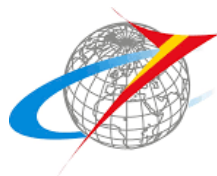


PLATAFORMA TECNOLÓGICA
DE MATERIALES AVANZADOS
Y NANOMATERIALES

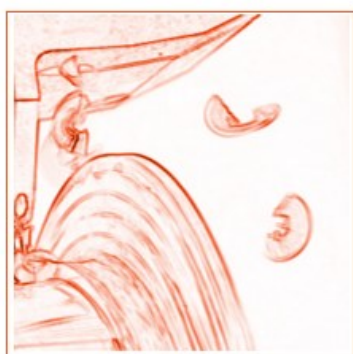
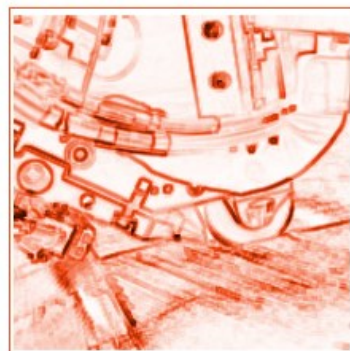
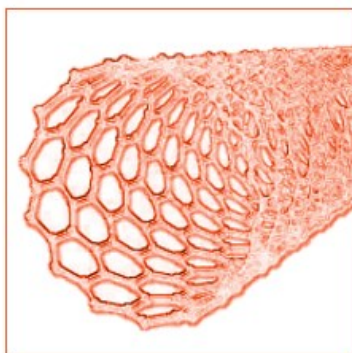
materplat



PLATAFORMA

AEROESPACIAL
ESPAÑOLA

PRIORIDADES DE I+D EN MATERIALES EN EL SECTOR AERONÁUTICO ESPAÑOL



Financiado por:



Referencia proyecto: PTR-2016-0821

Índice

Resumen ejecutivo, 3

Introducción, 4

Listado de prioridades de I+D+I, 7

Descripción de prioridades de I+D, 9

Fabricación fuera de autoclave, 9

Fabricación aditiva, 14

Uniones, 18

Protecciones y tratamientos superficiales, 22

Reparaciones, 25

Inspección no destructiva, 27

Propiedades multifuncionales, 31

Nuevos materiales, 33

Modelado y simulación, 38

Medioambiente, 41

Resumen ejecutivo

La constante necesidad de superar las barreras tecnológicas asociadas a los objetivos económicos, sociales y medioambientales que se marca el sector aeronáutico, plantea nuevos retos a corto, medio y largo plazo. El grupo de trabajo MATERPLAT-PAE (*Plataforma Tecnológica Española de Materiales Avanzados y Nanomateriales - Plataforma Aeroespacial Española*) a trabajado en la elaboración de este documento que tiene como principal objetivo recoger las principales necesidades y prioridades generales de I+D+I en el campo de los materiales a corto-medio plazo (2020-2030) identificadas por un grupo representativo de los principales fabricantes de componentes y estructuras aeronáuticas que operan en España. Este documento, nace con la ambición de ayudar a alinear los necesarios esfuerzos de I+D de los distintos agentes involucrados en el desarrollo, suministro y uso de materiales avanzados para aplicaciones aeronáuticas. Además, las necesidades aquí identificadas servirán de guía para que las distintas administraciones diseñen estrategias efectivas para ayudar al sector aeronáutico español a seguir manteniendo su competitividad y posicionamiento internacional.

Documento editado y publicado en noviembre de 2016.

Introducción

El sector aeronáutico se ha consolidado como uno de los sectores estratégicos de la industria española, convirtiéndose en uno de los principales motores industriales de la economía nacional. Prueba de ello, es su constante crecimiento en volumen de facturación, alcanzado los 7.400 millones de € en 2013 (3,3 veces la que había en 2002), generando cerca de 41.000 empleos estables y de calidad (Fuente: TEDAE). Estos datos colocan al sector aeronáutico español en el 5ª posición en Europa en relación al volumen de ventas y al número de personas empleadas. Además, es importante destacar que el 82% de la facturación proviene de las exportaciones.

Para que la industria aeronáutica española siga manteniendo este nivel crecimiento y posicionamiento internacional es vital que los distintos agentes relacionados con el sector (empresas, universidades, centros de investigación, administración, etc) incrementen el esfuerzo en I+D+I.



La constante necesidad de superar las barreras tecnológicas asociadas a los objetivos económicos, sociales y medioambientales que se marca el sector aeronáutico, plantea nuevos retos a corto, medio y largo plazo. En este sentido, desde el punto de vista de la fabricación de aviones, los principales motores de la innovación en el sector están encaminados hacia el desarrollo de aeronaves más respetuosas con el medioambiente (menos emisiones y ruidos), más seguras, con menor consumo de combustible y con el menor mantenimiento posible.

En este contexto de grandes retos tecnológicos, el desarrollo y uso de nuevos materiales avanzados y sus procesos de fabricación asociados, se ha convertido en una necesidad cada vez más importante para alcanzar los requerimientos que permitan una mayor eficiencia y sostenibilidad.

Figura 1. Principales datos del sector aeronáutico Español (Fuente: TEDAE)

Requerimientos que exigen componentes y estructuras más ligeras, con mayor rendimiento, multifuncionales, con ciclos de vida eco-eficientes y que se puedan fabricar con un alto ratio coste-eficiencia. Es importante destacar, tal y como se recoge en las prioridades descritas en este documento, que muchas de las necesidades a corto plazo están muy dirigidas a la reducción de los costes recurrentes de la fabricación de los componentes y su ensamblaje, así como al

aumento en la cadencia de producción. De especial relevancia es también la necesidad de reducir los tiempos de desarrollo y aprovechar las oportunidades que ofrece la digitalización.

La *Plataforma Tecnológica Española de Materiales Avanzados y Nanomateriales (MATERPLAT)* tiene como uno de sus principales objetivos el fomento de las actividades de I+D+I a nivel nacional en el campo de los materiales en los diferentes sectores industriales. Con este objetivo en mente, una de las líneas de trabajo de la plataforma es la identificación de necesidades de I+D+I en materiales en dichos sectores. Concretamente el *Grupo de Innovación de Transporte* de la plataforma, liderado por AIRBUS y el Instituto IMDEA Materiales, se marcó el objetivo de ir identificando las necesidades y prioridades de I+D+I en materiales de los principales sectores relacionados con el transporte. Para llevar a cabo este trabajo de priorización de manera adecuada y con el objetivo de captar las necesidades reales de cada uno de los sectores, se están estableciendo colaboraciones con las distintas plataformas sectoriales relacionadas con el transporte. En concreto, este documento, centrado en la industria aeronáutica, ha sido elaborado en colaboración con la *Plataforma Aeroespacial Española (PAE)*. A raíz de esta colaboración entre ambas plataformas, a principios de 2016 se formó el grupo de trabajo MATERPLAT-PAE.

Los miembros que forman el grupo de trabajo MATERPLAT-PAE y que han participado en la elaboración de este documento son:



Figura 2. Grupo de trabajo MATERPLAT-PAE encargado de redactar el documento

Este primer documento del grupo de trabajo mixto MATERPLAT-PAE no pretende ser un documento extenso con un alto nivel de detalle técnico. El principal objetivo es recoger las principales necesidades y prioridades generales de I+D+I en el campo de los materiales a corto-medio plazo (2020-2030) identificadas por un grupo representativo de los principales fabricantes de componentes y estructuras aeronáuticas que operan en España. Este documento, nace con la ambición de ayudar a alinear los necesarios esfuerzos de I+D de los distintos agentes involucrados en el desarrollo, suministro y uso de materiales avanzados para aplicaciones aeronáuticas. Además, las necesidades aquí identificadas servirán de guía para que las distintas

administraciones diseñen estrategias efectivas para ayudar al sector aeronáutico español a seguir manteniendo su competitividad y posicionamiento internacional.

Aunque en el documento se recogen principalmente prioridades relacionadas con componentes de la parte de aerestructuras y motores, también aparecen algunas de las necesidades relacionadas con materiales para sistemas.

Documento editado y publicado en noviembre de 2016.

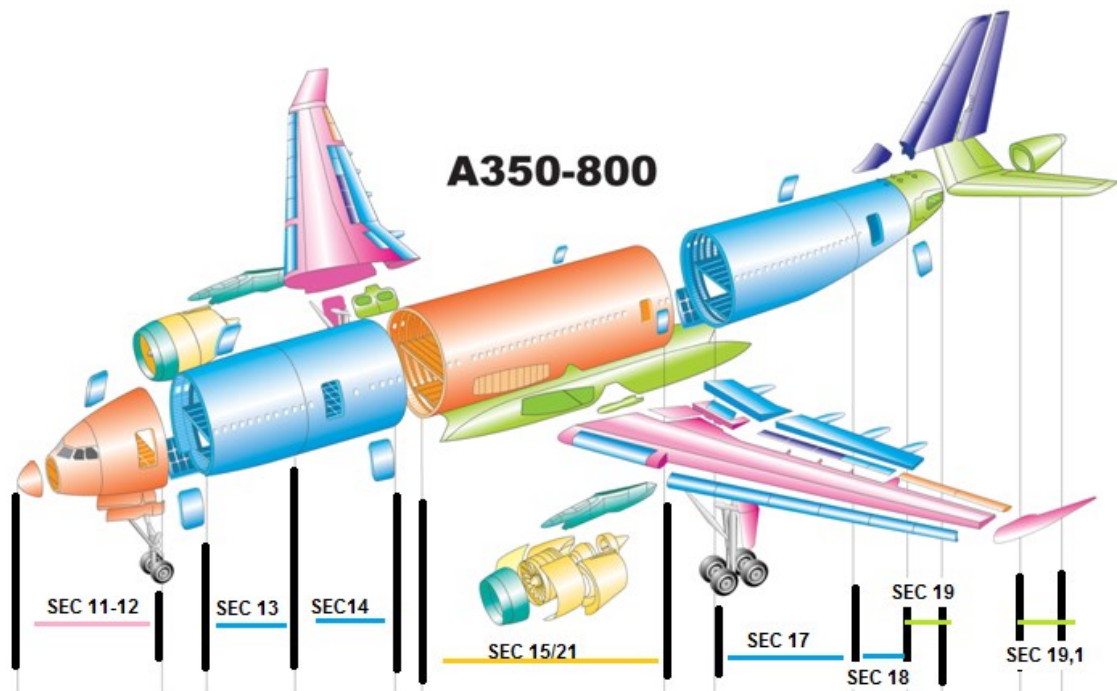


Figura 3. Estructura del A350-800. Con un 70% de eficiencia en peso gracias a la utilización de materiales compuestos con alta resistencia específica, menor fatiga y ausencia de problemas de corrosión ambiental

Listado de prioridades de I+D

Con el objetivo de facilitar la consulta del documento, se han clasificado las distintas prioridades identificadas por las empresas en diez categorías o áreas temáticas relacionadas con los materiales y procesos asociados al sector aeronáutico. Estas diez áreas temáticas son:

- 1. Fabricación fuera de autoclave**
- 2. Fabricación aditiva**
- 3. Uniones**
- 4. Protecciones y tratamientos superficiales**
- 5. Reparaciones**
- 6. Inspección no destructiva**
- 7. Propiedades multifuncionales**
- 8. Nuevos materiales**
- 9. Modelado y simulación**
- 10. Medioambiente**

A continuación se muestran el listado de las fichas de prioridades recopiladas en el documento clasificadas en las diez áreas temáticas:

1. Fabricación fuera de autoclave

- Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados
- Materiales avanzados para procesos de infusión de resina
- Corte de tejidos secos para preformas y mecanizado de laminados de materiales compuesto mediante laser
- Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos
- Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión
- Componentes fabricados en material compuesto con zonas de radios

2. Fabricación aditiva

- Desarrollo de procesos de fabricación aditiva de polímeros
- Desarrollo de procesos de fabricación aditiva de componentes metálicos
- Desarrollo de procesos de fabricación aditivas para componentes de motores

3. Uniones

- Uniones de materiales disimilares
- Uniones híbridas Ti/CFRP
- Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos
- Desarrollo y utilización de remaches ciegos de alta resistencia
- Tratamiento superficial de piezas de material compuesto curadas mediante laser para procesos de adhesivado

4. Protecciones y tratamientos superficiales

- Tratamiento superficial de materiales compuesto mediante laser para procesos de pintado.
- Curado de sellantes bajo demanda. Curado mediante radiación U.V
- Texturizado superficial de materiales compuestos y metálicos mediante laser para mejorar el “flow”.
- Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH

5. Reparaciones

- Evaluación de soluciones de reparación en agujeros con avellanados hundidos
- Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto

6. Inspección no destructiva

- Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online
- Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (*Structural Health Monitoring -SHM-*)
- Empleo de nanomateriales para mejorar la técnica de ensayos no destructivos mediante el uso formación de imagen por Resonancia Magnética (MRI)
- Técnicas de inspección no destructivas

7. Propiedades multifuncionales

- Materiales compuestos multifuncionales
- Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas

8. Nuevos materiales

- Materiales compuestos de bajo coste
- Empleo de nanomateriales para la mejora de núcleos de tipo foam empleados en paneles sándwich
- Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas
- Resistencia a impacto mediante la adición de nanocompuestos en estructuras de CFRP
- Angulares de material compuesto
- Membranas para separación de gases
- Aluminuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia

9. Modelado y simulación

- Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales
- Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos aeronáuticos
- Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos

10. Medioambiente

- Reusado, reciclado de prepregs de fibra de carbono y resina epoxi

Descripción de prioridades de I+D

Fabricación fuera de autoclave

Prioridad: Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: Si bien el aumento progresivo de materiales compuestos principalmente preimpregnados en las estructuras aeronáuticas ha venido derivada de sus buenas propiedades mecánicas específicas que han permitido el aligeramiento de las aeronaves, actualmente resulta difícil superar el “business case” para el uso de estos materiales en determinadas aplicaciones aeronáuticas. Por ello es necesario buscar procesos de curado alternativos al autoclave, que sean más eficientes con el objetivo de reducir los costes recurrentes de producción. Los procesos en autoclave proporcionan la calidad de pieza necesaria pero son ineficientes (~85 kwhr / Kg para curado de pieza en autoclave medio), mientras que los procesos fuera de autoclave son una opción mucho más eficiente (~0,05 Kwhr / kg para curado de pieza de material compuesto), proporcionan soluciones a las principales desventajas asociadas al autoclave y actualmente pueden llegar a alcanzar las mismas propiedades y calidad de las piezas curadas en autoclave.

Por lo tanto, el objetivo de esta línea técnica se resume de la siguiente manera:

- Desarrollar materiales preimpregnados de fibra de carbono y resina termoestable para aplicación en estructura aeronáutica que puedan ser procesados sin presión de autoclave, manteniendo las propiedades y calidades actuales, o bien permitiendo un efecto si dichos materiales permiten un procesado mucho más eficiente, con su consecuente ahorro de costes de producción.
- Desarrollar e implementar procesos optimizados de fabricación y/o curado fuera de autoclave con dichos materiales preimpregnados. Entre ellos procesos existentes y disponibles en el mercado: VBO (Vacumm Bag Only), Moldeo por compresión, o bien nuevos procesos en desarrollo: curado mediante haz de electrones (electron beam), microondas, radiofrecuencia, curado resistivo mediante nanotubos de carbono...

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3

Principales dificultades: Fuentes de financiación, mantener las propiedades mecánicas de los materiales y su resistencia a condiciones y requisitos medioambientales aeronáuticos, involucrar socios nacionales el proyecto, involucración de los suministradores de material aeronáutico, procesos largos y costosos de calificación y certificación de nuevos materiales.

Prioridad: Materiales avanzados para procesos de infusión de resina

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: Si bien el sector aeronáutico español siempre se ha caracterizado por ser pionero y tecnológicamente puntero en el desarrollo, diseño, cálculo y fabricación de piezas aeronáuticas estructurales de material compuesto a partir de preimpregnados de resina termoestable y fibra de carbono, es decir en la tecnología de prepreg, desde hace algunos años ha aumentado su know-how y experiencia en el campo de los procesos de vía de resina líquida (RTM, infusión de resina líquida...), a través de diferentes proyectos y actividades de desarrollo en este campo, de modo que se pretende explotar las ventajas asociadas a este tipo de procesos con respecto a la tecnología de preimpregnados.

El objetivo de esta línea tecnológica consiste en desarrollar materiales de infusión y procesos de fabricación asociados que sean automatizados, robustos y eficientes y que permitan disminuir el coste de fabricación actual con respecto al material prepreg así como la fabricación de geometrías complejas e integradas, y todo ello ofreciendo una solución que aporte una clara ventaja competitiva dentro del sector. Este objetivo general lleva asociados los siguientes hitos:

- Desarrollo de materiales de infusión (textiles, resinas líquidas de infusión) con propiedades mecánicas similares a los de los prepreg, principalmente en términos de tolerancia al daño.
- Reducción de los costes de producción (~25%) respecto al proceso actual con preimpregnado, mediante procesos de producción con materiales de infusión automáticos en todos sus pasos (apilado de telas...)
- Robustez suficiente en el proceso productivo para garantizar altas cadencias de producción (ejemplo: 40 aviones/mes en producción estabilizada), así como incremento sustancial de la cadencia de producción durante el primer año (ejemplo: de 0 a 150 aviones)

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3*

Principales dificultades: Propiedades mecánicas de materiales específicas inferiores en comparación con preimpregnados (CAI / tolerancia al daño). Automatización, industrialización de los procesos de laminado de textiles / fibra seca. Control de parámetros clave de procesos infusión de grandes piezas aeronáuticas. Alternativas en resinas de infusión a la clásica RTM6, con mejores propiedades mecánicas y para procesos de fabricación de grandes piezas.

Prioridad: Corte de tejidos secos para preformas y mecanizado de laminados de materiales compuesto mediante laser

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: Las técnicas convencionales empleadas tanto para el corte de telas de tejido seco, como para el mecanizado de piezas de compuestos curadas, como pueda ser el uso de máquinas de corte, herramientas o sistemas como el wáter jet, producen piezas de alta calidad sin llegar producir daños térmicos en la estructura. Sin embargo, estas técnicas generan un alto coste debido al desgaste que se produce en las herramientas empleadas, así como en las operaciones propias de los proceso de corte y mecanizado.

Además, durante los procesos convencionales existe el riesgo de generar defectología en los materiales, como pueda ser la rotura de fibras, deshilachados o, más comúnmente, delaminaciones. Por no mencionar otra serie de condicionantes relacionados con aspectos medioambientales y de seguridad e higiene en el trabajo.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2

Principales dificultades: El reto es encontrar una fuente laser óptima y definir un proceso de corte laser tanto para los tejidos secos, como para un proceso de mecanizado laser de laminados que permita obtener piezas de buena calidad y una reducción de los costes (disminución de tiempos de procesamiento, de consumo de material, de calidad de producto, minimizando entre otros, lo que se denomina el HAZ (Heat affected zone)), además de intentar mantener las características mecánicas de las piezas.

Prioridad: Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: Los nanomateriales son uno de los productos principales de las nanotecnologías, como partículas, tubos o fibras a nanoescala. Presentan excelentes propiedades físicas, químicas y mecánicas que son específicas a su “tamaño nanométrico”. Dentro de estos tenemos las nanopartículas que, generalmente se definen por ser menores de 100 nanómetros al menos una dimensión. Dentro de éstas, figuran las nanopartículas metálicas, que destacan por sus peculiares propiedades fototérmicas, por las que al ser activadas en presencia de luz láser, desprenden calor, actuando como auténticos “nano-calefactores”.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2

Principales dificultades: El objetivo sería poder producir una matriz polimérica en la que se incluyeran estas nanopartículas metálicas de tal forma que mediante la aplicación de una fuente energética, bien mediante electricidad, bien mediante alguna fuente laser, se activen esas nanopartículas metálicas, generando calor el cual se emplearía para curar el material. Ello llevaría a pensar en procesos de fabricación de estructuras de material compuesto fuera del autoclave (OoA procesos).

Prioridad: Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Muchas de las aeroestructuras fabricadas mediante material compuesto poseen superficies planas que deben ser rigidizadas para evitar pandeos en la estructura. Estos rigidizadores son remachados o copegados a la estructura. La fabricación de estas piezas implica un proceso de apilado de telas mediante apilado manual, ATL o AFP y posterior autoclave. Además se incluyen diversos útiles de desmoldeo y traslado a un útil de acabado que hacen un proceso costoso así como operaciones secundarias posteriores.

Continuamente se buscan procesos de un solo paso para la fabricación de piezas de material compuesto. En este caso se pretende dar respuesta a esta necesidad mediante un proceso en continuo que permite la fabricación de perfiles de material compuestos mediante pultrusión y luego ser copegados o remachados a la estructura. Además se pretende reducir el coste del proceso y conseguir la reducción de operaciones secundarias al incorporar procesos de corte, taladrado y desbardado al proceso continuo. El autoclave quedaría eliminado al ser un proceso de curado en el propio molde de pultrusión.

Impacto en el sector: 3

Principales dificultades: Se identifican dos grandes necesidades para el desarrollo de esta solución:

- Desarrollo de la tecnología necesaria para la fabricación y puesta a punto de una máquina de pultrusión
- Caracterización de nuevos materiales y de comportamiento mecánico de configuraciones de tamaños y formas heterodoxas.
- Desarrollo de metodología experimental, numérica y de diseño de estructuras con esta tecnología.

Prioridad: Componentes fabricados en material compuesto con zonas de radios

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Los nuevos diseños empleados por fabricantes de componentes aeronáuticos incluyen radios con variabilidad muy elevada, no sólo en espesores y ángulos de las paredes que forman el radio, sino en muchas ocasiones también en las dimensiones de los propios radios, o combinación de las tres variables. Esto presenta un reto de gran calado en cuanto a la inspeccionabilidad de estos componentes, dado que se deben adaptar tanto los utillajes mecánicos que soportan las piezas a ser inspeccionadas, como también los módulos para los palpadores de ultrasonidos, e incluso la especificación de los palpadores y las leyes focales a ser utilizadas, muy dependientes de esas tres variables: espesor del material inspeccionado, radio y ángulo.

