

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



Financiado por:



Proyectos: PTR-2016-0743 y PTR-2016-0821

Índice

Índice,	1
Control de configuración,	4
Resumen ejecutivo,	6
Introducción,	7
Listado de prioridades de I+D+I,	9
A) MATERIALES - A1. Materiales compuestos - A2. Materiales metálicos - A3. Otros materiales - A4. Materiales multifuncionales B) MODELADO Y SIMULACIÓN - B1. Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales - B2. Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial - B3. Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos C) FABRICACIÓN Y MONTAJE - C1. Fabricación fuera de autoclave - C2. Otros procesos de fabricación y montaje automatizados - C3. Protecciones y tratamientos superficiales - C4. Uniones D) INSPECCIÓN Y REPARACIONES - D1. Inspección no destructiva (NDI) - D2. Reparaciones E) ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES: - E1. Reusado, reciclado de prepregs de fibra de carbono y resina epoxi - E2. Diseño para la destrucción y su impacto en materiales espaciales	
Descripción de prioridades de I+D,	12
A) MATERIALES, - A1. Materiales compuestos: - A1.1 Materiales avanzados para procesos de infusión de resina - A1.2 Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos - A1.3 Materiales preimpregnados de bajo coste - A1.4 Empleo de nanomateriales para la mejora de núcleos de tipo espuma empleados en paneles sándwich - A1.5 Mejora de la resistencia a impacto en estructuras de CFRP - A1.6 Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas - A1.7 Laminados CFRP ultra-finos	14

- A1.8 Termoplásticos
- A1.9. Biomateriales
- A2. Materiales metálicos:
 - A2.1 Aluminuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia
 - A2.2 Materiales metálicos estructurales
 - A2.3 Aleaciones con memoria de forma
 - A2.4 Super-aleaciones base Ni para entornos de alta temperatura y sollicitaciones termo-mecánicas
 - A2.5 Procesos de obtención de alto aprovechamiento para super-aleaciones aleaciones base Ni
- A3. Otros materiales:
 - A3.1 Membranas para separación de gases
 - A3.2 Aerogeles
 - A3.3 Materiales de Control Térmico
 - A3.4. Materiales para Propulsión Iónica
- A4. Materiales multifuncionales:
 - A4.1 Materiales compuestos multifuncionales
 - A4.2 Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas
 - A4.3 Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica
 - A4.4 Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF
 - A4.5 Materiales capaces de almacenar energía y luego liberarla en despliegues
- B) MODELADO Y SIMULACIÓN, 38**
 - B1. Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales
 - B2. Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial
 - B3. Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos
- C) FABRICACIÓN Y MONTAJE, 42**
 - C1. Fabricación fuera de autoclave:
 - C1.1 Procesado fuera de autoclave de materiales pre-impregnados
 - C1.2 Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión
 - C1.3 Componentes fabricados en material compuesto con zonas de radios exigentes
 - C1.4. Fabricación y montaje de estructuras primarias basadas en tejidos multiaxiales de fibra seca (tejidos, NCF y tapes)
 - C2. Otros procesos de fabricación y montaje automatizados:
 - C.2.1 Corte de tejidos secos para preformas y mecanizado de laminados de material compuesto mediante láser.
 - C.2.2 Angulares de material compuesto
 - C.2.3 Pegado de elementos externos en paneles (OSR)
 - C.2.4 Introducción de elementos internos en paneles (insertos, heat pipes, etc...)
 - C.2.5 Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP
 - C3. Protecciones y tratamientos superficiales:
 - C.3.1 Tratamiento superficial de materiales compuestos mediante láser para procesos de pintado
 - C.3.2 Texturizado superficial de materiales compuestos y metálicos mediante láser para reducir la resistencia aerodinámica
 - C.3.3 Curado de sellantes bajo demanda. Curado mediante radiación UV.

C.3.4 Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH	
C.3.5 Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos	
C.3.6 Tratamiento superficial de piezas de material compuesto curadas mediante laser para procesos de encolado	
C4. Uniones:	
C.4.1 Uniones de materiales disimilares	
C.4.2 Uniones híbridas Ti/CFRP	
C.4.3 Desarrollo y utilización de remaches ciegos de alta resistencia	
C.4.4 Elementos de unión estructural en CFRP	
D) INSPECCIÓN Y REPARACIONES,	61
D1. Inspección no destructiva (NDI):	
D.1.1 Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	
D.1.2 Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring -SHM-)	
D.1.3 Empleo de nanomateriales para mejorar la técnica de ensayos no destructivos mediante el uso de imagen por Resonancia Magnética (MRI)	
D1.4. Mejora continua de técnicas de inspección no destructiva	
D1.5. Nuevos métodos de NDI	
D2. Reparaciones:	
D.2.1 Evaluación de soluciones de reparación en agujeros con avellanados hundidos	
D.2.2 Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto	
D.2.3. Verificación de reparaciones en materiales compuestos	
E) ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES:	69
E1. Reusado, reciclado de preregs de fibra de carbono y resina epoxi	
E2. Diseño para la destrucción y su impacto en materiales espaciales	
 Tabla resumen de líneas de I+D,	 71
Anexo: Líneas de I+D correlacionadas con prioridades industriales,	73

Control de configuración

Autores	Edición / Nº Pág.	Fecha	Modificaciones
AIRBUS: <i>Silvia Lazcano</i> <i>Jose Sánchez</i> <i>Tamara Blanco</i> <i>Nathammar Dudamell</i> IMDEA-MATERIALES: <i>Miguel Ángel Rodiel</i> <i>Teresa Pérez Prado</i> <i>Carlos González</i> <i>Roberto Guzmán de Villoria</i> TECNALIA: <i>Sonia Flórez</i> <i>Begoña Canflanca</i> ACITURRI: <i>Alfonso de Benito</i> <i>Agustín Salaberria</i> <i>Cristina García</i> TECNATOM: <i>Maria Carmen Pérez</i> <i>Esmeralda Cuevas</i> ITP: <i>Alfonso Alba</i> AERNNOVA: <i>Ángela Targhetta</i> CESA: <i>Eva Novillo</i> CT INGENIEROS: <i>Rubén Piornedo</i> <i>Jose Bayo</i> Coordinación: <i>Airbus e IMDEA Materiales</i>	1 / 43 pág.	noviembre 2016	Edición primera: solo contempla prioridades industriales aeronáuticas
ACITURRI: <i>Alfonso de Benito</i> <i>Jorge Martínez</i> AERNNOVA: <i>Miguel Ángel Castillo</i> AIRBORNE Composites: <i>Rosa Sitjá</i> AIRBUS DS: <i>Alicia Ayuso</i> Arquimea Ingeniería: <i>Francisco Gutiérrez</i> CESA: <i>Eva Novillo</i> COMET Ingeniería: <i>José Nieto</i> CT-Ingenieros: <i>Rubén Piornedo</i> ELEMENT: <i>Miguel Jiménez</i>	2.0 (borrador) / 63 pág.	enero 2018	Edición segunda (en borrador): revisa prioridades aeronáuticas e incluye prioridades industriales espaciales. Se distribuye entre entidades de la PAE (sobre todo universidades y centros de I+D) para comentarios y para completarla.

Autores	Edición / Nº Pág.	Fecha	Modificaciones
Francisco Simón IMDEA_MATERIALES / MATERPLAT: Miguel Ángel Rodiel Eduardo Troche ITP: Alfonso Alba PAE: Vicente Gómez Molinero PROSIX: Álvaro Pipó Coordinación: AIRBUS DS y PAE			
ACITURRI: Alfonso de Benito Jorge Martínez AERNNOVA: Miguel Ángel Castillo AIRBORNE Composites: Rosa Sitjá AIRBUS DS: Alicia Ayuso Arquimea Ingeniería: Francisco Gutiérrez CESA: Eva Novillo COMET Ingeniería: José Nieto CT-Ingenieros: Rubén Piornedo DANOBAT: Asier Gandarias ELEMENT: Miguel Jiménez Francisco Simón IDEC: José Luis León IMDEA_MATERIALES / MATERPLAT: Miguel Ángel Rodiel Eduardo Troche ITP: Alfonso Alba PAE: Vicente Gómez Molinero PROSIX: Álvaro Pipó Coordinación: AIRBUS DS y PAE Aportaciones de todas las universidades y centros de I+D citados en el anexo.	3.0 / 109 pág.	marzo 2018	Edición final con comentarios de entidades de la PAE y líneas de investigación incorporadas

Resumen ejecutivo

La constante necesidad de superar las barreras tecnológicas asociadas a los objetivos técnicos, económicos, sociales y medioambientales que se marca el sector aeroespacial, plantea nuevos retos a corto, medio y largo plazo.

Un grupo de trabajo MATERPLAT-PAE (*Plataforma Tecnológica Española de Materiales Avanzados y Nanomateriales - Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española*) ha 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 (2025-2030) para todo el sector aeroespacial español identificadas por un grupo representativo de los principales desarrolladores de componentes y estructuras aeroespaciales que operan en España.

Respecto a la primera edición del documento publicada en noviembre de 2016 – que se concentraba exclusivamente en las necesidades y prioridades aeronáuticas –, en esta nueva edición se ha revisado lo incluido en la primera y se han añadido las necesidades y prioridades desde el punto de vista espacial que no estaban incluidas en la primera edición del documento.

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 aeroespaciales. En ese sentido las universidades y centros de I+D integrados en la PAE han revisado las prioridades industriales aquí definidas e incorporado, en esta tercera edición del documento, sus puntos de vista, ayudando a definir las líneas de acción concretas en I+D+I de materiales aeroespaciales que se deben acometer en los próximos años en una visión integrada del sector.

Una buena parte del contenido de este documento se ha utilizado para alimentar la “Estrategia Española de Materiales Avanzados y Nano-Materiales” que ha publicado MATERPLAT en noviembre de 2017 y en la que se ha colaborado desde la PAE.

Esta visión integrada de las prioridades del sector podrá servir de guía para que las distintas Administraciones diseñen estrategias efectivas para ayudar al sector aeroespacial español a seguir manteniendo su competitividad y posicionamiento internacional.

Introducción

El sector aeroespacial 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 8.500 millones de € en 2015, generando cerca de 47.000 empleos estables y de calidad (Fuente: TEDAE). Estos datos colocan al sector aeroespacial 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 83% de la facturación proviene de las exportaciones.

Para que la industria aeroespacial 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 aeroespacial, plantea nuevos retos a corto, medio y largo plazo. En este sentido, desde el punto de vista del desarrollo y la fabricación de aviones, satélites y lanzadores, 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, satélites y lanzadores mucho más baratos de fabricar y operar (menores costes de lanzamiento), sin olvidar sus aspectos funcionales, desde la resistencia durante el lanzamiento hasta la estabilidad termo-elástica en órbita.

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.

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 en su primera

edición y ahora extendido a toda la industria aeroespacial, ha sido elaborado en colaboración con la *Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española (PAE)*.

Es importante reseñar que, respecto a la edición 1 del documento (de noviembre de 2016), en esta nueva edición se ha suprimido el capítulo dedicado a fabricación aditiva, ya que existe un grupo de trabajo en la PAE que está elaborando un documento similar a éste, pero centrado en todos los aspectos relacionados con esta nueva tecnología en el sector aeroespacial español.

Este documento del grupo de trabajo mixto MATERPLAT-PAE no pretende ser un documento muy 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 (2025-2030) identificadas por un grupo representativo de los principales fabricantes de componentes y estructuras aeroespaciales que operan en España y priorizarlas tanto en el tiempo (corto o medio plazo) como en cuanto al previsible impacto en el sector (bajo, medio o alto).

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 aeroespaciales. En ese sentido, las universidades y centros de I+D integrados en la PAE han revisado las prioridades aquí definidas e incorporado, en esta tercera edición del documento, sus puntos de vista, ayudando a definir las líneas de acción concretas en I+D+I de materiales aeroespaciales que se deben acometer en los próximos años en una visión integrada del sector. Consideramos que, con el nivel de detalle aportado en esta edición 3 del documento, se pueden organizar mucho mejor las colaboraciones entre empresas de todo tipo (incluyendo a las PYMES) y el mundo académico y tecnológico y esperamos que el documento sirva para que nazcan muchas y mejores colaboraciones en esa línea.

Por supuesto, este es un documento vivo que, en esta revisión de 2017-18, incorpora necesidades industriales y líneas de I+D relacionadas y que, cada cierto tiempo (al menos cada dos años), deberá ser revisado con una metodología similar a la empleada en este caso.

Además, esa visión integrada del sector podrá servir de guía para que las distintas Administraciones diseñen estrategias efectivas para ayudar al sector aeroespacial español a seguir manteniendo su competitividad y posicionamiento internacional.

Listado de prioridades de I+D

Con el objetivo de facilitar la consulta del documento, se han clasificado las distintas prioridades identificadas en las siguientes categorías:

- A) MATERIALES**
 - A1. Materiales compuestos**
 - A2. Materiales metálicos**
 - A3. Otros materiales**
 - A4. Materiales multifuncionales**
- B) MODELADO Y SIMULACIÓN**
 - B1. Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales**
 - B2. Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos aeronáuticos**
 - B3. Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos**
- C) FABRICACIÓN Y MONTAJE**
 - C1. Fabricación fuera de autoclave**
 - C2. Fabricación Aditiva**
 - C3. Otros procesos de fabricación y montaje automatizados**
 - C4. Protecciones y tratamientos superficiales**
 - C5. Uniones**
- D) INSPECCIÓN Y REPARACIONES**
 - D1. Inspección no destructiva (NDI)**
 - D2. Reparaciones**
- E) ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES:**
 - E1. Reusado, reciclado de prepreps de fibra de carbono y resina epoxi**
 - E2. Diseño para la destrucción y su impacto en materiales espaciales**

A continuación, se muestra el listado de las fichas de prioridades recopiladas en el documento clasificadas en las correspondientes categorías:

- A) MATERIALES**
 - A1. Materiales compuestos:**
 - A1.1 Materiales avanzados para procesos de infusión de resina
 - A1.2 Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos
 - A1.3 Materiales preimpregnados de bajo coste
 - A1.4 Empleo de nanomateriales para la mejora de núcleos de tipo espuma empleados en paneles sándwich
 - A1.5 Mejora de la resistencia a impacto en estructuras de CFRP
 - A1.6 Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas
 - A1.7 Laminados CFRP ultra-finos
 - A1.8 Termoplásticos
 - A1.9. Biomateriales

A2. Materiales metálicos:

- A2.1 Aluminuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia
- A2.2 Materiales metálicos estructurales
- A2.3 Aleaciones con memoria de forma
- A2.4 Super-aleaciones base Ni para entornos de alta temperatura y sollicitaciones termo-mecánicas
- A2.5 Procesos de obtención de alto aprovechamiento para super-aleaciones aleaciones base Ni

A3. Otros materiales:

- A3.1 Membranas para separación de gases
- A3.2 Aerogeles
- A3.3 Materiales de Control Térmico
- A3.4. Materiales para Propulsión Iónica

A4. Materiales multifuncionales:

- A4.1 Materiales compuestos multifuncionales
- A4.2 Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas
- A4.3 Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica
- A4.4 Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF
- A4.5 Materiales capaces de almacenar energía y luego liberarla en despliegues

B) MODELADO Y SIMULACIÓN

B1. Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales

B2. Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos aeronáuticos

B3. Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos

C) FABRICACIÓN Y MONTAJE

C1. Fabricación fuera de autoclave:

- C1.1 Procesado fuera de autoclave de materiales pre-impregnados
- C1.2 Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión
- C1.3 Componentes fabricados en material compuesto con zonas de radios exigentes
- C1.4. Fabricación y montaje de estructuras primarias basadas en tejidos multiaxiales de fibra seca (tejidos, NCF y tapes)

C2. Otros procesos de fabricación y montaje automatizados:

- C.2.1 Corte de tejidos secos para preformas y mecanizado de laminados de material compuesto mediante láser.
- C.2.2 Angulares de material compuesto
- C.2.3 Pegado de elementos externos en paneles (OSR)
- C.2.4 Introducción de elementos internos en paneles (insertos, heat pipes, etc...)
- C.2.5 Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP

C3. Protecciones y tratamientos superficiales:

- C.3.1 Tratamiento superficial de materiales compuestos mediante láser para procesos de pintado
- C.3.2 Texturizado superficial de materiales compuestos y metálicos mediante láser para reducir la resistencia aerodinámica
- C.3.3 Curado de sellantes bajo demanda. Curado mediante radiación UV.
- C.3.4 Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH

C.3.5 Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos

C.3.6 Tratamiento superficial de piezas de material compuesto curadas mediante laser para procesos de encolado

C4. Uniones:

C.4.1 Uniones de materiales disimilares

C.4.2 Uniones híbridas Ti/CFRP

C.4.3 Desarrollo y utilización de remaches ciegos de alta resistencia

C.4.4 Elementos de unión estructural en CFRP

D) INSPECCIÓN Y REPARACIONES

D1. Inspección no destructiva (NDI):

D.1.1 Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online

D.1.2 Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring -SHM-)

D.1.3 Empleo de nanomateriales para mejorar la técnica de ensayos no destructivos mediante el uso de imagen por Resonancia Magnética (MRI)

D1.4. Mejora continua de técnicas de inspección no destructiva

D1.5. Nuevos métodos de NDI

D2. Reparaciones:

D.2.1 Evaluación de soluciones de reparación en agujeros con avellanados hundidos

D.2.2 Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto

D.2.3. Verificación de reparaciones en materiales compuestos

E) ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES:

E1. Reusado, reciclado de prepregs de fibra de carbono y resina epoxi

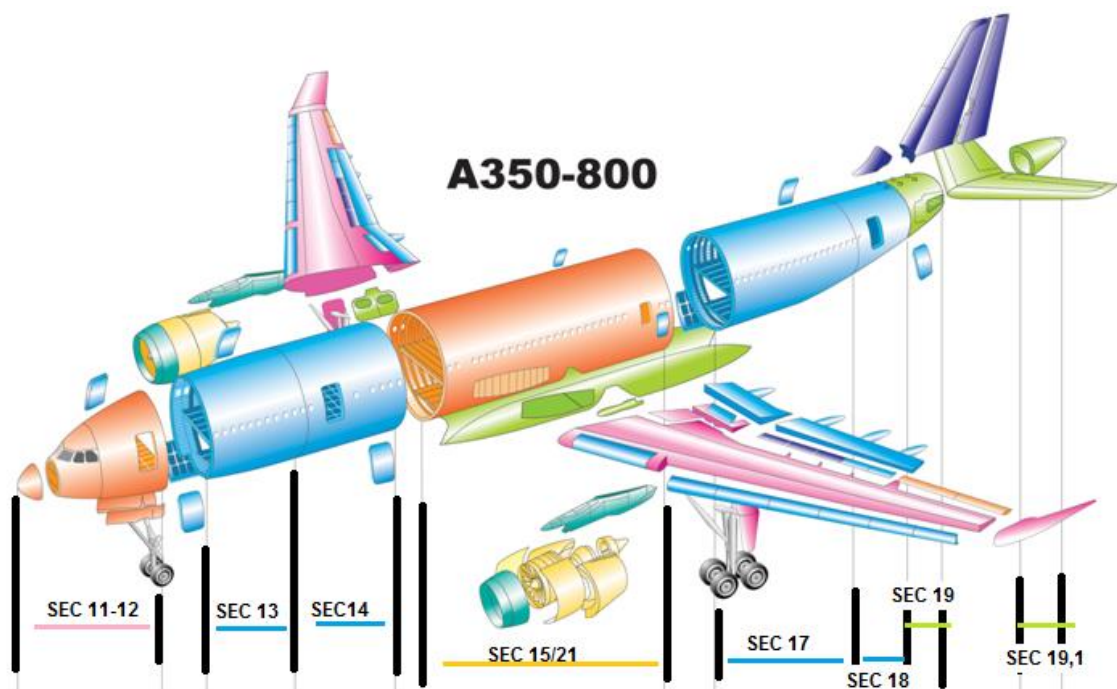
E2. Diseño para la destrucción y su impacto en materiales espaciales

A modo de resumen se recogen en la siguiente tabla todas las prioridades clasificadas según su nivel de prioridad temporal (Corto Plazo: 2025 o BAJA: 2030) y su impacto en el sector (Bajo, Medio, Alto).

PRIORIDAD		Medio Plazo (2030)	Corto Plazo (2025)	BAJO	IMPACTO MEDIO	ALTO
MATERIALES COMPUESTOS	A1.1					
	A1.2					
	A1.3					
	A1.4					
	A1.5					
	A1.6					
	A1.7					
	A1.8					
	A1.9					
MATERIALES METÁLICOS	A2.1					
	A2.2					
	A2.3					
	A2.4					
	A2.5					
OTROS MATERIA LES	A3.1					
	A3.2					
	A3.3					
	A3.4					
MATERIALES MULTI FUNCIONALES	A4.1					
	A4.2					
	A4.3					
	A4.4					
	A4.5					
MODELADO Y SIMULACIÓN	B1					
	B2					
	B3					
FABRICACIÓN FUERA DE AUTOCUAVE	C1.1					
	C1.2					
	C1.3					
	C1.4					
OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN AUTOMATIZADOS	C2.1					
	C2.2					
	C2.3					
	C2.4					
	C2.5					
PROTECCIONES Y TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	C3.1					
	C3.2					
	C3.3					
	C3.4					
	C3.5					
	C3.6					
UNIONES	C4.1					
	C4.2					
	C4.3					
	C4.4					
INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA (NDI)	D1.1					
	D1.2					
	D1.3					
	D1.4					
	D1.5					
REPARACIONES	D2.1					
	D2.2					
	D2.3					
ASPECTOS MEDIO-AMBIENTALES	E1					
	E2					

Según esta clasificación tenemos:

- Trece prioridades de alto impacto y a corto plazo: A1.3, A1.6, A2.1, A2.4, A2.5, A4.1, B2, B3, C2.4, C4.1, D1.1, D2.2 y E1.
- Veintiuna prioridades de impacto medio y a corto plazo: A1.1, A2.2, A2.3, A3.1, A3.3, A4.2, A4.5, C1.2, C1.3, C2.2, C2.3, C2.5, C3.1, C3.3, C3.5, C3.6, C4.2, C4.3, D1.2, D1.4 y D2.1.
- Cuatro prioridades de alto impacto y a medio plazo: A4.3, A4.4, C1.1 y E2.
- Once prioridades de impacto medio y a medio plazo: A1.4, A1.5, A1.7, A1.8, A3.2, B1, C1.4, C3.2, C3.4, C4.4 y D1.3
- Una prioridad de impacto bajo y corto plazo: C2.1.
- Cinco prioridades de impacto bajo y medio plazo: A1.2, A1.9, A3.4, D1.5 y D2.3.



