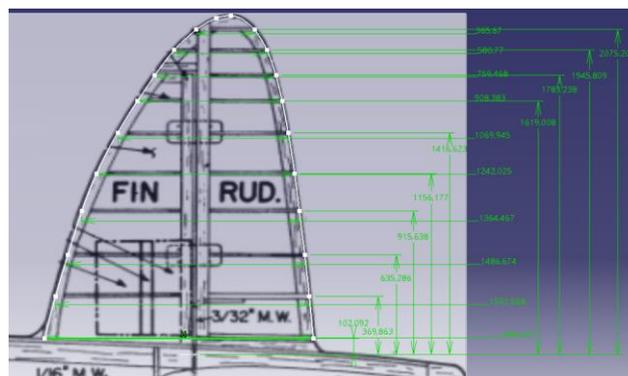
**Figura 4.42.** Superficie del estabilizador horizontal

### 4.3 Estabilizador Vertical

Debido al parecido entre los estabilizadores, el procedimiento del estabilizador vertical fue similar al detallado en el apartado anterior.

#### Estructura interna

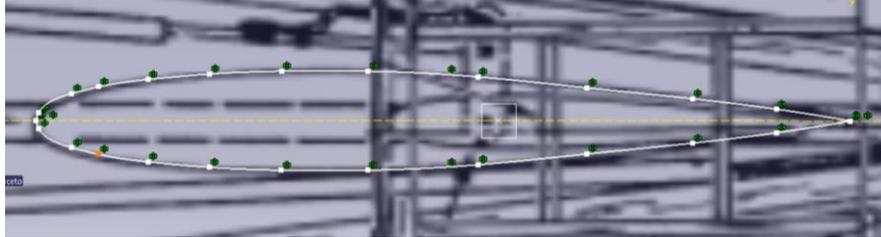
En primer lugar, se tomaron las dimensiones características de las costillas del estabilizador vertical, es decir, la cuerda y la distancia a un punto de referencia que marcó la base del estabilizador.



**Figura 4.43.** Dimensiones características de las costillas del estabilizador vertical

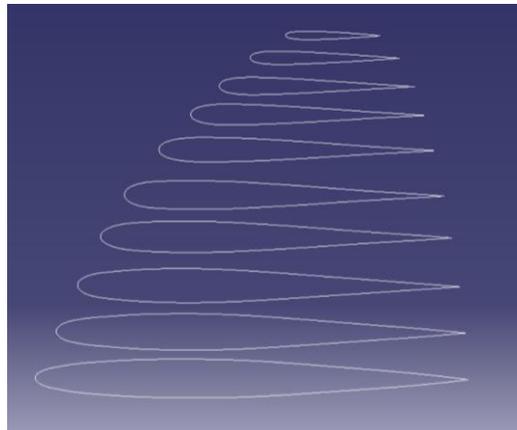
En la Figura 4.43 se puede observar que la cuerda aumenta en la base del estabilizador, esto permite que la unión con el fuselaje se suavice. El modelado del elemento de unión entre el estabilizador y el fuselaje se desarrollará en la Sección 4.7.

A continuación, para tener una forma de referencia de los perfiles se hizo un *Sketch* en un plano paralelo al X-Y que recogiese el aportado por la vista en planta.



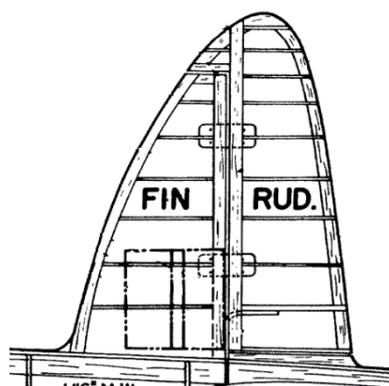
**Figura 4.44.** Primer perfil ajustado al plano en planta

Utilizando este perfil como referencia y las dimensiones tomadas anteriormente, se obtuvieron los bocetos de las costillas del estabilizador.



**Figura 4.45.** *Sketches* de las costillas del estabilizador vertical

De manera análoga al estabilizador horizontal, se organizó el modelado en conjuntos formados por las costillas, estructuras fijas y estructuras móviles.



**Figura 4.46.** Vista en perfil del estabilizador vertical

En primer lugar, se diseñaron las costillas a partir de los bocetos de la Figura 4.45 y la herramienta *Pad*. Estos quedaron limitados por la intersección con la estructura fija central que se modeló utilizando estos *Sketches* de referencia. Comentar que se le aportó más espesor a la costilla superior de acuerdo a la Figura 4.46.



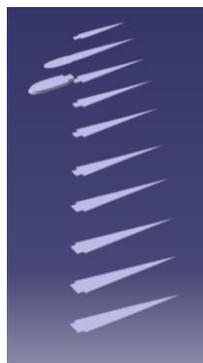
**Figura 4.47.** Costillas fijas del estabilizador vertical

A continuación, se creó la estructura fija central y el soporte fijo del borde de ataque. Para ello se diseñaron *Sketches* en las zonas correspondientes de cada costilla y se implementaron en la herramienta *Multi-Section Solid*. De esta manera, resultó la estructura fija del estabilizador vertical.



**Figura 4.48.** Estructura fija del estabilizador vertical

El siguiente paso fue modelar la estructura móvil. Comenzando por las costillas, y de manera análoga al estabilizador horizontal, hay dos tipos: las que complementan a las mostradas en la Figura 4.48 y las que conforman una costilla completa. Para el diseño de los *Sketches* se tomaron los bocetos de la Figura 4.45 y se adaptaron a la forma de las costillas móviles, incluyendo la espiga que formaría parte de la unión con la estructura móvil central.

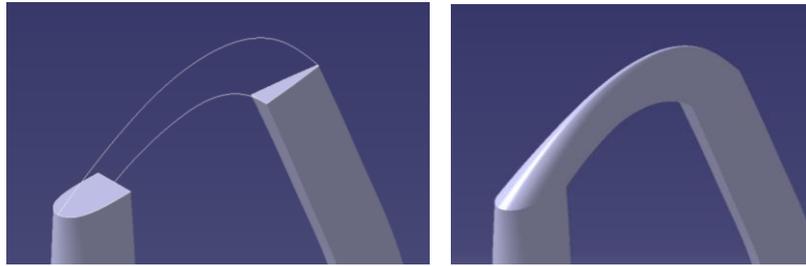


**Figura 4.49.** Costillas móviles del estabilizador vertical

A continuación, se modeló la estructura central móvil implementando en la herramienta *Multi-Section Solid* los *Sketches* creados a partir de los bocetos de las costillas de la Figura 4.49.

El soporte móvil se compone de dos elementos: el soporte que recorre el borde de salida y la punta del estabilizador y el que recorre el borde de ataque de las dos últimas costillas. Se comenzó realizando *Sketches* que se ajustasen al borde de salida de las costillas e implementándolas en la herramienta *Multi-Section Solid*. A

continuación, utilizando la misma herramienta se creó la punta del estabilizador; para ello se tomaron dos *Sketches* ya creados: la última sección del soporte móvil recién creado y la última sección de la estructura central fija. Además, se diseñaron dos guías que ajustasen el modelado a la vista en perfil del estabilizador.



**Figura 4.50.** Modelado de la punta del estabilizador vertical

Por último, para modelar el soporte móvil en el borde de ataque se tomó el *Sketch* de la última sección de la estructura móvil central y se creó un *Sketch* que se ajustase al borde de ataque de las costillas móviles que recoge. Implementando estas secciones junto a una guía que ajustase la forma del soporte en la herramienta *Multi-Section Solid* se obtuvo el sólido final.



**Figura 4.51.** Estructura móvil del estabilizador vertical

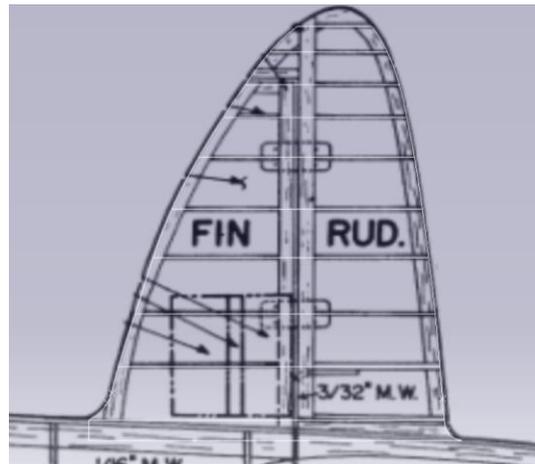
Quedando así definida la estructura del estabilizador vertical.



**Figura 4.52.** Estructura del estabilizador vertical

### Superficie externa

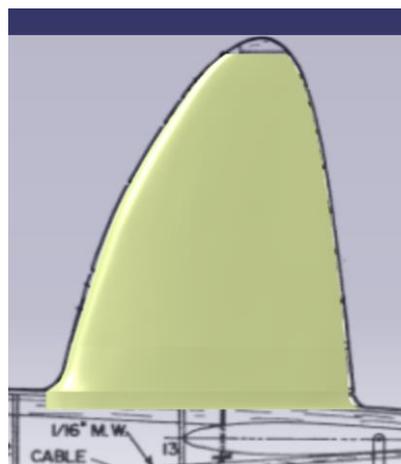
En este caso, la superficie del estabilizador vertical se obtuvo mediante bocetos creados tomando como referencia las costillas, excepto las dos primeras secciones pues deben adaptarse a la unión con el fuselaje.



**Figura 4.53.** *Sketches* y guías para la superficie del estabilizador vertical

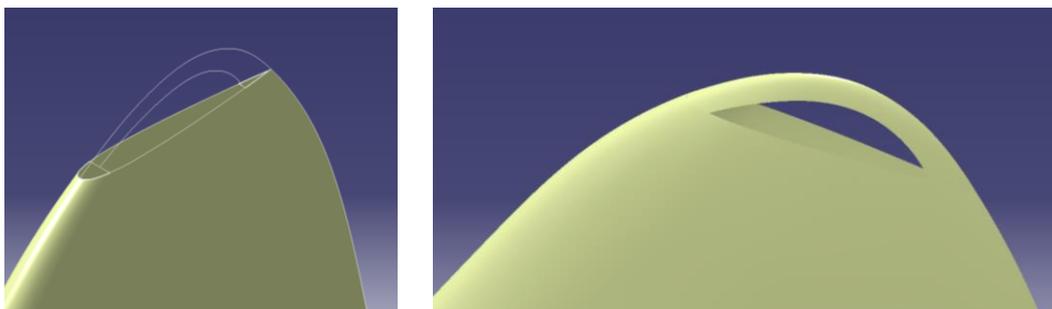
Como se puede observar en la Figura 4.53 y de acuerdo a lo comentado anteriormente, las dos primeras secciones inferiores se adaptaron para poder reproducir la unión con el fuselaje. Además, se crearon guías mediante la herramienta *3D Curve* del módulo *Free Style* y, para lograr más precisión, se crearon puntos en esa zona que sirviesen como soporte para las guías.

Implementando estas guías y secciones en la herramienta *Multi-Section Surface* se obtuvo la superficie mostrada en la Figura 4.54.



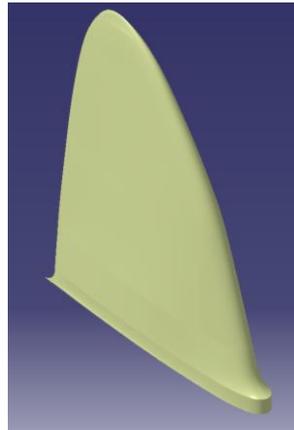
**Figura 4.54.** Superficie inicial del estabilizador vertical

Para hacer el borde de la punta del estabilizador se procedió como en el estabilizador horizontal. Se crearon dos *Sketches* que recogiesen el borde de ataque y salida y dos *Sketches* que recogiesen las guías, consiguiendo así que la punta se ajustase a la vista en perfil. Implementando estas secciones y guías en la herramienta *Multi-Section Surface* se obtuvo la superficie del borde de la punta.



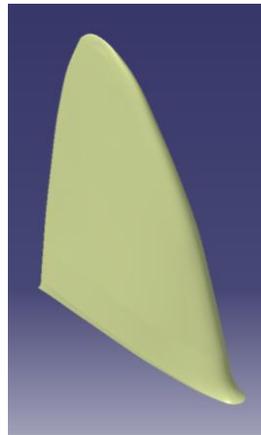
**Figura 4.55.** Superficie del borde de punta del estabilizador vertical

A continuación, se aplicó la herramienta *Fill* a ambos lados del estabilizador para cerrar las aperturas resultantes.



**Figura 4.56.** Superficie del estabilizador vertical

Como se ha comentado anteriormente, la superficie del estabilizador se adaptó para que se ajustase a la vista en perfil; sin embargo, eso implica que habría superficie en el interior del fuselaje. Para eliminar dicha superficie se aplicó la herramienta *Split* del módulo *Generative Shape Design* para cortar la superficie del estabilizador vertical con el *Join* de la superficie del fuselaje.



