

Optimización topológica de pieza aeronáutica mediante diseño generativo orientada a fabricación aditiva

1. INTRODUCCIÓN

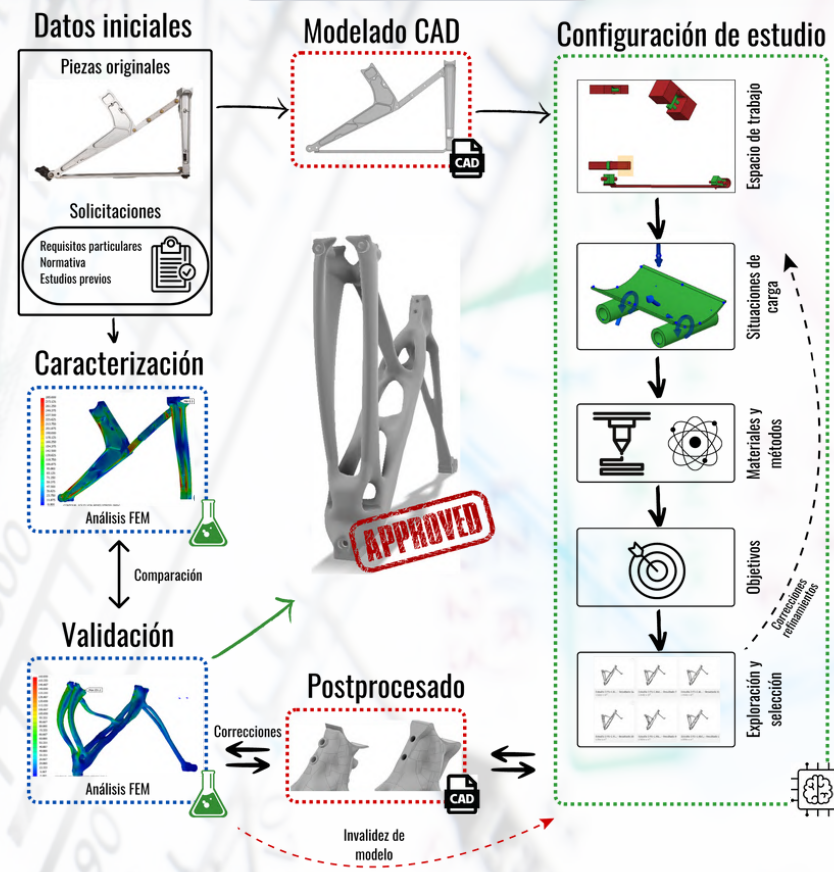
La optimización topológica ha sido fundamental en la industria aeronáutica, generando diseños ligeros y eficientes, reduciendo costos y desperdicio de material. Con el desarrollo del diseño generativo, impulsado por la optimización topológica, la inteligencia artificial y la computación en la nube, se pueden explorar una amplia gama de diseños generados con diversas condiciones impuestas por el usuario. Sin embargo, muchas de estas topologías optimizadas presentan formas intrincadas que no son viables con técnicas convencionales.

Aquí es donde entra la fabricación aditiva, una tecnología clave en la implementación de diseños generativos optimizados. Esta técnica permite la creación de componentes complejos y personalizados mediante la adición sucesiva de capas de material. La fabricación aditiva supera las limitaciones de los métodos tradicionales al permitir la producción de formas geométricas complejas, como estructuras celulares, reticulares y orgánicas.

2. OBJETIVOS

El proyecto consiste en desarrollar una pieza optimizada topológicamente para la industria aeronáutica utilizando diseño generativo y fabricación aditiva. Se investigará la normativa vigente de componentes estructurales aeronáuticos y se desarrollará una metodología de optimización. Se aplicará la metodología a un caso de estudio, enfocándose en la fabricación aditiva. Además, se realizarán simulaciones FEA para verificar la viabilidad y resistencia de la estructura según los criterios estáticos de la normativa.