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

Descripción de prioridades de I+D

A) MATERIALES:

A.1. Materiales compuestos

Prioridad A.1.1: Materiales avanzados para procesos de infusión de resina

Utilidad	Estructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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. • Desarrollo de tecnologías de fabricación en base a materiales multiaxiales de fibra seca (NCF y tejidos) que permitan una reducción de los costes de producción (~25%) respecto al proceso actual con pre-impregnado, 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)
Dificultades principales	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 a las resinas de infusión estándar, con mejores propiedades mecánicas y temperaturas de servicio más amplias sin olvidar las necesidades impuestas por los procesos de fabricación de grandes piezas. Consistencia de las condiciones de suministro de los materiales multiaxiales secos para hacer frente a los requisitos de alta productividad (orientaciones, modo de enrollado, binder, velo, calidad de fibra, versatilidad en el diseño del material según aplicación, etc.)

Prioridad A.1.2: Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos

Utilidad	Estructuras primarias, secundarias y elementos no estructurales en aeronáutica y espacio
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Los nanomateriales son uno de los productos principales en desarrollo en el ámbito de las nanotecnologías. Se pueden presentar partículas, tubos o fibras a nanoescala. Poseen excelentes propiedades físicas, químicas y mecánicas asociadas a su “tamaño nanométrico”. El interés en esta prioridad se centra en las nanopartículas que, generalmente se definen por ser menores de 100 nanómetros al menos en una dimensión. A su vez, en este grupo, figuran las nanopartículas metálicas, las cuales destacan por sus peculiares propiedades foto-térmicas, por las que al ser activadas en presencia de luz láser, desprenden calor, actuando como auténticos “nano-calefactores”. El interés, aplicado al curado de materiales compuestos, está en usar estas propiedades para desarrollar procesos fuera de autoclave, en las que el curado de material se produzca por activación de estas nanopartículas.
Dificultades principales	La principal dificultad está en verificar la funcionalidad (conductividad térmica en particular) prevista y la homogeneidad y robustez en el proceso de curado. Para ello es clave el control de la distribución de partículas en la matriz, con objeto de que no existan zonas con grados de curado dispares. Así mismo geometrías complejas podrían tener dificultades de ser curadas de esta manera. Otro aspecto importante a controlar es el riesgo por contaminación debido a la peligrosidad para la salud de este tipo de partículas liberadas en el ambiente durante el proceso de manipulación de los nanomateriales: las medidas de seguridad necesarias para el uso de dichos nanomateriales y la manipulación de elementos que los contengan, deben estar claramente establecidas

Prioridad A.1.3: Materiales preimpregnados de bajo coste y procesos de fabricación optimizados

Utilidad	Estructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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). Además, los procesos de producción asociados a estos materiales implican largos tiempos y coste asociado (apilado, curado, operaciones de acabado...), con lo que es fundamental buscar alternativas para reducir dichos costes. En el sector espacial de lanzadores, el incremento de la competencia para la reducción de costes de lanzamiento también tiene como resultado la presión por reducir los costes de fabricación del lanzador y su capacidad de reutilización. Si bien las dimensiones no alcanzan a las de las estructuras aeronáuticas, el aumento significativo de la cadencia hace necesario un cambio en los procesos de fabricación e integración de las estructuras similar al descrito en el párrafo anterior. 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 permitan una reducción de coste considerable (30% - 50%), manteniendo las propiedades mecánicas o con un efecto moderado en las mismas: $\leq 80\%$ • Implementar y desarrollar procesos optimizados que permitan la disminución de costes y el incremento de la eficiencia de fabricación con prepreg. Por ejemplo: apilados más rápido, procesado fuera de autoclave, cocurados / semi-curado, resinas que permitan curados más rápidos (en la línea de los materiales de automoción).
Dificultades principales	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 A.1.4: Empleo de nanomateriales para la mejora de núcleos de tipo espuma empleados en paneles sándwich

Utilidad	Estructuras primarias y secundarias en aeronáutica y espacio
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
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. El objetivo sería poder producir núcleos de tipo espuma (foam) en los que se incluyeran estos nanomateriales, de forma que se consiga mejorar sus propiedades mecánicas y termo-elásticas a la par que se reduzca la densidad logrando esas características, lo que redundaría en una disminución en el peso de la estructura final (=>mejora de costes).
Dificultades principales	Las dificultades identificadas son: • Definir el tipo de nanomaterial, tanto en material como en estructura/forma que permita una mejora eficiente de propiedades mecánicas en el núcleo. • Dificultades en la calificación del proceso productivo, por la cantidad de variables que se pueden encontrar en el mismo; en particular al reducir el % de matriz (foam). Otro aspecto importante a controlar es el riesgo por contaminación debido a la peligrosidad para la salud de este tipo de partículas liberadas en el ambiente durante el proceso de manipulación de los nanomateriales: las medidas de seguridad necesarias para el uso de dichos nanomateriales y la manipulación de elementos que los contengan, deben estar claramente establecidas

Prioridad A.1.5: Mejora de la resistencia a impacto en estructuras de CFRP

Utilidad	Estructuras primarias
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
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 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. Entre las posibilidades de mejora de la resistencia a impacto se pueden mencionar: • La adición de nanocompuestos • La integración de GO Papers • La hibridación de laminados de CFRP con materiales de elevada resistencia a impacto, como FV tipo S, Polipropilenos o UHMWPE
Dificultades principales	Se identifican tres 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, resolviendo el problema de la funcionalización. • Caracterización de nuevos materiales y de comportamiento mecánico de configuraciones afectadas. • Desarrollo de metodología experimental, numérica y de diseño de estructuras con esta tecnología. Otro aspecto importante a controlar es el riesgo por contaminación debido a la peligrosidad para la salud de este tipo de partículas liberadas en el ambiente durante el proceso de manipulación de los nanomateriales: las medidas de seguridad necesarias para el uso de dichos nanomateriales y la manipulación de elementos que los contengan, deben estar claramente establecidas

Prioridad A.1.6: Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas

Utilidad	Estructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	El mercado de aviación, en particular en el segmento de aviones de pasillo único de alta cadencia, requiere nuevas aeronaves más competitivas que las actuales. Esto exige un análisis profundo de mejoras de peso y coste a nivel de componentes y de avión en general. Estos análisis han puesto de relevancia la gran influencia del coste del material compuesto en los costes recurrentes finales de producción del componente que, dependiendo de la estructura, y de sus mayores o menores operaciones de ensamblaje, supone entre el 30-60%. El conocimiento, experiencia y excelencia en el diseño y producción de estructuras en materiales compuestos son una de las bases actuales de competitividad de la industria aeronáutica española. En relación a las aeroestructuras metálicas, los materiales compuestos actuales presentan, en general, más altas prestaciones y calidad. Pero los costes elevados de calificación y los bajos consumos en aeronáutica, 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. En los últimos desarrollos de grandes aviones comerciales se ha llegado a superar el 50% del peso de la estructura del avión. En consecuencia, 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 pre-impregnados de fibra de carbono y resina termoestable para aplicación en estructuras aeronáuticas, que permitan una reducción de coste considerable (30% - 50%) respecto a las referencias actuales, manteniendo las propiedades mecánicas o con un efecto moderado de reducción de las mismas: $\leq 95\%$. • Desarrollar materiales multiaxiales de fibra seca de carbono compatible con resinas termoestables para procesos de infusión de resina para aplicación en estructuras aeronáuticas, que permitan una reducción de coste considerable (30% - 50%) respecto a las referencias actuales, manteniendo las propiedades mecánicas o con un efecto moderado de reducción de las mismas: $\leq 95\%$. • Nuevos formatos de materiales pre-impregnados para laminado más rápido y eficiente. • Nuevos formatos de multiaxiales de fibra seca para laminado y conformado 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...)
Dificultades principales	• Alcanzar las propiedades mecánicas de los nuevos materiales en los procesos productivos industriales de alta cadencia, con defectos representativos de los procesos fabriles e impactos que produzcan daños difícilmente visibles. • Caracterización de la resistencia y rigidez frente a los diferentes requisitos medioambientales aeronáuticos y de operación. • Involucración de los suministradores de material compuesto aeronáutico, normalmente multinacionales con presencia o no en España. • Fuentes de financiación y ayuda que ofrezcan cobertura frente a los riesgos de falta de madurez de las tecnologías, duraderas en el tiempo, para cubrir los procesos largos y costosos de calificación y certificación de los nuevos materiales. Esto incluye los ensayos a diferentes niveles dentro de la pirámide de certificación de estructuras aeronáuticas.

Prioridad A.1.7: Laminados CFRP ultra-finos

Utilidad	Estructuras y elementos no estructurales de satélites principalmente
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Se denominan laminados CFRP ultrafinos a aquellos realizados mediante apilamiento de capas de fibra de carbono de alrededor de los 15-30 gr/m², es decir espesores de capa curada de aproximadamente 0,015-0,03 mm. Estas capas de fibra de carbono son un orden de magnitud inferior en espesor a las capas utilizadas actualmente en la industria. Esta nueva tecnología de laminación, surgida en los últimos años a partir de la técnica de “spread tow” aporta los siguientes beneficios comparados a los laminados CFRP actuales: • Mayor resistencia a compresión, tensión, bearing y fatiga • Mayor homogeneidad de laminados y menor dispersión de resultados mecánicos • Mayor oportunidad de optimización de laminados (orientaciones y gramajes) • Mayor tolerancia en procesos de mecanizados de precisión La implementación de laminados ultrafinos en el sector aeroespacial permitiría una optimización de las estructuras CFRP tanto en términos de peso y performance como de precisión en piezas mecanizadas. Resulta una solución óptima para la resolución de los problemas de cortante interlaminar en costillas CFRP de aeronaves. La aplicación de laminados CFRP ultrafinos como precursores para la fabricación de Honeycomb de CFRP resulta muy beneficiosa, así como su utilización para la fabricación de brazos desplegados/enrollables para aplicaciones espaciales. Por otra parte los laminados ultrafinos han sido utilizados en las últimas fechas en otros sectores industriales en novedosas configuraciones alcanzando performances muy atractivas para el sector aeroespacial.
Dificultades principales	Las principales dificultades para el desarrollo de esta prioridad son: • Desarrollo y certificación de nuevos cabezales de ATL • Caracterización y certificación para el uso en sector aeroespacial de los nuevos laminados ultrafinos

Prioridad A.1.8: Termoplásticos

Utilidad	Estructuras y elementos no estructurales de lanzadores y satélites
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	El uso de resinas termoplásticas para estructuras de lanzadores y satélites en aplicaciones espaciales no está muy extendido, si bien si se encuentra algunos ejemplos en los subsistemas eléctricos o de control térmico. Los composites basados en resinas termoplásticas podrían ser implementados en este sector de la misma forma que en el sector aeronáutico, si bien el mercado es necesariamente más reducido. Los termoplásticos poseen una serie de características que pueden considerarse como ventajas en comparación con los materiales plásticos termoestables: 1.- tiempos de procesado más cortos, 2.- ausencia del fenómeno de exotermia asociado a piezas de gran espesor, 3.- capacidad para ser procesados en áreas con menos control ambiental, 4.- reversibilidad de proceso de formación del material, con especial importancia en el caso de las reparaciones, 5.- resistencia al daño, a los agentes químicos y baja absorción de agua, 6.- tiempo de almacenaje indefinido, 7.- capacidad para generar unión mediante soldadura (no pegadas). Estas características pueden ser relevantes para los aviones, helicópteros y también para aplicaciones espaciales. Sin embargo, el ambiente espacial hace que algunas de las propiedades de los materiales termoplásticos sean especialmente interesantes. El ambiente espacial se caracteriza por la existencia de los siguientes fenómenos que afectan negativamente a las propiedades de los materiales expuesto a él: a) ciclado térmico, b) expansión térmica diferencial, c) absorción/desorción de humedad, d) alto vacío, e) radiación ultravioleta, f) radiación de partículas de alta energía, g) bombardeo de oxígeno atómico en órbitas bajas. a) y b) están relacionadas con la estabilidad dimensional, en este caso, son necesarios materiales con coeficientes de expansión térmica cercanos a 0. Para poder conseguirlos, aunque las fibras de carbono tienen valores negativos es necesario que la contribución de la matriz sea la mínima posible, c) contribuye a la degradación hidrotermal asociada con la temperatura en un fenómeno que se conoce con el nombre de envejecimiento. En los materiales poliméricos el agua absorbida reduce considerablemente el valor de la temperatura de transición vítrea, de forma que la temperatura de servicio también disminuye. El porcentaje de absorción de humedad de las matrices termoplásticas es sensiblemente menor que para las termoestables y además el impacto en la Tg es prácticamente nulo por la naturaleza de los enlaces químicos. Una baja absorción de agua también contribuye a la estabilidad dimensional de las estructuras al no producirse el fenómeno de desorción después del lanzamiento, d) provoca la desgasificación de sustancias de bajo peso molecular provenientes de la matriz de los materiales compuestos. Este fenómeno origina problemas de contaminación y contribuye también a la inestabilidad dimensional. Las matrices termoplásticas son prácticamente insensibles a estas condiciones ya que no contienen compuestos de bajo peso molecular, e) y f) están relacionadas con la estructura del material y la respuesta de los termoplásticos varía de unos materiales a otros. Los rayos UV solo afectan a la superficie del material y por lo tanto a las propiedades ópticas. No es posible establecer una comparación directa entre termoestables y termoplásticos ya que la

	respuesta es variable en ambos casos. En el caso del PEEK la resistencia es bastante elevada. Es preciso destacar que en el caso de las matrices termoestables de tipo epoxi la exposición a la radiación combinada con el ciclado térmico provoca la aparición del fenómeno de microagrietamiento por la pérdida de elasticidad de la matriz. Esta microgrietas disminuyen las propiedades mecánicas y contribuyen a la inestabilidad dimensional. g) produce una oxidación de la superficie que se traduce en una pérdida efectiva de material. La sensibilidad de las matrices termoplásticas a este fenómeno es inferior al de las resinas termoestables epoxi. La utilización de recubrimientos protectores debe valorarse en función de las características de la misión (duración, órbita, posición). En todos estos aspectos los materiales termoplásticos poseen ventajas sobre los termoestables, sin embargo, existe un fenómeno que necesita ser investigado en profundidad: la fluencia. Los termoplásticos presentan fluencia ya que a diferencia de los termoestables las moléculas no están unidas por enlaces primarios. Esto significa que las conexiones moleculares internas pueden modificarse debido a la temperatura. Esto permite cambios sutiles de forma dentro del polímero básico. En un polímero termoestable estos cambios reversibles son imposibles debido a que los enlaces químicos covalentes son los que mantienen la forma del polímero. Cuando se supera el límite de capacidad de carga, los enlaces principales se rompen, provocando en el caso de los termoestables un fallo catastrófico. La resistencia a la fluencia está relacionada con las interacciones moleculares y también con la naturaleza de la estructura química del polímero que puede ser cristalina o amorfa. Los termoplásticos con alto contenido cristalino presentan buena resistencia a la fluencia y alta rigidez. La resistencia a la microfluencia es uno de los factores que también pueden influir en la estabilidad dimensional.
Dificultades principales	Falta de conocimientos, falta de equipos industriales disponibles, dificultades para la combinación con fibras espaciales de alto modulo Es necesaria una caracterización exhaustiva de estos nuevos materiales termoplásticos, para verificar que no existen pérdidas de propiedades mecánicas en los mismos. Para ello se recomienda la modelización numérica de los mismos así como la validación experimental.

NOTA: ES IMPORTANTE RESEÑAR QUE ESTA FICHA ESTÁ HECHA FUNDAMENTALMENTE DESDE LA PERSPECTIVA DE ESPACIO.

Prioridad A.1.9: Biomateriales

Utilidad	Estructuras secundarias e interiores
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Si bien el uso de los bio-materiales (compuestos con fibras y/o matriz de origen biológico) en la industria aeroespacial es todavía muy incipiente, las necesidades de reciclaje y de minimizar la huella ambiental de los materiales utilizados hará que estos materiales ganen importancia. Actualmente el comportamiento mecánico que presentan estos materiales hace imposible su utilización en estructuras primarias del avión; ahora bien, sus características sí que son adecuadas para estructuras secundarias o interiores. Un estudio exhaustivo de estos materiales y el desarrollo de herramientas de cálculo con las que caracterizar su comportamiento facilitará y potenciará su uso por la industria aeroespacial y, por tanto, permitirá la construcción de aeronaves más sostenibles. Una de las líneas de investigación más necesarias actualmente en el campo de los materiales compuestos, propiciada por la rápida implantación de los mismos en distintas aplicaciones de la ingeniería, es minimizar el impacto ambiental de los compuestos una vez éstos llegan al final de su vida útil. En este sentido hay diversos estudios que muestran que la opción de reciclar las fibras de carbono debe ser el camino a seguir, aunque todavía quedan muchos problemas por resolver para que éste sea rentable. Otro planteamiento con el que se puede reducir el impacto ambiental de los materiales compuestos es mediante el uso de fibras y resinas naturales, lo que se conoce como eco-compuestos. En este campo son muchas las opciones de fibras naturales que se pueden utilizar y su elección depende de las características finales que se quieran para el compuesto. Dentro de los compuestos con fibras naturales, una solución que presenta muchas ventajas es la de los compuestos híbridos, en los que se mezclan capas de fibras naturales con capas de fibras sintéticas como pueden ser el vidrio o, en menor medida, el carbono o las aramidas. En estos compuestos las fibras naturales son capaces de potenciar el comportamiento de las fibras sintéticas, aportando además las ventajas ambientales que les son propias. Para que el uso de los laminados compuestos con fibras naturales, híbridos o no, se generalice, es necesario mejorar la comprensión que se tiene de sus propiedades y comportamiento. También serán necesarios nuevos modelos de cálculo que, teniendo en cuenta las particularidades de estos materiales compuestos, permitan diseñar estructuras eficientes y de mejores prestaciones que las que se pueden realizar con materiales convencionales. Uno de los principales retos que presenta la correcta caracterización de los compuestos de fibras naturales es que éstas presentan una gran dispersión en los valores que definen sus propiedades mecánicas. Luego, los modelos de cálculo necesarios para simular esta nueva generación de materiales compuestos necesitarán incorporar esta variabilidad si quieren ser capaces de realizar simulaciones ajustadas a la realidad.
Dificultades Principales	• Desarrollo de modelos numéricos que permitan caracterizar de forma eficiente el comportamiento mecánico de los materiales compuestos. • Caracterización de otros comportamientos propios de estos materiales que pueden afectar su comportamiento: higrométrico, resistencia a fuego, conductividad, etc. • Los modelos numéricos desarrollados deberán incorporar procedimientos estocásticos con los que capturar la variabilidad de las propiedades intrínseca de estos materiales. • Aplicación de la formulación desarrollada en la caracterización de estructuras aeronáuticas para demostrar la posibilidad de utilizar estos materiales; así como para poder analizar las ventajas que aportan frente a materiales tradicionales.

A.2. Materiales metálicos

Prioridad A.2.1: Aluminuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia

Utilidad	Motores
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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 CO ₂ . 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 aluminuros 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.
Dificultades principales	La principal dificultad radica en que los aluminuros 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.



Componente de motor de aeronave. ITP

Prioridad A.2.2: Materiales metálicos estructurales

Utilidad	Estructuras primarias y secundarias en aeronáutica y espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	El uso de materiales metálicos para estructuras de aeronáutica y espacio continuará a pesar del avance de los materiales compuestos. Tanto en elementos de unión como en elementos estructurales mecanizados con refuerzos o en paneles de sándwich el empleo de aleaciones de aluminio y de titanio principalmente va a seguir. Además, las posibilidades de diseños optimizados que el uso de las técnicas de fabricación aditiva proporcionan, ha abierto más posibilidades de uso de los materiales metálicos. La disponibilidad de aleaciones de aluminio para los distintos procesos de fabricación (desde el laminado para chapas, la extrusión para elementos lineales como barras, forjado para elementos con simetría de revolución y el mecanizado desde elementos volumétricos para obtener diversas piezas) sigue siendo una prioridad: tanto el conocimiento y simulación de los distintos procesos de fabricación como la ampliación de formatos base disponibles son prioridades industriales. En cuanto a las aleaciones de titanio para diversos procesos de fabricación, su disponibilidad sigue siendo una prioridad. (VER FICHAS C4 SOBRE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES) Mención aparte merece la fabricación aditiva, donde la prioridad es tener aleaciones de aluminio de alta resistencia (del tipo del Scamalloys desarrollado por Airbus) y aleaciones de titanio como las que ya existen (tipo TiAl6V4). Los avances en la optimización topológica de las estructuras metálicas se pueden aplicar gracias a los avances de la fabricación aditiva, permitiendo la realización de piezas más complejas y optimizadas que conllevan una elevada disminución de peso. Asociado a esto será necesaria una caracterización exhaustiva para verificar que la modificación en el diseño y en el proceso productivo no merma las propiedades mecánicas y que siguen cumpliendo con las funciones principales para las que fue diseñado originalmente. (VER DOCUMENTO PAE SOBRE FABRICACIÓN ADITIVA)
Dificultades principales	• Disponibilidad del titanio (cantidades limitadas) • Dificultad de tener aleaciones de alta Resistencia en aluminio para fabricación aditiva • Mejor conocimiento y simulación de procesos de fabricación para disminuir no conformidades.

Prioridad A.2.3: Aleaciones con memoria de forma

Utilidad	Aeroestructuras primarias Elementos no estructurales (mecanismos) en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Los materiales con memoria de forma se pueden aplicar a estructuras inteligentes que se adapten a las condiciones aerodinámicas de cada fase del vuelo sin necesidad de recurrir a motores o a mecanismos complejos. Esta tecnología debidamente desarrollada permitiría la modificación de la geometría de las alas de un aeroplano de manera continua en función de las necesidades de sustentación optimizando la resistencia al aire y por tanto el consumo durante el vuelo. El uso de aleaciones con memoria de forma en el espacio permite integrarlas como elementos de motorización de ciertos mecanismos como los de despliegue y separación. Las aleaciones con memoria de forma utilizadas principalmente hasta ahora están basadas en aleaciones de Ti-Ni principalmente producidas en USA y Japón y que tienen una fuerte dependencia de la temperatura (temperatura de actuación < 80°C). En los últimos años se han desarrollado en España algunas otras aleaciones basadas en aleaciones de cobre que permiten temperaturas de actuación en rangos mucho más amplios (-150°C – 120°C).
Dificultades principales	• Es necesario apoyar el desarrollo de esas aleaciones y las aplicaciones basadas en ellas. • Conseguir implementar sistemas de producción recurrentes (industrializados)

Prioridad A.2.4: Super-aleaciones base Ni para alta temperatura y solicitaciones termo-mecánicas

Utilidad	Motores
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	El incremento de la temperatura del ciclo de funcionamiento en turbinas de gas para propulsión aeronáutica mejora el rendimiento térmico y en consecuencia disminuye el consumo de combustible y las emisiones. La limitación de temperatura la condicionan principalmente los límites termo-mecánicos y de vida de los materiales. En la sección de turbina de presión intermedia y baja se utilizan aleaciones de base Ni como el Inco-718. En base al conocimiento actual, estos materiales ya se están utilizando al límite de sus prestaciones. Para abordar retos futuros en cuanto a la reducción de emisiones demandada por la sociedad y en consecuencia por las aerolíneas y los fabricantes de motor, es necesario abordar varias líneas de actuación: • Mejora del conocimiento de las superaleaciones actuales y elaboración de modelos avanzados de material, que permitan predecir con precisión su comportamiento y de esta forma relajar los condicionantes de diseño y ampliar sus márgenes de utilización. • Desarrollar el conocimiento de nuevas superaleaciones para entornos termo-mecánicos extremos y elaborar modelos de material avanzados, que consideren su microestructura y los procesos de obtención.
Dificultades principales	Los costes de caracterización de nuevas aleaciones y desarrollo de modelos avanzados son muy elevados. Además de la caracterización en las condiciones extremas de funcionamiento, es necesario conocer la influencia de los distintos métodos de obtención (fundición, forja, ALM, etc) y también de los procesos de fabricación utilizados. Esto lleva a campañas de ensayos muy largas y costosas.