**Figura 4.57.** Superficie final del estabilizador vertical

Por último, se utilizó la herramienta *Join* para unificar las superficies que conforman el estabilizador vertical.

## 4.4 Ala

A la hora de realizar el modelado del ala se tuvieron en cuenta varios aspectos:

- Según el plano en planta (Figura 3.2), las costillas 1 y 5 se encuentran dentro del fuselaje y de la góndola del motor, respectivamente. Tras consultar la Figura 3.6 se decidió no modelarlas pues coincidirían con las cuadernas del fuselaje y la estructura del tren de aterrizaje.
- Las costillas aportadas por el plano de *Frank B. Baker* y *Joe Demarco* no incluyen el borde de ataque y de salida, pues estas pertenecen a otras estructuras del ala. En concreto, si se observan las Figuras 3.2 y 3.5, se puede comprobar que a partir de la costilla 7 comienzan las superficies hipersustentadoras, por lo que el borde de salida de dichos perfiles será móvil. Por lo tanto, y con objeto de representar las diferentes partes del ala según la Figura 3.2, se decidió diseñar dichos perfiles de manera que fuesen afines al modelado.
- Si se observan las Figuras 3.6 y 3.7, el tramo de ala comprendido entre el fuselaje y la góndola del motor tiene una entrada de aire para el radiador y enfriador de fluidos. Es por esto que en la Figura 3.5, la costilla 2 tiene una forma pronunciada en el borde de ataque. De esta manera, se decidió realizar esta costilla siguiendo el perfil suavizado y la superficie en esa sección siguiendo el boceto pronunciado. Esto permitió que se reprodujesen esas zonas de la estructura conforme a las imágenes de referencia.
- En relación con el paso de los largueros por la góndola del motor, en la Figura 3.6 se puede observar que

este se adapta a la forma de la góndola. Puesto que en este Proyecto no se modela dicha sección, se decidió mantener el larguero recto.

- Como ha ocurrido en otros apartados, el ala tiene simetría con respecto al plano X-Z. Por lo tanto, se realizó el modelado del lado izquierdo para después obtener el derecho utilizando las herramientas de simetría correspondientes.

### Estructura interna

Considerando los puntos comentados, se comenzó el diseño de la estructura interna del ala por las costillas puesto que en los bocetos de estas se tienen las hendiduras por las que pasan los largueros.

En primer lugar, se tomaron las dimensiones características de las costillas. Estas son la cuerda y la distancia al eje de simetría del avión.

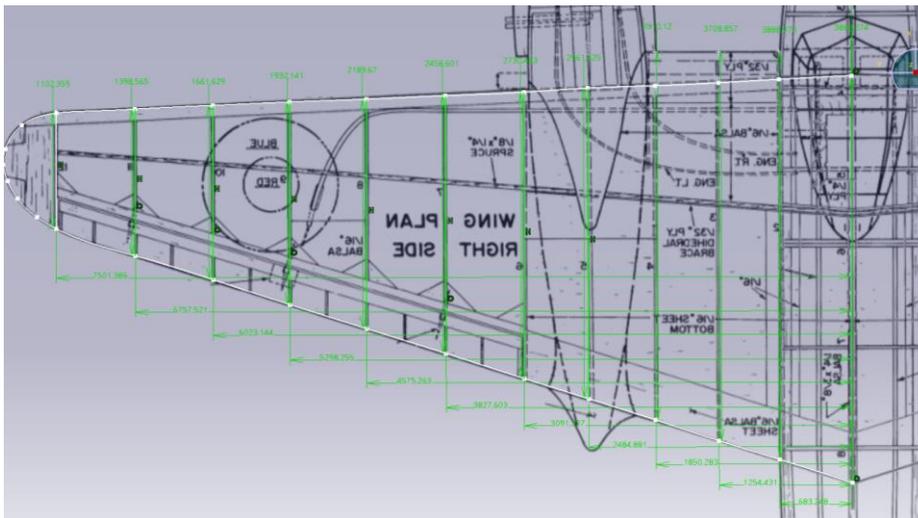


Figura 4.58. Dimensiones características de las costillas del ala

A continuación, se colocaron los bocetos de las costillas utilizando el módulo *Sketch Tracer* [12].

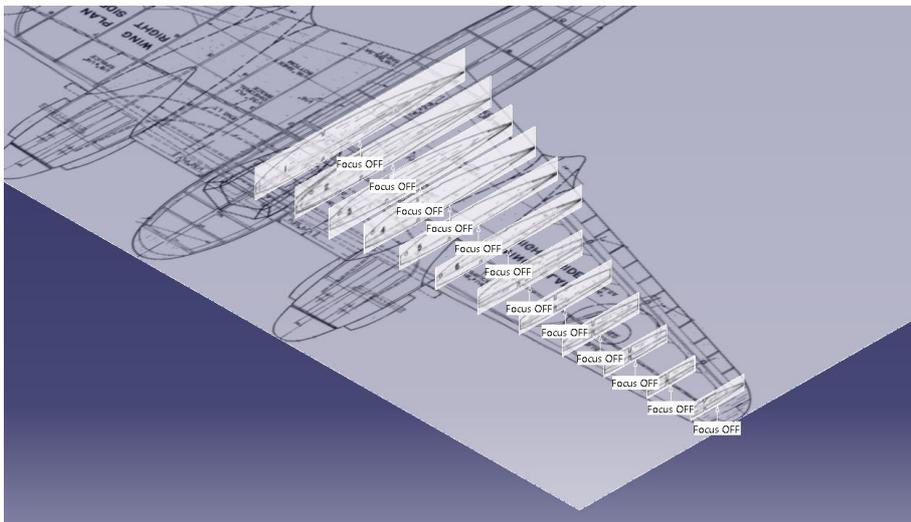
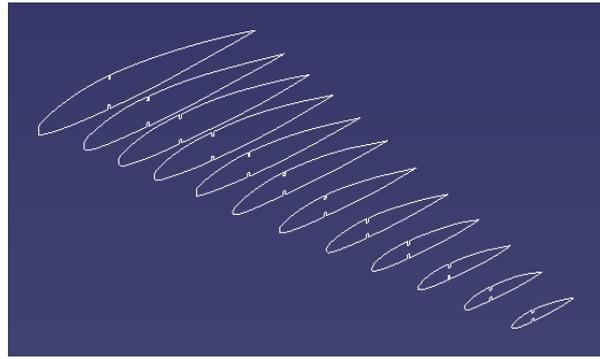


Figura 4.59. Bocetos incluidos en el modelo con *Sketch Tracer*

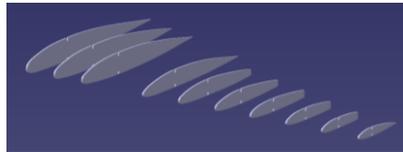
Teniendo los bocetos colocados y considerando los puntos comentados anteriormente, se crearon los *Sketches* de las costillas mostrados en la Figura 4.60. Destacar que, aunque no se reprodujeron las costillas 1 y 5, se extrajo su boceto para usarlo como referencia en el modelado del resto de estructuras.



**Figura 4.60.** *Sketches* de las costillas del ala

Como se observa en la Figura 4.58, la estructura del ala cuenta con costillas, largueros, un bloque en la punta y estructuras de unión entre costillas que se reparten según estas sean móviles o fijas. Es por esto que el siguiente paso fue adaptar los perfiles obtenidos a la forma que adquiere la parte fija y móvil.

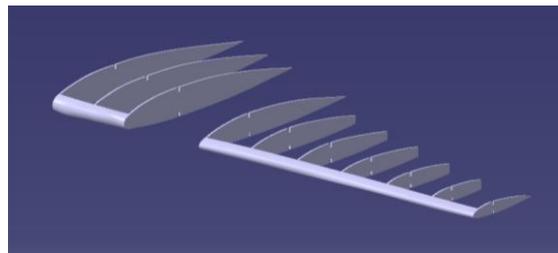
Para ello se llevó a cabo un procedimiento similar al realizado en los estabilizadores. En primer lugar, se adaptaron los bocetos de la Figura 4.60 a los perfiles de las costillas fijas y se les dio espesor mediante la herramienta *Pad*.



**Figura 4.61.** Costillas fijas

A continuación, se realizó el modelado de los soportes fijos: en el borde de ataque, en el borde de salida de las tres primeras costillas y al final de las costillas que tienen parte móvil.

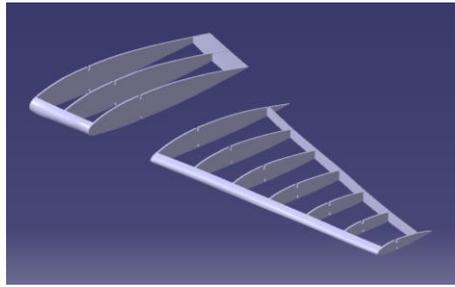
Comenzando por el borde de ataque, se modelaron dos tramos: uno que recogiese las tres primeras costillas y otro que uniese las restantes. Esta separación se debe a que la zona entre la cuarta y sexta costilla corresponde a la góndola del motor. Para modelar estos soportes se crearon *Sketches* que se ajustasen al borde de ataque de las costillas y se implementaron en la herramienta *Multi-Section Solid*.



**Figura 4.62.** Estructuras del borde ataque

El siguiente soporte a modelar fue el que recoge el borde de salida de las tres primeras costillas, siendo este un soporte fijo. Para ello se utilizó el mismo procedimiento que para los anteriores.

Por último, se creó el soporte que conecta el tramo 6 – 12 de costillas. Además de los *Sketches* obtenidos a partir de las costillas 7 – 11, se crearon *Sketches* sobre las costillas 6 y 12 que permitiesen modelar un sólido que las abarcase. De manera análoga a los soportes anteriores, estas secciones se implementaron en la herramienta *Multi-Section Solid*.



**Figura 4.63.** Soportes fijos del ala

El siguiente paso fue modelar la estructura móvil del ala. Esta se compone de las costillas móviles y de los soportes en los bordes de ataque y salida de las mismas. Siguiendo el orden llevado para la estructura fija, se modelaron las costillas en primer lugar. Para ello se adaptaron los *Sketches* de la Figura 4.60 para obtener los perfiles de las costillas móviles. Puesto que la parte móvil está comprendida entre las secciones 6 y 12, se crearon *Sketches* en estas secciones además de las indicadas por la Figura 3.5 (de la 7 a la 11).



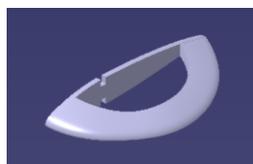
**Figura 4.64.** Costillas móviles

Para el modelado de las estructuras que conectan estas costillas se crearon *Sketches* que se ajustasen a la forma del inicio y del borde de salida de cada costilla y se implementaron en la herramienta *Multi-Section Solid*.



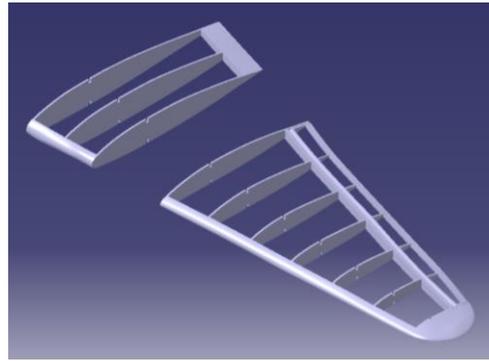
**Figura 4.65.** Estructura móvil del ala

Si se observa la Figura 3.2, la punta del ala se compone de una pieza sólida. Su diseño comenzó reproduciendo el borde de la punta mediante la herramienta *Multi-Section Solid* implementando dos *Sketches* que recogiesen el borde de ataque y de salida de la última costilla y dos guías que ajustasen el borde a la forma en planta mostrada en la Figura 3.2.



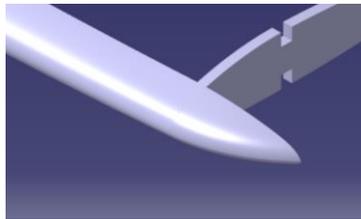
**Figura 4.66.** Borde de la punta del ala

Para cerrar el sólido se crearon dos superficies mediante *Fill* del módulo *Generative Shape Design* y una tercera superficie que uniese los lados curvos de las anteriores. Por último, se utilizó la herramienta *Close Surface* para crear un sólido a partir de la superficie generada de aplicar *Join* a las tres anteriores.



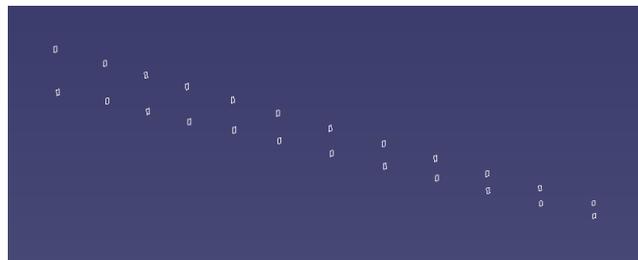
**Figura 4.67.** Modelado del ala

Una vez obtenida esta estructura se pudo completar el modelado del soporte del borde de ataque pues, si se observa la Figura 3.2 se puede comprobar que dicho soporte llega a la punta del ala y no a la última costilla, tal y como se modeló anteriormente. Esta parte de la estructura del borde de ataque se logró extrayendo la superficie de la punta del ala con la herramienta *Multiple Extract* del módulo *Generative Shape Design* y creando un sólido del mismo espesor que el soporte combinando las herramientas *Thick Surface* y *Close Surface* del módulo *Part Design*.