El conocimiento a priori de estos diseños y de las técnicas de fabricación resulta imprescindible para poder definir las técnicas de inspección mediante ENDs.

Por esta razón, es muy recomendable mantener una estrecha colaboración entre la ingeniería que diseña la estructura y la que se encarga de su inspección, desde etapas muy tempranas del diseño, para poder identificar limitaciones y anticiparse a dificultades que podrían surgir posteriormente. De esta manera, la Ingeniería de inspección podrá diseñar nuevas metodologías de inspección innovadoras, que combinen el conocimiento de los diseños mecánicos de utillajes y módulos de inspección, el diseño de nuevas leyes focales y la algoritmia de análisis de los datos, todo ello encaminado a la adaptación de los ultrasonidos a la variabilidad geométrica de los componentes inspeccionados.

Impacto en el sector: 3

Principales dificultades:

- Necesidad de conocer las tendencias de diseño, y la variabilidad acotada en el diseño de radios: espesores, ángulos y radios, así como la presencia o no de Rolling u otros componentes que puedan interferir en la inspeccionabilidad.
- Necesidad de colaborar desde etapas tempranas de diseño con Ingeniería.
- Necesidad de disponer de piezas totalmente funcionales y certificables para el sector aeronáutico, donde probar y validar los diferentes desarrollos a llevar a cabo: desarrollos en diseño mecánico de utillajes y módulos, desarrollo de nuevas metodologías de inspección no destructiva, desarrollo de algoritmos que absorban la variabilidad de geometrías inspeccionadas.
- Necesidad de definir los criterios de Control de Calidad:
 - Técnicas de Ensayos no Destructivos aplicables: definición de defectología, y criterio de aceptación. Viabilidad para evaluación automática.
 - Influencia de la variabilidad de geometrías, y metodologías de adaptación a las mismas



Imagen 4. Fabricación de pieza por infusión. AIRBUS

Fabricación aditiva

Los procesos de Fabricación Aditiva, también conocidos como de impresión 3D o *Additive Layer Manufacturing (ALM)*, ofrecen un enfoque completamente nuevo a los procesos de fabricación. Se trata de un grupo de procesos de fabricación basados en añadir material de forma selectiva, formando una pieza/componente mediante la superposición de capas sucesivas de material.

Los procesos de ALM funcionan desde el interior construyendo la pieza capa a capa por lo que se consiguen una serie de ventajas frente a los procesos de fabricación convencionales como son la drástica reducción del material desperdiciado en el proceso, con el consiguiente ahorro en coste, y la realización de diseños más ligeros y complejos al no tener las limitaciones geométricas del mecanizado convencional. Además, los procesos de ALM permiten no depender de utillaje o moldes ofreciendo una respuesta más inmediata a las cambiantes necesidades del mercado (reducción del *time to market*).

Los procesos de fabricación de piezas por técnicas convencionales están condicionados por una serie de limitaciones relacionadas con la obtención de ciertas formas, control de las colisiones de la herramienta con piezas de geometría compleja, además de que algunos procesos de fabricación no cumplen con un compromiso con la sostenibilidad en la fabricación y llevan asociados residuos relacionados con la utilización de los líquidos refrigerantes y el desaprovechamiento de materia prima.

Las técnicas de fabricación aditiva permiten solventar estos inconvenientes y se distinguen principalmente de las técnicas convencionales por conferir grandes ventajas competitivas con un bajo impacto medioambiental, al reducir significativamente los residuos.

Prioridad: Desarrollo de procesos de fabricación aditiva de polímeros

Utilidad: Estructuras secundarias y sistemas

Horizonte temporal: 2025

Descripción: El relativamente reciente avance en cuanto a tecnología y en cuanto a disponibilidad de variedad de materiales poliméricos aptos para impresión 3D (ABS, PA, PPS, PEK, PEEK PEI,...) ha extendido el uso de esta tecnología, no sólo a componentes accesorios de baja responsabilidad, sino a su aplicación en componentes estructurales del avión.

Lo que se pretende con esta línea tecnológica es:

- Desarrollo y fabricación de utillaje de bajo coste. Comprender y asimilar postprocesados necesarios para los utillajes de fabricación aditiva que requieran de una calidad superficial en algunas zonas específica, también de tolerancias o montaje de elementos externos como pueden ser casquillos. En definitiva, definición de procesos posteriores específicos para cumplir con algunas exigencias no eludibles en el utillaje y a las cuales la aditiva “no llega”.
- Desarrollo de plásticos y plásticos reforzados (fibra corta, fibra continua...) óptimos para procesado por la técnica de impresión 3D de altas prestaciones (especialmente resistencia térmica aunque también mecánica) que sean inertes a fluidos hidráulicos.
- Aumento de la cadencia de producción.

- Diseñar y fabricar de manera más simple piezas aeronáuticas de geometría compleja de acuerdo con un diseño generado por ordenador, con topología y morfología optimizada que serían casi imposible de obtener a partir de un bloque sólido de material.
- Gran disminución de los tiempos y costes de fabricación respecto de los procesos convencionales.
- Obtener piezas más ligeras (reducción de peso)
- Gran ahorro energético (hasta un 90%)
- Disminuir sólo al 5% la cantidad de material desechado. Ser capaces de identificar la pérdida de propiedades en los materiales utilizados por SLS tras su reutilización y refresco para nuevo uso.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto):* 3

Prioridad: Desarrollo de procesos de fabricación aditiva de componentes metálicos

Utilidad: Estructuras primarias, secundarias, motores y sistemas

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Lo que se pretende con esta línea tecnológica es:

- Conocer las propiedades de materiales fabricados con ALM y establecer especificaciones de material para su uso industrial.
- Conocer en detalle el proceso ALM para establecer los parámetros críticos de proceso y su influencia en las propiedades del producto; para así definir una especificación de proceso que permita certificar a los fabricantes.
- Optimizar el proceso ALM con el objetivo de obtener componentes metálicos fabricados en ALM con calidad y propiedades similares a los obtenidos con los procesos de fabricación clásicos.
- Obtener piezas aeronáuticas de morfología optimizada, lo cual sería prácticamente imposible si se produjeran a partir de un bloque sólido de material.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto):* 3

Prioridad: Desarrollo de procesos de fabricación aditivas para componentes de motores

Utilidad: Estructuras primarias, secundarias, motores y sistemas

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Las tecnologías de Fabricación Aditivas ofrecen un potencial con carácter general en el sector Aeroespacial ofreciendo una prima en el subsector de motores. La confluencia de los elevados costes No Recurrentes como de los derivados de la materia prima en este último, hacen que incluso a día de hoy, las Tecnologías Aditivas compitan con procesos más convencionales; en particular la fundición a la cera perdida. Su mayor potencial sin embargo, se encuentra en que posibilitarían diseños que a día de hoy o son imposibles o lo son a costes prohibitivos, lo que ofrece un futuro muy halagüeño para abordar mejoras disruptivas de diseño.

El desarrollo de tecnologías de fabricación aditivas plantea cuestiones genéricas, siendo las siguientes algunas de las cuales:

- La estandarización de las pautas de fabricación y control de los procesos tanto para la obtención de polvo (materia prima), como de los procesos seguidos en la fabricación de componentes
- Desarrollo de procesos, estrategias de control on-line y off-line que garanticen repetitividad del proceso
- Generación de datos de materiales que incorporen incluso para materiales ya existentes, el efecto de aspectos que son propios de las tecnologías aditiva; a saber, su defectología, condición superficial así como su microestructura (y la necesidad de generar modelos dependientes de microestructura que cubran la casuística que se pueda dar en cualquier componente). Lo anterior también para soluciones multimateriales.
- El desarrollo de técnicas de Inspección No Destructivas (NDT's) para la detección de defectología propia de los aditivos; faltas de fusión, microgrietas, otras.
- Capacidad de modelizado de Procesos para generar pautas que combinando parámetros de proceso y trayectorias, permitan optimizar la fabricación para conseguir las geometrías objetivo y minimizando las distorsiones, etc.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3*

Reducción de costes No Recurrentes y tiempos de desarrollo

Diseños ad-hoc que eviten algunas de las restricciones que en la actualidad no hacen sino reflejar las servidumbres con respecto a los métodos de fabricación seguidos en la actualidad.

Principales dificultades para el área de fabricación aditiva:

- Estudios específicos de compatibilidad de materiales (compatibilidad entre los nuevos materiales "3D printable" y los utilizados convencionalmente hoy día), falta de estandarización, compresión limitada de los mecanismos de fallo, etcétera. Además, otros aspectos a mejorar para impulsar aún más esta tecnología serían: propiedades mecánicas en la dirección transversal de la pieza, calidad del acabado superficial, cadena de suministro sólida y competitiva.
- Posibilidad de fabricar piezas/estructuras de mayor tamaño a las actuales
- Necesidad de definir los criterios de Control de Calidad:
 - Técnicas de Ensayos no Destructivos aplicables (pueden ser las mismas que las usadas en piezas fabricadas mediante las técnicas tradicionales: ultrasonidos, etc., pero no se tiene experiencia de su comportamiento en los nuevos materiales).
 - Detección de porosidades y densidad de las mismas.
 - Influencia del acabado superficial: El proceso de fabricación aditiva penaliza en cierto modo el acabado superficial con rugosidades superiores a las del proceso convencional de fundición.
- Necesidad de poder monitorizar el proceso de fabricación (control de calidad en línea, activo, capa por capa) y poder así optimizar distintos parámetros del mismo (velocidad de deposición, temperaturas, ...) que conduzcan a estructuras de mayor calidad: con menor porosidad, mejor acabado superficial, con la densidad deseada, etc. (correlación entre parámetros de fabricación y propiedades del producto final).