Prioridad A.2.5: Procesos de obtención de alto aprovechamiento para super-aleaciones base Ni

Utilidad	Motores
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	En las turbinas de gas aeronáuticas abundan los componentes radiales con geometrías complejas. Habitualmente es necesario combinar varios métodos de obtención de subconjuntos, de procesado y de unión final. Un método de obtención muy utilizado es la forja. Sin embargo, además de la fabricación aditiva, que se desarrollará aparte, se están explorando nuevos métodos de obtención con índices de aprovechamiento de material mucho mejores y por tanto más eficientes en cuanto al consumo de materias primas y energía. Estos métodos son: • Procesos de compactación y sinterizado de polvo hasta forma final para aleaciones base níquel con fase gamma prima endurecedora, mediante tecnología de sinterizado HIP ("Hot Isostatic Pressure") • Procesos de fundición a la cera perdida para estructuras radiales integrales: las aleaciones para alta temperatura tienen generalmente baja soldabilidad. La obtención de grandes componentes completos directamente del proceso de fundición presenta importantes ventajas respecto a la tecnología actual basada en la fundición y soldadura de subconjuntos. Sin embargo el proceso de fundición de estas aleaciones no está exento de problemas que es necesario solventar, con la ayuda de modelos de simulación, así como desarrollar procesos de reparación para recuperar piezas defectuosas y hacer económicamente viable el proceso.
Dificultades principales	Los problemas del proceso de fundición para las aleaciones de alta temperatura se agravan exponencialmente con el tamaño de la pieza. El reducido número de fundidores, a nivel mundial, capaces de hacer fundidos integrales grandes indica las dificultades inherentes al proceso. El apoyo institucional sería necesario para reducir el riesgo asociado a estos desarrollos de tecnología.

A.3. Otros materiales

Prioridad A.3.1: Membranas para separación de gases

Utilidad	Sistemas (Sistema de inertización de tanques de combustible)
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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.
Dificultades principales	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 A.3.2: Aerogeles

Utilidad	Estructuras de lanzadores, elementos no estructurales y otros en espacio
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Los aerogeles son un nuevo tipo de materiales que se han desarrollado en los últimos años con el objetivo de reducir la densidad de forma significativa; de hecho, son los materiales sólidos con menor densidad y presentan un amplio abanico de propiedades que pueden ser ajustadas en función de la composición del aerogel. En concreto, en el campo espacial, las propiedades más interesantes combinadas con la baja densidad son: -extremadamente baja conductividad térmica -protección acústica - protección térmica flexible - propiedades eléctricas y magnéticas - resistencia a la radiación - alta resistencia en relación a su masa - alta resistencia al impacto de pequeñas partículas con altas velocidades - transparencia. Todas estas características hacen que puedan ser aplicados como protecciones térmicas y anti radiación (incluso flexibles), como protecciones acústicas o frente a impacto, como ventanas transparentes y como bases para circuitos eléctricos Los aerogeles son en realidad una familia de materiales que se basan en la extracción de la humedad de un gel. La estructura que permanece es la del material original que fue disuelto para formar el gel. Este proceso de extracción de las moléculas de agua es la causa de la microestructura porosa que proporciona las propiedades anteriormente mencionadas y que puede modificarse para obtener distintas propiedades con valores específicos. Los primeros aerogeles fueron de sílice, pero se están desarrollando nuevas combinaciones con polímeros, con grafeno. Estos desarrollos están concentrados en USA.
Dificultades principales	Uno de los principales problemas de estos materiales son las dificultades en el manejo, que requieren procedimientos complejos de montaje ya que los aerogeles son muy quebradizos cuando no son flexibles. En Europa no existen productos comerciales y tampoco un conocimiento extendido que permita su utilización directa en aplicaciones espaciales. Su coste es excesivo y también presentan problemas de contaminación por su inherente debilidad estructural. La agencia espacial europea ha identificado esta clase de materiales como una tecnología que necesita ser desarrollada para responder a la necesidades de las futuras misiones espaciales.

Prioridad A.3.3: Materiales de control térmico

Utilidad	Espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Los principales materiales que pueden entrar en esta categoría son: pinturas, tratamientos superficiales con determinadas características termo-ópticas y materiales tipo Kapton metalizados o no. Las principales necesidades industriales son: • Necesidad de desarrollar ciertos tipos de kapton (sujetos a restricciones ITAR). • Necesidad de desarrollar elementos tipo OSR (Optical solar Reflectors) cada vez más optimizados y resistentes al ambiente espacial • Necesidad de desarrollar elementos de protección aero-termodinámica desde los de tipo corcho hasta los cerámicos.
Dificultades principales	Algunos de estos materiales proceden de USA y están sometidos a restricciones de importación: la disponibilidad de fuentes de suministro europeas sería necesaria.

Prioridad A.3.4: Materiales para propulsión iónica

Utilidad	Propulsión Espacial Eléctrica
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	BAJO
Descripción	Una gran variedad de tecnologías espaciales necesitan emitir electrones por efecto termiónico o fotoeléctrico para poder funcionar. Tales tecnologías, entre las que se incluyen los contactores de plasma, los motores de propulsión eléctrica, las amarras espaciales electrodinámicas, y los dispositivos PETE (Photon-Enhanced Thermionic Emission), se verían muy beneficiados si se dispusiera de materiales con baja función de trabajo y compatibles con el entorno espacial. En algunos casos los beneficios serían incrementales y afectarían al consumo de potencia, la masa, y la eficiencia. En otros, la disponibilidad de estos materiales produciría un efecto disruptivo en el sector espacial ya que harían viables conceptos como la amarra espacial con baja función de trabajo. Entre los materiales más prometedores por su estabilidad y propiedades emisivas se encuentra el C12A7:e-, cuya aplicación en propulsión eléctrica se está investigando actualmente en un gran número de centros internacionales. El objetivo principal de esta línea de investigación es el desarrollo de nuevos materiales con baja función de trabajo para aplicaciones espaciales. Además, para algunos de los que ya existen, como el C12A7:e-, es necesario mejorar su caracterización y conocer mejor su comportamiento y vida útil en el entorno espacial, así como desarrollar técnicas para realizar recubrimientos sobre superficies dieléctricas y conductoras. Las principales tareas incluyen: • Determinar si es posible incorporar materiales termiónicos y fotoeléctricos de otros campos al sector espacial. • Desarrollar técnicas de fabricación tales como mecanizado y recubrimientos que no degraden las propiedades del material. • Caracterización completa de las actuaciones del material: función de trabajo, resistencia a ATOX y UV, obtención de curvas corriente emitida-voltaje en cámara de vacío, eficiencia cuántica, etc. • Determinación teórica de las curvas corriente emitida-voltaje del material en presencia de plasma.
Dificultades principales	(i) Financiación, (ii) necesidad de trabajo multidisciplinar con colaboración de varios grupos con conocimientos en ciencia de materiales, física de plasma, y tecnologías espaciales, (iii) necesidad de instalaciones y equipamiento tanto para la fabricación de materiales como para su diagnóstico.

A.4. Materiales multifuncionales

Prioridad A.4.1: Materiales compuestos multifuncionales

Utilidad	Estructuras primarias Estructuras espaciales de lanzadores y satélites
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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.
Dificultades principales	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 A.4.2: Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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 eléctricas, 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 estos últimos son su gran conductividad, y sus propiedades térmicas y mecánicas. Existen diferentes tipos de vías con las que formar un nanotubo, lo cual impacta en las características finales del mismo como las propiedades eléctricas, térmicas o mecánicas. 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 costes de proceso y potencialmente en peso.
Dificultades principales	La principal dificultad identificada está en la definición y control del proceso de fabricación, en particular por la variabilidad esperada en las propiedades del material final (tanto mecánicas como eléctricas) en función de la orientación y densidad de los nanotubos de carbono. La capacidad para orientar estos nanotubos durante el proceso es clave para conseguir los objetivos propuestos. Otro aspecto importante a controlar es el riesgo por contaminación debido a la peligrosidad para la salud de este tipo de partículas liberadas en el ambiente durante el proceso de manipulación de los nanomateriales: las medidas de seguridad necesarias para el uso de dichos nanomateriales y la manipulación de elementos que los contengan, deben estar claramente establecidas



Reconstrucción del fenómeno de impacto de rayo en aeronave

Prioridad A.4.3: Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica

Utilidad	Satélites elementos estructurales y no estructurales
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	Los nanomateriales tipo grafeno y nanotubos de carbono se pueden añadir a las resinas habitualmente utilizadas en materiales compuestos de uso espacial para aumentar su conductividad térmica. El aumento de conductividad térmica en estructuras de satélites y otros elementos no estructurales es muy importante ya que permite disminuir gradientes y mejorar la transmisión de calor en ellos con los correspondientes beneficios de tipo térmico (menor necesidad de potencia para calentar) y termo-elástico (menores deformaciones en elementos críticos como antenas) Los intentos realizados hasta ahora no han dado resultados concluyentes cuando se utilizaban nanotubos de carbono debido a su baja capacidad de disolverse adecuadamente en las correspondientes resinas. El uso de otros materiales como el óxido de grafeno y otros parece que puede resolver esa dificultad, pero no se conocen hasta ahora procesos fácilmente industrializables que permitan su uso en elementos de vuelo. También se está intentando impregnar las nanopartículas en la interfase fibra-resina con resultados prometedores en conductividad eléctrica y mejorables en conductividad térmica.
Dificultades principales	• Dificultad de conseguir con estas técnicas un aumento efectivo de conductividad térmica. • La dificultad de procesos de calificación largos. • Dificultades de procesado. Otro aspecto importante a controlar es el riesgo por contaminación debido a la peligrosidad para la salud de este tipo de partículas liberadas en el ambiente durante el proceso de manipulación de los nanomateriales: las medidas de seguridad necesarias para el uso de dichos nanomateriales y la manipulación de elementos que los contengan, deben estar claramente establecidas

Prioridad A.4.4: Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF

Utilidad	Satélites elementos estructurales y no estructurales
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	Los nanomateriales tipo grafenos y nanotubos de carbono se pueden añadir a las resinas habitualmente utilizadas en materiales compuestos de uso espacial para aumentar su conductividad eléctrica. También se podría pensar en la utilización de láminas de materiales altamente conductivos como el grafeno para sustituir las metalizaciones de antenas o guías de onda fabricadas en materiales compuestos con resinas de baja conductividad. El aumento de la conductividad eléctrica como forma de mejorar las propiedades RF de ciertos elementos como las antenas reflectoras o las guías de onda fabricadas en materiales compuestos hasta ahora se consigue metalizando la superficie (con todos los problemas asociados al proceso de fabricación y a la posterior vida en órbita sin daño por despegue de la capa de metal) o empleando fibras de carbono de alta conductividad (que solamente mejoran parcialmente las propiedades RF ya que la resina sigue siendo poco conductiva). El uso de nanomateriales como aditivos de las resinas podría mejorar sustancialmente esa situación y permitiría un uso mucho mayor de materiales compuestos en elementos cuya función principal es RF.
Dificultades principales	• La dificultad de disolver adecuadamente los nanomateriales en las resinas más habituales. • El conocimiento limitado sobre la transferencia de propiedades de los materiales que se emplean como aditivos a aplicaciones finales después de haberlos añadido. • La dificultad de procesos de calificación largos. • Dificultades de procesado. Otro aspecto importante a controlar es el riesgo por contaminación debido a la peligrosidad para la salud de este tipo de partículas liberadas en el ambiente durante el proceso de manipulación de los nanomateriales: las medidas de seguridad necesarias para el uso de dichos nanomateriales y la manipulación de elementos que los contengan, deben estar claramente establecidas

Prioridad A.4.5: Materiales capaces de almacenar energía y luego liberarla en despliegues

Utilidad	Estructuras primarias y secundarias aeronáuticas y espaciales
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Algunos nuevos materiales, como la resina epoxy flexible, han demostrado que tienen dos capacidades: deformarse y absorber energía. El hecho de que puedan mezclarse con elementos estructurales como el CFRP hace se amplíe el rango de posibilidades de aplicación de éste, dando lugar a varias aplicaciones estructurales prometedoras: • El plegado de estructuras espaciales para disminuir su volumen durante su lanzamiento y su posterior despliegue, resolviendo así el problema de la limitación de espacio disponible en los lanzadores. • La absorción de energía y el amortiguamiento durante fenómenos dinámicos o de impacto, ya sean aeronáuticos o espaciales, resolviendo problemas que hasta la fecha son limitantes en las estructuras. El estudio de estos materiales y sus propiedades, tanto a nivel micro como macroscópico puede dar lugar a su validación para las aplicaciones señaladas, consiguiendo una performance no alcanzada hasta la fecha en el primer caso y una reducción de peso de panel en la segunda aplicación.
Dificultades principales	Financiación, estudio de las propiedades del material en periodos largos de tiempo: creep, radiación, etc...

B) MODELADO Y SIMULACIÓN:

B.1. Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales

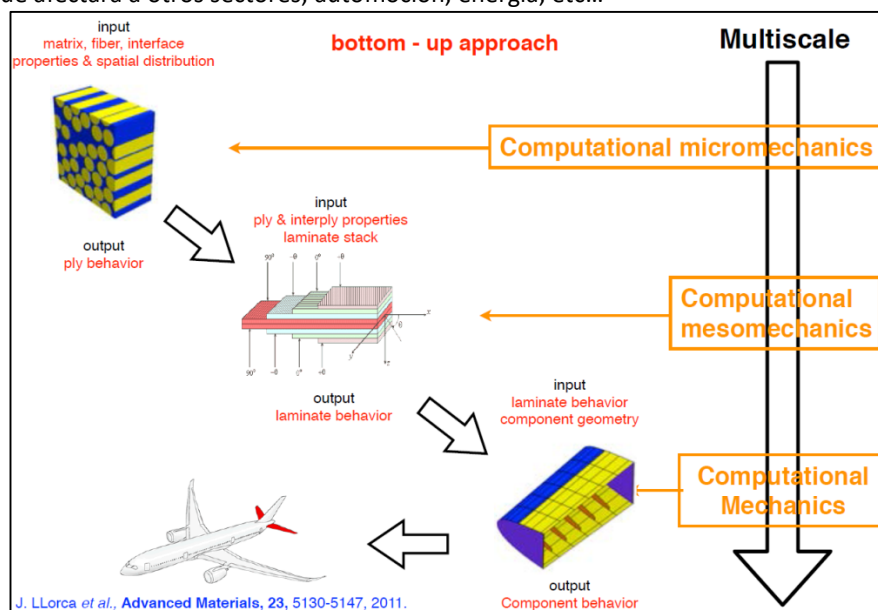
Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	El objetivo principal de esta línea tecnológica es incrementar la eficiencia operacional de los procesos de calificación de materiales mediante la digitalización de documentos y normativas aeronáuticas (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
Dificultades principales	Financiación. Homogeneización de la documentación. Falta de conocimiento relacionado con la digitalización.

B.2. Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial

Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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 ○ Procesos de conformado
Dificultades principales	Financiación. Desarrollo de modelos que correlacionen correctamente con lo experimental: seguirá siendo necesario realizar ensayos experimentales a distintos niveles de la pirámide de ensayos para validar los modelos numéricos.

B.3. Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos

Utilidad	Estructuras primarias, no estructurales, motores y sistemas
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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 procesamiento 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 procesamiento 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 modelado 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 & defectologías que se puedan llegar a producir. Sólo así se podrá abordar la optimización completa del diseño. El desarrollo de técnicas de cálculo que aunen 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”). Más allá del impacto en el sector aeroespacial, se trata de una prioridad/tendencia que afectará a otros sectores; automoción, energía, etc...



Estrategia de simulación multiescala para materiales compuestos. Instituto IMDEA Materiales

Dificultades principales	Las economías de escala (tamaño relativamente pequeño de las empresas) imposibilitan muchas veces que se puedan 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 consorcios a nivel internacional y/o empresas de Software que pretendan la integración que se requiere.
---------------------------------	---

C) FABRICACIÓN Y MONTAJE:

C.1. Fabricación fuera de autoclave

Prioridad C.1.1: Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados

Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	ALTO
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 ($\sim 0,05$ 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...
Dificultades principales	Fuentes de financiación, mantener las propiedades mecánicas de los materiales y su resistencia a condiciones y requisitos medioambientales aeronáuticos, involucrar socios nacionales al proyecto, involucración de los suministradores de material aeronáutico, procesos largos y costosos de calificación y certificación de nuevos materiales.

Prioridad C.1.2: Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión

Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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.
Dificultades principales	Se identifican tres 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 C.1.3: Componentes fabricados en material compuesto con zonas de radios exigentes

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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.
Dificultades principales	• 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

Prioridad C.1.4: Fabricación y montaje de estructuras primarias basadas en tejidos multiaxiales de fibra seca (tejidos, NCF y tapes)

Utilidad	Estructuras primarias
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	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 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...), siguiendo con el desarrollo tecnológico que se viene dando en el sector a nivel mundial. 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 tecnologías de fabricación avanzada que permitan alcanzar altas cadencias de producción, agilidad en el ramp-up, reducción de costes de fabricación de pieza y maximizar la robustez de proceso de producción de estructuras primarias basadas en fibra seca: NCFs y tejidos multiaxiales. Este objetivo general lleva asociados los siguientes hitos: • Sistemas de laminación que permitan el uso de tejidos multiaxiales • Corte de tejidos y de laminados multicapa • Manipulación de preformas • Conformado de preformas • Control de calidad de proceso • Sistemas de inspección de la calidad del material • Materiales y técnicas de infusión o inyección altamente productivas.
Dificultades principales	Automatización, industrialización de los procesos de laminado de textiles / fibra seca. Control de parámetros clave de procesos corte, manipulación, laminado, inspección infusión, inyección de grandes piezas aeronáuticas. Reducción de tiempos de infusión/inyección y curado. Optimización de disposición de operaciones de proceso y gestión de utillaje necesario Escalado de solución a las aplicaciones nicho.



Fabricación de pieza por infusión. AIRBUS

C.2. Otros procesos de fabricación y montaje automatizados

Prioridad C.2.1: Corte de tejidos secos para preformas y mecanizado de laminados de materiales compuestos mediante laser

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias y aeronáutica motor
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	BAJO
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 procesos 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. Se busca una alternativa a los procesos convencionales como pueda ser el uso de alguna fuente de tipo laser que permita cortar tanto tejidos secos como mecanizar laminados de material compuesto.
Dificultades principales	Una de las carencias que existen actualmente es que este tipo de proceso de corte de materiales compuestos mediante el empleo de alguna fuente de tipo laser no está certificado. El reto está en poder 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 procesado, 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. Definir el equipamiento necesario de cara a poder industrializar el proceso y automatizarlo. Procesos de cualificación costosos tanto en coste como en tiempo.

Prioridad C.2.2: Angulares de material compuesto

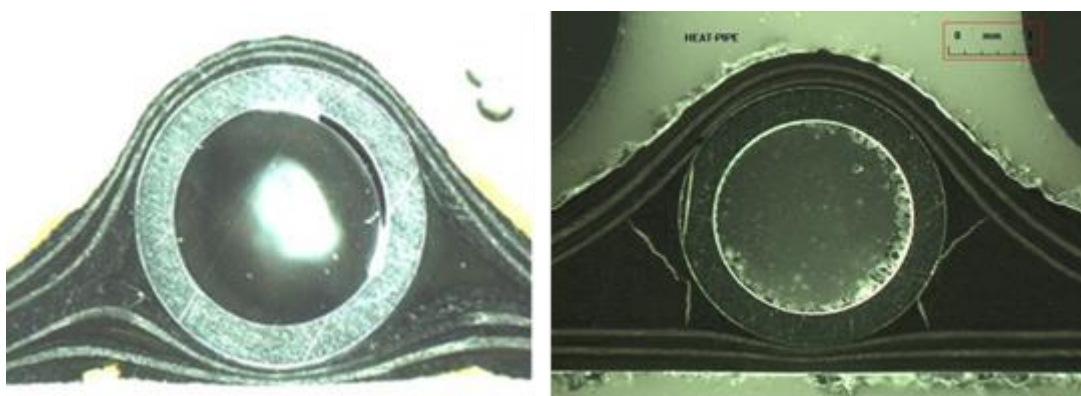
Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Las condiciones internas de carácter heterogéneo de los materiales compuestos permiten la aparición de modos de fallo relacionados con las propiedades mecánicas del material y su macroestructura. La macroestructura 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 aeroestructura. 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.
Dificultades principales	Se identifican tres 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 C.2.3: Pegado de elementos externos en paneles (OSRs)

Utilidad	Estructuras y elementos no estructurales de satélites
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	En elementos como los paneles radiadores de satélites, en muchas ocasiones, es necesario pegar ciertos elementos como los OSR (optical solar reflector) sobre ellos y garantizar que mantienen conductividad eléctrica y no se despegan ni debido a las cargas de lanzamiento ni en órbita por los fenómenos termo-elásticos en vacío y otros posibles fenómenos ambientales. El proceso de pegado de OSRs y otros elementos externos en paneles de satélites es, hoy por hoy, muy manual y, a la vez, requiere unas precisiones de posicionamiento muy elevadas (del orden de décimas de mm), una repetitividad y calidad no siempre fáciles de conseguir. Una estandarización de este proceso con control de todas las variables que influyen en él, seguida de la correspondiente calificación, serían necesarias de cara a la industrialización de la producción de este tipo de elementos.
Dificultades principales	• La dificultad de automatizar un proceso muy manual en donde los elementos que hay que pegar son muy frágiles. • La dificultad de procesos de calificación largos.