**Figura 4.68.** Punta de la estructura del borde de ataque

El siguiente paso fue modelar los largueros. Para ello, se utilizaron los bocetos de las costillas como referencia para obtener las secciones de estos a lo largo del ala.



**Figura 4.69.** *Sketches* de los largueros

Además, se crearon dos guías tomando como referencia la posición del larguero en el eje de simetría del avión y en la última costilla del ala para asegurar que los largueros resultasen rectos.



**Figura 4.70.** Guías para posicionar las secciones de los largueros

Se puede observar como la guía inferior tiene cuatro tramos rectos, esto se debe a la adecuación de dicho larguero a las situaciones a lo largo de la envergadura del ala: dentro del fuselaje, entre el fuselaje y la góndola y el paso por la góndola.

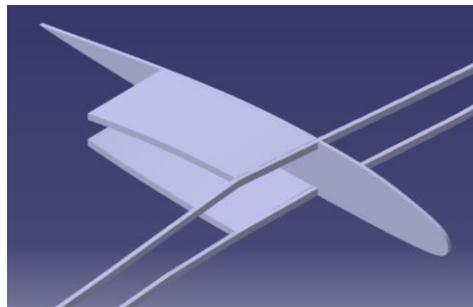
Una vez se tuvieron las secciones de los largueros colocadas correctamente, estas se proyectaron sobre *Sketches* situados en planos simétricos con respecto al plano X-Z correspondientes. De esta manera se obtuvieron todas las secciones de los largueros superior e inferior a lo largo de la envergadura del ala.

Para reproducir los largueros se utilizó la herramienta *Multi-Section Solid* en los tramos adecuados para reproducir los largueros que se muestran en los planos.



**Figura 4.71.** Largueros del ala tras *Mirror*

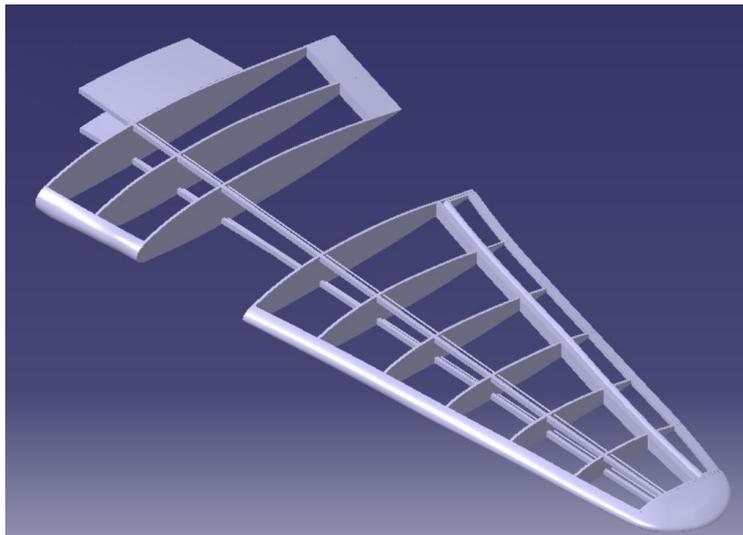
Puesto que el ala es un solo conjunto, es necesario que las costillas contiguas al fuselaje estén conectadas mediante otra estructura además de por los largueros. Esta estructura se puede observar en las Figuras 3.6 y 3.7. Se trata de dos placas que siguen la forma del perfil de la costilla entre las cuadernas 5 y 7. Por lo tanto, para modelar estos elementos se crearon dos *Sketches* (uno en el extradós y otro en el intradós) en la cara interna de la costilla de manera que se ajustase al perfil de esta. Como secciones finales en la herramienta *Multi-Section Solid* se crearon dos *Sketches* sobre el plano X-Z utilizando la posición de los largueros como referencia.



**Figura 4.72.** Estructura central del ala

Además de esta estructura central, en la Figura 3.6 se pueden observar larguerillos a lo largo de la envergadura. Puesto que el número de larguerillos en el ala puede ser elevado, se decidió realizar el modelado de uno de ellos. Este consistió en crear un *Sketch* que contuviese la sección del larguerillo sobre la superficie interna de la costilla 2 y una guía a lo largo del semiala, pues se utilizó la herramienta *Rib* del módulo *Part Design*.

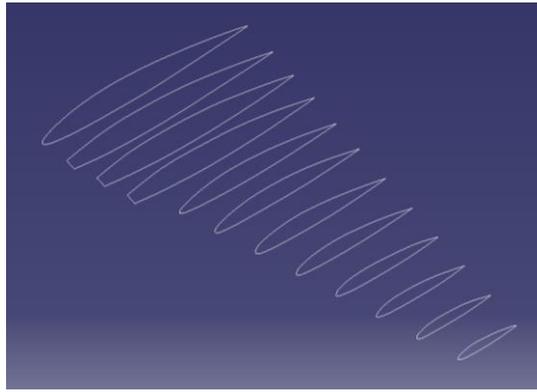
De esta manera, representando los elementos desarrollados se obtuvo la estructura del semiala.



**Figura 4.73.** Estructura interna del ala

### Superficie externa

Una vez se tuvo la estructura interna finalizada, se utilizaron las costillas como referencia para crear los *Sketches* de las secciones de la superficie externa del ala.

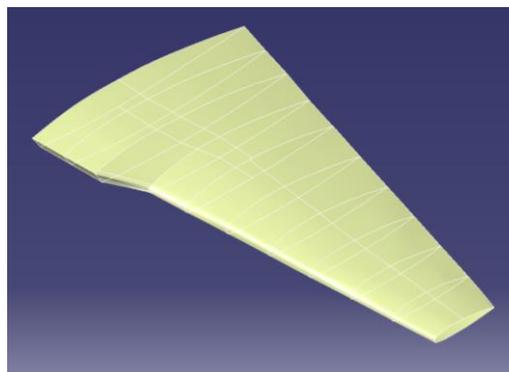


**Figura 4.74.** Sketches para la superficie del ala

En este caso, puesto que la superficie tiene ciertos cambios bruscos entre secciones contiguas se decidió realizar varios *Multi-Section Surface* con el objetivo de lograr una superficie mejor definida. Destacar que todas las guías se hicieron con la herramienta *3D Curve* del módulo *Free Style*.

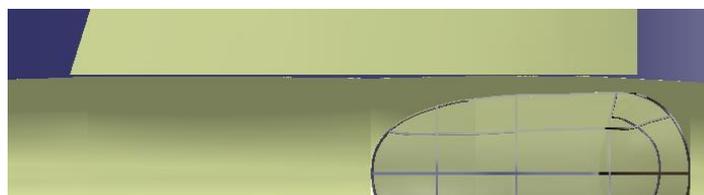
- Secciones 2 – 4: Se utilizó la opción *Vertices* del menú *Coupling* de la herramienta *Multi-Section Surface*.
- Secciones 4 – 5: En este tramo ocurre el cambio de perfil más pronunciado, por lo que se crearon cinco guías en la zona del borde de ataque y una en el borde de salida.
- Secciones 5 – 12: Puesto que son perfiles similares entre sí y los vértices de los *Sketches* coinciden se optó por utilizar la opción *Vertices* del menú *Coupling* de la herramienta *Multi-Section Surface* y se redujo la cantidad de guías.

Teniendo en cuenta estos puntos, se obtuvo la superficie mostrada en la Figura 4.75.



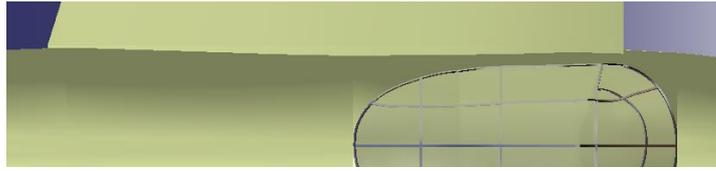
**Figura 4.75.** Superficie y elementos geométricos utilizados

Si se representa la superficie del fuselaje junto a la del ala, se observa que estas no llegan a intersectar.



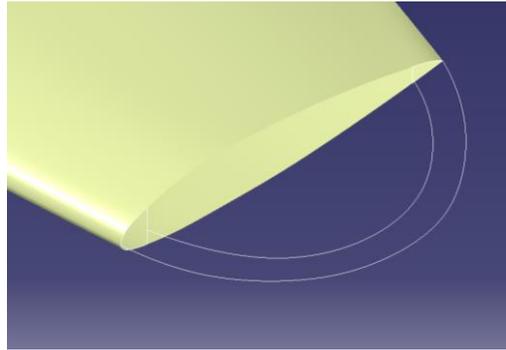
**Figura 4.76.** Representación de las superficies del ala y del fuselaje

Para salvar ese espacio, se utilizó la herramienta *Extrude* del módulo *Generative Shape Design* tomando como límite inicial el perfil la sección 2 y la superficie del fuselaje (Configuración *Up-to-element*) como límite final.



**Figura 4.77.** Representación de las superficies tras *Extrude*

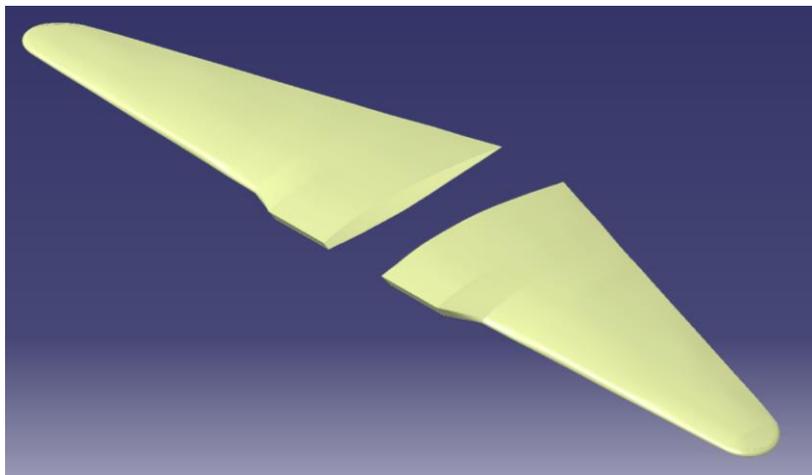
Como en otras ocasiones, la punta del ala quedó abierta. Para cerrarla se llevó a cabo el procedimiento utilizado en los estabilizadores. Tomando como referencia la sección 12, se crearon dos *Sketches* que recogiesen los bordes de ataque y de salida. Además, se crearon dos *Sketches* para definir el borde de la punta del ala para que se ajustase a la vista en planta.



**Figura 4.78.** Elementos geométricos para crear la superficie de la punta del ala

A continuación, se implementaron estos *Sketches* como secciones y guías en la herramienta *Multi-Section Surface* y se utilizó *Fill* para cerrar las aperturas resultantes en extradós e intradós tras la acción anterior.

Finalmente, para solventar las aperturas de la punta de ala se utilizó la herramienta *Fill*. Como paso previo a obtener la superficie completa del ala fue unificar las superficies que conforman el lado derecho con *Join*. Ahora sí, se utilizó la herramienta *Symmetry* para generar la semiala derecha



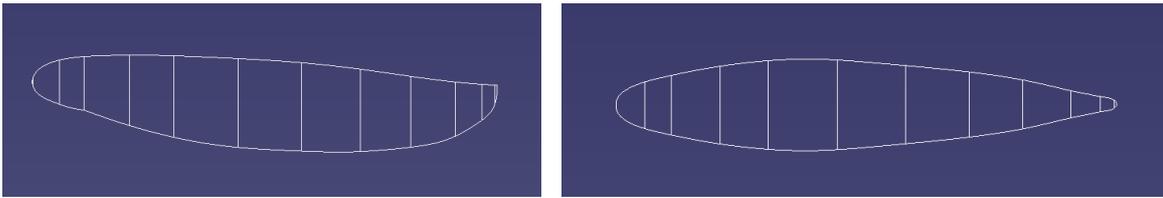
**Figura 4.79.** Superficie total del ala

## 4.5 Planta Motora y Góndolas

Tener el ala modelada dio paso al diseño de la planta motora y las góndolas. Puesto que el modelado de todos los elementos de este conjunto es muy complejo, se decidió reproducir la superficie de las góndolas, las hélices y sus encastrés, la toma de entrada de aire y los tubos de escape.

Al igual que para otros elementos, se desarrolló el lado izquierdo para luego aplicar simetría y obtener la mitad derecha utilizando las herramientas de simetría adecuadas.