- Necesidad de Identificar parámetros y optimizar el proceso que acerque a la precertificación de los componentes aeronáuticos. Parámetros, potencia de láser, máquina, polvo...que ofrece las mejores densidades, propiedades...
- Mejora en el control de la calidad de la máquina (control de temperatura en toda la plataforma que permita propiedades homogéneas y especialmente de las tolerancias en las piezas obtenidas por fabricación aditiva).
- Mejora de la automatización del proceso (sobre todo en el caso de SLM, para la tamización del polvo).
- Ensayos o criterios de pseudocertificación. Ser capaces de identificar aquellos ensayos sobre los componentes metálicos que permitan definir la pieza como avionable.
- Dificultad para conseguir fabricaciones en masa:
 - Imposibilidad/limitación para hacer frente a una situación de producción real, debido a la ausencia de disponibilidad de recursos en el mercado (máquinas de DMLS).
 - Alto coste de dichas máquinas. El coste del material es también considerablemente superior al utilizado en el proceso convencional. Además como los materiales se someten a temperaturas muy altas, se necesita un complejo y delicado proceso de impresión y enfriamiento de la pieza que requiere su tiempo.
- Falta de capacidad de modelizado de procesos
- Falta de personal con conocimiento

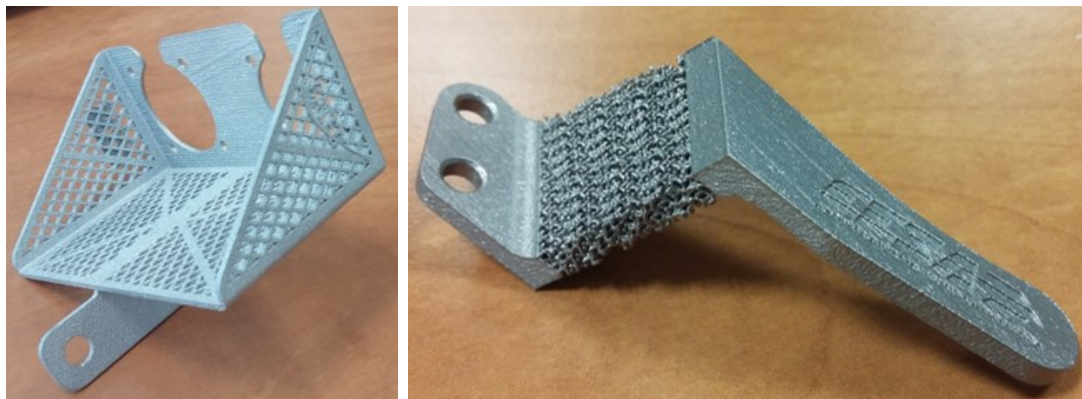


Imagen 5. Piezas fabricadas por Fabricación Aditiva. CESA



Imagen 6. Airbus A320 nacelle hinge bracket. AIRBUS

Uniones

Prioridad: Uniones de materiales disimilares

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: El diseño de componentes estructurales de altas prestaciones capaces de satisfacer múltiples requerimientos en términos de rigidez y resistencia específica así como resistencia al impacto y tolerancia al daño lleva inexorablemente a la combinación de diferentes materiales dando lugar a configuraciones híbridas.

Durante la fabricación y ensamblaje de materiales híbridos, por ejemplo metales y compuestos de matriz polimérica, las uniones juegan un papel fundamental. La unión de estos materiales disimilares puede llevarse a cabo, tanto mediante el tradicional remachado o unión mecánica, como utilizando técnicas de encolado en uniones adhesivas o la utilización de soldaduras en el caso de los materiales termoplásticos. Aunque la necesidad de implementación de uniones entre materiales disimilares es un hecho hoy en día, su análisis y caracterización es complejo ya que no existe el suficiente conocimiento y regulación normativa para abordar dicha tarea.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3

Principales dificultades: Necesidad de desarrollo e implementación de la metodología experimental para la caracterización mecánica de uniones adhesivas entre materiales disimilares, así como el desarrollo de herramientas específicas de diseño estructural con estas uniones.

Prioridad: Uniones híbridas Ti/CFRP

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: El incremento de piezas de material compuesto en la última generación de programas aeronáuticos, ha llevado también a un incremento del contenido de piezas de titanio. Esto se debe a la mayor compatibilidad entre estos dos tipos de material en términos de corrosión galvánica. Las uniones de piezas estructurales de Ti y material compuesto se realizan actualmente mediante uniones mecánicas (remachado). Este procedimiento mecánico, además de debilitar la estructura (debido al taladrado), también incrementa el peso.

El objetivo principal de esta línea tecnológica es introducir refuerzos de titanio en la estructura de CFRP mediante encolado para aplicación en áreas altamente cargadas (materiales híbridos CFRP/Ti). Para lograr este objetivo es necesario estudiar los siguientes aspectos:

- Selección, desarrollo y optimización del tratamiento superficial del Ti. (Aspecto crítico para lograr el objetivo de la línea tecnológica).
- Estudio y desarrollo del mecanizado y taladrado de los materiales híbridos.
- Inspección no destructiva de los materiales híbridos.

- Ensayos mecánicos con diferentes configuraciones.
- Industrialización del proceso.

Con respecto a las ventajas de desarrollar esta tecnología se encuentran:

- Ahorros de peso y costes de producción
- Mejora en la propagación de grietas y resistencia a la fatiga.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2*

Principales dificultades: Financiación. Durabilidad de las uniones. Dificultades de mecanizado/taladrado. Industrializar el proyecto.

Prioridad: Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Actualmente, para determinados programas aeronáuticos, la preparación superficial que se utiliza es la aplicación de un tejido pelable preimpregnado que se deposita como primera capa del laminado, el cual al ser eliminado crea una superficie activada apta para ser encolada. Si bien esta solución es eficiente y competitiva, en caso de que se produzcan problemas de calidad del tejido pelable u otros problemas asociados a los materiales y procesos de encolado, la reparación actual consiste en un lijado manual, el cual, para los casos de piezas grandes, no es muy viable, especialmente en el caso de un incremento en el volumen de producción.

Por esta razón, el objetivo de esta línea tecnológica consiste en buscar soluciones alternativas de tecnologías de preparación superficial automática previa al encolado que sean óptimas y competitivas, como por ejemplo: Plasma de presión atmosférica “Atmospheric Pressure Plasma” (APP), “Vacumm Grit Blasting” (VGB), Lijado automático, Tecnología Láser (ultravioleta) y cualquier posible alternativa automática.

Para lograr el objetivo de desarrollar un nuevo proceso de preparación superficial automático previo al encolado lo que se pretende es analizar y comparar diferentes tecnologías existentes y detallar y evaluar las ventajas y desventajas, limitaciones técnicas de cada tecnología y posibles soluciones de mitigación. La finalidad es elegir, desarrollar y finalmente implementar la solución alternativa más competitiva.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2*

Principales dificultades: Reproducibilidad de los resultados. Madurez de las tecnologías. Industrializar y automatizar la tecnología.

Prioridad: Desarrollo y utilización de remaches ciegos de alta resistencia

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Los elevados requerimientos de diseño de las estructuras aeronáuticas así como la necesidad de reducir tanto sus costes de fabricación como los plazos de entrega de los componentes, exige cada vez más la utilización de sistemas de remachado que ofrezcan la posibilidad de ser instalados con el mayor grado de fiabilidad de que se produzcan instalaciones correctas y de que su instalación (entendiendo como tal todos los procesos asociados a la misma como el taladrado, protecciones, instalación, acabado, etc.) se puedan realizar de forma totalmente automatizada (herramientas automáticas, robots antropomórficos, mecanismos de cinemática paralela, etc.).

El objetivo principal de esta línea tecnológica es el desarrollo e implementación de remaches ciegos de alta resistencia, ya que estos sistemas ofrecen la posibilidad, además de ser instalados desde un solo lado de los componentes a remachar, de adaptarse a procesos automáticos de forma sencilla y permitiendo realizar las distintas operaciones que generalmente las uniones de estructuras aeronáuticas requieren remache a remache (taladrado, comprobación del espesor a ensamblar, aplicación de sellante, remachado, verificación dimensional, etc.).

Los grandes beneficios y oportunidades que, por tanto, pueden presentar estos remaches hacen muy importante la búsqueda de nuevos desarrollos por parte de suministradores, alternativas, y/o posible reemplazamientos en soluciones actuales, que puedan mejorar los productos existentes facilitando así el montaje de estructuras aeronáuticas así como reduciendo tiempos y costes de fabricación.

Impacto en el sector (*del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto*): 3

Principales dificultades: Dificultad en su desarrollo debido a la complejidad de estos elementos. Cumplir con los altos requerimientos en cuanto a propiedades mecánicas de este tipo de estructuras, así como la necesidad de garantizar que las instalaciones sean correctas. Gran cantidad de ensayos tanto de instalación, así como para determinar su comportamiento mecánico y de compatibilidad con los distintos materiales a unir (corrosión galvánica, etc.) de modo que se consiga un elevado conocimiento de todas sus características clave (ventajas y desventajas) y su comportamiento a lo largo de la vida en servicio de los componentes.

Prioridad: Tratamiento superficial de piezas de material compuesto curadas mediante laser para procesos de adhesivo

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: El desarrollo de un buen proceso de unión entre piezas de material compuesto es fundamental para conseguir obtener el mayor potencial en este tipo de estructuras. Entre las técnicas actuales que se emplean para la unión entre piezas de CFRP están las uniones mecánicas con remaches y tornillos o mediante técnicas de adhesión.

En el proceso de adhesión de las piezas de compuesto se emplean técnicas como la limpieza superficial, el lijado y matizado de superficies o el uso de elementos como “peel plies”. El uso de estas técnicas puede afectar a la unión entre las estructuras, además de ser procesos costosos,

manuales y con condicionantes relacionados con aspectos medioambientales y de seguridad e higiene en el trabajo.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2*

Principales dificultades: El objetivo es obviar el uso y limitaciones de las técnicas actuales de preparación superficial y considerar el uso de fuentes laser, así como sus parámetros, para realizar ese tratamiento superficial que permita conseguirse, a posteriori, una buena unión adhesiva entre piezas de material compuesto (intentar mantener las características originales) y reducir costes (disminución de tiempos de procesado, mejora en la calidad, etc.), analizando las posibles limitaciones debidas a la geometría (accesibilidad, etc.).

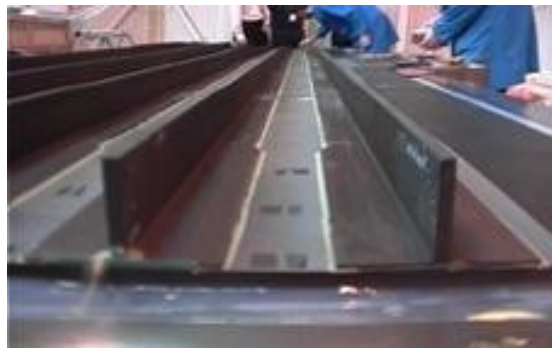


Imagen 7. Larguerillos encolados a piel de revestimiento de HTP. AIRBUS

Protecciones y tratamientos superficiales

Prioridad: Tratamiento superficial de materiales compuesto mediante laser para procesos de pintado

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: El proceso de pintado de piezas de material compuesto suele ser un reto para conseguir una calidad óptima en este tipo de estructuras debido a las pobres características de adhesión y mojabilidad superficial que presentan estos materiales. Entre las técnicas actuales que se emplean para mejorar las características de adhesión de esas superficies está el proceso de lijado (limpieza y texturizado de la superficie).

Una de las desventajas del proceso de lijado es el coste de mano de obra, tiempo de proceso necesario, sobre todo en piezas grandes, y la falta de homogeneidad por tratarse de un proceso manual, además de tener que emplear productos químicos para la limpieza lo que está relacionado con aspectos medioambientales y de seguridad e higiene en el trabajo.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2

Principales dificultades: El objetivo sería buscar una alternativa al uso del proceso de lijado empleado en la preparación superficial de los materiales compuestos evitando la posible variabilidad del proceso, al tratarse de un proceso manual, y los posibles efectos de dañado en las piezas. Se piensa en el empleo de fuentes laser para realizar esa preparación superficial que permita obtener una buena calidad superficial donde realizar el proceso de pintado, reduciendo procesos y costes (disminución de tiempos de procesado, mejora en la calidad, etc.) y analizando las posibles limitaciones debidas a la geometría (accesibilidad, apantallamiento, etc.).