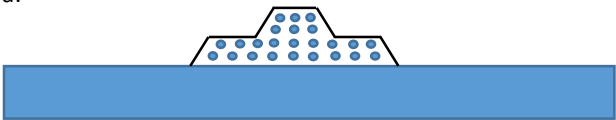
Prioridad C.2.4: Introducción de elementos internos en paneles (insertos, heat pipes, etc...)

Utilidad	Estructuras (lanzadores y satélites) y elementos no estructurales de satélites
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	Los paneles sándwich estructurales y no estructurales de satélites y lanzadores necesitan en muchas ocasiones colocar en su interior elementos de unión – como los insertos más o menos complejos – y otros tipos de componentes como las heat-pipes que transportan el calor desde los equipos electrónicos hasta las zonas de radiación externa. Los procesos de posicionamiento y pegado de insertos y otros elementos internos en paneles de satélites son, hoy por hoy, muy manuales y, a la vez, requieren una repetitividad y calidad no siempre fáciles de conseguir. Una automatización de estos procesos con control de todas las variables que influyen en ellos, seguida de las correspondientes calificaciones, sería necesaria de cara a la industrialización de la producción de este tipo de elementos.
Dificultades principales	- La dificultad de automatizar procesos hoy por hoy muy manuales en donde los tipos de elementos que hay que pegar son muy variados y sus sollicitaciones también. - La dificultad de procesos de calificación largos.



Heat pipe embebida AIRBUS

Prioridad C.2.5: Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP

Utilidad	Estructuras secundarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Partiendo de un panel de polímero termoplástico o termoestable susceptible de sufrir fallo por pandeo, se pretende rigidizar el mismo mediante la integración de rigidizadores de CFRP mediante impresión 3D, para su posible uso en piezas de estructuras secundarias que no sufran altas solicitaciones. Al rigidizar el panel se produce una mejora de las propiedades mecánicas del mismo cuando está sometido a cargas fuera del plano. El uso de rigidizadores disminuirá la deformación máxima del panel y mejorará su esfuerzo admisible a pandeo. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de panel rigidizado:  Ilustración 1 Vista general del panel rigidizado Una posible sección transversal del panel con rigidizador se puede observar en la siguiente figura:  Ilustración 2 Sección del panel con rigidizador El método de fabricación propuesto consiste en impresión 3D del rigidizador sobre una pieza o panel estructural. El rigidizador está compuesto por composite, con fibras unidireccionales embebidas en resina polimérica, pudiendo ser compatible la impresión con otros tipos de refuerzo como fibra corta y/o nanocomposites para reforzar la unión con el panel, siendo los polímeros de panel y composite compatibles.
Dificultades principales	Se identifican las siguientes necesidades para el desarrollo de esta solución: • Desarrollo de la tecnología de fabricación necesaria para la impresión de los rigidizadores de CFRP, especialmente su adaptación a geometrías complejas • Compatibilidad entre materiales • Tensiones residuales por la impresión 3D • Para poder certificar esta solución, hay que estudiar la capacidad portante de estos nuevos elementos incorporados, por si realmente fuera posible sustituir la solución actual por esta de fabricación aditiva

C.3. Protecciones y tratamientos superficiales

Prioridad C.3.1: Tratamiento superficial de materiales compuestos mediante láser para procesos de pintado

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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. Una alternativa al uso del proceso de lijado empleado sería el empleo de fuentes láser para realizar esa preparación superficial.
Dificultades principales	Definir un proceso/parámetros que permitan obtener una buena calidad superficial en piezas de material compuesto 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 las características del material o a la geometría (accesibilidad, apantallamiento, etc.).

Prioridad C.3.2: Texturizado superficial de materiales compuestos y metálicos mediante láser para reducir la resistencia aerodinámica

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias y aeronáutica motor
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
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 (y capa límite), lo cual tiene un impacto directo en el consumo de combustible.
Dificultades principales	Desarrollo de la tecnología necesaria para fabricar superficies texturizadas que reduzcan la fricción entre el aire y las estructuras de forma que se reduzca la resistencia aerodinámica, lo cual requiere de una necesidad importante de simulación, ensayos y concurrencia con especialistas en aerodinámica. Puesta a punto del proceso de fabricación con el objetivo de conseguir obtener una superficie texturizada multifuncional que pueda ser válida para otras aplicaciones como impedir la adhesión de elementos como el hielo (superficies anti-hielo).

Prioridad C.3.3: Curado de sellantes bajo demanda. Curado mediante radiación UV

Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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.
Dificultades principales	Financiación. Actualmente, debido a problemas de valoración de ahorros de tiempo el “business case” de esta línea de investigación no es positivo.

Prioridad C.3.4: Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH

Utilidad	Sistemas aeronáuticos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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 tradicionalmente que presentan óptimas prestaciones tienen 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, anodizados o nitruraciones. Además, la normativa REACH impone la sustitución de algunos de los procesos en el corto y medio plazo. Existen en la actualidad soluciones alternativas que sin embargo adolecen de ciertas limitaciones en sus prestaciones si las comparamos con las soluciones tradicionales.
Dificultades principales	La alternativa frente al Cr duro que se ha impuesto en la el sector es el HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), 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...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 d costes que ello conlleva. En relación al Cd electrolito, 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. En el caso del anodizado crómico, las alternativas existentes con menor impacto medioambiental (anodizados sulfúrico/tartárico/bórico) no alcanzan tampoco las prestaciones anticorrosivas del tratamiento tradicional. Se necesitan por tanto alternativas a estos procesos que sean técnica y económicamente competitivas frente a los procesos a los que sustituyen.



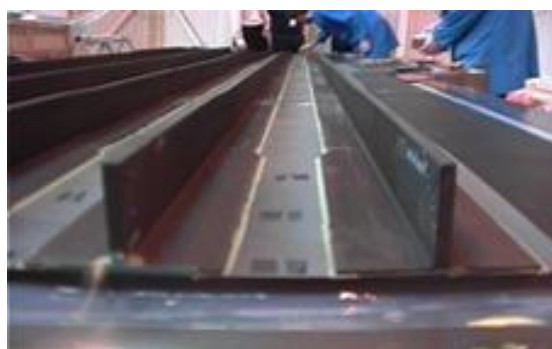
Equipo de plasma de tratamiento superficial

Prioridad C.3.5: Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos

Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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.
Dificultades principales	Reproducibilidad de los resultados. Madurez de las tecnologías. Industrializar y automatizar la tecnología.

Prioridad C.3.6: Tratamiento superficial de piezas de material compuesto curadas mediante láser para procesos de encolado

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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. Una alternativa a estos procesos convencionales puede ser el uso de tecnología láser que permita realizar el tratamiento superficial de elementos de material compuesto para su posterior unión encolada.
Dificultades principales	Definir unos parámetros óptimos 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.), y también la influencia del tipo de material empleado en los parámetros a aplicar. Definir equipamientos de cara a poder industrializar el proceso y automatizarlo. Procesos de cualificación costosos tanto en coste como en tiempo.



Larguerillos encolados a piel de revestimiento de HTP. AIRBUS

C.4. Uniones

Prioridad C.4.1: Uniones de materiales disimilares

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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.
Dificultades principales	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 C.4.2: Uniones híbridas Ti/CFRP

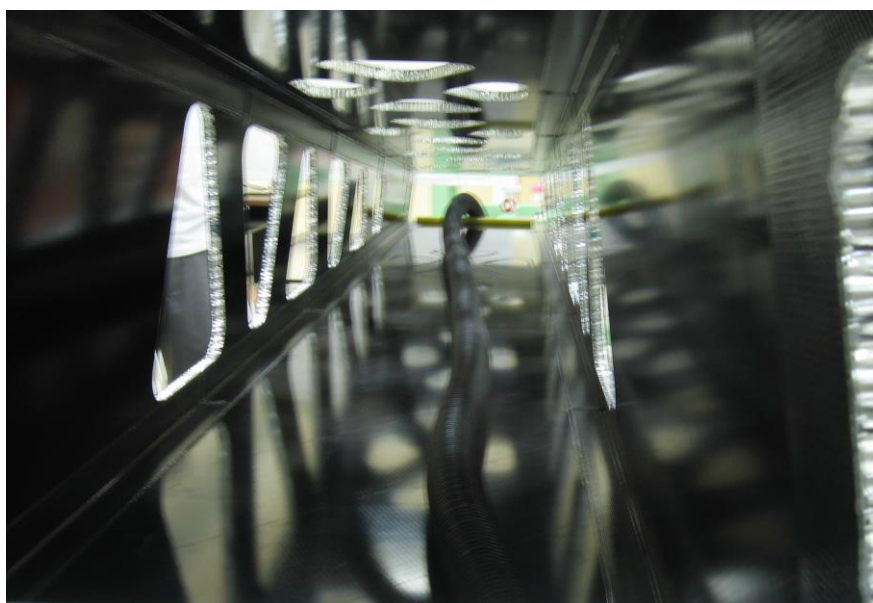
Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	El incremento de piezas de material compuesto en la última generación de programas aeronáuticos, ha llevado también a un incremento del contenido de piezas de titanio. Esto se debe a la mayor compatibilidad 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.
Dificultades principales	Financiación. Durabilidad de las uniones. Dificultades de mecanizado/taladrado. Industrializar el proyecto. Los tratamientos superficiales del titanio son un elemento fundamental a la hora de asegurar la compatibilidad para realizar una unión adhesiva Ti/CFRP. Hay diferentes tipologías de tratamientos superficiales que pueden desembocar en diversas ventajas y desventajas para el uso en uniones híbridas. La optimización de los tratamientos superficiales para el uso en uniones híbridas es uno de los aspectos fundamentales a estudiar.

Prioridad C.4.3: Desarrollo y utilización de remaches ciegos de alta resistencia

Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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 reemplazamiento en soluciones actuales, que puedan mejorar los productos existentes facilitando así el montaje de estructuras aeronáuticas así como reduciendo tiempos y costes de fabricación.
Dificultades principales	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 C.4.4: Elementos de unión estructural en CFRP

Utilidad	Aeroestructuras secundarias y estructuras de lanzadores y satélites
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Las estructuras de fibra de carbono son de uso común en el ámbito espacial y aeronáutico, pero en multitud de ocasiones se utilizan elementos metálicos para su unión, lo cual pone en peligro a menudo el ahorro de costes y tiempos de fabricación que este tipo de estructuras debe tener con respecto a las estructuras metálicas tradicionales. La realización de uniones estructurales mediante elementos de unión de fibra de carbono ejecutados mediante diferentes procesos (curado fuera de autoclave, curado en estado B, co-curado o incluso pegado para estructuras de menor relevancia mecánica) permite mantener la ventaja en tiempo de fabricación / ensamblado y coste de las estructuras de fibra de carbono. El empleo de herrajes, angulares u otras soluciones de laminados pre-preg o RTM unidas mediante estas técnicas es una realidad que todavía no está completamente implementada en muchos elementos de unión en el sector aeroespacial. En algunas ocasiones se emplean estos elementos, pero generalmente se realizan uniones atornilladas o remachadas que reducen la eficiencia de la solución global, impidiendo un total “ennegrecimiento” de las estructuras, que sería el escenario óptimo. Las técnicas de curado fuera de autoclave para la unión de componentes de fibra de carbono supondrían una minimización de costes de fabricación.
Dificultades principales	Financiación. Estudios de caracterización de los mecanismos de fallo de los elementos de unión y calificación de los procesos y materiales de unión empleados.



Angulares de unión en material compuesto AIRBUS

D) INSPECCIÓN Y REPARACIONES:

D.1. Inspección no destructiva (NDI)

Prioridad D.1.1: Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online

Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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 si 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: • Desarrollo de tecnologías de detección de defectos y control de posicionamiento, dirigido a materiales multiaxiales en fibra seca y de ancho variable a lo largo del proceso de fabricación • Estandarización de defectología asociada a los procesos de fabricación con materiales secos multiaxiales. • Desarrollo de sistemas de inspección in situ para asegurar la calidad de uniones encoladas (sistemas de ensayos G_{1c} in-situ). • Investigar la posibilidad de transferir al ámbito de las líneas de fabricación de composites, aquellas tecnologías cuyo éxito ha sido probado en otras industrias y líneas de fabricación, como el caso de EMAT en líneas de soldadura de chapas (TWB). • 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 de infusión/RTM: ○ Familiarización con tecnologías de monitorización del flujo de resina y preformas de infusión/RTM. ○ Forma de trabajo para la integración de sensores en moldes de infusión/RTM. ○ Análisis de resultados y correlación con registros obtenidos por NDI.
Dificultades principales	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 D.1.2: Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM-)

Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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.
Dificultades principales	Tecnologías en fases de prueba y la fragilidad de las fibras en su integración con los materiales compuestos estructurales. En el caso de sensores embebidos, el efecto de su introducción en el laminado debe ser siempre estudiado en profundidad. A su vez, también se debe desarrollar una metodología que sea capaz de tratar la gran cantidad de información que se va a obtener de manera continua con estas nuevas tecnologías.

Prioridad D.1.3: Empleo de nanomateriales para mejorar la técnica de ensayos no destructivos mediante el uso de Imagen por Resonancia Magnética (MRI)

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	MEDIANO
Descripción	Los materiales compuestos son una combinación de materiales que difieren en composición y/o en 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 necesidad de un sistema que facilite la inspección no destructiva y la evaluación de piezas fabricadas con material compuesto con niveles altos de resolución. 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.
Dificultades principales	Las principales dificultades identificadas son: - Definición del tipo de partículas concreto que maximice la detección de defectos. - Determinación del volumen de nanomateriales necesario en la matriz para que el método de inspección sea efectivo sin perjudicar a las propiedades mecánicas del material. - Definir un proceso robusto de aplicación en un rango amplio de geometrías de pieza (espesores, detalles de diseño, cambios de apilado) para la realización de la posterior inspección.

Prioridad D.1.4: Mejora continua de técnicas de inspección no destructiva

Utilidad	Todos los elementos que se fabriquen
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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 o 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 (VER APARTADO B). Por todo ello los desarrollos relativos a las Técnicas de Inspección No Destructivas son habilitadores y lo son transversalmente en cuanto a que posibilitan el uso/aplicación de nuevos materiales y de nuevos diseños en cualquier sector industrial y en particular, en el aeroespacial.
Dificultades principales	Más allá del impacto en el sector aeroespacial, se trata de una prioridad/tendencia con impactos muy relevantes en otros sectores; automoción, energía, etc., fundamentalmente con vistas a que España controle la ingeniería/diseño de componentes

Prioridad D.1.5: Nuevos métodos de NDI

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	BAJO
Descripción	La aeronáutica es un sector muy dinámico, que se encuentra en un proceso de evolución continuo. La irrupción de los materiales compuestos ha hecho necesario el desarrollo de nuevas metodologías de diseño, fabricación y montaje. En este contexto, los métodos de inspección han de mantener el mismo ritmo innovador para asegurar la calidad y la seguridad. El método de inspección certificado más común son los ultrasonidos (UT). Se trata de una técnica robusta, que permite la detección y localización de indicaciones en el interior del material, pero necesita la aplicación de un acoplante o trabajar el componente en inmersión (total o parcial), asegurar contacto o continuidad con la misma y recorrerla punto a punto. Además, normalmente se obtiene un registro de inspección digital (C-Scan) en sistemas automatizados (con aplicabilidad limitada por coste o inviabilidad técnica en piezas complejas, pequeñas o en series relativamente cortas). El objetivo de esta prioridad de trabajo es reducir los tiempos de inspección mediante la implementación de técnicas basadas en sensores de no contacto. Estos métodos tienen un área de cobertura mayor, permiten evaluar el elemento completo con acceso al registro inmediato y no necesitan contacto, inmersión o acoplante, como por ejemplo la termografía infrarroja. La adopción de estas técnicas puede ir desplazando paulatinamente a los ultrasonidos en etapas iniciales o intermedias del proceso productivo para la detección temprana de defectos, y de esta manera poder tomar decisión sobre la viabilidad de reparación del componente o su descarte, pero evitando realizar trabajos adicionales sobre elementos inútiles. Además, conforme el nivel de madurez y su robustez se vayan elevando podrían sustituir a los ultrasonidos, por ejemplo en estructuras de bajo compromiso.
Dificultades principales	Las técnicas de inspección basadas en (ej.) termografía o laser shearography pueden presentar limitaciones en la detección de indicaciones tales como microporosidad (detectadas por ultrasonidos mediante la atenuación del haz ultrasónico). Además, pueden menguar su rendimiento al tratar elementos excesivamente complejos o de grandes espesores. Por otro lado la formación del personal en la interpretación de los resultados de inspección es un punto importante a tener en cuenta, que debe ser soportado mediante el desarrollo de soluciones software que ayuden en la interpretación de los resultados.

D.2. Reparaciones

Prioridad D.2.1: Evaluación de soluciones de reparación en agujeros con avellanados hundidos

Utilidad	Aeroestructuras primarias y secundarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIANO
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.
Dificultades principales	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 D.2.2: Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto

Utilidad	Aeroestructuras primarias
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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. Es necesario estudiar la capacidad portante de las reparaciones para verificar que siguen cumpliendo con sus funciones estructurales. Para obtener una mayor comprensión del comportamiento de dichas reparaciones se pueden añadir elementos de monitorización de SHM que ofrezcan información en tiempo real de la “salud” del elemento reparado. Estos elementos SHM pueden consistir en fibra óptica o sustancias dopantes en el adhesivo del parche.
Dificultades principales	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.

Prioridad D.2.3: Verificación de reparaciones en materiales compuestos

Utilidad	Aeroestructuras primeras y secundarias
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	BAJO
Descripción	Los materiales compuestos se han convertido en una parte fundamental en el desarrollo de los últimos programas en aeronáutica, alcanzando porcentajes muy altos del peso total del avión. La adopción de los composites ha derivado en la adaptación y evolución de prácticamente todas las técnicas productivas debido a sus peculiaridades. Una de las dificultades de los materiales compuestos surge cuando se realizan reparaciones. Si se detectan indicaciones a través de inspección no destructiva, se eliminan las capas afectadas hasta llegar al defecto, se subsana, se instala nuevo material y se cura. En ocasiones, el elemento completo se vuelve a someter a un proceso de autoclave, incrementando el coste y pudiendo deteriorarse y ser descartado. Generalmente, las reparaciones se basan en normas obtenidas mediante campañas de ensayos de caracterización previas, que pueden no adaptarse a las peculiaridades concretas del proceso. El objetivo de esta prioridad es el desarrollo de métodos y sistemas que permitan verificar que las reparaciones se realizan adecuadamente. De esta forma se reduciría el tiempo utilizado, el número de piezas descartadas y también se posibilitaría la realización de curados fuera de autoclave. Estos sistemas deben ser capaces de registrar la temperatura, el tiempo, la homogeneidad de aplicación de calor, la presión y verificar la adecuada colocación de posibles instrumentos de vacío parcial. Adicionalmente deberían poder evaluar el grado de curado de la resina, la situación de las telas aportadas y cualquier tipo de indicación surgida durante el proceso de reparación.
Dificultades principales	Estudio de diferentes tipos de sensores que permitan registrar los parámetros necesarios. Caracterización del curado de distintos tipos de materiales mediante los sensores adecuados. El objetivo industrial final sería desarrollar métodos que garanticen la durabilidad de las reparaciones. De esta forma se reduciría el tiempo utilizado, el número de piezas descartadas y también se posibilitaría la realización de curados fuera de autoclave. Estos sistemas deberían ser capaces de registrar la temperatura, el tiempo, la homogeneidad de aplicación de calor, la presión y verificar la adecuada colocación de posibles instrumentos de vacío parcial. Adicionalmente deberían poder evaluar el grado de curado de la resina, la situación de las telas aportadas y cualquier tipo de indicación surgida durante el proceso de reparación. Se considera que esta ficha es solo un paso en esa dirección.



Reparación de pieza sandwhich. AIRBUS

E) ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES:

E.1. Reusado, reciclado de prepregs de fibra de carbono y resina epoxi

Utilidad	Elementos no estructurales en aeronáutica
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
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 pieza que se incluye 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.
Dificultades principales	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.

E.2. Diseño para la destrucción y su impacto en materiales espaciales

Utilidad	Estructuras de lanzadores y estructuras y elementos no estructurales de satélites
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	Para conseguir que los elementos en órbita (bien procedan de satélites o de lanzadores) se desintegren en pedazos muy pequeños durante su re-entrada en la atmósfera, hay que rediseñar todo lo que se lanza para tener en cuenta este nuevo requisito de carácter medioambiental y de seguridad. Hay materiales y diseños estructurales que impiden o dificultan la destrucción durante la re-entrada. Es necesario eliminar aquellos elementos de gran tamaño hecho de materiales que resisten sin destruirse elevadas temperaturas (como los depósitos de combustible hechos de aleaciones de titanio e incluso de material compuesto con grandes espesores) y garantizar la destrucción de las estructuras “por diseño”. Por tanto, es necesario desarrollar y calificar nuevos conceptos de diseño y nuevos materiales para todos los elementos estructurales susceptibles de causar daños si re-entran enteros e impactan contra el suelo.
Dificultades principales	• Desconocimiento del ambiente preciso durante la re-entrada. • Desconocimiento de los mecanismos de destrucción durante la re-entrada. • Complejidad de los procesos de calificación.

Tabla resumen de líneas de I+D

En la siguiente tabla se resumen en cuáles de las necesidades industriales definidas anteriormente los diferentes centros tecnológicos y de I+D así como las universidades que pertenecen a la PAE y han contestado al requerimiento, tienen líneas de investigación que puedan conectar con esas necesidades.

Con esta tabla y la información detallada de esas líneas de investigación contenida en el Anexo, se pueden establecer contactos entre industrias y el mundo académico y de los centros tecnológicos de cara a futuros desarrollos.

Hay unas pocas necesidades industriales incorporadas en el último momento de la redacción de este documento que no pudieron distribuirse para que se les adjuntaran sus correspondientes líneas de investigación. En futuras revisiones del mismo se podrá completar este detalle.