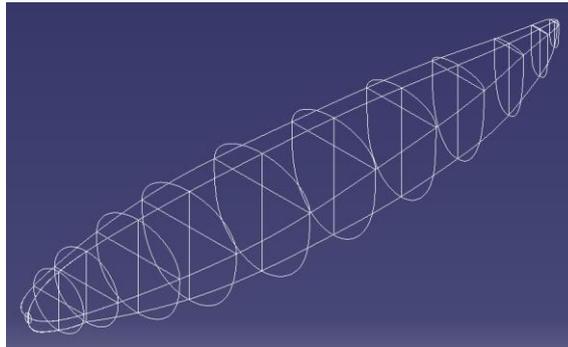
En primer lugar, se crearon dos *Sketches* que representasen el perfil y la planta de la góndola como referencia.



**Figura 4.80.** *Sketches* con el perfil y la planta de la góndola

### Superficie de la góndola

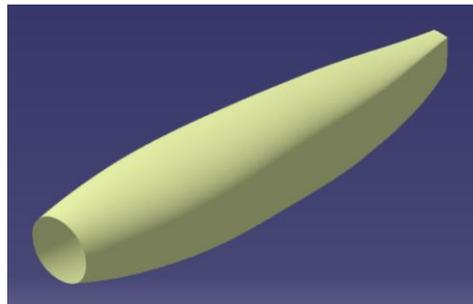
A partir de los bocetos de la Figura 4.80, se crearon *Sketches* que recogiesen las secciones necesarias para reproducir con precisión la superficie de la góndola.



**Figura 4.81.** Secciones para la superficie de la góndola

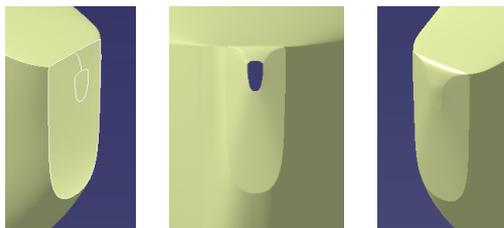
A continuación, se dividió la superficie en dos: el cono que recoge el encaسته de las hélices y el cuerpo de la góndola. Además, el tramo inicial se generó en un archivo separado del cuerpo de la góndola para poder aplicar un material diferente.

Implementando las secciones 2 – 11 en la herramienta *Multi-Section Surface* con la configuración *Vertices* en el menú *Coupling* se obtuvo la superficie mostrada en la Figura 4.82 puesto que los *Sketches* se realizaron de manera que tuviesen el mismo número de vértices y estos estuviesen en posiciones acordes entre sí.



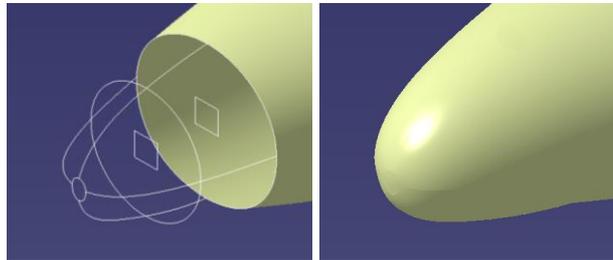
**Figura 4.82.** Superficie central de la góndola

El siguiente paso fue cerrar la cola de la góndola. Para ello se creó un *Sketch* con forma similar a la sección 11 pero de menor tamaño y un *Sketch* que sirvió de guía para que la acción de *Multi-Section Surface* se realizase con mayor precisión. Finalmente, para cerrar dicho tramo se utilizó la herramienta *Fill*.



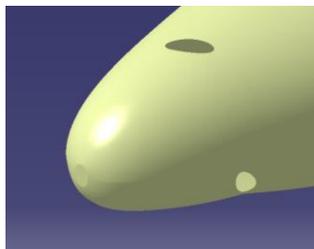
**Figura 4.83.** Tramo final de la góndola

El siguiente tramo a modelar fue el cono de la góndola. Con objeto de obtener superficie más realista se crearon cuatro guías que se implementaron junto a las secciones correspondientes en la herramienta *Multi-Section Surface*. Además, se utilizó *Fill* para cerrar la apertura resultante en la punta del cono y *Join* para unificar las dos superficies generadas.



**Figura 4.84.** Modelado de la superficie del cono de la góndola

A continuación, se hicieron agujeros en la superficie resultante para permitir el paso de las hélices. En primer lugar, se creó un *Sketch* que contuviese la forma del orificio y se utilizó la herramienta *Extrude*. El siguiente paso fue reproducir la última superficie generada cada  $120^\circ$  con *Circular Pattern* y, finalmente, realizar un *Split* a la superficie de la Figura 4.84.

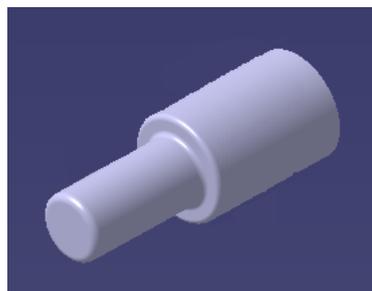


**Figura 4.85.** Superficie final del cono

### Conjunto de hélices y encastre

Puesto que en la Figura 3.1 no se definen estos elementos, se decidió tomar como referencia la Figura 3.6, en la que se ve de manera precisa la forma del encastre y su unión con las hélices. Comentar que para este conjunto de elementos se utilizó el módulo *Part Design*, excepto en las herramientas en las que se haya especificado uno diferente.

En primer lugar, tomando un eje de revolución para las hélices, se creó el cuerpo central del encastre mediante dos *Pads* lo suficientemente extensos como para alojar los soportes de las hélices.



**Figura 4.86.** Cuerpo central del encastre

A continuación, para modelar los brazos que alojan las bases de las palas se diseñó uno en la dirección del eje *Z* y se le aplicó a este un *Circular Pattern* cada  $120^\circ$ . Para obtener el brazo se realizó un *Multi-Section Solid* entre dos secciones creadas a lo largo de un eje paralelo al *Z*. Puesto que este soporte contiene parte del brazo de la pala, se utilizó *Hole* para hacer un agujero en el sólido creado. Otro detalle a tener en cuenta es que este encastre se une al motor mediante el eje del mismo, por lo que se utilizó la herramienta *Hole* para reproducir el orificio en el que quedaría alojado dicho eje. Por último, se aplicó *Edge Fillet* para suavizar ciertos bordes del sólido.

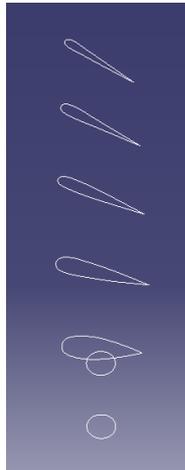


**Figura 4.87.** Encastre de la hélice

El siguiente elemento a modelar es el conjunto de hélices. Al igual que en el encastre, se comenzó modelando la pala en dirección del eje Z.

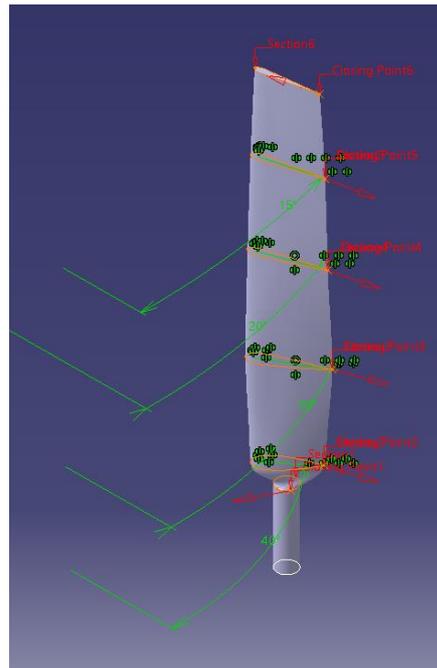
En primer lugar, haciendo uso del soporte correspondiente, se hizo un *Pad* en la base de este que sobrepasase la superficie del cono de la góndola.

Teniendo en cuenta que no se encontró ningún documento en el que se detallase la longitud de las palas y las secciones a lo largo de esta, se optó por definir una longitud que se adecuase a las imágenes reales y se diseñaron las secciones de la hélice de manera que se respetase la variación del ángulo de paso y del espesor de los perfiles de manera que simulase una hélice real.



**Figura 4.88.** *Sketches* para definir una pala

La pala se obtuvo implementando las secciones de la Figura 4.88 en la herramienta *Multi-Section Solid*. Además, destacar que el hecho de que el sentido de las flechas rojas parezca contrario entre perfiles se debe a que a que la herramienta tomó el extradós como referencia en algunos y el intradós en otros, teniendo todas sentido horario.



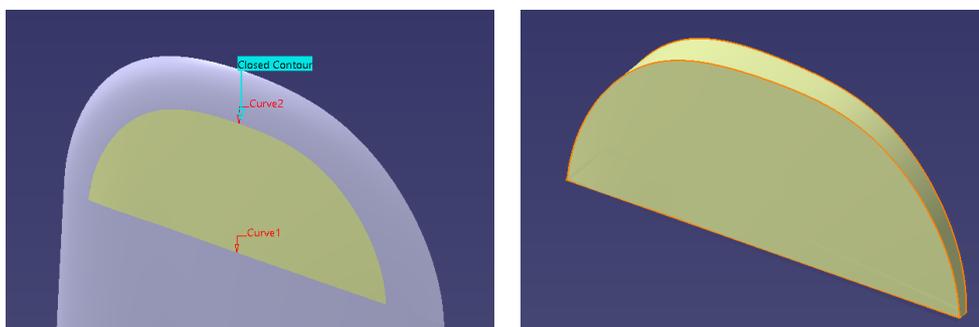
**Figura 4.89.** Cuerpo central de la hélice mediante *Multi-Section Solid*

La última parte de la hélice por crear fue la punta. Para esta se realizaron dos *Sketches* que recogiesen los bordes de entrada y salida del perfil superior de la pala y un *Sketch* en un plano perpendicular a estos que contuviese el borde de la hélice.



**Figura 4.90.** Elementos geométricos para la punta de la hélice

Implementando estas secciones y la guía en la herramienta *Multi-Section Solid* se obtuvo el borde superior de la hélice. Para salvar el espacio hueco resultante se optó por crear un conjunto de superficies que se pudiesen convertir en sólido. Este conjunto quedó formado por dos superficies que cerrasen el cuerpo por intradós y extradós con *Fill* y una tercera superficie, que uniese estas dos por el borde curvo, generada con la herramienta *Surface* del módulo *Free Style*.



**Figura 4.91.** Conjunto de superficies

Como paso previo a generar el sólido, fue necesario unificar este conjunto de superficies mediante la herramienta *Join*. Tras esto, se aplicó *Close Surface* del módulo *Part Design* a la superficie generada por *Join*, generando así el tramo de sólido restante.

Las dos palas restantes de la hélice se obtuvieron utilizando el módulo *Assembly Design*. El proceso consistió en introducir el *CATPart* de la pala modelada y colocarlas en las posiciones correspondientes mediante las restricciones *Coincidence Constraint* y *Surface Constraint* con respecto al encastre.

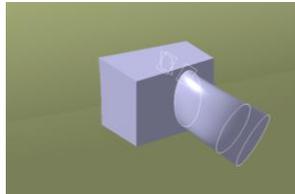


**Figura 4.92.** Conjunto de hélice y encastre

### Tubos de escape

Como se observa en la Figura 3.6, los motores tienen tubos de escape en los laterales que atraviesan la superficie de la góndola.

En primer lugar, se realizó un *Pad* a un *Sketch* paralelo al plano X-Z que atravesase la superficie. A continuación, se realizaron tres *Sketches* con objeto de simular la forma del tubo mostrada en la Figura 3.6 mediante la herramienta *Multi-Section Solid*.

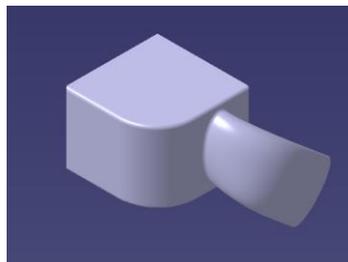


**Figura 4.93.** Tubo tras *Multi-Section Solid*

Puesto que este elemento está diseñado para el paso de gases, se utilizaron las herramientas *Pocket* y *Shell*:

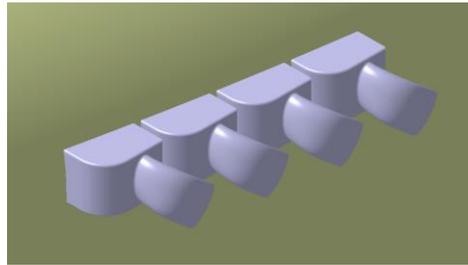
- Con *Shell* se hizo hueco el sólido creado con *Multi-Section Solid*.
- Con *Pocket* se vació parte del sólido creado con el *Pad* inicial para conectarlo con el tubo.

Los tubos de escape deben tener una forma estilizada para facilitar el flujo de aire hacia la salida, por lo que se suavizaron los bordes con la herramienta *Edge Fillet*.



**Figura 4.94.** Tubo de escape tras *EdgeFillet*

Puesto que se decidió modelar los tubos de escape como detalle para acompañar el resultado final, se optó por considerar los tubos a cada lado de la góndola como un conjunto, de manera que al final se tuviesen cuatro conjuntos de tubos de escape. Por lo tanto, el sólido de un lateral de la góndola izquierda se obtuvo aplicando *Rectangular Pattern* al elemento creado.