Prioridad: Curado de sellantes bajo demanda. Curado mediante radiación U.V

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: El curado bajo demanda de sellantes se ha estado estudiando con el objetivo de reducir los tiempos de ensamblaje de componentes aeronáuticos. La activación del curado de sellante mediante el uso de radiación U.V es un método limpio y rápido de conseguir la reducción de tiempos deseada en fabricación para cordoneado y recubrimiento de cabezas y tuercas con sellante. Estas aplicaciones son fácilmente accesibles a la utilización de radiación U.V.

Las actividades más importantes a realizar para desarrollar los productos hasta un nivel que permita su calificación son:

- “Screening” de productos en desarrollo.
- Selección de los productos y suministradores más adecuados para satisfacer los requerimientos de ingeniería y fabricación.

- Ensayos preliminares de los productos seleccionados para verificar el cumplimiento de las propiedades requeridas y las potenciales limitaciones.
- Realización de la calificación de los materiales que hayan superado las etapas anteriores.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2*

Principales dificultades: Financiación. Actualmente, debido a problemas de valoración de ahorros de tiempo el “business case” de esta línea de investigación no es positivo.

Prioridad: Texturizado superficial de materiales compuestos y metálicos mediante laser para mejorar el “flow”

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Las características superficiales de las estructuras aeronáuticas se ven afectadas por aspectos como la rugosidad de la superficie. Estas características influyen en aspectos como la fricción y el control del flujo de aire, “flow”, lo que provoca, por ejemplo, un aumento del consumo de combustible.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2*

Principales dificultades: El objetivo sería fabricar superficies texturizadas que reduzcan la fricción entre el aire y las estructuras de forma que se mejore el “flow”. Además, se buscaría que sobre esas superficies texturizadas se impidan la adhesión de elementos como el hielo (superficies anti-hielo).

Prioridad: Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH

Utilidad: Sistemas

Horizonte temporal: 2025

Descripción: Las mayores problemáticas que abordan las soluciones basadas en la ingeniería de superficies se centran en la corrosión, el desgaste, las fuerzas de fricción, la adhesión y gripado de materiales (por ejemplo tribología), las propiedades mecánicas superficiales, la fatiga, etc. en condiciones extremas de operación.

No obstante, las soluciones empleadas en la actualidad adolecen con frecuencia de limitaciones en cuanto a sus prestaciones y un fuerte impacto medioambiental. Este es el caso de los recubrimientos de cadmio para proteger de la corrosión, el cromo duro frente al desgaste, y los tratamientos en distintos baños, por ejemplo nitruraciones. Además, la normativa REACH impone la sustitución de algunos de los procesos en el corto y medio plazo

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3*

Principales dificultades: La alternativa frente al Cr duro que se ha impuesto en el sector es el HVOF, sin embargo, aun cumpliendo e incluso excediendo las propiedades del Cr duro, la proyección térmica sigue siendo un proceso muy caro por diferentes motivos: la complejidad

de la instalación, los controles de calidad de materiales y procesos, la poca competencia, etc. Es por ello que a día de hoy sigue sin existir una alternativa que con tan excelentes propiedades (frente a desgaste y la corrosión) posea la relativa “sencillez de proceso” que tiene el Cr duro con la reducción de costes que ello conlleva.

En relación al Cd electrolítico, existen alternativas como el Zn-Ni que potencialmente son muy atractivas por su similitud con el proceso al que pretenden sustituir pero que por una parte no tienen aún la madurez técnica suficiente y por otra se duda de que a largo plazo no se conviertan en sustituibles también bajo el horizonte REACH.

Se necesitan por tanto alternativas a ambos procesos que sean técnica y económicamente competitivas frente a los procesos a los que sustituyen.



Imagen 8. Equipo de plasma de tratamiento superficial

Reparaciones

Prioridad: Evaluación de soluciones de reparación en agujeros con avellanados hundidos

Utilidad: Estructuras aeronáuticas fabricadas en materiales compuestos y metálicos.

Horizonte temporal: 2020.

Descripción: En general las uniones mecánicas en estructuras aeronáuticas ya sean realizadas en materiales compuestos o metálicos requieren tolerancias de taladrado y mecanizado de agujeros muy estrechas con objeto de realizar correctas transferencias de carga y poder alcanzar el mayor nivel de optimización de diseño de las estructuras.

Hay ocasiones durante la fabricación de los componentes que se producen desviaciones en conseguir esas tolerancias tan reducidas por lo que es necesario proceder a su reparación de tal forma que se mantenga las características originales de la unión.

Cuando se refiere al mecanizado de taladros, estas desviaciones típicas pueden venir referidas por un diámetro del taladro incorrecto o en el caso de taladros avellanados, por una profundidad del avellanado no de acuerdo al plano o a la altura de la cabeza del bulón específico a remachar con la consiguiente desviación en la tolerancia aerodinámica y/o comportamiento mecánico.

Existen distintos procedimientos de reparaciones para estos tipos de defectología como poner bulones “sobremedida”, rellenar los avellanados hundidos con telas de refuerzo preimpregnadas, etc.

El objetivo de esta línea tecnológica consiste en desarrollar soluciones de reparación en agujeros con avellanados hundidos.

Una posible alternativa a evaluar que podría mejorar aquellos casos en que no se dispone de los remaches adecuados reduciendo los tiempos de respuesta en resolver esas desviaciones e incluso el coste de instalación sería el tener disponibilidad de arandelas con la geometría adecuada a la diferencia del hundimiento del avellanado respecto a la geometría nominal, de modo que se pudiera instalar directamente debajo de la cabeza del remache nominal sin necesidad de buscar “sobremedidas” o “retrabajar” el avellanado del agujero.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3.

Principales dificultades: Financiación. Evaluación experimental mediante ensayos mecánicos estáticos y dinámicos del comportamiento mecánico de uniones remachadas en reparaciones empleando el sistema propuesto que permitiera tener una aproximación de posible factores de pérdida, así como fiabilidad de la solución.

Prioridad: Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: En la actualidad, el sector aeronáutico emplea cada vez más materiales compuestos en sus productos. Los aviones, tanto de metal como de materiales compuestos, pueden sufrir colisiones durante las maniobras en tierra, impactos de pájaros en vuelo, impactos de granizo y rayos, y sobrecalentamientos o golpes durante las tareas de mantenimiento programadas. Esto unido a posibles errores, imperfecciones y defectos durante la fabricación, o golpes en las líneas de montaje y logística hasta su entrega (e incluso después de ella), producen daños en la estructura no asumibles por los altos requisitos de calidad y fiabilidad que debe garantizar la industria aeronáutica. En otras industrias con requisitos de fiabilidad menos exigentes, pero que también están incorporando estructuras de material compuesto, como la automoción, la náutica deportiva o el ferrocarril, también se hace necesario poder reparar estas estructuras.

Las soluciones de reparación más comunes fuera de la fabricación, son en la actualidad remachadas, lo que implica dañar la estructura mediante taladros y aumentar el peso colocando remaches. Por otra parte, las soluciones de reparación encolada en fabricación son a base de repetir el proceso de fabricación al 100%, lo que introduce perturbaciones en las líneas de producción e impide su optimización completa. Además, estas reparaciones se permiten solo en algunos casos muy limitados, por cuestiones de certificación.

El objetivo de esta línea tecnológica es hacer viables las reparaciones pegadas de material compuesto sin necesidad de autoclave en una casuística lo más amplia posible dentro del espectro de condiciones físicas y de contorno que se dan en la operación de la aeronave y en su fabricación, de forma que se consiga recuperar la integridad estructural total de los componentes dañados y demostrar su fiabilidad y durabilidad a lo largo del tiempo. El avance respecto a la tecnología actual aportaría: reducción de peso al no añadir remaches, se minimiza el riesgo de corrosión al no introducir piezas metálicas adicionales, mejora del sellado del parche ya que el adhesivo actúa de barrera, no se necesitan hacer taladros para los remaches, se evitan concentraciones puntuales de esfuerzos en los alrededores de los remaches ya que las uniones adhesivas distribuyen la carga a lo largo de toda la unión, mejor acabado superficial.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3

Principales dificultades: Industrializar y automatizar el proyecto. Requisitos de certificación de las uniones / reparaciones encoladas. Desarrollo de métodos de inspección no destructiva para asegurar la calidad y durabilidad de la unión.

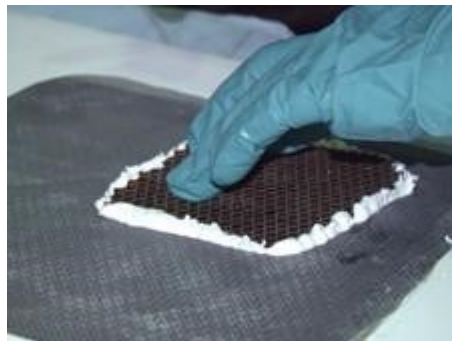


Imagen 9. Reparación de pieza sándwich. AIRBUS

Inspección no destructiva

Prioridad: Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Hoy en día en los procesos de producción de materiales compuestos se exige la inspección no destructiva del 100% de los componentes fabricados para garantizar la Calidad y Certificación de los mismos. Los procesos productivos no pueden demostrar ni garantizar por sí mismos que las piezas salen en el 100% de los casos exentas de defectos.

El objetivo de esta línea de trabajo está en desarrollar e implementar tecnologías de monitorización del proceso capaces de funcionar de forma compatible al proceso productivo en cuanto a tiempo y prestaciones y con capacidad de detectar defectología o síntomas de posible defectología de forma prematura al estado final de la pieza. Para esto, se hace necesario:

- Reducir los costes de inspección no destructiva en la etapa de fabricación.
- Reducir el tiempo de ciclo mediante el concepto: inspección dentro de la fabricación.
- Obtener un profundo conocimiento de los procesos, en especial de aquellas etapas con influencia en la generación de defectos en el material.
- Detectar de forma prematura los defectos (esto conlleva a la reducción de costes a consecuencia de una reducción de las no conformidades y un menor rechazo de piezas).

Con el desarrollo de esta tecnología lo que se espera es principalmente:

- Para la medida de parámetros dentro de autoclave,
 - Obtención de tecnología robusta de medidas dentro del autoclave y usando sensores “en contacto directo pero no intrusivo con el material”.
 - Metodología para anticipar posibles daños en el material basándonos en los resultados de las medidas avanzadas de presión y temperatura dentro del autoclave.
- Para la monitorización de procesos RTM:
 - Familiarización con tecnologías de monitorización del flujo de resina y preformas de RTM.
 - Forma de trabajo para la integración de sensores en moldes RTM.
 - Análisis de resultados y correlación con registros obtenidos por NDI.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3

Principales dificultades: Tecnologías en fases de prueba. Sensibilidad suficiente de las tecnologías propuestas para la detección de problemas y monitorización de los procesos productivos de piezas de material compuesto.

Prioridad: Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (*Structural Health Monitoring -SHM-*)

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: La monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (SHM) expuestos a esfuerzos continuados es uno de los retos de las industrias aeronáuticas. Las técnicas de monitorización de materiales compuestos para el conocimiento de su salud son variadas, destacándose las de extensometría (galgas extensométricas, imagen, etc...), las acústicas, las piezoeléctricas y las de fibra óptica.