Prioridad	AIMEN	AIMPLAS	AITIIP	CATEC	CIMNE	CTA	FIDAMC	IK4	IMDEA	INNERSPEC	INTA	MGEPI	TECNALIA	TECNATOM	UDC	UPC	UPM	UPV/EHU	US
A1.1	X	X					X		X			X	X				X		X
A1.2	X	X							X				X				X	X	
A1.3	X	X					X						X				X	X	
A1.4	X	X							X									X	
A1.5	X	X					X		X				X				X	X	
A1.6		X	X	X								X	X				X		
A1.7																	X		X
A1.8	X	X	X				X		X			X				X	X	X	X
A1.9																			
A2.1								X	X			X	X				X	X	
A2.2	X		X	X				X	X			X	X				X	X	
A2.3								X				X					X	X	
A2.4	X			X				X	X			X	X				X		
A2.5																			
A3.1								X					X						
A3.2		X																X	
A3.3		X											X				X		
A3.4																			
A4.1	X	X	X		X		X		X		X		X				X		
A4.2	X	X			X		X		X				X				X	X	
A4.3	X	X	X		X		X	X	X				X				X	X	
A4.4	X	X	X		X				X				X				X	X	
A4.5													X				X	X	
B1								X	X										
B2	X						X		X			X	X		X	X	X	X	X
B3	X		X					X	X					X		X	X	X	
C1.1	X		X				X		X		X		X				X		X
C1.2	X	X	X				X		X			X					X		
C1.3			X				X												
C1.4																			
C2.1	X												X				X	X	
C2.2							X						X						
C2.3	X																X		
C2.4	X																X		
C2.5	X	X	X				X					X	X				X		
C3.1	X																X		
C3.2								X			X		X						
C3.3																	X		

Prioridad	AIMEN	AIMPLAS	AITIIP	CATEC	CIMNE	CTA	FIDAMC	IK4	IMDEA	INNERSPEC	INTA	MGEP	TECNALIA	TECNATOM	UDC	UPC	UPM	UPV/EHU	US
C3.4	X	X						X			X		X				X		
C3.5	X						X				X		X				X	X	
C3.6	X																X	X	
C4.1	X	X	X				X	X	X				X				X	X	X
C4.2	X						X						X				X	X	
C4.3													X						
C4.4		X			X				X				X						
D1.1	X			X		X	X	X	X	X		X	X	X			X		
D1.2	X	X		X	X		X	X	X	X	X		X	X			X	X	
D1.3																	X		
D1.4																			
D1.5																			
D2.1																			
D2.2	X		X	X					X		X						X		X
D2.3																			
E1		X	X		X				X				X				X	X	
E2								X									X		

Nota: Se incluyen dos empresas (Innerspec y Tecnatom) en la tabla que también han proporcionado información sobre sus líneas de I+D

Anexo: Líneas de I+D correlacionadas con prioridades industriales

En las siguientes páginas se recogen las líneas de investigación relacionadas con las prioridades industriales que los centros tecnológicos y universidades adscritas a la PAE han declarado.

Cada línea de investigación tiene una descripción somera y alguna referencia (página web, nombre de proyecto, etc...) que permita conocerla más en profundidad.

También aparece un nombre de contacto para ampliar la información.

A1. Líneas de investigación de AIMEN

Contacto: Fernando Sánchez Troncoso (fsanchez@aimen.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.1	Materiales avanzados para procesos de infusión de resina	Optimización, automatización y control de procesos de infusión (corte láser de preformas de fibra seca, monitorización y control de los procesos de infusión)	Proyectos MIAMI (ININTERCONECTA), COPATCH (FP7), P (ININTERCONECTA), MOSAIC (FP7), RAMSSES (H2020)
A1.2	Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos	Curado de materiales compuestos nano-aditivados por efecto Joule y tecnología láser	Proyectos HIGHPE (UMI), FAIERA (FP7)
A1.3	Materiales pre-impregnados de bajo coste	Procesos de fabricación de preimpregnados termoestables y termoplásticos fuera de autoclave: RTM, LRI, VBO, Thermoforming, filament winding...	Proyectos COPATCH (FP7), PARCHE (ININTERCONECTA), MOSAIC (FP7), RAMSSES (H2020)
A1.4	Empleo de nanomateriales para la mejora de núcleos de tipo espuma empleados en paneles sándwich	Nanoaditivación de espumas estructurales de poliuretano	http://www.aimen.es/proyectos/nuevas-tecnologias-para-la-fabricacion-de-productos-espumados-de-poliuretano
A1.5	Mejora de la resistencia a impacto en estructuras de CFRP	Tecnologías avanzadas para el desarrollo de nuevos materiales de propileno expandido con altas prestaciones	http://www.aimen.es/sala-de-prensa/noticias/tecnologias-avanzadas-para-el-desarrollo-de-nuevos-materiales-polimericos-expandidos-para-aplicaciones-de-altas-prestaciones-
A1.8	Termoplásticos	Termoformado y soldadura de composites termoplásticos	AIMEN coordina un proyecto europeo (http://communionproject.eu/) y participa en otro (LAY2FORM) relacionados con esta temática
A2.2	Materiales metálicos estructurales	Procesado de materiales metálicos estructurales, principalmente soldadura y fabricación aditiva. Diseño de soluciones multimaterial combinando metal y composite en la misma pieza.	Proyectos FADO (ININTERCONECTA), LASMEC (RETOS), ETNA (ININTERCONECTA), AMABLE (H2020), LASHARE (FP7), COMMUNION (H2020), LAY2FORM (H2020), MOSAIC (FP7), RAMSSES (H2020), COPATCH (FP7)
A2.4	Super-aleaciones base Ni para entornos de alta temperatura y solicitaciones termo-mecánicas	Procesado de aleaciones de alta temperatura, principalmente soldadura y fabricación aditiva. Estudios de corrosión acelerados.	Proyectos COSSTA (ININTERCONECTA), FADO (ININTERCONECTA), ETNA (ININTERCONECTA), AMABLE (H2020), LASHARE (FP7), MATCHING (H2020), NEWSOL (H2020)
A4.1	Materiales compuestos multifuncionales	Aditivación de polímeros termoplásticos y termoestables con nano partículas (nanotubos de carbono, grafeno, nanoarcillas) para mejorar la conductividad térmica, aumentar el aislamiento acústico y propiedades estructurales como absorción de impacto de alta energía. Funcionalización superficial mediante estrategias de microprocesado láser.	http://www.aimen.es/proyectos/nuevas-tecnologias-para-la-fabricacion-de-productos-espumados-de-poliuretano http://www.aimen.es/sala-de-prensa/noticias/tecnologias-avanzadas-para-el-desarrollo-de-nuevos-materiales-polimericos-expandidos-para-aplicaciones-de-altas-prestaciones- Proyecto CIEN ESTEÑA
A4.2	Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas	Aditivación de polímeros termoplásticos y termoestables con nanotubos de carbono y grafeno para mejorar la conductividad térmica y eléctrica	http://www.aimen.es/proyectos/nuevas-tecnologias-para-la-fabricacion-de-productos-espumados-de-poliuretano http://www.aimen.es/sala-de-prensa/noticias/tecnologias-avanzadas-para-el-desarrollo-de-nuevos-materiales-polimericos-expandidos-para-aplicaciones-de-altas-prestaciones-
A4.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	Aditivación de polímeros termoplásticos y termoestables con nanotubos de carbono y grafeno para mejorar la conductividad térmica y eléctrica	http://www.aimen.es/proyectos/nuevas-tecnologias-para-la-fabricacion-de-productos-espumados-de-poliuretano http://www.aimen.es/sala-de-prensa/noticias/tecnologias-avanzadas-para-el-desarrollo-de-nuevos-materiales-polimericos-expandidos-para-aplicaciones-de-altas-prestaciones-

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A4.4	Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF	Aditivación de polímeros termoplásticos y termoeestables con nanotubos de carbono y grafeno para mejorar la conductividad térmica y eléctrica	http://www.aimen.es/proyectos/nuevas-tecnologias-para-la-fabricacion-de-productos-espumados-de-poliuretano http://www.aimen.es/sala-de-prensa/noticias/tecnologias-avanzadas-para-el-desarrollo-de-nuevos-materiales-polimericos-expandidos-para-aplicaciones-de-altas-prestaciones-
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Modelado de la unión adhesiva entre materiales compuestos y entre metal y material compuesto.	Proyectos PARCHE (ININTERCONECTA), MIAMI (ININTERCONECTA), MOSAIC (FP7), COMMUNION (H2020)
B3	Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos	Modelado de procesos de soldadura	Proyectos MOSAIC (FP7), d0 (FONDO TECNOLÓGICO), COSSTA (ININTERCONECTA)
C1.1	Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados	Procesos de fabricación de composites termoeestables fuera de autoclave: RTM, HPRTM, LRI, VBO, press forming, filament winding. Procesos de fabricación con composites termoplásticos: Automated Tape laying process (ATL), press forming. Soldadura de composites termoplásticos Curado de termoeestables por efecto Joule	http://www.aimen.es/proyectos/desarrollo-de-parches-de-composite-pre-fabricados-para-la-reparacion-y-esfuerzo-de-estructuras-navales http://www.aimen.es/proyectos/disenio-de-estructuras-multimaterial-ligeras-y-de-bajo-coste-para-la-industria-de-la-automocion http://communionproject.eu/ http://www.co-patch.com/
C1.2	Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión	Procesos alternativos a la pultrusión: Fabricación de perfiles por filament winding robotizado / ATL	http://www.aimen.es/proyectos/desarrollo-de-parches-de-composite-pre-fabricados-para-la-reparacion-y-esfuerzo-de-estructuras-navales http://www.aimen.es/proyectos/disenio-de-estructuras-multimaterial-ligeras-y-de-bajo-coste-para-la-industria-de-la-automocion http://communionproject.eu/ http://www.co-patch.com/
C2.1	Corte de tejidos secos para preformas y mecanizado de laminados de materiales compuestos mediante laser	Corte de tejidos secos y mecanizado de material compuesto mediante laser	Proyecto FAIERA (http://faieraproject.eu/)
C2.3	Pegado de elementos externos en paneles (OSRs)	Automatización de procesos de ensamblado / unión adhesiva	AIMEN coordina un proyecto europeo (http://communionproject.eu/) y participa en otro (LAY2FORM) relacionados con esta temática
C2.4	Introducción de elementos internos en paneles (insertos, heat pipes, etc...)	Automatización de procesos de ensamblado / unión, control embebido de procesos	AIMEN coordina un proyecto europeo (http://communionproject.eu/) y participa en otro (LAY2FORM) relacionados con esta temática
C2.5	Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP	Fabricación aditiva de composites termoplásticos	Proyecto FLEXRAPIDMAN (CIEN)
C3.1	Tratamiento superficial de materiales compuestos mediante láser para procesos de pintado	Texturizado y funcionalización de superficies mediante láseres de luz pulsada (nano, pico y femto-segundos) IR, VIS & UV)	http://communionproject.eu/ http://faieraproject.eu/ http://www.aimen.es/proyectos/nuevas-tecnologias-para-la-fabricacion-de-productos-espumados-de-poliuretano Proyecto CIEN ESTENEA
C3.4	Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH	Recubrimientos metálicos anticorrosión aplicados por láser: inoxidables, aleaciones de níquel y aleaciones de cobalto.	Proyectos BIO+ (ININTERCONECTA), LPROLCOAT (RFCS)
C3.5	Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos	Texturizado adhoc de superficies mediante láseres de luz pulsada (nano, pico y femto-segundos) IR, VIS & UV). Procesos de tratamiento plasma	Proyectos COMMUNION (H2020), LAY2FORM (H2020), EMMA (CONECTAPEME)
C3.6	Tratamiento superficial de piezas de material compuesto curadas	Texturizado adhoc de superficies mediante láseres de luz pulsada (nano, pico y femto-segundos) IR, VIS & UV)	Proyectos COMMUNION (H2020), LAY2FORM (H2020), EMMA (CONECTAPEME)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
	mediante láser para procesos de encolado		
C4.1	Uniones de materiales disimilares	Uniones directas metal-composite, composite-composite... Uniones indirectas mediante adhesivos Uniones híbridas: adhesivos+mecánicas/otras	http://communionproject.eu/ http://cordis.europa.eu/project/rcn/211230_es.html http://www.co-patch.com/ http://cordis.europa.eu/project/rcn/104600_en.html http://www.aimen.es/proyectos?idi_padre=25
C4.2	Uniones híbridas Ti/CFRP	Uniones directas metal-composite, composite-composite... Uniones indirectas mediante adhesivos Uniones híbridas: adhesivos+mecánicas/otras	http://communionproject.eu/
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	Monitorización de fabricación de composites mediante sensores de fibra óptica (FBG) y análisis dieléctrico (DEA) Inspección termográfica de laminados de CFRP antes y después de la etapa de curado en autoclave	Experiencias sobre la monitorización de un proceso de fabricación mediante infusión, y el curado de un composite tipo sándwich, embebiendo sensores recubiertos con diferentes materiales para que tengan diferentes sensibilidades y así poder discriminar efectos debidos a variaciones de temperatura de las debidas a deformación. http://www.aimen.es/proyectos/desarrollo-de-parches-de-composite-pre-fabricados-para-la-reparacion-y-esfuerzo-de-estructuras-navales http://www.aimen.es/proyectos/materials-onboard-steel-advancement-and-integrated-composites Proyectos DESTACAR (ININTERCONECTA) y MACIZADO (CONECTAPEME)
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM–)	Monitorización de comportamiento estructural de composites mediante sensores de fibra óptica (FBG)	http://www.aimen.es/proyectos/desarrollo-de-estructuras-multimaterial-para-aplicaciones-offshore-con-solicitaciones-severas-de-fatiga-y-durabilidad-en-ambiente-marino

A2. Líneas de investigación de AIMPLAS

Contacto: Inma Roig (iroig@aimplas.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.1	Materiales avanzados para procesos de infusión de resina	Desarrollo sostenible. Industrias del futuro. a) Dispersión y reología de mezclas: Simulación y configuración de procesos. Medida y control on-line de propiedades.	Proyectos RTM
A1.2	Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos	1) Nanocomposites. Funcionalización/modificación de nanopartículas: Nanopartículas carbonosas (CNT y grafeno), nano-arcillas, nano-metales y nano-óxidos metálicos. Nanopartículas y polímeros funcionalizados para Captura de Carbono (CCS). Materiales de alta superficie específica: aerogeles, nanoespumas, nanofibras... Nanomarcadores para aplicaciones médicas, seguridad... 2) Desarrollo sostenible. Industrias del futuro. Desarrollo de sistemas de curado avanzados en composites: Radiación ultravioleta, ultrasonidos y microondas. Composites fuera de autoclave	http://www.aimplas.es/idi/lineas-investigacion/nanomateriales http://www.aimplas.es/idi/proyectos-desarrollados/curado-de-resinas-basado-en-microondas
A1.4	Empleo de nanomateriales para la mejora de núcleos de tipo espuma empleados en paneles sándwich	Espumación de materiales termoplásticos y termoestables. Mejora de los procesos de transformación. Eficiencia energética, reducción de emisiones y volátiles y mejora del control en procesos (ultrasonidos, CO2 supercrítico, microondas...). Funcionalización/modificación de nanopartículas: Nanopartículas carbonosas (CNT y grafeno), nano-arcillas, nano-metales y nano-óxidos metálicos. Nanopartículas y polímeros funcionalizados para Captura de Carbono (CCS).	Proyecto Nanohabitat
A1.5	Mejora de la resistencia a impacto en estructuras de CFRP	Composites de altas prestaciones Composites termoplásticos (TPC). Autoreforzados, fibras largas y continuas, fibras estándar y no convencionales. Composites termoestables (TSC). Composites híbridos (polímero/metal, polímero/cerámica).	Proyecto Blindado
A1.6	Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas	Desarrollo de sistemas de curado avanzados en composites: Radiación ultravioleta, ultrasonidos y microondas. Composites fuera de autoclave.	Proyectos curado composites https://cordis.europa.eu/project/rcn/106451_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/109056_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/100417_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/211309_en.html
A1.8	Termoplásticos	Nanotecnología Biotecnología Materiales Avanzados Desarrollo sostenible. Industrias del futuro Desarrollo de producto plástico	Proyectos termoplásticos https://cordis.europa.eu/project/rcn/211309_en.html

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A3.2	Aerogeles	Materiales de alta superficie específica: aerogeles, nanoespumas, nanofibras...	https://cordis.europa.eu/project/rcn/212340_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/205816_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/212830_en.html
A3.4	Materiales de control térmico	Conductividad eléctrica y térmica alta resistencia térmica, superficies de altas prestaciones	http://www.aimplas.es/idi/proyectos-desarrollados/recubrimiento-contra-la-formacion-de-hielo-y-la-erosion-en-elementos https://cordis.europa.eu/result/rcn/173494_en.html https://cordis.europa.eu/result/rcn/197751_en.html https://cordis.europa.eu/result/rcn/58333_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/79906_en.html http://www.aimplas.es/idi/proyectos-desarrollados/recubrimientos-antiadherentes-altamente-resistentes-la-abrasion https://cordis.europa.eu/project/rcn/194902_en.html
A4.1	Materiales compuestos multifuncionales	Materiales termoplásticos y termoestables con propiedades avanzadas. Conductividad eléctrica, protónica y térmica. Resistencia al fuego y supresión de humos. Materiales Inteligentes: cambio de fase, memoria de forma, piezoeléctricos, electro y magnetoactivos, foto y cromo-activos, materiales con capacidad de auto-reparación. Mejora Propiedades tribológicas. Materiales con aditivos activos: antimicrobianos, biocidas, insecticidas, marcadores químicos... Alta barrera a hidrocarburos. Incorporación de aditivos/refuerzos para otorgar propiedades especiales. Materiales termoplásticos y termoestables con propiedades avanzadas Conductividad eléctrica y térmica. Resistencia al fuego y supresión de humos. Materiales Inteligentes: cambio de fase, memoria de forma, piezoeléctricos, electro y magneto-activos, foto y cromo-activos, materiales con capacidad de autoreparación. Mejora Propiedades tribológicas. Materiales con aditivos activos: antimicrobianos, antioxidantes, biocidas, insecticidas, marcadores químicos... Alta barrera. Composites de altas prestaciones Composites termoplásticos (TPC). Autoreforzados, fibras largas y continuas, fibras estándar y no convencionales. Composites termoestables (TSC). Composites híbridos (polímero/metal, polímero/cerámica). Recubrimientos funcionales Autolimpiantes: superhidrófobos, superhidrófilos y omnífobos. Anti-fouling. Anti-hielo. Anti-rayado. Tribología mejorada. Propiedades barrera. Mejora de propiedades de materiales tradicionales y de altas prestaciones Predicción de propiedades de polímeros y composites mediante el uso de sistemas CAE.	Proyectos de composites termoestables de altas prestaciones Proyectos de mejora de propiedades de materiales tradicionales y de altas prestaciones Proyectos de recubrimientos funcionales

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A4.2	Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas	1) Nanocomposites. Funcionalización/modificación de nanopartículas: Nanopartículas carbonosas (CNT y grafeno), nano-arcillas, nano-metales y nano-óxidos metálicos. Nanopartículas y polímeros funcionalizados para Captura de Carbono (CCS). Materiales de alta superficie específica: aerogeles, nanoespumas, nanofibras... Nanomarcadores para aplicaciones médicas, seguridad... 2) Desarrollo sostenible. Industrias del futuro. Desarrollo de sistemas de curado avanzados en composites: Radiación ultravioleta, ultrasonidos y microondas. Composites fuera de autoclave	Proyectos Conductividad eléctrica/térmica
A4.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	Conductividad eléctrica y térmica alta resistencia térmica, superficies de altas prestaciones	http://www.aimplas.es/idi/proyectos-desarrollados/materiales-polimericos-de-composite-con-conductividad-termica-mejorada http://www.aimplas.es/idi/proyectos-desarrollados/recubrimiento-contra-la-formacion-de-hielo-y-la-erosion-en-elementos https://cordis.europa.eu/result/rcn/173494_en.html https://cordis.europa.eu/result/rcn/197751_en.html
A4.4	Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF	Funcionalización/modificación de nanopartículas: Nanopartículas carbonosas (CNT y grafeno), nano-arcillas, nano-metales y nano-óxidos metálicos	https://cordis.europa.eu/result/rcn/173494_en.html GRAPHOS (proyecto CIEN) http://carboninspired2.com/
C1.2	Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión	Equipamiento semi-industrial de pultrusión. Curado avanzados en el proceso de pultrusión. Evaluación de diferentes materiales termoestables y termoplásticos en pultrusión	https://cordis.europa.eu/result/rcn/173494_en.html https://cordis.europa.eu/result/rcn/201804_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/211309_en.html
C2.5	Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP	Nuevos materiales para procesos de fabricación aditiva Materiales y composites de altas prestaciones para FDM y SLS. Optimización del proceso de obtención de rods y polvo para tecnologías FDM y SLS, respectivamente. Incorporación de aditivos/refuerzos para otorgar propiedades especiales. Estudio y desarrollo de estructuras de soporte o sacrificio. Impresión 3D de geles para crecimiento tisular.	Proyectos de fabricación aditiva https://cordis.europa.eu/project/rcn/194902_en.html
C3.4	Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH	Recubrimientos funcionales Autolimpiantes: superhidrófobos, superhidrófilos y omnífobos. Anti-fouling. Anti-hielo. Anti-rayado. Tribología mejorada. Propiedades barrera.	http://carboninspired2.com/ Proyectos de recubrimientos funcionales
C4.1	Uniones de materiales disimilares	Tecnologías de unión sin adhesivos de materiales disimilares. Uniones de termoplásticos, termoestables y metales.	http://www.aimplas.es/idi/proyectos-desarrollados/promece-2016-plan-de-actividades-de-caracter-no-economico-de-aimplas https://cordis.europa.eu/project/rcn/211309_en.html
C4.4	Elementos de unión estructural en CFRP	Desarrollo de sistemas de curado avanzados en composites: Radiación ultravioleta, ultrasonidos y microondas. Composites fuera de autoclave.	Proyectos de curado avanzado en composites https://cordis.europa.eu/project/rcn/106451_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/109056_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/100417_en.html https://cordis.europa.eu/project/rcn/211309_en.html
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos	Fibre Bragg Grating	https://cordis.europa.eu/project/rcn/106451_es.html

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
	(Structural Health Monitoring –SHM–)		
E1	Reusado, reciclado de prepregs de fibra de carbono y resina epoxi	Reciclado y valorización de residuos Reciclado mecánico: Mejora de propiedades: modificación de la viscosidad, mejora de propiedades ópticas y mecánicas. Compatibilización de residuos. Eliminación de contaminantes/olores. Incorporación de materiales reciclados a nuevas aplicaciones: envase alimentario (barreras funcionales, descontaminación), asfaltos y elementos constructivos. Gestión de basuras marinas. Reciclado químico: Glicolisis, procesos pirolíticos... Reciclado de materiales compuestos de matriz termoestable	Proyectos de reciclado

A3. Líneas de investigación de AITIIP

Contacto: Berta Gonzalvo (berta.gonzalvo@aitiip.com)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.6	Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas		ECOXY. Proposal number: 744311 RECYSITE. LIFE15 ENV/BE/000204.
A1.8	Termoplásticos		CIEN FACTORIA. 2016-2019. BARBARA. Proposal number: 730423
A4.1	Materiales compuestos multifuncionales		KRAKEN. Proposal number: 723759.
A4.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica		KRAKEN. Proposal number: 723759.
A4.4	Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF		KRAKEN. Proposal number: 723759.
C1.1	Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados		FALCON. Proposal number: 754274
C1.2	Componentes fabricados en material compuesto con zonas de radios exigentes		FALCON. Proposal number: 754274
C2.5	Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP		proyectos de I+D+I bajo contrato
C4.1	Uniones de materiales disimilares		KRAKEN. Proposal number: 723759.
D2.2	Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto		proyectos de I+D+I bajo contrato
E1	Reusado, reciclado de prepregs de fibra de carbono y resina epoxi		proyectos de I+D+I bajo contrato

NOTA: A pesar del bajo nivel de detalle que ha proporcionado AITIIP se ha mantenido esta tabla a la espera de que dichos detalles se incorporen en sucesivas ediciones del documento.