**Figura 4.95.** Tubos de escape del lado izquierdo

Puesto que estos elementos atraviesan la góndola, es necesario adaptar su superficie a los tubos de escape. Para ello se creó una superficie que intersectase a la góndola en las posiciones correspondientes mediante la herramienta *Extrude* y se utilizó *Split*.



**Figura 4.96.** Cortes rectangulares en la superficie de la góndola

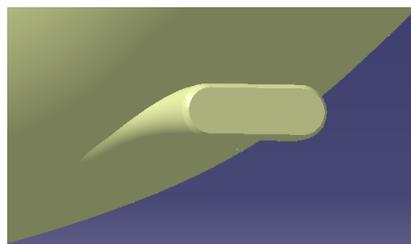
Finalmente, para obtener los tubos del lado derecho de la góndola se utilizó la herramienta *Simmetry* del módulo *Assembly Design*, de manera que cada conjunto lateral de tubos quedase recogido en un *CATPart* individual.

### Toma de entrada de aire

Otro detalle a tener en cuenta en este conjunto es la toma de entrada de aire en la parte inferior de la góndola. Esta se creó implementando en la herramienta *Multi-Section Surface* tres *Sketches* que definiesen su forma. Además, puesto que esta toma y el interior de la góndola están conectados, se utilizó la herramienta *Split* del módulo *Generative Shape Design* con dos objetivos:

- Cortar la superficie de la góndola que queda encerrada por la toma de aire.
- Cortar la superficie de la toma de aire creada por el *Multi-Section Surface* con la superficie resultante de la góndola.

Para simular una toma de aire real, se aplicó *Fill* a la sección inicial de la misma para recrear una rejilla.



**Figura 4.97.** Toma de entrada con rejilla

Con este detalle se completó la superficie de la góndola. Tras esto se utilizó *Simmetry* del módulo *Generative Shape Design* para obtener la góndola del lado derecho.

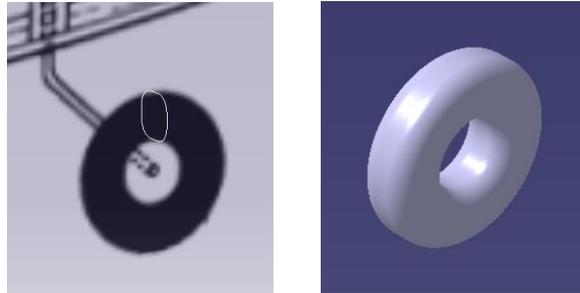
## 4.6 Tren de Aterrizaje

El avión De Havilland Mosquito Mk. IV cuenta con un tren de aterrizaje en triciclo, es decir, una rueda de cola y dos ruedas bajo las góndolas de los motores que conforman el tren principal.

Antes de comenzar con el modelado del conjunto, añadir que la mayor parte de las herramientas utilizadas en este apartado pertenecen al módulo *Part Design*, excepto en las que se especifique otro.

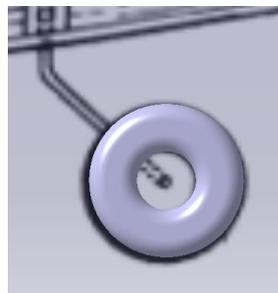
## Tren de cola

En primer lugar se modeló el neumático. Para esto se creó un plano paralelo al Y-Z en el punto central de la rueda, marcado por la vista en perfil, en el que se realizó un *Sketch* al que se le aplicó la herramienta *Shaft*.



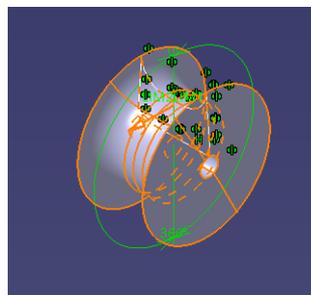
**Figura 4.98.** Modelado del neumático del tren de cola

Como se puede comprobar en la Figura 4.99, el neumático coincide con la vista en perfil.



**Figura 4.99.** Neumático sobre vista en perfil

En segundo lugar, se creó la llanta. En este caso, se utilizó el *Sketch* del neumático como referencia y, al igual que para este, se utilizó la herramienta *Shaft* y así crear la llanta como un sólido de revolución.



**Figura 4.100.** Llanta tras *Shaft*

El siguiente paso fue realizar un *Pad* para crear el eje que recorre la llanta. Puesto que la estructura a modelar es simétrica, se trabajó sobre el lado izquierdo para aplicar más adelante simetría. A continuación, se diseñaron la arandela y tuerca utilizando la herramienta *Pad*. Puesto que estos elementos son iguales al lado derecho, se insertaron los *CATParts* del lado izquierdo y, utilizando las herramientas *Coincidence Constraint* y *Contact Constraint* del módulo *Assembly Design* se colocaron en las posiciones correspondientes.



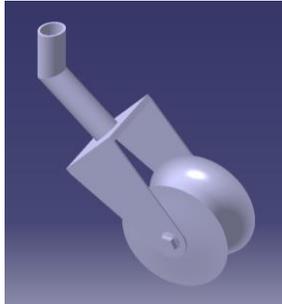
**Figura 4.101.** Llanta y eje

El siguiente elemento se creó aplicando *Pad* a un *Sketch* que abrazase al eje de la llanta en un plano paralelo al

X-Z.

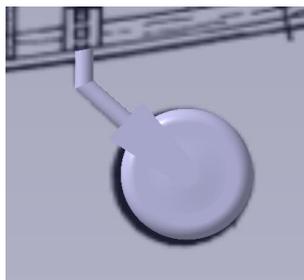
Tomando esta placa como referencia, se creó una placa perpendicular a esta utilizando la herramienta *Pad*. Tras esto, se aplicó simetría con respecto al plano X-Z al *Pad* colocado en el extremo del eje de la llanta y al soporte utilizando la herramienta *Mirror*.

Por último, se modeló el brazo de unión entre el soporte y la estructura del avión creando un *Sketch* que se ajustase a la vista en perfil y que sirviese como curva central para un *Rib* de perfil circular. Además, se utilizó *Edge Fillet* para suavizar el codo del brazo.



**Figura 4.102.** Estructura del tren de cola

Representando el tren de cola obtenido junto al fuselaje y la vista en perfil se puede comprobar que se ajusta correctamente a la vista en perfil.

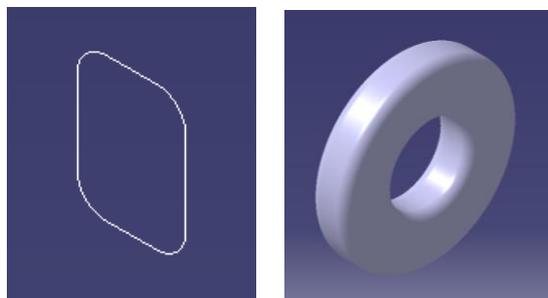


**Figura 4.103.** Representación del tren de cola y el fuselaje sobre la vista en perfil

### Tren de aterrizaje principal

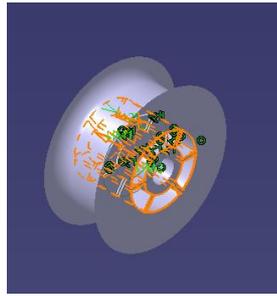
Para el tren principal se siguió el mismo proceso que para el tren de cola, es decir, se modeló el neumático y se utilizó como referencia para la llanta y la estructura del tren.

En primer lugar, se creó un *Sketch* en un plano paralelo al Y-Z al que se le aplicó *Shaft* y así obtener el neumático.



**Figura 4.104.** Proceso de modelado del neumático del tren principal

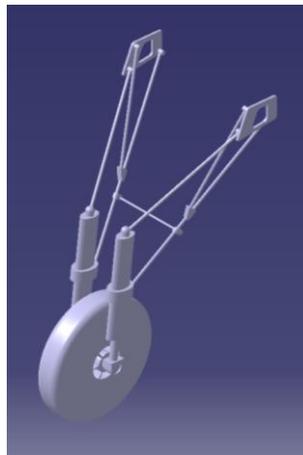
Análogamente a como se hizo en el tren de cola, se utilizó el *Sketch* del neumático como referencia para diseñar el boceto de la llanta. Implementando este *Sketch* en la herramienta *Shaft* se obtuvo el sólido mostrado en la Figura 4.105. Además, se reprodujeron los orificios mostrados en la vista en perfil mediante la herramienta *Pocket*.



**Figura 4.105.** Llanta tras *Shaft* y *Pocket*

Tras esto, se comenzó con el modelado de la estructura. Puesto que la vista en perfil no muestra la estructura de unión del tren principal a la aeronave, se decidió tomar como referencia la mostrada en la Figura 3.6. Además, comentar que debido a la complejidad de dicha estructura se decidió simplificar los elementos de manera que no tuvieran el nivel de detalle mostrado en la Figura 3.6.

Puesto que la estructura es simétrica, se optó por modelar el lado izquierdo agrupando estos elementos en un *CATProduct* al que posteriormente se le aplicó *Simmetry* del módulo *Assembly Design* para obtener el lado derecho. El modelado de la estructura consistió en combinar *Pads* y *Ribs* con *Sketches* que permitiesen obtener un acabado similar al real. Además, se modelaron unos soportes de unión a la estructura del ala.



**Figura 4.106.** Tren de aterrizaje principal izquierdo

## 4.7 Elementos de Unión

En este apartado se detallará cómo se adaptó cada conjunto de la aeronave para su posterior ensamblaje. Comentar que, como se especificará a continuación, hubo casos en los que no se modeló la unión por estar representada en otros elementos similares o en los que se simplificó la representación.

Puesto que el bombardero se fabricó de madera, se optó generalmente por modelar ensambles de caja y espiga. Esta es una de las técnicas más utilizadas para la unión entre madera y consiste en hacer un agujero en uno de los elementos (caja) e introducir en este la espiga, perteneciente al otro elemento [13]. Es importante que no quede holgura entre ambas partes para que la unión sea completa, de manera que el resultado sea como una sola pieza.

Por otra parte, para obtener la unión de otros elementos del avión fue necesario modelar piezas metálicas, como soportes, y elementos de unión acordes a estos, es decir, tornillos, arandelas y tuercas.

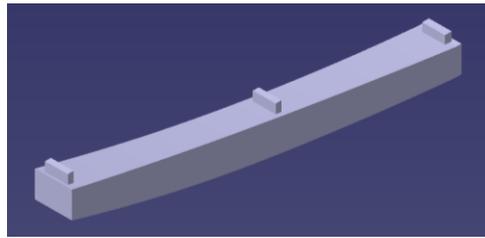
### Uniones entre los elementos del Fuselaje

En este caso, los elementos a unir son las cuadernas y largueros. Puesto que ambos son de madera, se utilizó el ensamblaje de caja y espiga. La cuaderna tomó el papel de caja y, por lo tanto, las espigas se colocaron en los largueros. De esta manera, los agujeros se realizaron en las aperturas de cada cuaderna y las espigas se hicieron sobre los largueros en la posición que permite la intersección con la cuaderna.

Debido a la cantidad de cuadernas y largueros que hay, se decidió:

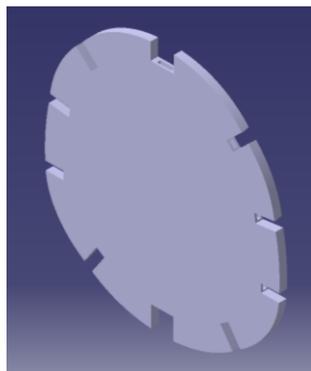
- Realizar las espigas en el larguero superior inicial (entre las cuadernas 1 y 3) para mostrar como resulta un tramo completo.
- Realizar el ensamblaje completo de la cuaderna 1, lo que supuso hacer los orificios en todas las aperturas de la misma y modelar las espigas en los largueros que la intersectan.

Este tipo de ensamblaje se puede realizar con espiga rectangular o redonda. Para esta unión se optó por una espiga rectangular modelada en un *Sketch* paralelo a la apertura correspondiente sobre la superficie del larguero. Esta elección se debe a que la espiga redonda debe cumplir cierta proporción entre la longitud y el diámetro de la misma, puesto que, de no ser así podría romperse y deshacer la unión [14]. Estos *Sketches* se implementaron en la herramienta *Pad* obteniendo el resultado mostrado en la Figura 4.107.