Las técnicas de medida de la salud estructural por fibra óptica tienen la ventaja sustancial del bajo peso de la fibra óptica y de su inmunidad a los campos electromagnéticos, y su no interferencia con otros instrumentos de vuelo.

Con esta tarea se pretende desarrollar:

- Metodología para la integración sistemática de fibra óptica desde el proceso de fabricación.
- Tecnologías de fibra distribuida adquiriendo datos en condiciones estáticas y dinámicas.

Como resultados se espera disponer de una tecnología basada en sensores de fibra óptica, integrada en el proceso de fabricación o en el proceso de ensamblaje, capaz de detectar deformaciones y daños de forma indirecta producidos en servicio en materiales compuestos (despegados). Además, se pretende disponer de una técnica y metodología para evaluar la capacidad de la técnica desarrollada.

Impacto en el sector (*del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto*): 2

Principales dificultades: Tecnologías en fases de prueba y la fragilidad de las fibras en su integración con los materiales compuestos estructurales.

Prioridad: Empleo de nanomateriales para mejorar la técnica de ensayos no destructivos mediante el uso formación de imagen por Resonancia Magnética

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Los materiales compuestos son una combinación de materiales que difieren en composición y / o la forma de obtener las características y propiedades específicas. Los materiales compuestos son difíciles de inspeccionar mediante el uso de métodos no destructivos tradicionales, tales como, Ultrasonidos, Rayos X o inspecciones térmicas. Si bien estos métodos son muy adecuados para algunos materiales que tienen claras diferencias en algunas propiedades, no son lo suficientemente sensibles para inspeccionar adecuadamente las características de interés de un componente de material compuesto. Además, los materiales compuestos tienden a ser porosos, siendo, el aire atrapado, uno de los defectos comunes en un material compuesto. Bajo los métodos de inspección convencionales, suele costar distinguir consistentemente esas bolsas de aire no deseadas. Por lo tanto, hay una necesidad de un

sistema que facilite la inspección no destructiva y la evaluación de piezas fabricadas con material compuesto con niveles altos de resolución.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2*

Principales dificultades: El objetivo consistiría en el empleo de un sistema y un método para la inspección no destructiva de un componente hecho de un material compuesto. Concretamente, para la inspección de este tipo de componentes se utilizaría un aparato de formación de imágenes por resonancia magnética (MRI).

De cara a mejorar la imagen obtenida, al componente, o en este caso la matriz que formaría el material compuesto, se le infiltraría a la matriz con al menos un medio de contraste que fuera conductivo y magnético, que bien podrían ser nanopartículas metálicas. Mediante la combinación de esta técnica con el medio de contraste adecuado se pueden mostrar los defectos internos y externos del componente así como mejorar tanto en la precisión dimensional de la pieza como en la visualización interna de la estructura laminar consiguiendo niveles altos de resolución.

Prioridad: Técnicas de inspección no destructivas

Utilidad: Estructuras primarias, no estructurales, motores y sistemas

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Las técnicas de Inspección No Destructivas (TND), más allá del uso de las existentes como soporte a la fabricación de componentes, son de extrema relevancia en la industria. Además de posibilitar la introducción de nuevos materiales y/o diseños en un sector como el Aeroespacial que cuenta con un claro incentivo por los desarrollos tecnológicos, impactan además muy beneficiosamente en las capacidades de diseño en otros sectores.

La temática de las técnicas de Inspección No Destructivas, tiene tres líneas de frentes de actuación.

- En cuanto al desarrollo y validación de técnicas mejoradas y/o de nuevas técnicas, es vital ya que permitirá la incorporación de nuevas soluciones en cuanto a materiales y procesos como por ej. el caso de las soluciones basadas en Aditivos y/o consolidación vía Pulvimetalúrgica (HIP).
- Por otra parte, la determinación de la probabilidad de detección de defectos según su tamaño y distribución es también imprescindible con vistas a soportar el diseño de nuevos productos. Existe una tendencia clara en la industria por la que el cumplimiento de requisitos de diseño en base a estrategias deterministas que consideran la presencia cierta de defectos cuyo tamaño es el mínimo detectable por la técnica utilizada está siendo sobrepasada por otras estrategias de naturaleza probabilística. Se trata de considerar la probabilidad de existencia de defectos (cualesquiera) y de evaluar su impacto lo que lleva de la mano la necesidad de realizar una profusa experimentación que sólo por el tiempo requerido y sin incluir su coste evita la incorporación de nuevos diseños.
- Por último La posibilidad que ofrece el modelizado en cuanto a la predicción del resultado de Técnicas No Destructivas es una vía que debe relanzarse de la mano las dos anteriores líneas.

Por todo ello los desarrollos relativos a las Técnicas de Inspección No Destructivas son habilitadoras y lo son transversalmente en cuanto a que posibilitan el uso/aplicación de nuevos materiales y de nuevos diseños tanto en cualquier sector industrial y en particular, en el Aeroespacial.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto):* 3

Más allá del impacto en el sector Aeroespacial, se trata de una prioridad/tendencia con impactos muy relevantes en otros sectores; automoción, energía, etc. etc. fundamentalmente con vistas a que España controle la ingeniería/Diseño de componentes

Principales dificultades: Falta “expertise” en ciertos temas, en particular en lo relativo al modelizado. No hay iniciativas transversales que se hagan cargo de los elevados costes asociados con p. ej. la evaluación de la Probabilidad de Detección (POD) de diferentes técnicas.



Imagen 10. Equipo de NDI. TECNATOM

Propiedades multifuncionales

Prioridad: Materiales compuestos multifuncionales

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: La transferencia de estructuras metálicas aeroespaciales a estructuras de material compuesto de fibra de carbono (CFRP) permite obtener una disminución de peso debido a la mejora que se obtiene en propiedades mecánicas específicas. Sin embargo, otras propiedades se ven considerablemente reducidas haciendo necesaria la implementación de soluciones alternativas no tan eficientes que comprometen el peso y, además, incrementan los costes, como por ejemplo: adiciones, apilados de capas en la superficie de pieza, entre otros. La industria aeronáutica española requiere materiales compuestos con más prestaciones que unas buenas propiedades mecánicas específicas. Es necesaria una revolución tecnológica que permita integrar en las piezas de materiales compuestos otras funcionalidades:

El objetivo principal de esta actividad es desarrollar tecnologías óptimas de material y su integración en los materiales compuestos estructurales para obtener estructuras aeronáuticas que incluyan las siguientes funcionalidades / propiedades:

- Estructuras de CFRP (termoestable, resina termoplástica) con mejores propiedades de conductividad eléctrica (principalmente en la dirección Z), para cubrir las funciones eléctricas del avión (impacto de rayos, cortocircuito...)
- Estructuras de fuselaje en material compuesto de fibra de carbono que incrementen la atenuación acústica y de vibraciones, integrando y/o embebiendo materiales amortiguadores de forma eficiente para lograr un compromiso entre los desempeños acústico, mecánico y estructural.
- Estructuras de CFRP que incluyan superficies funcionales que integren propiedades anti-erosión, anti-hielo y protección contra el fuego.
- Estructuras de materiales compuestos resistentes a alta temperatura (150°C a 250°C).
- Mejorar las propiedades globales de absorción de impacto de alta energía en piezas de material compuesto.
- Aumentar la conductividad térmica de estructuras de material compuesto
- Utilizar la estructura del material compuesto para generar, almacenar y proveer energía eléctrica a sistemas específicos.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3

Principales dificultades: HSE asociados al uso de nanopartículas para obtener materiales compuestos multifuncionales. Conseguir las funcionalidades objetivo a la vez que se mantienen las propiedades mecánicas de los materiales. Involucración de los suministradores de materiales aeronáuticos.

Prioridad: Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: Aunque los materiales compuestos ofrecen bastantes ventajas, no pueden mitigar los potenciales daños electromagnéticos causados por el impacto de un rayo. De cara a solucionar este problema, se añaden a las estructuras de material compuesto elementos como los EMF (“expanded metal foil”), que disipan el exceso de corriente y de calor.

La nanotecnología permite obtener materiales a través del control de la materia a nanoescala para construir nanomateriales que tengan diferentes utilidades a las de la materia original, así las propiedades electrónicas, magnéticas, ópticas o mecánicas de los nanomateriales se pueden modificar variando la forma y dimensiones del compuesto.

Uno de los nanomateriales más interesantes y con mayor potencial de aplicación son los nanotubos. Aunque pueden ser de distinto material, los más conocidos son los de carbono ya que unas de las principales características de este último son su gran conductividad, y sus propiedades térmicas y mecánicas. Existen diferentes tipos de estructuras para formar un nanotubo que definen las características finales como lo son las eléctricas, térmicas o mecánicas del nanotubo.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2

Principales dificultades: El objetivo sería poder producir una matriz polimérica en la que se incluyeran nanotubos de carbono, de tal forma que, aprovechando su alta capacidad conductiva sean capaces de sustituir, dentro de ciertas estructuras de materiales compuestos, a las mallas conductoras. Se buscaría una mejora en características como el impacto al rayo de estas estructuras, además de una disminución en cuanto a costes de proceso.



Imagen 11. Reconstrucción del fenómeno de impacto de rayo en aeronave

Nuevos materiales

Prioridad: Materiales compuestos de bajo coste

Prioridad-Tendencia: Materiales compuestos de bajo coste

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2025

Descripción: A fin de competir en un entorno de aviones de pasillo único de alta cadencia es fundamental ofrecer aeronaves que puedan competir en el mercado global. Ello ha llevado a un análisis profundo de peso y coste a nivel de componentes y de avión en general. Dicho análisis ha puesto de relevancia la gran influencia del coste del material compuesto en los costes recurrentes finales de producción del componente, que dependiendo de la pieza (mayores o menos operaciones de ensamblaje) supone entre el 30-60%.

Por otra parte, en cuanto a la competición entre materiales metálicos y compuestos, siendo estos últimos la base del "know-how" y excelencia de la industria aeronáutica española, el mayor coste de los composites, derivado de sus altas prestaciones y calidad, así como de los costes elevados de calificación y de los bajos consumos con respecto a otros sectores como el eólico, supone cada vez más una desventaja a la hora de mantener el porcentaje de material compuesto en aviones comerciales (se ha llegado a superar el 50% del peso de la estructura del avión en algunos modelos de aeronaves actuales). Por ello resulta clave el desarrollo de materiales compuestos de menor coste, tanto desde el punto de vista de la materia prima como de su procesado, de modo que puedan mantener su competitividad para aplicación en los futuros programas aeronáuticos. Así, el objetivo de esta línea técnica se resume de la siguiente manera:

- Desarrollar materiales preimpregnados de fibra de carbono y resina termoestable para aplicación en estructura aeronáutica, que permitan una reducción de coste considerable (30% - 50%), manteniendo las propiedades mecánicas o con un efecto moderado en las mismas: $\leq 80\%$
- Nuevos formatos de materiales preimpregnados para laminado más rápido y eficiente
- Estudio del uso de fibras de carbono industriales (mechas 50K...) para uso aeronáutica
- Resinas de curado más rápido (en la línea de resinas de automoción), curado a demanda, procesos de producción más integrados (cocurados / semi-curados...)