A4. Líneas de investigación de CATEC

Contacto: Fernando Lasagni (flasagni@catec.aero)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.6	Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas	Desarrollo de sistemas no tripulados de bajo coste utilizando composites de bajo coste y desarrollo de soluciones de utillaje.	Proyectos PELICANO y SINTONIA
A2.2	Materiales metálicos estructurales	Materiales metálicos para fabricación aditiva. Desarrollo, parametrización y aplicaciones.	Proyectos FITALM, DESAFIO, ALM FLPP, YOKE, bioBAM, CERES, FUTURALVE, HELICE, etc
A2.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	Parametrización de aleaciones de base Níquel para aplicaciones de alta temperatura	Proyecto RM2011, FUTURALVE, etc
D1.1	Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP	Sensorización de estructuras de material compuesto para la monitorización del ciclo de autoclave por FBG y otros sensores. Inspecciones rápidas de bajo coste por termografía infrarroja, laser shearography, ultrasonidos para inspección de componentes complejos y radios, etc.	Proyectos APOLO, DESAFIO, ESTENEA, DESAFIO, ECLIPSE, AZIMUT, GAIN, SILENCIO, CS2-OUTCOME, CS1-DIAAMOND, FP7-INLIGHT, etc.
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM–)	Desarrollo de herramientas para la sensorización de elementos de fibra de carbono por sensores FBG. Desarrollo de conectores embebidos. Desarrollo de aplicaciones software para la monitorización de elementos estructurales (ala UAV, cabina CFRP, etc.). Tratamiento de señal. Medición de deformaciones, temperatura y cálculo de tensiones.	Proyectos APOLO, DESAFIO, SHM-UAV, etc.
D2.2	Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto	Desarrollo de procesos de monitorización y reparación fuera de autoclave basadas en sistemas infrarrojos, incluyendo la monitorización del grado de curado.	Proyectos DESAFIO y APOLO.

A5. Líneas de investigación de CIMNE

Contacto: Eugenio Oñate (onate@cimne.upc.edu),
Xavier Martínez (xmartinez@cimne.upc.edu)
Jordi Pons-Prat (jpons@cimne.upc.edu)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A4.1	Materiales compuestos multifuncionales	1. Materiales compuestos con matrices reforzadas con nanotubos de carbono. 2. Materiales compuestos con antenas embebidas en su estructura.	https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2012.04.001 http://www.acasias-project.eu/
B1	Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales	Optimización robusta de estructuras de materiales compuestos	Proyecto ECO-Compass/ D.S. Lee, C. Morillo, G. Bugada, S. Oller, E. Onate, Multilayered composite structure design optimisation using distributed/parallel multi-objective evolutionary algorithms, Composite Structures, Volume 94, Issue 3, 2012, Pages 1087-1096, ISSN 0263-8223, https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2011.10.009 .
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	1. Modelado de materiales compuestos mediante métodos multiescala. 2. Desarrollo de modelos que minimicen el coste computacional de los análisis multiescala no-lineales. 3. Desarrollo de modelos multiescala estructurales, que obtengan el comportamiento de un macro-modelo de láminas a partir de un micro-modelo sólido. 4. Modelado de bio-compuestos y compuestos de fibras recicladas. 5. Simulación del fenómeno de fatiga en materiales compuestos.	http://dx.doi.org/10.1007/s11831-016-9205-0 https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2015.06.006 http://www.acasias-project.eu/ http://www.eco-compass.eu/ http://www.fibreship.eu/
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Métodos de cálculo por MEF de materiales compuestos incluyendo efectos no lineales y delaminación	Proyecto ECO-Compass/ Xavier Martinez, Sergio Oller, Fernando Rastellini, Alex H. Barbat, A numerical procedure simulating RC structures reinforced with FRP using the serial/parallel mixing theory, Computers & Structures, Volume 86, Issues 15–16, 2008, Pages 1604-1618, ISSN 0045-7949, https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2008.01.007/ Xavier Martinez, Fernando Rastellini, Sergio Oller, Fernando Flores, Eugenio Oñate, Computationally optimized formulation for the simulation of composite materials and delamination failures, Composites Part B: Engineering, Volume 42, Issue 2, 2011, Pages 134-144, ISSN 1359-8368, https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2010.09.013 .
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Simulación por el MEF de procesos de fabricación de piezas laminadas de materiales compuestos	Proyecto ECO-COMPASS/ D.S. Lee, C. Morillo, G. Bugada, S. Oller, E. Onate, Multilayered composite structure design optimisation using distributed/parallel multi-objective evolutionary algorithms, Composite Structures, Volume 94, Issue 3, 2012, Pages 1087-1096, ISSN 0263-8223, https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2011.10.009 .
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Diseño computacional de materiales compuestos utilizando técnicas de multi-escala, métodos de reducción de orden y optimización topológica	Proyecto COMP-DES-MAT - Advanced tools for computational design of engineering materials (EC-FP7-320815) / Barbu, L. [et al.]. Stepwise advancing strategy for the simulation of fatigue problems. A: International Conference on Computational Plasticity Fundamentals and Applications. "Computational Plasticity XII. Fundamentals and Applications". Barcelona: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), 2013, p. 1153-1164.
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos	1. Caracterización de uniones de compuestos a partir de modelos multiescala estructurales.	http://www.fibreship.eu/

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
	y procesos de fabricación aeroespacial	2. Optimización multiescala de materiales compuestos con la que diseñar el micro-material óptimo para una determinada aplicación estructural (modelo macro).	http://www.eco-compass.eu/ & http://www2.cimne.com/proyectos/Ficha.aspx?id=670
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Investigación sobre mecanismos de fallo de piezas metálicas a fatiga	Proyecto COMP-DES-MAT - Advanced tools for computational design of engineering materials (EC-FP7-320815) / Barbu, L. [et al.]. Stepwise advancing strategy for the simulation of fatigue problems. A: International Conference on Computational Plasticity Fundamentals and Applications. "Computational Plasticity XII. Fundamentals and Applications". Barcelona: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), 2013, p. 1153-1164.
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Fabricación de piezas metálicas por estampación	Proyecto Stampack XXI/ DS Lee, HG Espinoza Román, ÓA Fruitós Bickham, J Pons-Prats, Multi-objective design optimisation of a 3D-rail stamping process using a robust multi-objective optimisation platform (RMOP), Computational Plasticity XII. Fundamentals and Applications, 1-12
C4.4	Elementos de unión estructural en CFRP	Caracterización de uniones de compuestos a partir de modelos multiescala estructurales.	http://www.fibreship.eu/
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM–)	Desarrollo de un método de localización del estructural a partir del comportamiento dinámico de la estructura. Medición en tiempo real del comportamiento dinámico estructural y localización del posible daño a partir de métodos numéricos.	http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/126400/TJAPL1de1.pdf http://www.fibreship.eu/
E1	Reusado, reciclado de preregs de fibra de carbono y resina epoxi	Desarrollo de métodos numéricos con los que caracterizar el comportamiento mecánico de estructuras de materiales compuestos con fibras de carbono reciclado	http://www.eco-compass.eu/

A6. Líneas de investigación de CTA

Contacto: Idurre Sáez de Ocáriz (idurre.saezdeocariz@ctaero.com)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	TECNO-TEST L2: Tecnologías NDT defectos/medidas sin contacto	CTA tienen una amplia experiencia en la línea de investigación de T.I como técnica NDT para la monitorización, detección y análisis de la propagación de defectos, aplicados tanto al control de procesos de fabricación, como a la evaluación de pieza terminada. Ha participado en numerosos proyectos de investigación, regionales, nacionales y europeos, contando con numerosas publicaciones en revistas científicas de referencia. Referencias: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17686733.2017.1342322 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1290072917302119

A7. Líneas de investigación de FIDAMC

Contacto: Félix Domínguez (felix.dominguez@fidamc.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.1	Materiales avanzados para procesos de infusión de resina	1. ZAERO 2. CS2 OUTCOME Revestimiento inferior de fibra seca 3. FAMAST: tecnologías automatizadas de fabricación de larguerillos 4. FACTORIAS:	1. PROYECTO EUROPEO "ZAERO" (Call H2020-IND-CE-2019-1-01-01) 2. PROYECTO EUROPEO CS2 "OUTCOME" REVESTIMIENTO FIBRA SECA 3. PROYECTO RETOS CDTI - "FAMAST" (RTC-2016-5148-1-1) 4. PROYECTO CIEN CDTI - "FACTORIAS"
A1.3	Materiales pre-impregnados de bajo coste	1. Desarrollo de material y tecnología de encintado para altas velocidades de deposición 2. Wing and Tail Unit Components Multifunctional Design and Manufacturing 3. Fabricación de cuadernas para la Sección 19 de composites	1.-FACTORIAS-HDPreg. 2.-OUTCOME JTI-CS2_2014-CPW01-AIR-02-02-Cono de cola RACER. 3.-ESTENEA-Cuadernas en PREPEG
A1.5	Mejora de la resistencia a impacto en estructuras de CFRP	Materiales compuestos multiescalares: CFRP con nanomateriales	GRAPHENE FLAGSHIP - GRAPHENE CORE 1 (H2020, project ID 696656) PLATFORM (H2020, GA 646307)
A1.8	Termoplásticos	Tecnologías de fabricación de componentes aeronáuticos con material termoplástico: 1. Desarrollo de la tecnología de InSitu Consolidation (ISC) 2. Procesos de conformado de elementos rigidizadores 3. Fabricación de paneles de fuselaje/estructuras de cajón altamente integrados	ISINHER JTI-CS-2011-1-ECO-01-021., GRA Green Regional Aircraft ITD (GRA) FORTAPE H2020-FoF-2014 OUTCOME JTI-CS2_2014-CPW01-AIR-02-02, OUTCOME JTI-CS2_2014-CPW01-AIR-02-02 ECOFUNEL JTI-CS2-2016-CFP03-SYS-02-19, LPA – Platform WP 2.1 extended ICASUS JTI-CS2-2016-CFCP-LPA SHERLOC
A4.1	Materiales compuestos multifuncionales	Estudio y caracterización industrial de materiales de absorción vibroacústica	COMPASS JTI-CS-2010-01-GRA-01-31 GA270616 HYBRIA JTI-CS-2011-3-GRA-01-039 GA306681 NEODAMP JTI-CS2-2014-CFP01-AIR-02-04 GA686374 IMS-CPS
A4.2	Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas	Materiales compuestos multiescalares: CFRP con nanomateriales Recubrimientos anti-hielo	"Dispersión y caracterización de una resina benzoxacina nanorreforzada con grafeno" V. García, M.R. Gude, A. Ureña. MATCOMP 2015 "Efecto de la adición de nanoláminas de grafeno en las propiedades de laminados de fibra de carbono y benzoxacina" V. García-Martínez, M.R. Gude, S. Calvo, A. Ureña. MATCOMP 2017 "Integration of graphene in carbon fibre reinforced polymers for aircraft applications" M.R. Gude, V. García-Martínez. Graphene2017 "Hybrid sol-gel thin films with alumina nanoparticles with hydrophobic properties" F. Carreño, O. Rodríguez de la Fuente, N. Carmona. ECCM17 PLATFORM (H2020, GA 646307) IMS-CPS 7th FWP NMP-2009-2.5-1. GA 246243 PLATFORM H2020 NMP1-2014 GA646307 ARISTEO (WP3: SILINCO) CDTI-IDI-20130146
A4.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	Materiales compuestos multiescalares: CFRP con nanomateriales	"Materiales multifuncionales de fibra de carbono y matriz benzoxacina dopada con nanopartículas de grafeno. Vanessa García Martínez. Tesis doctoral "Dispersión y caracterización de una resina benzoxacina nanorreforzada con grafeno" V. García, M.R. Gude, A. Ureña. MATCOMP 2015 "Efecto de la adición de nanoláminas de grafeno en las propiedades de laminados de fibra de carbono y benzoxacina" V. García-Martínez, M.R. Gude, S. Calvo, A. Ureña. MATCOMP 2017 "Integration of graphene in carbon fibre reinforced polymers for aircraft applications" M.R. Gude, V. García-Martínez. Graphene2017

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Caracterización del modo de fallo: 1. Unfolding 2. Accesos de gran tamaño	Tesis: Study of the Unfolding Failure of Curved Composite Laminates (Universidad de Sevilla) Artículos J.M. González-Cantero, E. Graciani, A. Blázquez, and F. París. A new analytical model for evaluating interlaminar stresses in the unfolding failure of composite laminates. Composite Structures, 147:260-273, 2016. J.M. González-Cantero, E. Graciani, F. París, and B. López-Romano. Semi-analytic model to evaluate non-regularized stresses causing unfolding failure in composites. Composite Structures, 171:77-91, 2017. J.M. González-Cantero, E. Graciani, B. López-Romano and F. París. Competing mechanisms in the unfolding failure in composite laminates. Composites Science and Technology, 156:223-230, 2018.
C1.1	Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados	Proceso de doble bolsa en estufa alternativo al autoclave para el curado de materiales pre-impregnados	MANUFACTURING OF HIGH COMPLEXITY AIRCRAFT STRUCTURE IN PREIMPREGNATED CARBON FIBER BY MEANS OF DOUBLE VACUUM DEBULKING PROCESS (21st International Conference on Composite Materials Xi'an, 20-25th August 2017)
C1.2	Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión	Proceso de ROLLTRUSIÓN para fabricación de larguerillos en TERMOPLASTICO	OUTCOME JTI-CS2_2014-CPW01-AIR-02-02 FORMIT-TERMOPLASTICO
C1.3	Componentes fabricados en material compuesto con zonas de radios exigentes	Soluciones de alta integración de material pre-impregnado	ICARO- MULTISPAR ICARO-RibTo Skin ICARO-ATICA
C2.2	Angulares de material compuesto	Tecnologías automatizadas de fabricación de larguerillos en T Caracterización del modo de fallo correspondiente a UNFOLDING	FAMAST (RTC-2016-5148-4) Tesis: Study of the Unfolding Failure of Curved Composite Laminates (Universidad de Sevilla) Artículos J.M. González-Cantero, E. Graciani, A. Blázquez, and F. París. A new analytical model for evaluating interlaminar stresses in the unfolding failure of composite laminates. Composite Structures, 147:260-273, 2016. J.M. González-Cantero, E. Graciani, F. París, and B. López-Romano. Semi-analytic model to evaluate non-regularized stresses causing unfolding failure in composites. Composite Structures, 171:77-91, 2017. J.M. González-Cantero, E. Graciani, B. López-Romano and F. París. Competing mechanisms in the unfolding failure in composite laminates. Composites Science and Technology, 156:223-230, 2018.
C2.5	Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP	Tecnologías de impresión 3D con materiales de altas prestaciones, con o sin refuerzo de fibra continua	3D Printing: FACTORIA Actividad 1 WP1
C3.5	Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos	Nuevas tecnologías de materiales y procesos para fabricación de empenajes. Proceso de tratamiento superficial para mejora de adhesión mediante PLASMA.	TEMPROCÉN (IDI-20141304)
C4.1	Uniones de materiales disimilares	Efecto de ciertos nanoelementos en la adhesión de materiales disimilares	"Hygrothermal ageing of adhesive joints with nanoreinforced adhesives and different surface treatments of carbon fibre/epoxy substrates" M.R. Gude, S.G. Prolongo, A. Ureña. Int J Adhes Adhes 40 (2013) 179-187 Toughening effect of carbon nanotubes and carbon nanofibre in epoxy adhesives for joining carbon fibre laminates" M.R. Gude, S.G. Prolongo, A. Ureña. Int J Adhes Adhes 62 (2015) 139-145
C4.2	Uniones híbridas Ti/CFRP	Nuevas tecnologías de materiales y procesos para fabricación de empenajes. Proceso de tratamiento superficial para mejora de adhesión mediante PLASMA.	TEMPROCÉN (IDI-20141304)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	Tecnología de control de calidad inline para procesos de encintado y curado de material no pre-impregnado	PROYECTO EUROPEO "ZAERO" (Call H2020-IND-CE-2016-17)
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM-)	Monitorización de procesos de fabricación de termoplásticos (proceso de consolidación insitu) mediante redes de bragg.	8TH EUROPEAN WORKSHOP ON STRUCTURAL HEALTH MONITORING JULY 5-8 BILBAO. SPAIN. <i>On-line monitoring of a laser assisted fiber placement process with CFR thermoplastic matrix by using Fiber Bragg Gratings</i> <i>D. Saenz del Castillo*, I. Martín, F. Rodríguez-Lence, A. Güemes</i> * Foundation for the research, development and application of composite materials (FIDAMC), GETAFE, Spain

A8. Líneas de investigación de IK4

Contacto: Erik Fernández (efernandez@ceit.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A2.1	Aluminuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia	Desarrollo de nuevos materiales basados en aluminuros de níquel	Desarrollo de materiales basados en aluminuros de níquel para aplicaciones de alta temperatura por medio de una ruta pulvimetalúrgica (Ref.: MAT2007-62887) Diseño composicional y microestructural de materiales basados en aluminuros de níquel (Ref. PI2009-8)
A2.2	Materiales metálicos estructurales	Fabricación aditiva, Fabricación de polvo metálico(acero, aluminio, superaleaciones base Ni,...), Procesamientos Termomecánicos	FRACTAL: Development of Spanish-Technology-Based Advanced Manufacturing and Prototyping Systems for Strategic Components via Laser Assisted Powder Sintering Nanotun3D: development of the complete workflow for producing and using a novel nanomodified Ti-based alloy for additive manufacturing in special applications, (http://ceit.es/es/proyectos/7522-nanotun3d)
A2.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	Desarrollo de aleaciones pulvimetalúrgicas para Fabricación Aditiva	ACTIMAT: Nuevos Materiales para la Estrategia de Especialización Inteligente en Fabricación Avanzada (http://actimat.es/cas/index.aspx)
A2.4	Aleaciones de alta temperatura	Desarrollo de rutas de procesamiento y predicción de vida de componentes aeronáuticos de alta temperatura	Nesmonic: Net shape Hot Isostatic Pressing of IN718 (http://ceit.es/es/proyectos/6094-nesmonic-2) Enoval: Engine Module Validators (http://ceit.es/eu/ikerketa-arloak/materialak/materialen-mekanika/enoval) Escalitur: EStructuras CALientes para TURbinas e-break: Engine Breakthrough Components and subsystems (http://ceit.es/eu/ikerketa-arloak/materialak/materialen-mekanika/ebreak) Nanotun3D: Development of the complete workflow for producing and using a novel nanomodified Ti-based alloy for additive manufacturing in special applications (http://ceit.es/es/proyectos/7522-nanotun3d) FRACTAL: Development of Spanish-Technology-Based Advanced Manufacturing and Prototyping Systems for Strategic Components via Laser Assisted Powder Sintering Futurvalve: FUTuras TURbinas de ALta Velocidad,
A3.1	Membranas para separación de gases	Membranas cerámicas y de fibra	Proyectos privados para filtración, quemadores y pilas de combustible (http://ceit.es/eu/ikerketa-arloak/materialak-fabrikazioa/metalurgia-polvos)
A4.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	Uso de diamante para mejora de conductividad térmica	INTERFACE: Interfacial Engineering in Copper Carbon Nanofibre Composites (Cu-C MMCs) for high thermally loaded applications (http://ceit.es/en/areas-of-r-a-d/materials/multiscale-mechanics-of-materials/interface)
B1	Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales	Sistemas inteligentes para la industria 4.0	Enoval: Engine Module Validators (http://ceit.es/eu/ikerketa-arloak/materialak/materialen-mekanika/enoval)
B3	Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos	1. Desarrollo de modelos de evolución microestructural para la modelización de procesos de conformado en caliente como laminación, forja, extrusión,... 2. Modelización por elementos finitos de procesos de conformado de componentes. 3. Integración de modelos de evolución microestructural en modelos de elementos finitos para el cálculo de heterogeneidades microestructurales.	RORC: Rolled-Only IN718 Ring-shaped Components (http://www4.tecnun.es/rorc/) ENOVAL: Ultra High Bypass Ratio Aero Engines (http://www.enoval.eu) Materiales y Procesos para Aplicaciones Industriales y Fabricación: http://ceit.es/es/soluciones-industria/industrial-y-fabricacion?id=2629&itemid=932 Procesamiento Termomecánico:

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		4. Diseño óptimo de matricería y utillaje en procesos near net shape- Hot Isostatic Pressing- mediante modelos de optimización integrados en modelos de elementos finitos. 5. Modelado de propagación de grietas a fatiga mediante modelado por elementos finitos extendido (XFEM) 6. Predicción de vida en función de la condición superficial y estados complejos de carga multiaxial	http://ceit.es/es/soluciones-industria/industrial-y-fabricacion?id=2627&Itemid=1282 Predicción de las propiedades mecánicas y fiabilidad de producto: http://ceit.es/es/soluciones-industria/industrial-y-fabricacion?id=2631&Itemid=1386 Procesos de fabricación por metalurgia de polvos y fabricación aditiva: http://ceit.es/es/soluciones-industria/industrial-y-fabricacion?id=2633&Itemid=1470
C3.2	Texturizado superficial de materiales compuestos y metálicos mediante láser para reducir la resistencia aerodinámica	Fabricación de superficies funcionales mediante láser	Laser4surf: LASER FOR MASS PRODUCTION OF FUNCTIONALISED METALLIC SURFACES (https://www.laser4surf.eu/); Nanostencil: Nanoscale self-assembled epitaxial nucleation controlled by interference lithography– NanoStencil (http://ceit.es/es/areas-investigacion/materiales-fabricacion/fabricacion-aditiva-laser/nanostencil)
C3.4	Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH	Recubrimientos tribológicos PVD basados en nitruros y oxinitruros de Ti, Al y Si.	- Wear of cathodic arc coated WC-Co tools in the machining of Ti-D5-4V alloy - Determination of residual stresses in cathodic arc coatings by means of the parallel beam glancing X-ray diffraction technique - Electrolytic Removal of Chromium Rich PVD Coatings from Hardmetals Substrates Characterising μ-AlTiN coating and assessing its performance during Ti-6Al-4V milling - Effect of Silicon Addition on Microstructure and Mechanical Properties of Chromium and Titanium Based Coatings
C4.1	Uniones de materiales disimilares	Diffusion Bonding	F4E: F4E-OPE-394 (IV-PT): Fabrication of a standard semi-prototype of the ITER NHF First Wall Panels (FWP); F4E-OFC-167 (ES-MF) Material characterization at room at elevated temperatures.
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	Caracterización microestructural NoDestructiva	Proyectos privados para la mediad de dureza superficial y profundidad de capa endurecida, detección de quemas de rectificado, tensiones residuales y grietas superficiales
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM–)	Sistemas inteligentes para la industria 4.0	Wildcraft: Wireless Smart Distributed end System for Aircraft (http://ceit.es/es/areas-investigacion/tecnologias-informacion-comunicaciones/electronica-digital-comunicaciones/wildcraft)