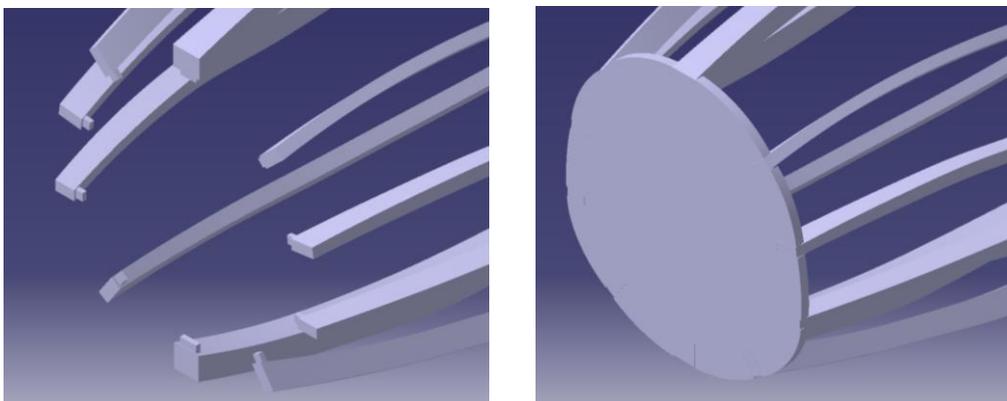
**Figura 4.107.** Larguero con espigas

Las cajas se crearon utilizando la herramienta *Remove* de manera que se eliminase la parte de las cuadernas que intersecta con la espiga del larguero.



**Figura 4.108.** Cuaderna con cajas

Como se comentó anteriormente, se realizaron las espigas en la intersección de todos los largueros con la cuaderna 1 para así mostrar el resultado de esta unión, siendo aplicable al resto de cuadernas.

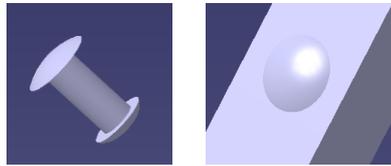


**Figura 4.109.** Unión entre cuadernas y largueros

## Cabina

Los elementos de unión de este conjunto a modelar son los remaches que se pueden observar en la estructura

de barras en la Figura 3.6. Puesto que todos los remaches seguirían el mismo procedimiento, se decidió diseñar uno en la barra frontal de la estructura. Su modelado consistió en crear un *Sketch* en un plano perpendicular a la barra seleccionada que contuviese la sección del remache para implementar dicho *Sketch* en la herramienta *Shaft*.



**Figura 4.110.** Remache en la estructura de la cabina

### Uniones entre elementos del Estabilizador Horizontal

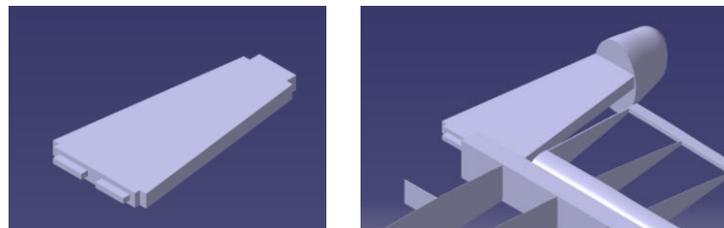
Acorde con lo comentado anteriormente, las uniones realizadas entre los elementos del estabilizador son del tipo caja y espiga con la peculiaridad de que en los ensamblajes entre costillas fijas y móviles con el soporte exterior correspondiente se ha mantenido la forma del borde de ataque y salida, respectivamente. Esta decisión se tomó para poder mostrar la forma de las costillas sin que estas estuviesen seccionadas por la unión.

En general, todas las uniones caja y espiga que se encuentran en el modelado de la aeronave son con caja ciega; sin embargo, para ensamblar los soportes centrales a la costilla 1 se utilizaron cajas caladas, pues el espesor de la costilla no se consideró suficiente para lograr un ensamblaje adecuado con caja ciega.

Para modelar las ranuras en los soportes se utilizó la herramienta *Remove*, eliminando así la parte de sólido correspondiente a estos que intersecta con la espiga de cada costilla.

Por otro lado, se unieron el soporte externo móvil y la estructura móvil mediante una espiga rectangular perteneciente a la estructura móvil y una caja ciega acorde en el soporte exterior.

Por último, la unión del estabilizador con el fuselaje consiste en un bloque que conecta el soporte fijo del estabilizador con el cono de cola macizo del fuselaje mediante un ensamblaje del tipo caja y espiga en ambos extremos, siendo las cajas el cono de cola y el soporte del estabilizador.



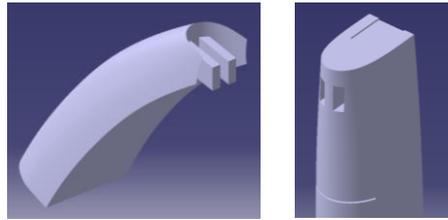
**Figura 4.111.** Unión del estabilizador horizontal y el fuselaje

### Uniones entre elementos del Estabilizador Vertical

Comenzando por la unión entre las costillas y las estructuras correspondientes, esta se trata de un ensamblaje tipo caja y espiga donde la espiga preserva la forma del borde de ataque y salida de la costilla con objeto de mostrar el perfil de la misma. Las cajas en las estructuras se crearon utilizando la herramienta *Remove*, eliminando así el sólido de los soportes que intersectase con las costillas.

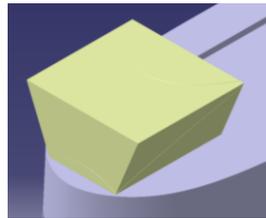
Para la unión de los tres elementos móviles en la punta del estabilizador se tuvo en cuenta la costilla móvil que intersecta en esa zona y las direcciones posibles de unión. Es por esto que se optó por la siguiente combinación de ensamblajes:

- El soporte móvil del borde de ataque se unió a la estructura central mediante una espiga perteneciente al primer elemento. Para esto se creó un *Sketch* perpendicular a la superficie al que se le aplicó la herramienta *Pad*. A continuación, se utilizó la herramienta *Remove* para crear la caja.



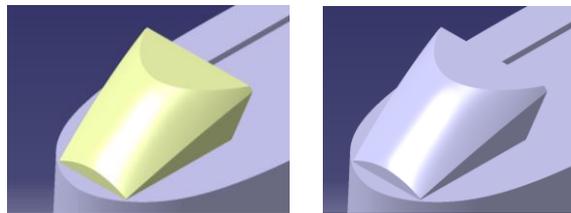
**Figura 4.112.** Ensamblaje caja y espiga

- La estructura móvil central y la punta del estabilizador se unieron mediante un ensamblaje de cola de milano. Para ello se creó un *Sketch* en un plano perpendicular a la base superior de la estructura móvil al que se le aplicó la herramienta *Extrude* del módulo *Generative Shape Design*. Tras esto se utilizó la herramienta *Fill* para obtener una superficie cerrada.



**Figura 4.113.** Superficie para la cola de milano

El siguiente paso fue extraer la superficie de la punta del estabilizador mediante la herramienta *Multiple Extract* para cortar la superficie de la Figura 4.113 utilizando la herramienta *Split*. A la superficie resultante se le aplicó la herramienta *Fill*, consiguiendo así que la cola de milano se ajustase al modelo. Tras unificar esas dos superficies con *Join*, se pudo crear un sólido mediante la herramienta *Close Surface*.

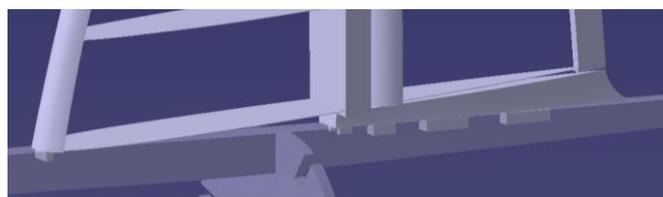


**Figura 4.114.** Cola de milano

Para completar este ensamblaje, se utilizó la herramienta *Remove* para eliminar el sólido de la cola de milano del borde del estabilizador.

Por último, se realizó el modelado de la unión del estabilizador con el fuselaje. Esta se basó en el ensamblaje caja y espiga, siendo la caja el larguero superior del fuselaje. La primera espiga que se modeló se colocó en la base del soporte fijo del borde de ataque.

A continuación, se diseñó el bloque que se observa en la base del estabilizador en la Figura 3.3. Su modelado consistió en implementar la sección inicial y final del sólido y guías que permitiesen ajustar su forma a la vista en perfil en la herramienta *Multi-Section Solid*. Una vez se obtuvo el bloque se modelaron dos espigas rectangulares de manera que se introdujesen en el larguero. Además, la columna central del soporte fijo del estabilizador se dotó de espigas que atravesasen el bloque creado y llegasen al larguero. Puesto que las cajas deben ajustarse a las dimensiones de las espigas y así asegurar el agarre, estas se crearon utilizando *Remove*.

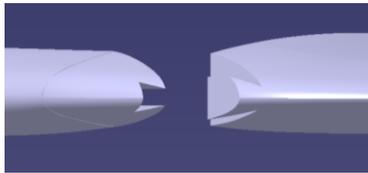


**Figura 4.115.** Unión entre el estabilizador vertical y el fuselaje

### Uniones entre elementos del Ala

Siguiendo el orden en el que se desarrolló el modelado en la Sección 4.4, las costillas se ensamblaron a los soportes mediante la técnica de caja y espiga. Al igual que se hizo en los estabilizadores, la caja queda contenida en los soportes y la espiga forma parte de la costilla. En concreto, las costillas mantuvieron el perfil en el borde de ataque y salida para poder mostrar los perfiles en el resultado final. En el caso del soporte trasero de las costillas fijas, además de la unión comentada se realizó un ensamblaje caja y espiga de manera que la espiga perteneciese al soporte y la caja se encontrase en las costillas 6 y 12, quedando así este soporte sujeto en sus extremos.

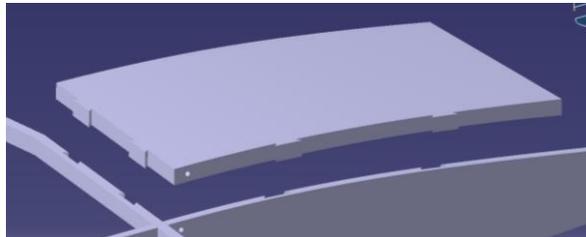
El siguiente elemento que se modeló fue la punta del ala. Para unir este bloque al soporte del borde de ataque se diseñó un ensamblaje de cola de milano de manera que la punta encajase en la estructura frontal. El primer paso en el modelado de este ensamblaje fue crear la hendidura de la cola de milano en la punta del soporte frontal mediante la herramienta *Pocket*. A continuación, se realizó un *Remove* del soporte frontal en la punta del ala para que esta adaptase su forma a la cola de milano.



**Figura 4.116.** Ensamblaje con cola de milano

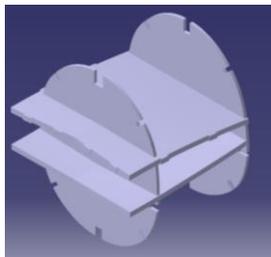
La unión entre los largueros y las costillas consistió en un ensamblaje caja y espiga análogo al utilizado en las cuadernas y largueros del fuselaje. Utilizando la misma técnica de ensamblaje se unieron los largueros y la punta del ala. En ambos casos los largueros contuvieron la espiga.

A continuación, se modeló la unión de la estructura central del ala a la costilla contigua y a los largueros. Puesto que el ensamblaje sería igual para ambas partes de la estructura, se decidió modelar la unión para el elemento superior. Esta se trata de un ensamblaje con cola de milano contenida en la estructura central.



**Figura 4.117.** Ensamblaje de la estructura central

Observando la Figura 3.6 se puede comprobar que esta estructura intersecta con dos cuadernas del fuselaje, siendo estos unos de los elementos entre lo que se llevaría a cabo el ensamblaje entre el fuselaje y el ala. Sin embargo, modelar este ensamblaje supondría eliminar parte de estas cuadernas. Por lo tanto, para conservar la estructura del fuselaje como se desarrolló en secciones anteriores, se decidió no modelar el ensamblaje.



**Figura 4.118.** Zona de ensamblaje entre el ala y el fuselaje

Las posibles uniones entre estos elementos podrían ser a media madera, en la que se entrelazan las tablas entre sí o superponiendo las maderas, de manera que la fijación se realizase mediante clavos y tornillos [13].



**Figura 4.119.** Ensamblaje a media madera [13]

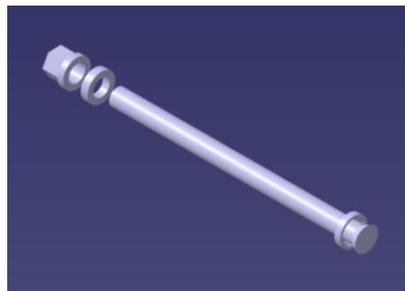
### Uniones en las Hélices

Los elementos de unión modelados en este conjunto son los tornillos, arandelas y tuercas que mantienen las palas sujetas al encastre.

En primer lugar, se diseñó el tornillo utilizando la herramienta *Pad* para obtener el cuerpo del tornillo y *Shaft* para la cabeza, obteniendo así una forma cónica.

El modelado de la arandela consistió en crear un sólido cilíndrico con *Pad* al que se le aplicó *Remove*, eliminando así la parte que intersectaba con la cabeza del tornillo.

A continuación, se modelaron la arandela y la tuerca en el orificio de salida del tornillo. Ambos elementos se obtuvieron mediante *Pads* que recreasen la forma real de estos.