3. METODOLOGÍA

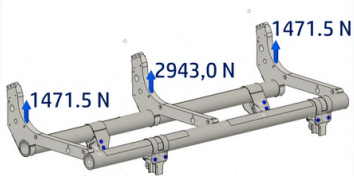


4. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

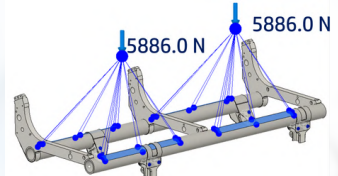
El estudio se centra en la estructura de un asiento de pasajeros del modelo FUTURA fabricado por Aviointeriors S.p.A. Este asiento se utiliza en la aeronave ATR 72. La estructura consta de dos marcos de aluminio idénticos.



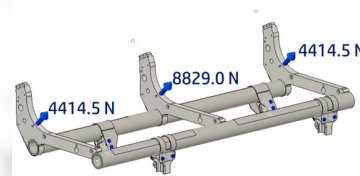
Para simular el comportamiento del marco original y de los generados, se realiza una interpretación de las fuerzas de inercia descritas en la normativa CS-25. De igual manera, se determinan las restricciones en los puntos de apoyo a partir de las características de fijación originales. Como resultado, se determinan 6 casos de carga



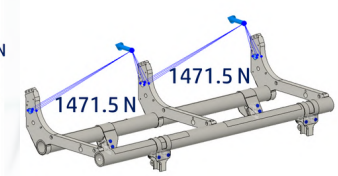
CASO 1: SUPERIOR 3G



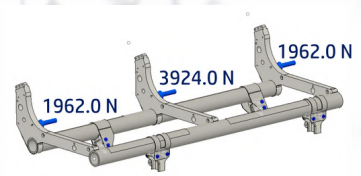
CASO 2: INFERIOR 6G



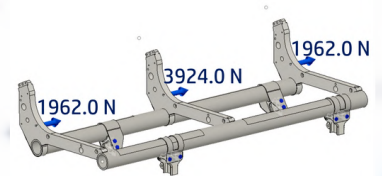
CASO 3: FRONTAL 9G



CASO 4: TRASERO 1,5G



CASO 5: IZQUIERDA 4G

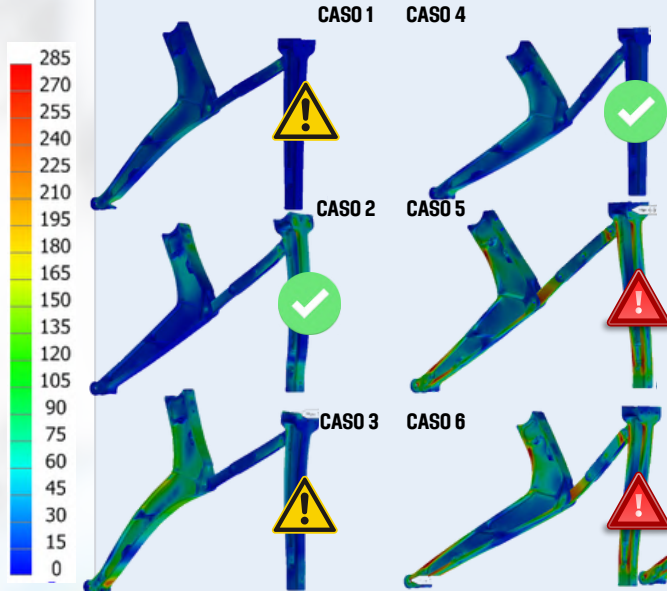


CASO 6: DERECHA 4G

5. CARACTERIZACIÓN DE PIEZA ORIGINAL

Se utiliza el software Inventor Nastran para realizar el análisis estático FEM del ensamblaje. En este, se asignan las propiedades mecánicas del aluminio 2024-T3 a todos los elementos debido a su amplio uso en estructuras similares. Se utiliza el criterio de fallo de Von Mises para evaluar la resistencia del material.