A9. Líneas de investigación de IMDEA Materiales

Contacto: Miguel Ángel Rodiel (miguel.angel.rodriel@imdea.org)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.1	Materiales avanzados para procesos de infusión de resina	Caracterización de procesos de infusión de resina. Medición de parámetros de infusión: permeabilidad, viscosidad, curva de compactación. Simulación de procesado.	A level set approach for the analysis of flow and compaction in composite materials, Vila, J. and González, C. and Composites Part A-Applied Science and Manufacturing, 2013, 307
A1.2	Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos	Curado de resinas termoestables mediante calentamiento resistivo de nanocarbonos.	Tecnología propia: Thermoset curing through resistive heating of nanocarbons. Application PCT/EP2013/055659 (19 March 2013)
A1.4	Empleo de nanomateriales para la mejora de núcleos de tipo espuma empleados en paneles sándwich	Síntesis, propiedades emergentes e integración de materiales basados en carbono (grafeno, nanotubos, nanofibras e híbridos)	http://materiales.imdea.org/investigacion/programas-de-investigacion/materiales-avanzados-para-aplicaciones-multifuncionales/
A1.5	Resistencia a impacto mediante la adición de nanocompuestos en estructuras de CFRP	Síntesis, propiedades emergentes e integración de materiales basados en carbono (grafeno, nanotubos, nanofibras e híbridos)	http://materiales.imdea.org/investigacion/programas-de-investigacion/materiales-avanzados-para-aplicaciones-multifuncionales/
A1.8	Termoplásticos	Análisis de prestaciones de materiales compuestos de PEEK y fibra de carbono para aplicaciones de impacto de alta velocidad	https://materiales.imdea.org/proyecto/redish/
A2.1	Aluminiuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia	Comportamiento en fatiga y el crecimiento de grietas a alta temperatura en una aleación gamma TiAl de tercera generación para álabes de turbina avanzados	http://www.materiales.imdea.org/groups/pm/project/the-high-temperature-fatigue-behavior-of-a-third-generation-gamma-tial-alloy-for-greener-turbines/
A2.2	Materiales metálicos estructurales	Diseño multiescala de materiales avanzados	Proyecto DIMMAT: https://materiales.imdea.org/proyecto/dimmat/
A2.4	Aleaciones de alta temperatura	Modelos de material basados en la microestructura de superaleaciones de base Ni	Proyecto MICROMECH: https://cordis.europa.eu/result/rcn/187144_en.html
A4.1	Materiales compuestos multifuncionales	Materiales compuestos estructurales para almacenamiento de energía en el avión eléctrico.	Proyecto SORCERER: https://materiales.imdea.org/proyecto/sorcerer/
		Materiales compuestos estructurales con capacidad de captar energía	Proyecto STEM: https://materiales.imdea.org/proyecto/stem/
		Desarrollo de nanocompuestos poliméricos multifuncionales respetuosos con el medioambiente	Proyecto DECOMP: https://materiales.imdea.org/proyecto/decomp-desarrollo-de-nanocompuestos-polimericos-multifuncionales-respetuosos-con-el-medioambiente/
A4.2	Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas	Síntesis, propiedades emergentes e integración de materiales basados en carbono (grafeno, nanotubos, nanofibras e híbridos)	http://materiales.imdea.org/investigacion/programas-de-investigacion/materiales-avanzados-para-aplicaciones-multifuncionales/
A4.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	Síntesis, propiedades emergentes e integración de materiales basados en carbono (grafeno, nanotubos, nanofibras e híbridos)	http://materiales.imdea.org/investigacion/programas-de-investigacion/materiales-avanzados-para-aplicaciones-multifuncionales/
A4.4	Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF	Síntesis, propiedades emergentes e integración de materiales basados en carbono (grafeno, nanotubos, nanofibras e híbridos)	http://materiales.imdea.org/investigacion/programas-de-investigacion/materiales-avanzados-para-aplicaciones-multifuncionales/
B1	Optimización digital de la estrategia de calificación de materiales	Simulación para selección de propiedades de materiales	Proyecto SIMSCREEN: https://materiales.imdea.org/proyecto/simscreen-simulacion-para-seleccion-de-propiedades-de-materiales/
		Ensayos multiescala virtuales de muestras de CFRP	Proyecto VIRTEST: https://materiales.imdea.org/proyecto/virtest/

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Blindaje frente a impactos de restos provenientes de un motor CROR. Diseño, fabricación, simulación y preparación de ensayos de impacto	Proyecto REDISH: https://materiales.imdea.org/proyecto/redish/
		Modelado y simulación del comportamiento estructural para fenómenos de alta frecuencia	Proyecto CRASHING: https://materiales.imdea.org/proyecto/crashing/
B3	Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos	Ciclo de vida de estructuras aeronáuticas más económicas mediante simulaciones numéricas avanzadas, integradas y fiables	Proyecto MAAXIMUS: https://materiales.imdea.org/proyecto/maaximus/
		Diseño, procesado y ensayo virtual de aleaciones metálicas avanzadas para aplicaciones en ingeniería	Proyecto VIRMETAL: https://materiales.imdea.org/proyecto/virmetal/
		Simulación de procesos de termoconformado en materiales compuestos preimpregnados	Proyecto SIMUFORM: https://materiales.imdea.org/proyecto/simuform/
		Simulación de procesos de inyección por RTM para materiales compuestos	Proyecto ONLINE-RTM - https://materiales.imdea.org/proyecto/online-rtm/
		Análisis de la estabilidad estructural de los anillos de precompresión del ITER	Proyecto ITER: https://materiales.imdea.org/proyecto/iter-pcrs/
C1.1	Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados	Curado de resinas termoestables mediante calentamiento resistivo de nanocarbonos.	Tecnología propia: Thermoset curing through resistive heating of nanocarbons. Application PCT/EP2013/055659 (19 March 2013)
		Estudio y optimización del procesado de materiales compuestos fuera de autoclave	Proyecto AROOA: https://materiales.imdea.org/proyecto/arooa/
C1.2	Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión	Equipo semi-industrial para fabricar perfiles de materiales compuestos de matriz termoestable reforzadas con fibra de carbón, vidrio, aramida y otras fibras avanzadas	Línea de Pultrusión propia https://materiales.imdea.org/infraestructura-cientifica/sintesis-procesado-e-integracion-de-materiales/
C4.1	Uniones de materiales disimilares	Laminados híbridos estructurales acero/material compuesto	Proyecto ACERCOM: https://materiales.imdea.org/proyecto/acercom/
C4.4	Elementos de unión estructural en CFRP	Desarrollo de nuevas rutas de procesado para fabricar partes por RTM semicuradas capaces de ser post-curadas y consolidadas con prepreps tradicionales	Proyecto SEMICURED: https://materiales.imdea.org/proyecto/semicured/
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	Inspección online no destructiva de RTM en materiales compuestos	Proyecto ONLINE-RTM - https://materiales.imdea.org/proyecto/online-rtm/
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM-)	Sensor multifuncional basado en nanocarbonos. Fabricación de materiales compuestos con capacidad de monitorización y material obtenible.	Tecnología propia: Método de fabricación de materiales compuestos con capacidad de monitorización y material obtenible. Application P201531352 (22 September 2015)
D2.2	Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto	Resinas curables mediante campo eléctrico para unión y reparación	Proyecto ECURE: https://materiales.imdea.org/proyecto/ecure-resinas-curables-mediante-campo-electrico-para-union-y-reparacion/
E1	Reusado, reciclado de prepreps de fibra de carbono y resina epoxi	Hibridación intralaminar, uso de scraps y estudio de sus efectos. caracterización y modelizado	Proyecto HYDTCOM: https://materiales.imdea.org/proyecto/hydtcomp/
		Nueva generación de compuestos de base epoxi con propiedades mejoradas: reciclaje y retardantes de llama a nivel molecular	Proyecto NETHIPEC: https://materiales.imdea.org/proyecto/nethipec/

A10. Líneas de investigación de INNERSPEC

Contacto: Mario Ramírez (mramirez@innerspec.com)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	Inspección online avanzada de líneas de soldadura de chapas (Tailored Welded Blanks). Es necesario ahondar en la aplicación de EMAT a composites.	Proyecto OPTIBLANKS, cofinanciado por la CE, para el desarrollo de una solución híbrida EMAT-Vision Artificial. https://optiblanksproject.eu/
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM–)	Monitorización en tiempo real de estrés residual en componentes ferroviarios. Medida en tiempo real de carga en pernos de aerogeneradores. Es necesario ahondar en la aplicación de EMAT a composites.	J. Jimenez, V. Garcia, C. Boyero, 2016. Handheld solutions for measurement of residual stresses on railway wheels using EMATs. Innerspec – Bolt Load https://www.innerspec.com/portable/applications/bolt-load/

A11. Líneas de investigación de INTA

Contacto: Héctor Guerrero Padrón (guerreroph@inta.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A4.1	Materiales compuestos multifuncionales	Evitar o disminuir la formación de hielo mediante ingeniería de superficies	1) TRA2013-48603-C4-4-R Recubrimientos contra la Formación de Hielo y la Erosión en Elementos Aerodinámicos de Aeronaves. Financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, 2014-2016. 2) H2020-MG-2015-690819 Super-Icephobic Surfaces to Prevent Ice Formation on Aircraft – PHOBIC2ICE, 2016-2019 3) AVT-299-RTG: “Assessment of Anti-Icing and De-Icing Technologies for Air and Sea Vehicles”, del Panel AVT “Applied Vehicle Technology” de la STO de la OTAN. 2017-2020
C1.1	Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados	Desarrollo de procesos de fabricación con materiales de curado fuera de autoclave. Caracterización de materiales de curado fuera de autoclave	Proyecto propio MILANO
C3.2	Texturizado superficial de materiales compuestos y metálicos mediante láser para reducir la resistencia aerodinámica	Evitar o disminuir la formación de hielo mediante ingeniería de superficies	1) TRA2013-48603-C4-4-R Recubrimientos contra la Formación de Hielo y la Erosión en Elementos Aerodinámicos de Aeronaves. Financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, 2014-2016. 2) H2020-MG-2015-690819 Super-Icephobic Surfaces to Prevent Ice Formation on Aircraft – PHOBIC2ICE, 2016-2019 3) AVT-299-RTG: “Assessment of Anti-Icing and De-Icing Technologies for Air and Sea Vehicles”, del Panel AVT “Applied Vehicle Technology” de la STO de la OTAN. 2017-2020
C3.4	Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH	Reemplazo de recubrimientos de Cr duro y de Cd en trenes de aterrizaje	1) CIT-370200-2005-18 “Recubrimientos Alternativos a los de Metales Pesados Contaminantes del Medioambiente (RAMPE)”. Ministerio de Educación y Ciencia. 01-01-05/31-12-08 2) CIT-370200-2007-14 “Alternativas Electroquímicas, Láser CVD y EOP para la Generación y Mejora de recubrimientos sustitutivos de los de los Metales Pesados (ALELLA)”. Ministerio de Educación y Ciencia. 01-01-07/31-12-08 3) A. Agüero, F. Camón, J.C. del Hoyo, J. García de Blas, R. Muelas, A. Santaballa, P. Vallés and S. Ulargui. “HVOF Deposited WC-CoCr as Replacement for Hard Cr in Landing Gear Actuators”, Journal of Thermal Spray Technology, 20 pp. 1292-1309 (2011). 4) A. Agüero, M. Gutiérrez, M. García, J. García de Blas, L. Madueño, J. C. del Hoyo and S. Ulargui, “Al Slurry Coatings to Replace Cd for Aeronautic Applications”, Surface & Coatings Technology, 213 pp. 229-238 (2012). 5) AVT-114/RTG-034, “Environmentally compliant materials associated with military vehicles” del Panel AVT “Applied vehicle technology” de la RTO de la OTAN (30-03-04).
C3.5	Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos	Métodos certificables de reparación de estructuras primarias mediante parches encolados (incluyendo métodos de preparación superficial)	Proyecto PATCHBOND No. B1324 GEM1 GP
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM-)	SHM en estructuras aeroespaciales de material compuesto CFRP	Proyecto Inesasse: TRA2014-58263-C2-1-R Se están desarrollando técnicas de integración de sensores de fibra óptica y su interrogación con fines de monitorizar la salud de las estructuras desde su fabricación hasta su fin de vida. Referencias son varios artículos en revista como por ejemplo:

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
			1. A. Güemes , J.M. Menendez, Malte Frövel, I. Fernandez, J.M. Pintado; "Experimental analysis of buckling in aircraft skin panels by fiber optic sensors"; Journal Smart Materials and Structures, Vol.10, Nº3, 2.45 Impact Factor, Q1, June, 2001 2. M. Frövel, G. Carrión, J. M. Pintado, J. Cabezas, F. Cabrerizo; "Health and Usage Monitoring of INTA unmanned Vehicles", Structural Health Monitoring Journal, Print ISSN: 1475-9217, DOI: 10.1177/1475921716676992, Q1, 2016 WEB PAGE
D2.2	Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto	Métodos certificables de reparación de estructuras primarias mediante parches encolados	Proyecto PATCHBOND No. B1324 GEM1 GP

A12. Líneas de investigación de MGEP/MU

Contacto: Pedro José Arrazola Arriola (pjarrazola@mondragon.edu)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.1	Materiales avanzados para procesos de infusión de resina	1. Cero defectos en RTM mediante conceptos Industry 4.0 (Simulación, monitorizado, procesos adaptativos...) 2. Procesos de impregnación rápida (Compression RTM)	1. ELKARTEK (RTM 4.0) 2. ETORGAI (INNGAS); Tesis Doctoral Maider Baskaran
A1.6	Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas	1. CFRP para automoción (Epoxyes reactivas y NCF-50k)	1. EUROSTARS (ADVANCRTM)
A1.8	Termoplásticos	1. RTM de matrices termoplásticas	1. CENIT (TARGET); Tesis Doctoral Asier Agirregomezhorta
A2.1	Aluminiuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia	1- Mecanizado considerando aspectos de integridad superficial 2- Microfusión de piezas	1- Proyectos H2020 (MMTECH), Hazitek (Taldea)....
A2.2	Materiales metálicos estructurales	1- Reducción de distorsiones en piezas estructurales de aluminio	1- Proyecto CIEN (Temprocen)....
A2.3	Aleaciones con memoria de forma	1. Morphing de Fibre-Metal-Laminates (FML) en base a SMA 2. Mejora de las propiedades a impacto de CFRP mediante SMA	1. Tesis Doctoral Jon Ander Aracama 2. Tesis Doctoral Javier Zurbitu
A2.4	Aleaciones de alta temperatura	1- Mecanizado considerando aspectos de integridad superficial (Inconel 718, 718 Plus, Udimet 720...)	1- Proyectos FPVII (Enoval), CIEN (Futurave)
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	1. Simulación de RTM (digital twin model) + Caracterización de materiales (permeabilidad, curado...) 2. Simulación de laminados	1. RTM 4.0 (ELKARTEK) 2. Tesis Doctoral Hartiz Zabala
C1.2	Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión	1. Pultrusión de perfiles curvos obtenidos mediante tecnologías de curado fuera del molde y sistemas de tiro con robot	1. WEEVIL (H2020); Tesis Doctoral Iosu Tena
C2.5	Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP	1. 3D printing con fibra continua de carbono/vidrio/Kevlar	1. Investigación Básica y Aplicada (ESCOM3D); Tesis Doctorales de Unai Mmorales y Mikel Iragi
C3.5	Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos	Métodos certificables de reparación de estructuras primarias mediante parches encolados (incluyendo métodos de preparación superficial)	Proyecto PATCHBOND No. B1324 GEM1 GP
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	1. Inspección del grado de curado mediante ultrasonidos sin contacto	1. AEROTRESNAK (ELKARTEK); Tesis Doctoral Ander Dominguez-Macaya

A13. Líneas de investigación de TECNALIA

Contacto: Javier Coletto Fiaño (javier.coletto@tecnalia.com)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.1	Materiales avanzados para procesos de infusión de resina	- Mejora de tolerancia al daño de resinas de infusión y RTM mediante materiales incorporados en el preformado: Velos termoplásticos, hilos solubles y no solubles - Automatización del apilado y fabricación de preformas - Industrialización del proceso de infusión: Calentamiento rápido y eficiente, moldes ligeros autocalefactados, membranas autocalefactadas	- Proyectos europeos y Clean Sky: APRIL, SARISTU, LOWFLIP, GREENTOOLING, EMBROIDERY - Proyectos nacionales y regionales con empresas: CENIT PROSAVE2, SINTONIA, ATEA-AERO
A1.2	Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos	- Desarrollo de semielaborados de nanomateriales buckypapers de CNT como facilitadores de integración de nanomateriales en producto final - Integración de semielaborados de nanomateriales en resinas de infusión y RTM y preimpregnados	- Proyectos europeos: IAPETUS, LAYSA, ELECTRICAL, SARISTU, PLATFORM,
A1.3	Materiales compuestos de bajo coste	- Desarrollo de procesos fuera de autoclave automatizados, flexibles, con alto nivel de integración, eficientes y competitivos en costes	- Proyectos europeos: LOWFLIP - Proyecto interno TECNACOMP
A1.5	Resistencia a impacto mediante la adición de nanocompuestos en estructuras de CFRP	- Desarrollo de semielaborados de nanomateriales (velos termoplásticos, buckypapers de CNT, masterbatches...) como facilitadores de integración de nanomateriales en producto final - Integración de semielaborados de nanomateriales en resinas de infusión y RTM y preimpregnados	- Proyectos europeos: SARISTU, PLATFORM, ELECTRICAL - Proyectos internos Tecnalia: ACTIMAT
A1.6	Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas	- Desarrollo de procesos fuera de autoclave automatizados, flexibles, con alto nivel de integración, eficientes y competitivos en costes	- Proyectos europeos: LOWFLIP - Proyecto interno TECNACOMP - Proyectos europeos y con empresas en otros sectores como automoción y ferrocarril: PIVOT, ECOVOSS,
A2.1	Aluminiuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia	Caracterización Microestructural y Mecánica de Aluminiuros de Ti	Proyecto europeo: FESTIP
A2.2	Materiales metálicos estructurales	Nano-tecnología aplicada a la fabricación de materiales metálicos Conformado en caliente de nuevas aleaciones de aluminio Desarrollo de procesos de AM de alta tasa de deposición: WAMM ti, Laser cladding, cold spray	Proyectos europeos: Bionic aircraft, AMAZE Clean Sky
A2.4	Aleaciones de alta temperatura	Procesos avanzados de pulvimetalurgia: · Tecnologías de conformado PIM, MIM, CIM · Tecnologías de sinterización. Press Sintering: HP, EDS, SPS / Presureless sintering · Procesos de microondas	- Proyectos europeos: SUPREME, C3CHARME, BIOTIP - Proyectos europeos: EXOMET, POWERDRIVE, EFFIPRO, CONSOLEC - Proyectos europeos: HELM
A3.1	Membranas para separación de gases	Desarrollo de membranas poliméricas huecas para OBIGGS	Proyectos nacionales con empresas: PROSAVE2 Proyectos europeos: DEMCAMER, M4CO2, REFORCELL Proyectos nacionales con empresas: PROSAVE2 Proyectos europeos: DEMCAMER, M4CO2, REFORCELL
A3.3	Materiales de control térmico	· Soluciones para gestión térmica en electrónica de potencia · Sistemas de protección térmica a alta temperatura TPS	· Proyectos europeos: AGAPAC, RAPIDHEAT. Proyecto ESA: LOOPHEATPIPES · Proyectos europeos: SMARTEES, HYDRA, THOR

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A4.1	Materiales compuestos multifuncionales	- Desarrollo de semielaborados de nanomateriales (velos termoplásticos, buckypapers de CNT, masterbatches...) como facilitadores de integración de nanomateriales en producto final de CFRP - Desarrollo de recubrimientos funcionales mediante nanotecnología - Desarrollo de superficies nano-microtexturizadas - Desarrollo de circuitos impresos y su integración en estructuras de material compuesto. - Integración de semielaborados de nanomateriales en resinas de infusión y RTM y preimpregnados - Desarrollo de estructuras y housings multifuncionales: Integración de elementos como baterías, antenas, electrónica, celdas fotovoltaicas, sensores de fibra óptica, etc	Proyectos europeos y Clean Sky: PLATFORM, ELECTRICAL, SARISTU, LAYSA, LIGHTBOX, SEALED BOX, INSPIRED, ROVE,
A4.2	Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas	- Desarrollo de buckypapers de CNT y masterbatches como facilitadores de integración de nanomateriales en producto final de CFRP - Integración de semielaborados de nanomateriales en resinas de infusión y RTM y preimpregnados	Proyectos europeos : PLATFORM, ELECTRICAL, SARISTU, LAYSA
A4.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	Desarrollo de nanocomposites y nanocoatings de grafeno para mejora de conductividad térmica (alta disipación térmica en estructuras de espacio, cajas de aviónica, etc.)	Proyectos europeos y ESA: ROVE, Thercobox.
A4.4	Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF	- Desarrollo de buckypapers de CNT y masterbatches como facilitadores de integración de nanomateriales en producto final de CFRP - Integración de semielaborados de nanomateriales en resinas de infusión y RTM y preimpregnados	Proyectos europeos : PLATFORM, ELECTRICAL, SARISTU, LAYSA
A4.5	Materiales capaces de almacenar energía y luego liberarla en despliegues	Desarrollo de materiales de cambio de fase	PCMAT
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	- Diseño, calculo y optimización de componentes en composite - Análisis y simulación funcional de componentes - Modelizado de procesos de compuesto: curado, inyección, preformado - Caracterización de variables de proceso para alimentar herramientas de simulación	Proyectos europeos: COMPROME, LOWFLIP Proyectos nacionales y regionales con empresa: PROSAVE2, SINTONIA, ICARO, ATEA-AERO, PIVOT, ESTAVRIL
C1.1	Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados	- Desarrollo de procesos fuera de autoclave automatizados, flexibles, con alto nivel de integración, eficientes y competitivos en costes - Industrialización del proceso de infusión: Calentamiento rápido y eficiente, moldes ligeros autocalefactados, membranas autocalefactadas	- Proyectos europeos: LOWFLIP, GREENTOOLING, EMBROIDERY
C2.1	Corte de tejidos secos para preformas y mecanizado de laminados	corte de fibra seca mediante US corte y mecanizado mediante WJ	Proyectos privados con empresas