**Figura 4.120.** Elementos de unión de la hélice

Puesto que estos elementos atraviesan las palas y el encastre se adaptaron los diseños de ambas estructuras al paso de estos. En el caso de la pala se utilizó *Remove* para eliminar la parte correspondiente al tornillo. Por otro lado, para el encastre se aplicó *Pocket* a la entrada y salida de los elementos que se ajustase al diámetro de estos.

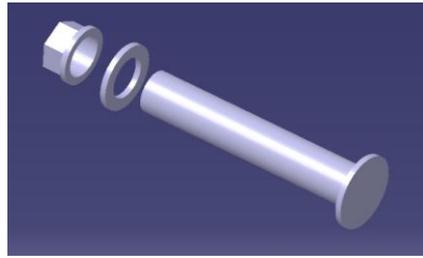
Como se puede observar, no se modeló la unión de la hélice con el resto de la aeronave. Esto se debe a que, tomando la Figura 3.6, se puede observar que estos conjuntos se conectan mediante el motor y la estructura que lo sujeta y, como se comentó anteriormente, se decidió que estos elementos no formarían parte del diseño recogido en este Proyecto.

### Uniones del Tren de Aterrizaje de Cola

La unión del tren de cola y el fuselaje se modeló considerando los elementos presentes en esa zona; por lo tanto, se decidió diseñar una estructura que se ajustase al larguero más próximo y elementos de sujeción (tornillos, arandelas y tuercas) que fijasen la posición.

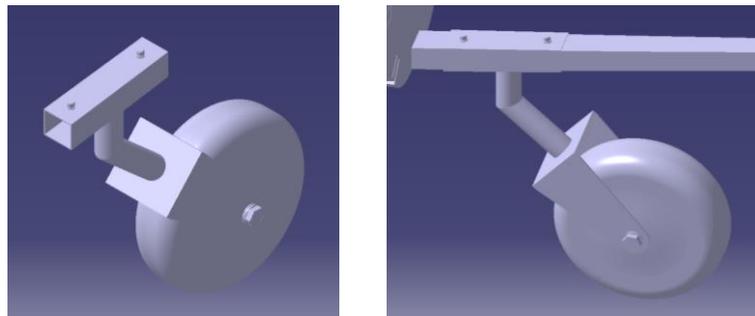
En primer lugar, se diseñó un tubo que se adaptase a la forma del larguero. Para ello se extrajeron las superficies del larguero con *Multiple Extract* y se cortaron con *Split* obteniendo así las dimensiones deseadas. A continuación, se aplicó *Thick Surface* a la superficie resultante y se obtuvo el prisma sólido.

El modelado de los elementos de sujeción fue muy similar al desarrollado en el apartado anterior (mostrado en la Figura 4.120) aunque en este caso solo se utilizó una arandela junto a la tuerca y la cabeza del tornillo se diseñó plana.



**Figura 4.121.** Elementos de sujeción del tren de cola

Puesto que se decidió sujetar la estructura en dos posiciones, estos elementos se agruparon en un *CATProduct* de manera que se pudiese volver a insertar en el modelo y colocarse en su posición final. De esta manera se pudo aplicar *Remove* al prisma y al larguero para permitir el paso de los elementos mostrados en la Figura 4.121.



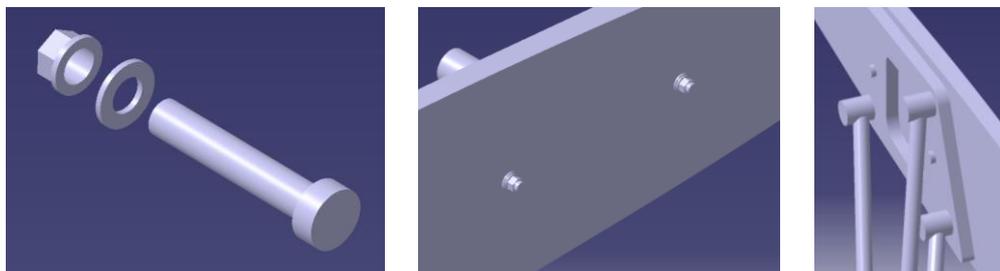
**Figura 4.122.** Tren de cola unido al fuselaje

Por último, comentar que no se modeló ningún tipo de ensamblaje con el tubo que conecta el prisma sujeto al fuselaje y el soporte de la rueda porque en ambos casos se consideró soldado.

### Uniones del Tren de Aterrizaje Principal

Puesto que, como se comentó anteriormente, la estructura del tren principal no se modeló en detalle debido a su complejidad, se decidió modelar la unión de este conjunto al ala. Esta unión consistió en crear elementos de fijación como tornillos, arandelas y tuercas que atravesasen los soportes sobre las costillas y a estas. Además, se optó por modelar estos elementos en un soporte, pues la unión sería igual en los otros.

El diseño de los elementos de fijación consistió en realizar *Pads* a los *Sketches* adecuados para obtener elementos de forma similar a la real y se utilizó la herramienta *Remove* para obtener los orificios en el soporte y la costilla.



**Figura 4.123.** Unión de la estructura del tren y el ala

## 4.8 Acabado exterior y modelo final

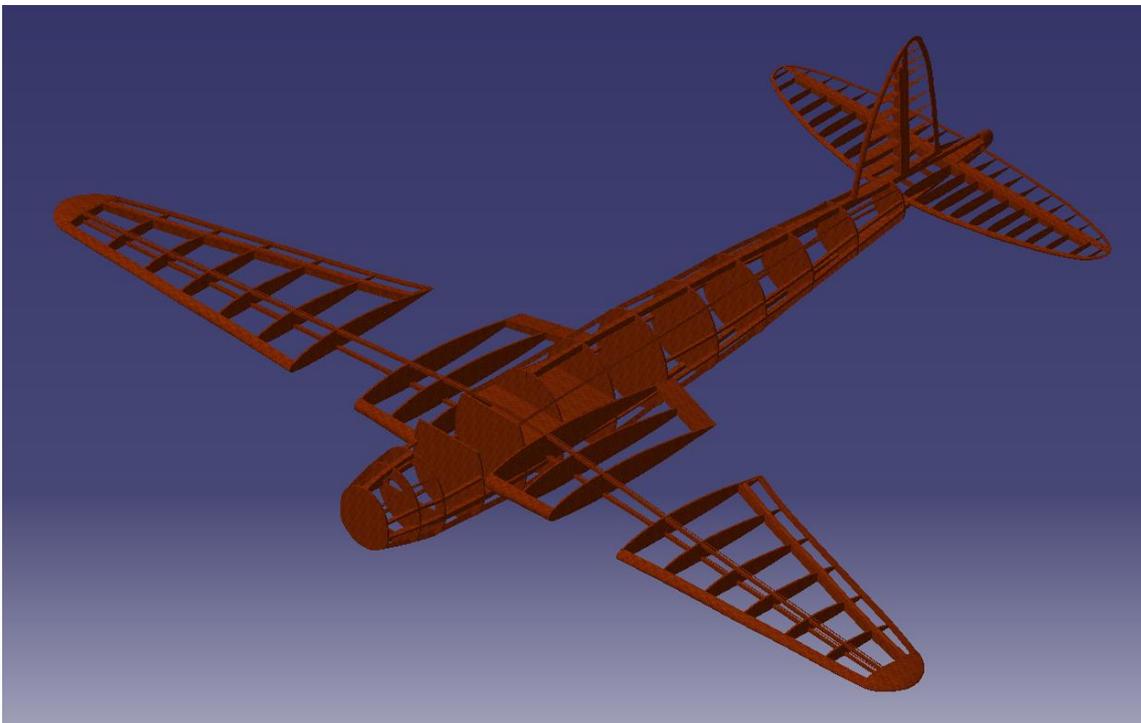
En este apartado se detallan el proceso final del modelado. Este consistió en aplicar las restricciones y simetrías necesarias para obtener la estructura final y obtener un acabado exterior similar a un modelo real del bombardero.

En primer lugar, se obtuvieron los largueros del fuselaje, las costillas y soportes del ala y estabilizador

horizontal, los tubos de escape y el tren de aterrizaje principal del lado derecho de la aeronave. Las herramientas que se utilizaron fue *Simmetry* del módulo *Assembly Design* y *Mirror* de *Part Design*. La distinción se debe a que algunos elementos simétricos con respecto al plano X-Z, como el soporte fijo del estabilizador horizontal, se tratan de un único sólido mientras que otros, como las puntas del ala, son elementos independientes. Por lo tanto, en el primer caso se utilizó *Part Design* y para el segundo, *Assembly Design*.

A continuación, teniendo en cuenta que las hélices de la aeronave giran en el mismo sentido [15] se insertó el *CATProduct* que contiene el conjunto de hélice y encastre izquierdo para posicionarlo en el lado derecho. La posición de este conjunto se determinó mediante la herramienta *Offset Constraint* del módulo *Assembly Design* fijando la distancia correspondiente entre el plano X-Z de este y del plano X-Z de simetría de la aeronave.

Tras realizar el proceso de ensamblaje se le asignó a cada elemento el material correspondiente mediante la herramienta *Apply Material*. En concreto, puesto que esta aeronave destacó por estar construida casi al completo de madera, se decidió asignar el material *Beech* a la estructura interna de la aeronave. Se tomó esta decisión pues la madera de haya es similar a la de abeto [16], la utilizada principalmente en la realidad.



**Figura 4.124.** Estructura interna de la aeronave

A continuación, se renderizó el resultado para compararlo con imágenes reales. Comenzando por el tren de aterrizaje.



**Figura 4.125.** Tren de aterrizaje principal. A la derecha, extracción de “De Havilland DH.98 Mosquito T.43 (Nº de Serie A52-1053) conservado en el Museum of Transport and Technology de Auckland, Australia” [3]



**Figura 4.126.** Tren de aterrizaje de cola. A la derecha, extracción de “De Havilland DH.98 Mosquito TT.35 (Nº de Serie RS712) conservado en el EAA AirVenture Museum Oshkosh, Wisconsin” [3]

El proceso de pintado de las hélices consistió en extraer las superficies del cuerpo y la punta de la pala de manera independiente mediante la herramienta *Multiple Extract* y aplicar a cada parte la pintura correspondiente. Además, puesto que las hélices se obtuvieron colocando el *CATPart* de una pala en las posiciones correspondientes mediante restricciones del módulo *Assembly Design*, solo fue necesario realizar estas acciones en una pala, pues el resto se actualizó automáticamente.

Por su parte, se aplicó acero a los elementos de sujeción y al encastramiento.



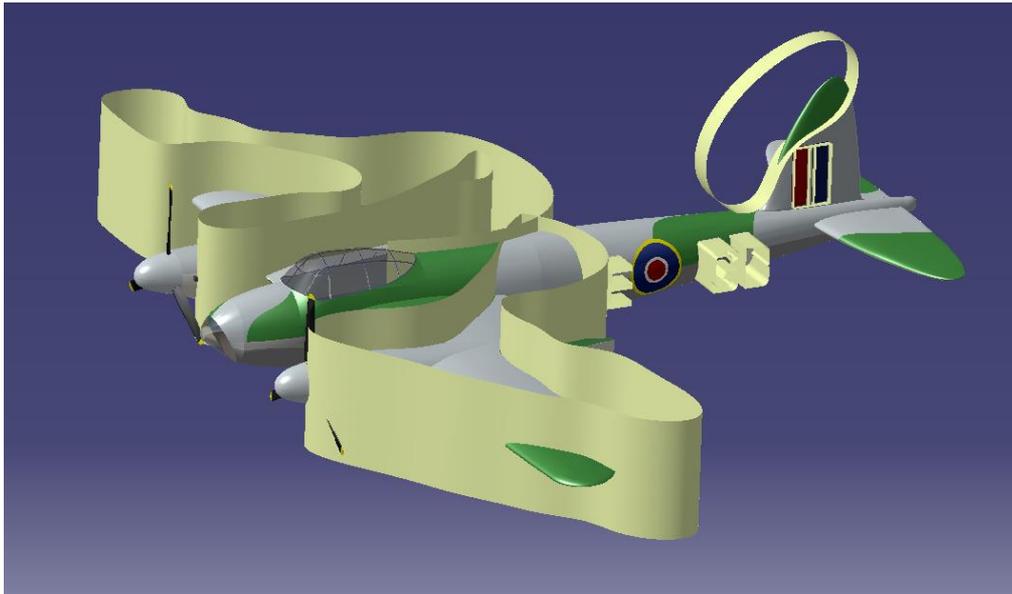
**Figura 4.127.** Conjunto de hélices y encastramiento

El siguiente paso fue reproducir la pintura característica de los aviones militares de la época. En concreto, se tomó como referencia el siguiente modelo de De Havilland Mosquito B Mk. IV. Se eligió este modelo pues, según la escarapela y los emblemas perteneció a la RAF, primer servicio de los aviones De Havilland.



**Figura 4.128.** Emblemas de la RAF [17]

La metodología utilizada para incluir estos emblemas en el modelo y para aplicar la pintura consistió en realizar *Splits* a las superficies. Los elementos de corte consistieron en superficies generadas mediante *Extrude* que reprodujesen las formas a pintar.