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3

Principales dificultades (breve descripción de las dificultades y/o carencias y/o necesidades para llegar a conseguir la prioridad. Por ejemplo: falta de conocimiento, equipos, grupos nacionales que trabajen en ello, regulación, estándares, certificación, financiación, etc) :

Fuentes de financiación, propiedades mecánicas de los materiales y su resistencia a condiciones y requisitos medioambientales aeronáuticos, involucrar socios nacionales en el proyecto, involucración de los suministradores de material aeronáutico, procesos largos y costosos de calificación y certificación de nuevos materiales.

Prioridad: Empleo de nanomateriales para la mejora de núcleos de tipo foam empleados en paneles sándwich

Utilidad: Estructuras primarias y secundarias

Horizonte temporal: 2025-2030

Descripción: Los paneles sándwich consisten en dos láminas externas o caras separadas por un núcleo de baja rigidez y resistencia. La función de estos núcleos es resistir la deformación perpendicular al plano de la cara y dar cierto grado de resistencia a la cizalla a lo largo de los planos perpendiculares a las caras.

Debido a su tamaño, los nanomateriales presentan ciertas características, las cuales difieren significativamente de las correspondientes al mismo material a mayor escala. Entre dichas propiedades destacan algunas como las mejoras en la integridad estructural de la pieza.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto):* 2

Principales dificultades: El objetivo sería poder producir núcleos de tipo foam en los que se incluyeran estos nanomateriales, de forma que se consiga mejorar sus propiedades mecánicas a la par que se reduzca la densidad del mismo logrando esas características, lo que redundaría en una disminución en el peso de la estructura final (mejora de costes).

Prioridad: Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: En la actualidad los procesos de fabricación de estructuras aeronáuticas basadas en materiales compuestos hacen un uso intensivo de energía para obtener estructuras buenas prestaciones mecánicas.

El desarrollo de materiales de menor temperatura de curado permitirá reducir el consumo energético, disminuyendo el coste de fabricación y el impacto medioambiental del mismo. Las altas prestaciones mecánicas de los nuevos materiales permitirán reducir el peso de las estructuras reduciendo el consumo de combustible minimizando las emisiones de NOx y CO2.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto):* 3

Principales dificultades: Elevados tiempos y costes de certificación de nuevos materiales.

Prioridad: Resistencia a impacto mediante la adición de nanocompuestos en estructuras de CFRP

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Uno de los más importantes modos de fallo para estructuras de materiales compuestos es el crecimiento y propagación de delaminaciones debido a impactos. Cada

delaminación puede generar un fallo global de la estructura mediante una pérdida gradual de rigidez o resistencia.

Durante la vida en servicio de una estructura (mantenimiento, fabricación y servicio) los impactos en compuestos de objetos extraños pueden dañar la estructura. Las piezas fabricadas con laminados de fibra son muy susceptibles de sufrir delaminaciones generadas por estos impactos. En los laminados, los impactos generan un daño interno que pueden no ser detectados por inspecciones visuales siendo necesario además costear inspecciones por ultrasonido no destructivas. A la larga estos impactos pueden generar un fallo severo interno dañando la resistencia del material reduciéndola y facilitando el crecimiento de delaminaciones bajo carga.

Por lo tanto mejorando las propiedades del laminado añadiendo nanocompuestos se podría resistir frente a impactos de alta y baja energía. Esto reduciría espesores o abriría la oportunidad de utilizar compuestos en las zonas de la aeronave que son dimensionadas en general ante este modo de fallo.

Impacto en el sector: 3

Principales dificultades: Se identifican dos grandes necesidades para el desarrollo de esta solución:

- Desarrollo de la tecnología necesaria para la fabricación y puesta a punto de fabricación híbrida de CFRP tradicionales y nanocompuestos.
- Caracterización de nuevos materiales y de comportamiento mecánico de configuraciones afectadas.
- Desarrollo de metodología experimental, numérica y de diseño de estructuras con esta tecnología.

Prioridad: Angulares de material compuesto

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Las condiciones internas de carácter heterogéneo de los materiales compuestos permiten la aparición de modos de fallo relacionados con las propiedades mecánicas del material y su macroestructura.

La macroestructura de materiales compuestos (CFRP, GFRP, etc...) está caracterizados por estar constituidos por dos materiales diferentes: fibra de carbono embebida en una matriz polimérica. Diversas configuraciones y piezas estructurales, desarrolladas con esta tecnología, aparecen varias configuraciones con diferentes formas y tamaños. Específicamente aparecen radios a lo largo de la estructura aeronáutica donde se puede ver una interfaz entre el laminado y un núcleo llamado "rowing". Esta zona puede sufrir concentración de tensiones y causar grietas en la interfaz desarrollándose a lo largo de la interfaz y delaminaciones. Estos procesos causan el fallo de la estructura. Este fenómeno se denomina "Unfolding".

Este modo de fallo es crítico en las estructuras fabricadas por material compuesto y muchas de ellas están dimensionadas según este modo de fallo. Por lo tanto, la mejora de las propiedades

mecánicas de los materiales relacionados permitirá un mejor dimensionado y una reducción del material necesario en la aerestructura.

El objetivo sería la mejora de las propiedades mecánicas del material, en concreto las propiedades interlaminares, mediante la adición de fibras de nanotubos de carbono mejorando las propiedades en el espesor.

Impacto en el sector: 3

Principales dificultades: Se identifican dos grandes necesidades para el desarrollo de esta solución:

- Fabricación de la tecnología necesaria de piezas híbridas de material compuesto (fibra de carbono y nanotubos de carbono)
- Caracterización de nuevos materiales y de comportamiento mecánico a nivel local de configuraciones de tamaños y formas heterodoxas.
- Desarrollo de metodología experimental, numérica y de diseño de estructuras con esta tecnología.

Prioridad: Membranas para separación de gases

Utilidad: Sistemas (Sistema de inertización de tanques de combustible)

Horizonte temporal: 2025

Descripción: Los sistemas OBIGGS (“On- Board Inerting Gas Generation System”) son sistemas de producción de gas inerte, y son imprescindibles en las aeronaves para mejorar la seguridad en vuelo vía inertización de los tanques de combustible.

Tres tecnologías diferentes han sido identificadas en la literatura científica (Reynolds, T. et al., 2001) por su idoneidad para su uso en aviones comerciales en el futuro. Se tratan de la separación criogénica del aire en oxígeno y nitrógeno, la membrana de fibra hueca de separación de gases, y las membranas de cerámica catalíticas para separación del oxígeno del aire

Dentro de estas tecnologías, los sistemas de membranas, y en especial las membranas de fibra hueca (HFM), han experimentado un gran progreso en su uso como fuente de suministro de aire enriquecido en nitrógeno, entrando a competir con las tecnologías convencionales en base a unas ventajas que la hacen favorable en muchos casos: Es sencilla y escalable, es limpia y con bajo consumo de energía.

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 2

Principales dificultades: Los diferentes estudios teóricos basados en los requerimientos de las aplicaciones y las especificaciones de los módulos de membranas disponibles en el mercado, así como los estudios en vuelos de prueba de módulos comerciales han confirmado la factibilidad de la utilización de este tipo de tecnología para la inertización de los depósitos de combustible en aviones comerciales y para la purificación del aire en cabina. No obstante, aspectos como la durabilidad de los módulos de membranas y/o la mejora de las propiedades de selectividad y permeabilidad bajo condiciones de trabajo específicas, tolerancia a contaminantes, entre otras, necesitan nuevos esfuerzos en I+D+i que permitan reducir los costes y desarrollar sistemas de mayores prestaciones que los actuales.

En todos los casos los sistemas OBIGGS desarrollados se basan en tecnología de fibra hueca que trabajan a partir de aire de sangrado de motor. Sin embargo de cara optimizar el rendimiento de la planta de potencia, la utilización de aire procedente de la recirculación en cabina para este sistema, que por otra parte es un residuo en el avión tendría ventajas significativas. Para ello el desarrollo de materiales a nivel membrana es crítico para poder trabajar a menores diferenciales de presión y a más bajas temperaturas.

Prioridad: Alumiuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia

Utilidad: Motores

Horizonte temporal: 2020

Descripción: Uno de los grandes retos del siglo XXI es aumentar de forma significativa la sostenibilidad del transporte. Se pretende que la siguiente generación de motores aeroespaciales logre reducir un 25% el consumo de combustible y las emisiones de CO₂. Alcanzar este ambicioso objetivo requiere la integración de materiales avanzados y un diseño eficiente. La incorporación en las turbinas de presión intermedia (IPT) de materiales ligeros tales como los alumiuros de titanio (TiAl) de 3ª generación, que poseen un comportamiento a altas temperaturas y bajo cargas cíclicas significativamente superior que las superaleaciones de níquel, permitiría aumentar significativamente la eficiencia en condiciones de servicio. Sin embargo, los micromecanismos que gobiernan la deformación y fractura de estas aleaciones son prácticamente desconocidos. Sería deseable, por tanto, entender desde un punto de vista fundamental la influencia de la microestructura, la defectología y la temperatura en el comportamiento mecánico monotónico y en fatiga (umbral y velocidad de propagación de grietas) de las aleaciones gamma-TiAl de tercera generación en un amplio rango de temperaturas.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto):* 3

Principales dificultades: La principal dificultad radica en que los alumiuros de titanio gamma de tercera generación presentan una gran variedad de microestructuras en función de las condiciones de procesamiento utilizadas. La relación procesamiento-microestructura aún no está clara y, por ello, es difícil predecir el método de fabricación óptimo para obtener el comportamiento mecánico deseado. Por tanto, la falta de conocimiento acerca de estos materiales es el principal obstáculo para su implementación en los procesos industriales.



Imagen 12. Componente de motor de aeronave. ITP

Modelado y simulación

Prioridad: Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2030

Descripción: El objetivo principal de esta línea tecnológica es incrementar la eficiencia operacional de los procesos de calificación de materiales mediante la digitalización de documentos y normativas aeronáuticas (bases de datos, información, conocimiento, etc.) pertenecientes a diferentes dominios (Materiales y Procesos, Diseño, Cálculo)

Lo que se pretende con esta línea es reducir el número de pruebas, tiempos y costes generados durante la calificación de un material.

Las principales tareas asociadas son:

- Recopilación – grandes bases de datos: colección, transmisión, almacenamiento, análisis y suministro de datos.
- Extracción de datos / valores – Análisis predictivo: filtrado, correlación, informe, monitorización, simulación, predicción, optimización
- Gestión de datos: optimizar procesos y diseños, reducir ensayos

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto):* 2

Principales dificultades: Financiación. Homogeneización de la documentación. Falta de conocimiento relacionado con la digitalización.

Prioridad: Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos aeronáuticos

Prioridad: Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos aeronáuticos

Utilidad: Estructuras primarias

Horizonte temporal: 2020

Descripción: La simulación computacional en este ámbito tiene como objetivo principal la predicción del comportamiento mecánico de materiales compuestos, así como de fenómenos que ocurren en los procesos de fabricación. Las horas computacionales reducen sustancialmente los costes de pruebas reales y permite, además, reajustar parámetros necesarios para la optimización de los procesos.