Tensión de Von Mises (MPa)



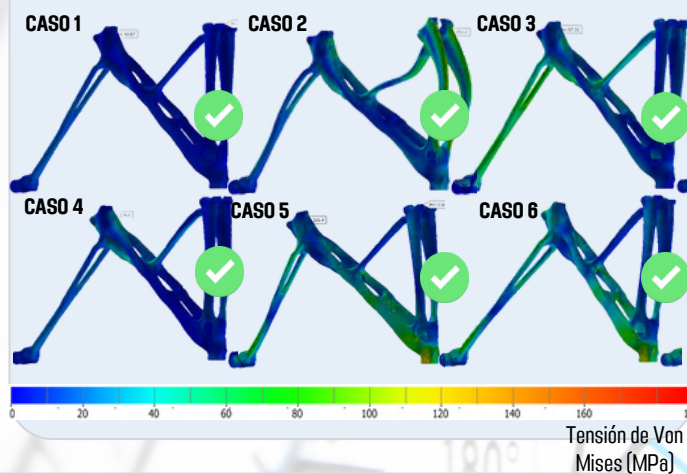
Como resultado, solo en 2 de los 6 casos el modelo resiste. En el resto de casos se superan los límites de seguridad o los de rotura. Cabe recalcar que esto no invalida el diseño original, solo se evalúa su capacidad para responder a las situaciones propuestas.

6. ESTUDIO 1

El espacio de trabajo se compone de 5 zonas: Los dos cabezales, los dos apoyos y el agujero intermedio de la pata delantera. Se seleccionan los materiales AISi10Mg, Ti6Al4V e IN718 para los procedimientos de fabricación sin restricciones y aditiva en dos direcciones. Se establece como objetivo minimizar la masa con un coeficiente de seguridad de 1. Como resultado, ninguno de ellos logra reducir la masa, por lo que se divide el estudio en 2: Se toma el modelo mas optimizado y se realiza la validación y se genera un segundo estudio para obtener un modelo mas ligero cuyo comportamiento tensional sea igual o mejor que el del original.

7. MODELO 1-1

De los resultados del estudio 1, el resultado 1-1 es el mejor candidato. Después de realizar la simulación 1 vez, múltiples zonas fallan, por lo que se realizan modificaciones para mejorar este comportamiento. En la segunda simulación los resultados indican que el modelo es válido para las solicitaciones determinadas.



8. ESTUDIO 2: MODELO 2-13

En el segundo estudio se mantienen los mismos materiales y métodos de fabricación, pero se reduce el coeficiente de seguridad a 1 manteniendo el objetivo de minimizar masa. A partir de los resultados, se escoge aquel que tenga un menor volumen y se simula con las propiedades del AISi10Mg. De los resultados se escoge el 2-13 y se realizan modificaciones estéticas. Luego se somete a la simulación.

Valores de tensión máxima de Von Mises en MPa.				Leyendas
Caso de carga	Marco original Al 2024-T3 1.32 kg	Modelo 2-13 V1 AISi10Mg 1.33 kg	Modelo 1-1 V2 AISi10Mg 1.66 kg	
1	343	42,5	43,07	Válido
2	170	205	103	Supera límite de seguridad
3	300	148	97,31	Supera límite de fluencia
4	140	59,9	50	Supera límite de rotura
5	598	416	113	
6	581	403,9	120	

Como resultado, no solo se iguala la respuesta mecánica del marco original, sino que se mejora, aunque no lo suficiente para ser un diseño válido a partir de un modelo con la misma masa.

9. CONCLUSIONES

En síntesis, se han generado dos modelos a partir de la optimización topológica del marco original. El modelo 1-1 presenta las características mecánicas necesarias para soportar los casos de carga definidos, con solo 300g mas de masa por marco, por lo que se trata de un modelo valido que tendrá que enfrentarse a las pruebas dinámicas para su certificación. Por otro lado, el modelo 2-13 tiene una topología que no solo iguala, sino que mejora la. respuesta mecánica del marco original ante las cargas definidas, manteniendo prácticamente la misma masa. Al estar orientados a la fabricación aditiva estos modelos incluyen las ventajas que la industria aeronáutica requiere, como la eliminación de la necesidad de stock, la posibilidad de fabricación bajo pedido, disminución de material residual, reducción de componentes (5 piezas y 4 pernos y sus complementos a solo 1 pieza) y una topología optima y segura.