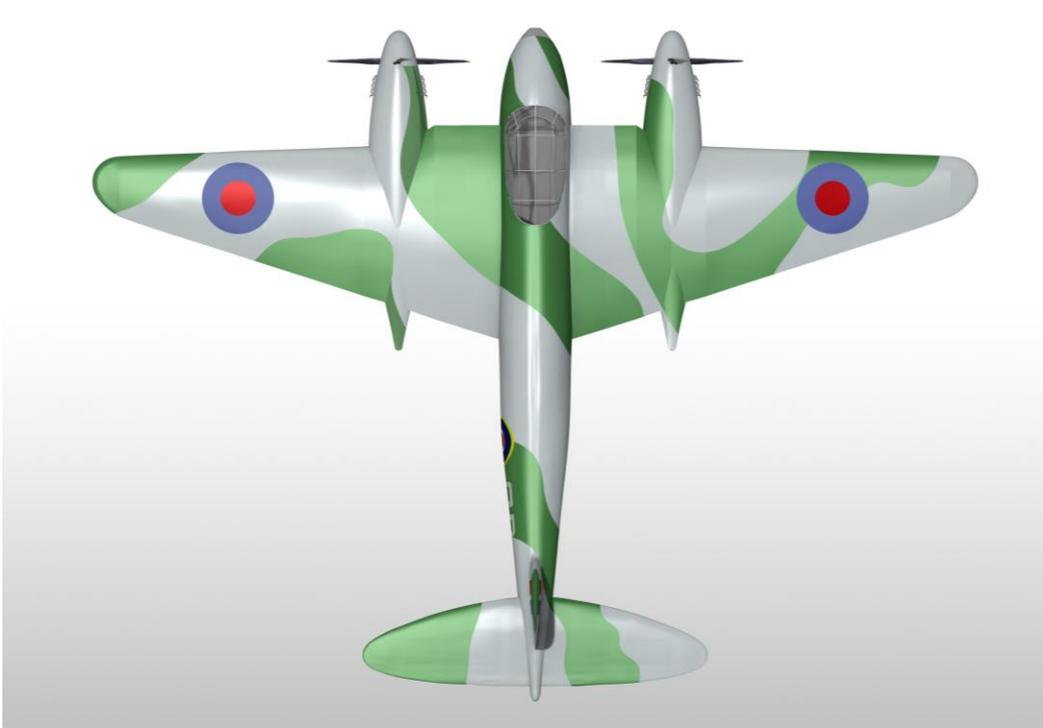


**Figura 4.129.** Algunas superficies de corte de Ala, Estabilizador Vertical y Fuselaje

Por último, se mostrará una serie de fotografías reales seguidas de las equivalentes al modelo renderizado por el módulo *Photo Studio Easy Tools* de CATIA V5.



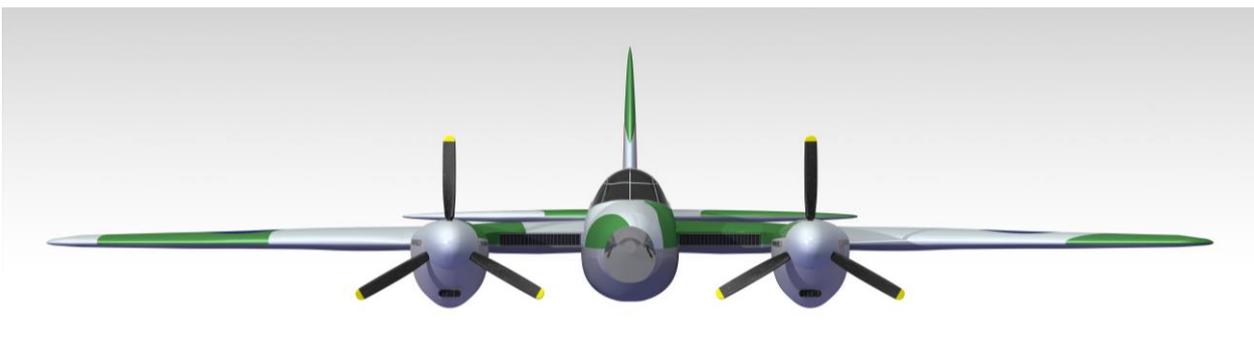
**Figura 4.130.** Vista en planta real [18]



**Figura 4.131.** Vista en planta renderizada



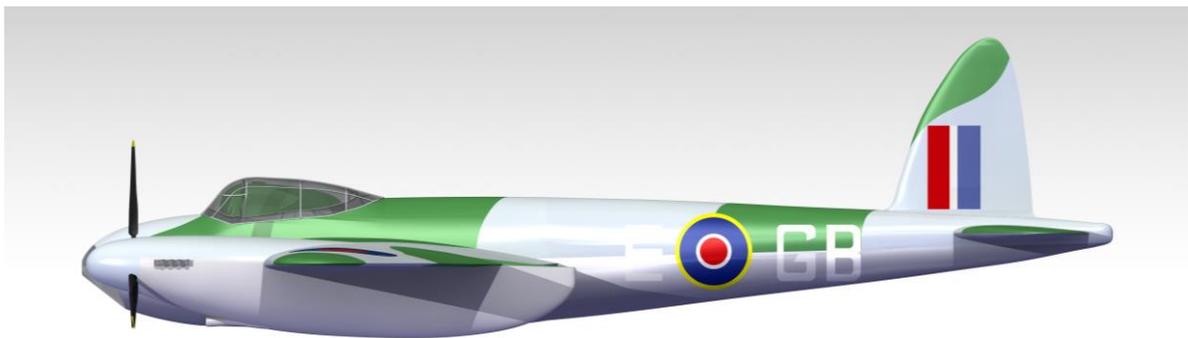
**Figura 4.132.** Vista de alzado real [18]



**Figura 4.133.** Vista de alzado renderizada



**Figura 4.134.** Vista de perfil real [18]



**Figura 4.135.** Vista de perfil renderizada



**Figura 4.136.** Posición de vuelo real [3]



**Figura 4.137.** Posición de vuelo renderizado



## 5 CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE MEJORA

---

En primer lugar, destacar que debido a la época en la que la aeronave prestó servicio hay poca información oficial completa que pueda servir como referencia. En concreto, los planos utilizados pertenecen a aficionados especializados en el tema que comparten los documentos en foros y blogs online con objeto de recrear el avión en maquetas a escala.

Considerando el resultado obtenido se puede entender por qué CATIA V5 está tan presente en la industria actual. Esto se debe no solo al nivel de detalle y precisión que el software aporta al modelado, sino a la gran multitud de opciones que presenta para realizarlo a través de los módulos de trabajo que tiene. De esta manera permite que usuarios no expertos sean capaces de generar ensamblajes como el presentado en este Proyecto.

En relación con los objetivos iniciales, las imágenes mostradas al final del capítulo anterior muestran que se consiguió modelar el De Havilland Mosquito B Mk. IV de manera satisfactoria. Además, considero que he ampliado en gran medida los conocimientos que tenía sobre la herramienta. No solo porque he utilizado módulos y herramientas nuevas, sino porque he sido capaz de entender los errores que surgían y de encontrarles solución, generando así elementos mejor definidos.

Las posibles líneas de mejora que se podrían realizar sobre el proyecto se pueden resumir en dos caminos.

El primero de ellos trata de aportar más detalle al modelado para lograr un diseño más real. Para esto se podrían incluir los sistemas equipados en la aeronave, como antenas, el cockpit o los compartimentos de transporte de armamento y mercancía. Además, podría llevarse a cabo un estudio más exhaustivo sobre las posibles uniones entre los conjuntos y así hallar la más adecuada.

En segundo lugar, habría sido muy interesante utilizar el módulo *DMU Kinematics* para mostrar los mecanismos presentes en la aeronave. Entre ellos estarían el tren de aterrizaje retráctil, el movimiento de las hélices o de las superficies hipersustentadoras y de control. Este último está directamente relacionado con el primer punto, pues supondría aportar un diseño más real de la estructura de la aeronave.



# BIBLIOGRAFÍA

- [1] DAWSON, Andy, 2020. The Mosquito Page [en línea]. Disponible en: <http://www.mossie.org/Mosquito.html> [consulta: 5 marzo 2022].
- [2] The Doublestar Group, 2016. deHavilland DH 98 Mosquito. En: Warbird Alley [en línea]. Disponible en: <http://www.warbirdalley.com/mossie.htm> [consulta: 5 marzo 2022].
- [3] ALBERTOA, 2008. De Havilland DH.98 ‘Mosquito’ (Bombardero ligero). En: Segunda Guerra Mundial [en línea]. Disponible en: <https://www.lasegundaguerra.com/viewtopic.php?t=8745> [consulta: 5 marzo 2022].
- [4] Mosquito B de Havilland, 2017. En: Airwar [en línea]. Disponible en: <http://www.airwar.ru/enc/bww2/dh98.html> [consulta: 5 marzo 2022].
- [5] BUTCHER, Trevor, 2017. Cache of WWII Mosquito plans found days before destruction. En: The History Blog [en línea]. Disponible en: <http://www.thehistoryblog.com/archives/48364> [consulta: 5 marzo 2022].
- [6] GRAFF, Cory, 2017. Wood from around the globe made the de Havilland Mosquito. En: HeraldNet [en línea]. Disponible en: <https://www.heraldnet.com/life/wood-from-around-the-globe-made-the-de-havilland-mosquito/> [consulta: 1 marzo 2022].
- [7] Aviation Trails, 2021. de Havilland Mosquitoes in BOAC Service. En Aviation Trails. Disponible en: <https://aviationtrails.wordpress.com/choose-your-trail/trail-53-scotlands-east-coast-five-de-havilland-mosquitoes-in-boac-service/> [consulta: 10 marzo 2022].
- [8] De Havilland D.H.98 Mosquito B XX. En: Canada Aviation And Space Museum [en línea]. Disponible en: <https://ingeniumcanada.org/aviation/artifact/de-havilland-dh98-mosquito-b-xx> [consulta: 15 noviembre 2021].
- [9] BAKER, Frank, 2017. Mosquito (oz8872). En: Outerzone [en línea]. Disponible en: [https://outerzone.co.uk/plan\\_details.asp?ID=8872](https://outerzone.co.uk/plan_details.asp?ID=8872) [consulta: 11 noviembre 2021].
- [10] Clanger, 2007. En CGSOCIETY [en línea]. Disponible en: <https://clanger.cgsociety.org/ib2e/de-havilland-mosquit>. [consulta: 10 diciembre 2021].
- [11] Keith Allum, 2021. En: Quora [en línea]. Disponible en: <https://www.quora.com/Why-is-the-De-Havilland-Mosquito-a-two-person-aircraft>. [consulta: 10 diciembre 2021].
- [12] JASPER AARON J, 2018. How to add or place an image to trace in CATIA? En: YouTube [vídeo en línea]. Publicado el 11 de enero de 2018 [consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=gflLeSiu1zA&ab\\_channel=JasperAaronJ](https://www.youtube.com/watch?v=gflLeSiu1zA&ab_channel=JasperAaronJ).
- [13] 8 formas de ensamblar madera, 2021. En: Bauhaus [en línea]. Disponible en: <https://blog.bauhaus.es/ensamblar-madera-tecnicas/> [consulta: 10 agosto 2022].
- [14] Labois Blog, 2017. Unir la madera: tipos de ensamble sin tornillos. En: Labois [en línea]. Disponible en: <https://labois.com/madera/unir-la-madera-tipos-ensamble-sin-tornillos/> [consulta: 10 agosto 2022].
- [15] DANI CARAN y CASUS BELLI PODCAST, 2018. De Havilland Mosquito, el bombardero revolucionario. En: Bellumartis Historia Militar [en línea]. Disponible en:

<https://bellumartishistoriamilitar.blogspot.com/2018/10/de-havilland-mosquito-el-bombardero.html>  
[consulta: 15 agosto 2022].

- [16] Asociación Española del Comercio e Industria de la Madera, 2016. Clasificación de maderas según su dureza [en línea]. Disponible en: <https://www.aeim.org/index.php/clasificacion-de-maderas-comerciales-segun-sus-caracteristicas/clasificacion-de-maderas-comerciales-segun-sus-caracteristicas2/> [consulta: 1 marzo 2022].
- [17] Thumbs, 2006. En: Roundels of the World [en línea]. Disponible en: <http://cocardes.monde.online.fr/v2html/en/miniatures.html> [consulta: 5 julio 2022].
- [18] VISSCHEDIJK, Johan, 2022. De Havilland D.H. 98 Mosquito B. Mk.IV [en línea]. Disponible en: [http://1000aircraftphotos.com/Contributions/Visschedijk/Additions/de\\_Havilland\\_D.H.98\\_Mosquito\\_B.Mk.IV\\_3-view.htm](http://1000aircraftphotos.com/Contributions/Visschedijk/Additions/de_Havilland_D.H.98_Mosquito_B.Mk.IV_3-view.htm) [consulta: 1 junio 2022].