Lo que se pretende con la implementación de esta línea técnica es realizar el tratamiento matemático y computacional de materiales compuestos y procesos a diferentes escalas: de la escala micromecánica a la escala estructural, hasta la escala de laminados.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Simulación en Materiales:
 - Estudio de propiedades mecánicas y fisicoquímicas
 - Estudio del comportamiento de materiales en función de su historia térmica: condiciones de curado, temperatura, envejecimiento, entre otros parámetros.
 - Diseño de laminado
- Simulación de procesos de fabricación:
 - *Liquid Composite Moulding (RTM, LRI,...)*
 - Procesado de prepreg – porosidad de la pieza

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto):* 3

Principales dificultades: Financiación. Desarrollo de modelos que correlacionen correctamente con lo experimental.

Prioridad: Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos materiales

Utilidad: Estructuras primarias, no estructurales, motores y sistemas

Horizonte temporal: 2025

Descripción: En la actualidad los diseños se hacen a partir de admisibles “estandarizados” de material. Éstos no recogen la casuística que, en términos de defectología y microestructura, pueda darse como resultado de la fabricación o procesado de materiales en la totalidad de componentes sino que a menudo, representan un comportamiento típico. Esta simplificación choca con la complejidad metalúrgica resultante de no pocos procesos de fabricación y procesado de materiales como fundición, forja, soldadura o incluso los aditivos. En todos ellos el material resultante se caracteriza por una variabilidad extrema dependiendo de los detalles precisos bajos los cuales se fabrica y procesa.

En no pocos casos, lo anterior redundaría en la necesidad de lanzamiento de un nº de iteraciones de fabricación, orientadas todas ellas a evitar/solventar problemas ingenieriles como consecuencia de la presencia de cierta defectología/microestructura en localizaciones concretas. Esta situación conlleva además, la necesidad de tener que completar iteraciones ingenieriles, redundando todo ello en elevados No Recurrentes (iteraciones de fabricación y diseño) que además, ahondan en el incremento de los costes Recurrentes lo que compromete la competitividad de nuestros productos y evitando se aborden mejoras en la línea de la optimización integral (ingeniería+fabricación) así como la diferenciación de los mismos.

Existe por tanto, una necesidad de desarrollo de capacidades de modelizado que integren por una parte la predicción del resultado que desde el punto de vista metalúrgico tienen los procesos de fabricación/procesado de materiales, más allá de la geometría resultante, junto con el conocimiento preciso acerca del comportamiento de los materiales en presencia de las diferentes microestructuras y defectologías que se puedan llegar a producir. Sólo así se podrán abordar optimización completa del diseño. El desarrollo de técnicas de cálculo que aún estos dos mundos hasta la fecha disjuntos es una tendencia incipiente que en inglés se conoce bajo el ICMA (“Integrated Computational Materials Engineering and Modelling of Processes”).

Impacto en el sector (del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto): 3

Más allá del impacto en el sector Aeroespacial, se trata de una prioridad/tendencia que afectará a otros sectores; automoción, energía, etc. etc.

Principales dificultades: Las economías de escala (tamaño relativamente pequeño de las empresas) imposibilitan muchas veces que se pueda abordar esfuerzos en esta línea.

Existen en España grupos de investigación que cuentan con Capacidades de Modelizado de Procesos, que abordan el entendimiento del comportamiento mecánico de los Materiales para diferentes microestructuras y defectologías. Dichos esfuerzos sin embargo, parecen dedicarse a “nuevas” tecnologías/materiales, dejando desatendidos materiales más convencionales que pudieran ofrecer un margen de aplicación o tener un mayor interés tecnológico para las empresas Españolas. Existe además, un insuficiente grado de integración de los trabajos en los que puedan estar involucrados diferentes grupos de investigación a nivel nacional y un pobre nivel de participación de los mismos en conglomerados a nivel internacional y/o empresas de Software que pretendan la integración que se requiere.

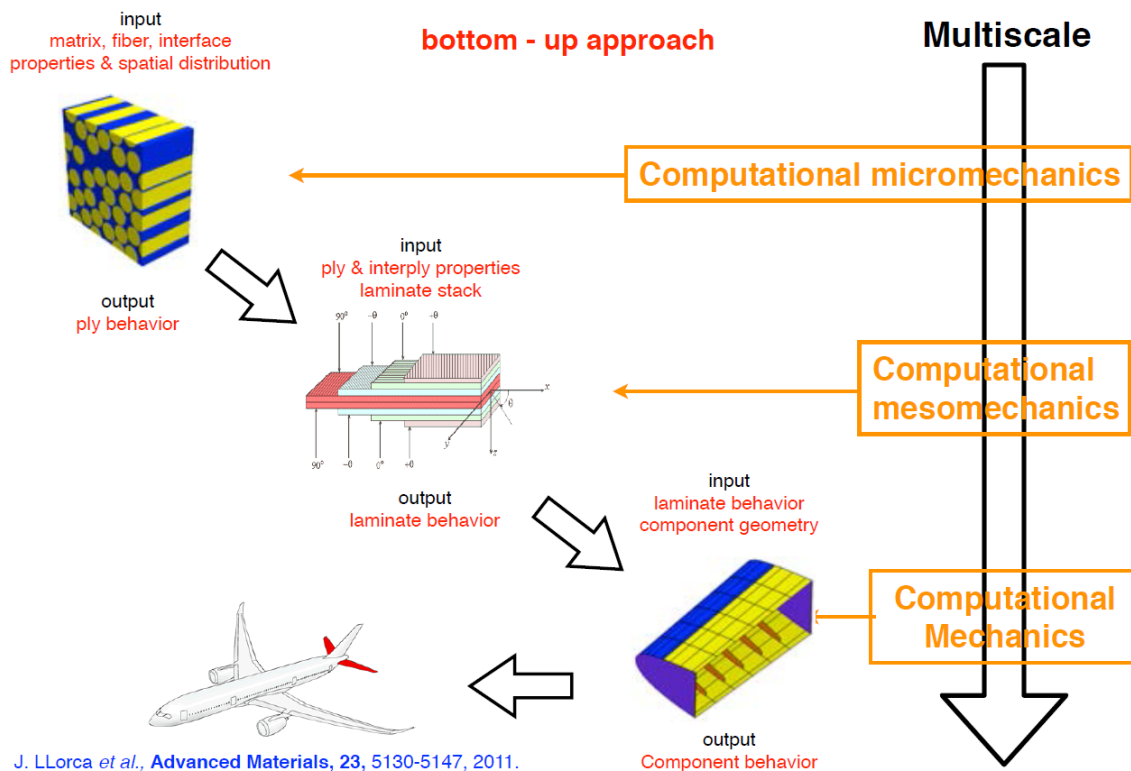


Imagen 13. Estrategia de simulación multiescala para materiales compuestos. Instituto IMDEA Materiales

Medioambiente

Prioridad: Reusado, reciclado de prepregs de fibra de carbono y resina epoxi

Utilidad: No estructurales

Horizonte temporal: 2020

Descripción: La fabricación de materiales compuestos de fibra de carbono conlleva a la producción de una cantidad considerable de residuos provenientes de diferentes procedimientos tales como corte de telas, eliminación de bordes de telas, extremos de cinta, material caducado, material que ya ha transcurrido su ciclo de vida, entre otros.

En la actualidad no existen técnicas a escala industrial que permitan el reusado y/o reciclado de grandes cantidades de desechos de material preimpregnado fresco, parcialmente o totalmente curado. El término reusado se suele asociar a material fresco mientras que el reciclado se suele relacionar con material curado.

El objetivo de esta línea tecnológica consiste en:

- Desarrollar y demostrar la factibilidad de la tecnología de reusado y/o reciclado de residuos de material compuesto sin curar y/o curado de CFRP que se obtienen de plantas de producción.

Lo que se espera con el desarrollo de esta línea tecnológica es lo siguiente:

- Mejora del impacto medioambiental de los procesos y componentes aeronáuticos de material compuesto.
- Una reducción de la relación entre el material que se compra y el que finalmente permanece en la piezas que se incluyen en el avión ("Buy to Fly ratio").
- Reducción del coste de material por pieza e incrementar el ahorro anual de material.
- Reemplazar preimpregnado y tejido fresco y/o otros materiales por material preimpregnado reusado y/o reciclado para aplicaciones en componentes secundarios aeronáuticos y/o piezas de otros sectores.

Impacto en el sector *(del 1 al 3, siendo 3 máximo impacto):* 3

Principales dificultades: Viabilidad de ciertas aplicaciones debido a las bajas propiedades mecánicas de materiales, reducción aceptable de dichas propiedades. Eficiencia desde el punto de vista medioambiental y económico de procesos de reciclado que implican la eliminación de resina. Algunos procesos de reusado y reciclado están patentados.

Documento elaborado por:



*Silvia Lazcano
Jose Sánchez
Tamara Blanco
Nathamar Dudamell*



*Miguel Ángel Rodiel
Teresa Pérez Prado
Carlos González
Roberto Guzmán de Villoria*



*Sonia Flórez
Begoña Canflanca*



*Alfonso de Benito
Agustín Salaberría
Cristina García*



*Maria Carmen Pérez
Esmeralda Cuevas*



Alfonso Alba



Ángela Targheta



Eva Novillo



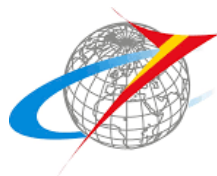
*Rubén Piornedo
Jose Bayo*

Coordinación y Secretaría Técnica:



PLATAFORMA TECNOLÓGICA
DE MATERIALES AVANZADOS
Y NANOMATERIALES

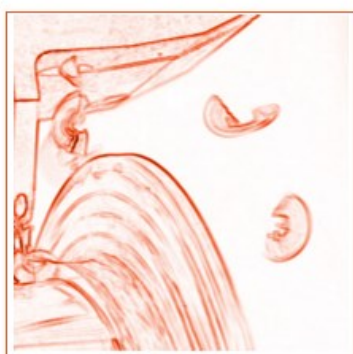
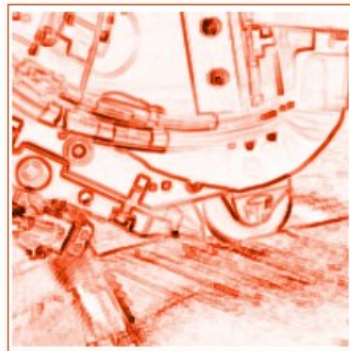
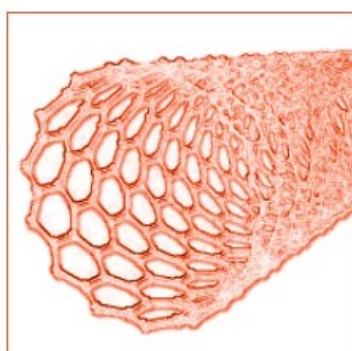
materplat



PLATAFORMA

AEROESPACIAL
ESPAÑOLA

PRIORIDADES DE I+D EN MATERIALES EN EL SECTOR AERONÁUTICO ESPAÑOL



Financiado por:



Referencia proyecto: PTR-2016-0821