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
	de materiales compuestos mediante laser		
C2.2	Angulares de material compuesto	mejora de propiedades interlaminares mediante stitching/ tufting	Proyectos regionales y nacionales con empresas: SINTONIA, PROSAVE 2, ATEA-AERO
C2.5	Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP	desarrollo de preformas net shape mediante TFP	Proyectos europeos: Embroidery.
C3.2	Texturizado superficial de materiales compuestos y metálicos mediante láser para reducir la resistencia aerodinámica	· Desarrollo de superficies nano-microtexturizadas para modificar tensión superficial y retardar formación de hielo.	Proyectos europeos: SUNPILOT, FRONTIER
C3.4	Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH	· Fabricación/ reparación aditiva (Cu, CoNiCrAlY, SS, Al, Inconel) · Procesos y equipos innovadores (HFPD, HVO/AF, OFI, coldspray) · Recubrimientos (Cermets, anitwear, SOCs, TBCs)	Proyectos europeos: TRANSFROND Y BIONIC AIRCRAFT
C3.5	Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos	· Activación de superficies de composite mediante plasma. WJ.	Proyectos europeos: INSPIRED
C4.1	Uniones de materiales disimilares	Laser Brazing / Difusion Bonding. Desarrollo/modificación de adhesivos y Uniones adhesivas Simulación modelización y caracterización de uniones Combinación de procesos	Proyectos europeos: Ybridio Proyectos internos: Multimat Proyectos nacionales y regionales privados con empresas: Ecovoss, ULTRALI
C4.2	Uniones híbridas Ti/CFRP	· Dispositivos específicos para taladrado y remachado aeronáutico. · Inteligencia en procesos de remachado fase remachado: calidad del remache instalado.	Proyectos nacionales privados con empresas: Temprocen
C4.3	Desarrollo y utilización de remaches ciegos de alta resistencia	· Procesos de remachado aeronáutico · Inteligencia en procesos de remachado fase taladrado: control del espesor, control de la profundidad de avellanado, control del diámetro, etc	Clean Sky: Blindfast
C4.4	Elementos de unión estructural en CFRP	Desarrollo de estructuras con alto nivel de integración: proceso de cocurado, encolado, RTM /infusion one shot, stitching/tufting. Caracterización mecánica de uniones.	Proyectos nacionales y regionales privados con empresas: ATEA-AERO
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	· Integración de sistemas de captura de datos en las diferentes etapas del proceso RTM. Preformado, inyección, curado	Proyectos europeos: Comprome, Senario, Iremo Proyectos nacionales privados con empresas: Sintonia Proyectos internos: RTM 4.0
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM–)	· Métodos y modelos para diagnóstico y prognosis (detección y predicción de fallos) de proceso de fabricación de compuesto Integración de sensores de fibra óptica en el proceso de fabricación de compuestos	Proyectos europeos y Clean Sky: REMFOS
E1	Reusado, reciclado de prepregs de fibra de carbono y resina epoxi	Desarrollo de tecnologías de reciclado y reutilización de compuestos. Desarrollo de nuevas aplicaciones con fibra reciclada.	Proyectos europeos: FIBEREUSE

A14. Líneas de investigación de TECNATOM

Contacto: Fernando Ojeda (fojeda@tecnatom.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
B3	Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos	Empleo de tecnología y ciencia de datos para optimización de procesos de fabricación	Proyectos basados en "machine learning" y Big Data para análisis automático Proyectos de sensorización y monitorización de diversos procesos industriales
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	Técnicas de inspección en seco para monitorización online de procesos de fabricación convencional y aditiva (LUT, TIR, AUT, ET, Speckle, Shearografía, XRT, VT, etc.)	Proyecto COMMUNION
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM–)	Sensorización y monitorización de componentes y explotación de los datos mediante tecnologías digitales	Diversos proyectos en el sector aeronáutico, industrial y nuclear



Equipo de NDI. TECNATOM

A15. Líneas de investigación de GME/Universidad de La Coruña

Contacto: Santiago Hernández Ibáñez (santiago.hernandez@udc.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Diseño óptimo probabilista de laminados de material compuesto. Cuantificación y propagación de la incertidumbre en la respuesta mecánica de materiales compuestos.	"Failure analysis of variable stiffness composite plates using continuum damage mechanics models"; A.Soriano, J.Díaz; Composite Structures Vol 184, Jan 2018, pp. 1071-1080. "Reliability-based design optimization of composite stiffened panels in post-buckling regime"; C. López, O. Bacarreza, A. Baldomir, S. Hernández, M.H. Ferri Aliabadi; Structural and Multidisciplinary Optimization, Vol 55(3), March 2017, pp. 1121-1141. "Efficient methodologies for reliability-based design optimization of composite panels"; J.Díaz, M.Cid, S.Hernández; Advances in Engineering Software. Vol 93, March 2016, pp. 9-21.

A16. Líneas de investigación de la Universidad Politécnica de Cataluña

Contacto: Juan Carlos Cante (juan.cante@upc.edu)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Diseño Computacional de materiales compuestos. Técnicas numéricas de multiescala. Técnicas numéricas de optimización de parámetros.	1) http://www.compdesmat.com/ 2) http://www.cimne.com/vpage/2/0/Research/Lines/rl05 3) http://www.cimne.com/vpage/2/0/Research/Lines/rl06
B3	Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos	Diseño Computacional de nuevos materiales. Análisis multiescala. Optimización topológica. Computación paralela y modelos reducidos.	1) http://www.compdesmat.com/ 2) www.cimne.es 3) https://www.lacan.upc.edu/

A17. Líneas de investigación de la Universidad Politécnica de Madrid

Contacto: Gustavo Alonso Rodrigo (gustavo.alonso@upm.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.1	Materiales avanzados para procesos de infusión de resina	Monitorización del flujo y del curado de la resina de resina	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A1.2	Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos	Curado UV mediante la adición de nanopartículas	www.dmpa.upm.es
A1.3	Materiales compuestos de bajo coste	Materiales Biodegradables para aplicaciones estructurales	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A1.5	Resistencia a impacto mediante la adición de nanocompuestos en estructuras de CFRP	Detección de impacto mediante nanopartículas	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A1.6	Materiales de baja temperatura de curado y altas prestaciones mecánicas	Caracterización de materiales preimpregnados de curado fuera de autoclave (AoA)	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A1.7	Laminados CFRP ultra-finos	Optimización mediante laminados de bajo espesor	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A1.8	Termoplásticos	Simulación y caracterización de procesos de consolidación in situ	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A2.1	Aluminiuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia	Materiales de alta temperatura para motores	www.dmpa.upm.es
A2.2	Materiales metálicos estructurales	Materiales de alta temperatura para motores	www.dmpa.upm.es
A2.3	Aleaciones con memoria de forma	Morphing mediante SMA embebidos en CFRP	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A2.4	Aleaciones de alta temperatura	Materiales de alta temperatura para motores	www.dmpa.upm.es
A3.3	Materiales de control térmico	Mejora de conductividad térmica mediante nanopartículas	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A4.1	Materiales compuestos multifuncionales	Materiales Compuestos con sensores de fibra óptica integrados/Structural Health Monitoring (SHM)	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A4.2	Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas	Estudio de nanomateriales para impacto de rayos	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A4.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	Dopado de termoplásticos para la realización de cajas de equipos	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A4.4	Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF	Estudio de nanomateriales para RF	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
A4.5	Materiales capaces de almacenar energía y luego liberarla en despliegues	Dopado de CFRP para el almacenamiento de energía	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Modelización de procesos de curado de termoestables y termoplásticos	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
B3	Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos	Modelización de procesos de curado de termoestables y termoplásticos	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C1.1	Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados	Realización de estructuras de material compuesto para UAV OoA	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
C1.2	Fabricación de perfiles de material compuesto mediante pultrusión	Pultrusión de tubos de sección curva	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C2.1	Corte de tejidos secos para preformas y mecanizado de laminados de materiales compuestos mediante laser	Corte de preformas mediante laser	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C2.3	Pegado de elementos externos en paneles (OSRs)	Caracterización avanzada de uniones adhesivas bajo estados complejos de cargas	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C2.4	Introducción de elementos internos en paneles (insertos, heat pipes, etc...)	Integración de sistemas en estructuras de material compuesto multifuncionales	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C2.5	Paneles de polímero reforzados con rigidizadores de CFRP	Estructuras Isogrid para aplicaciones aeroespaciales	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C3.1	Tratamiento superficial de materiales compuestos mediante láser para procesos de pintado	Preparación superficial de adhesivos mediante plasma	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C3.3	Curado de sellantes bajo demanda. Curado mediante radiación UV	Curado de resinas termoestables con UV para laminados	www.dmpa.upm.es
C3.4	Tratamientos superficiales resistentes a la corrosión y el desgaste que cumplan REACH	Materiales compuestos biodegradables	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C3.5	Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos	Preparación superficial de adhesivos mediante plasma	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C3.6	Tratamiento superficial de piezas de material compuesto curadas mediante láser para procesos de encolado	Preparación superficial de adhesivos mediante plasma	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C4.1	Uniones de materiales disimilares	Medida de esfuerzos residuales	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
C4.2	Uniones híbridas Ti/CFRP	Medida de esfuerzos residuales	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
D1.1	Inspección avanzada mediante tecnologías NDI online	Procesado de señales de phased array para la detección de arrugas	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM–)	SHM mediante PZT y FOS	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
D1.3	Empleo de nanomateriales para mejorar la técnica de ensayos no destructivos mediante el uso de Imagen por Resonancia Magnética (MRI)	SHM mediante cambios en la conductividad eléctrica de CFRP dopados con nanopartículas	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
D2.2	Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto	Calculo de reparaciones a fatiga	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
E1	Reusado, reciclado de preregs de fibra de carbono y resina epoxi	Reciclado de materiales compuestos termoestables	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/
E2	Diseño para la destrucción y su impacto en materiales espaciales	Reciclado de materiales compuestos termoestables	http://www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites/

A18. Líneas de investigación de la Universidad del País Vasco UPV/EHU

Contacto: Javier Canales Abaitua (javier.canales@ehu.eus)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.2	Empleo de nanomateriales para el curado de materiales compuestos	Composites de matriz polimérica y diversos tipos de nanopartículas. Nanocomposites basados en nanofibras sintéticas y bio-renovables.	Grupo Investigador Materiales + Tecnologías (UPV/EHU) Proyecto: MAT2014-55778-REDT Biopolímeros y Materiales compuestos sostenibles GIC12/54 Diseño y desarrollo de nuevos nanomateriales
A1.3	Materiales compuestos de bajo coste	Aleaciones metálicas y materiales compuestos biodegradables	Grupo de Investigación de Química Macromolecular UPV/EHU. Proyecto Biosua 2011 (Desarrollo de Composites Materiales que cumplan la normativa al fuego en el Sector del Transporte)
A1.4	Empleo de nanomateriales para la mejora de núcleos de tipo espuma empleados en paneles sándwich	Nanocomposites basados en nanofibras sintéticas y bio-renovables	Grupo Materiales + Tecnologías (UPV/EHU) Proyecto: MAT2014-55778-REDT Biopolímeros y Materiales compuestos sostenibles GIC12/54 Diseño y desarrollo de nuevos nanomateriales
A1.5	Resistencia a impacto mediante la adición de nanocompuestos en estructuras de CFRP	Nanocomposites basados en nanofibras sintéticas y bio-renovables. Comportamiento mecánico y a fractura interlaminar de materiales compuestos de fibra larga	Grupo Investigación Materiales + Tecnologías (UPV/EHU) Proyecto: MAT2014-55778-REDT Biopolímeros y Materiales compuestos sostenibles. Grupo Investigación en Ciencia e Ingeniería de Biomateriales Poliméricos. Proyecto Mineco: "Materiales termoplásticos nanoreforzados"
A1.8	Termoplásticos	(1) Polímeros con memoria de forma. (2) Transformación, fabricación y técnicas de caracterización de materiales plásticos y composites. Diseño del proceso y optimización de las formulaciones y condiciones de procesamiento en función del material a fabricar.	(1) ACTIMAT (Active Material - "Materiales Inteligentes sensores y actuadores aplicados a estructuras y procesos inteligentes"); 2008/10. Ministerio de Ciencia e Innovación y la Unión Europea a través del Programa Operativo de I+D+i. Laboratorio de Química Macromolecular (Dpto. de Química Física – Facultad de Ciencia y Tecnología UPV/EHU); Grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos, (Dpto. Electricidad y Electrónica – Facultad de Ciencia y Tecnología UPV/EHU); Grupo de Investigación en Metalurgia Física de la UPV/EHU. Síntesis, modificación y análisis de materiales poliméricos. Materiales poliméricos inteligentes. Superficies inteligentes (2013). (2) Grupo Investigación en Ciencia e Ingeniería de Biomateriales Poliméricos. Proyecto Mineco: "Materiales termoplásticos nanoreforzados"
A2.1	Aluminiuros de titanio gamma para turbinas de presión intermedia	Obtención y caracterización de aleaciones basadas en g-TiAl mediante métodos pulvimetalúrgicos	Tesis doctoral. Departamento: Física de la materia condensada. 2014
A2.2	Materiales metálicos estructurales	Materiales metálicos para fabricación aditiva	Grupo Fabricación Alto Rendimiento. CFAA: Relación microestructura-proceso-comportamiento en servicio de elementos obtenidos por fabricación aditiva. " tesis Doctorales en curso: Aleaciones Níquel y Aleaciones Titanio
A2.3	Aleaciones con memoria de forma	Materiales activos o inteligentes: materiales con propiedades cruzadas como piezoeléctricos, magnetostrictivos, con memoria de forma, magnetocalóricos, multiferroicos, etc., así como sus aplicaciones en dispositivos y sistemas inteligentes.	Equipo de Investigación MOF-POM, Equipo de Investigación de Estado Sólido y Materiales, Equipo de Investigación de Instrumentación y Control, Equipo de Investigación de Magnetismo y Materiales Magnéticos, Equipo de Investigación de Química Macromolecular, Equipo de Investigación en Materiales Cristalinos (UPV/EHU). - ACTIMAT (Active Material - "Materiales Inteligentes sensores y actuadores aplicados a estructuras y procesos inteligentes"); 2008/10. Ministerio de Ciencia e Innovación y la Unión Europea a través del Programa Operativo de I+D+i. Laboratorio de Química Macromolecular (Dpto. de Química Física – Facultad de Ciencia y Tecnología UPV/EHU); Grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos, (Dpto. Electricidad y Electrónica

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
			– Facultad de Ciencia y Tecnología UPV/EHU); Grupo de Investigación en Metalurgia Física de la UPV/EHU. - Estudio termodinámico y microestructural de efectos de memoria térmica en transformaciones martensíticas de aleaciones con memoria de forma de CU-AL-NI Tesis doctoral. Departamento Física de la materia condensada. 2010
A2.4	Aleaciones de alta temperatura	Materiales metálicos para fabricación aditiva	Grupo Fabricación Alto Rendimiento. CFAA: Relación microestructura-proceso-comportamiento en servicio de elementos obtenidos por fabricación aditiva. " tesis Doctorales en curso: Aleaciones Niquel y Aleaciones Titanio Grupo En Ciencia e Ingeniería de Materiales. Tesis en Curso: "Desarrollo de Componentes Aeroespaciales de Alto Valor mediante fabricación aditiva"
A3.2	Aerogeles	Aerogeles metal-orgánicos	Startup Poretune. Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencia y Tecnología (UPC/EHU). Aplicaciones de un nuevo material metal-orgánico, poroso, nano-estructurado, ultraligero, semiconductor, con elevada estabilidad química y amplias capacidades catalíticas para su aplicación en campos relacionados con la industria de la automoción, aeronáutica, el medioambiente y la energía
A4.2	Empleo de nanomateriales para sustituir materiales conductivos como las mallas metálicas	(1) Materiales activos o inteligentes: materiales con propiedades cruzadas como piezoeléctricos, magnetostrictivos, con memoria de forma, magnetocalóricos, multiferroicos, etc., así como sus aplicaciones en dispositivos y sistemas inteligentes. (2) Materiales funcionales avanzados: materiales con comportamiento dieléctrico, magnético, semiconductor, superconductor, óptico, mecánico y térmico destacados así como sus aplicaciones en electrónica, energía, transporte, catálisis, biomedicina, etc (3) Nanomateriales: en forma de granos, hilos o láminas, que presenten funcionalidades específicas de sus dimensiones, así como las técnicas de preparación y caracterización específicas y sus posibles aplicaciones en cualquier campo de actividad.	"Materiales Nanoestructurados de Interés Tecnológico y Biomédico" Ministerio de Economía y Competitividad, MAT2010-19442 Equipo de Investigación MOF-POM, Equipo de Investigación de Estado Sólido y Materiales, Equipo de Investigación de Instrumentación y Control, Equipo de Investigación de Magnetismo y Materiales Magnéticos, Equipo de Investigación de Química Macromolecular, Equipo de Investigación en Materiales Cristalinos (UPV/EHU).
A4.3	Empleo de nanomateriales para mejorar conductividad térmica	(1) Materiales activos o inteligentes: materiales con propiedades cruzadas como piezoeléctricos, magnetostrictivos, con memoria de forma, magnetocalóricos, multiferroicos, etc., así como sus aplicaciones en dispositivos y sistemas inteligentes. (2) Materiales funcionales avanzados: materiales con comportamiento dieléctrico, magnético, semiconductor, superconductor, óptico, mecánico y térmico destacados así como sus aplicaciones en electrónica, energía, transporte, catálisis, biomedicina, etc (3) Nanomateriales: en forma de granos, hilos o láminas, que presenten funcionalidades específicas de sus dimensiones, así	"Materiales Nanoestructurados de Interés Tecnológico y Biomédico" Ministerio de Economía y Competitividad, MAT2010-19442 Equipo de Investigación MOF-POM, Equipo de Investigación de Estado Sólido y Materiales, Equipo de Investigación de Instrumentación y Control, Equipo de Investigación de Magnetismo y Materiales Magnéticos, Equipo de Investigación de Química Macromolecular, Equipo de Investigación en Materiales Cristalinos (UPV/EHU).

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		como las técnicas de preparación y caracterización específicas y sus posibles aplicaciones en cualquier campo de actividad.	
A4.4	Empleo de nanomateriales para mejorar prestaciones RF	(1) Materiales activos o inteligentes: materiales con propiedades cruzadas como piezoeléctricos, magnetostrictivos, con memoria de forma, magnetocalóricos, multiferroicos, etc., así como sus aplicaciones en dispositivos y sistemas inteligentes. (2) Materiales activos o inteligentes: materiales con propiedades cruzadas como piezoeléctricos, magnetostrictivos, con memoria de forma, magnetocalóricos, multiferroicos, etc., así como sus aplicaciones en dispositivos y sistemas inteligentes. (3) Nanomateriales: en forma de granos, hilos o láminas, que presenten funcionalidades específicas de sus dimensiones, así como las técnicas de preparación y caracterización específicas y sus posibles aplicaciones en cualquier campo de actividad.	"Materiales Nanoestructurados de Interés Tecnológico y Biomédico" Ministerio de Economía y Competitividad, MAT2010-19442 Equipo de Investigación MOF-POM, Equipo de Investigación de Estado Sólido y Materiales, Equipo de Investigación de Instrumentación y Control, Equipo de Investigación de Magnetismo y Materiales Magnéticos, Equipo de Investigación de Química Macromolecular, Equipo de Investigación en Materiales Cristalinos (UPV/EHU).
A4.5	Materiales capaces de almacenar energía y luego liberarla en despliegues	Materiales nanoestructurados de interés tecnológico y biomédico.	UFI "MANATEC" UPV/EHU: Desarrollo de materiales avanzados para la generación, almacenamiento y liberación eficiente de energía. MINECO MAT2013-42092-R Grupo de Investigación de Química Macromolecular UPV/EHU Nuevos piezo-polímeros para el desarrollo de composites magnetoeléctricos en aplicaciones de transformación de energía (PIEZOPOL) (2011).
B3	Ingeniería de materiales computacional y modelado de procesos	Fabricación de alto rendimiento / Fabricación virtual	Grupo FAR (UPV/EHU) Proyecto Estrateus / Fabricación Virtual. Programa ELKARTEK, Gobierno Vasco. 2014/16.
C2.1	Corte de tejidos secos para preformas y mecanizado de laminados de materiales compuestos mediante laser	Fabricación de alto rendimiento / Procesos láser. Cinemática teórica y computacional de mecanismos y robots paralelos. Aplicaciones industriales de sistemas mecánicos y de robótica paralela.	Grupo FAR (UPV/EHU) Proyecto InProRet 1 y 2 / Corte láser. Programa ETORTEK, Gobierno Vasco. 2013/15. Grupo COMPMECH (UPV/EHU)
C3.5	Tecnologías innovadoras de preparación superficial previa al encolado estructural de materiales compuestos	Fabricación de alto rendimiento / Texturización láser	Grupo FAR (UPV/EHU) Proyecto InProRet 1 y 2 / Texturización superficial mediante mecanizado o láser. Programa ETORTEK, Gobierno Vasco. 2013/15.
C3.6	Tratamiento superficial de piezas de material compuesto curadas mediante láser para procesos de encolado	Fabricación de alto rendimiento / Texturización láser	Grupo FAR (UPV/EHU) Proyecto InProRet 1 y 2 / Texturización superficial mediante mecanizado o láser. Programa ETORTEK, Gobierno Vasco. 2013/15.
C4.1	Uniones de materiales disimilares	Fabricación de alto rendimiento / Procesos de taladrado y remachado	Grupo FAR (UPV/EHU). Proyecto BARAUTSA: UNA FAMILIA DE SOLUCIONES DE TALADRADO PARA SUBMONTAJES ESTRUCTURALES AERONÁUTICOS. Programa GAITEK, Gobierno Vasco. 2013/14 Proyecto UNHIMEC: NUEVA FAMILIA DE SUBESTRUCTURAS AERONÁUTICAS CON UNIONES HÍBRIDAS METAL/COMPUESTO. Programa GAITEK, Gobierno Vasco. 2014/16
C4.2	Uniones híbridas Ti/CFRP	Fabricación de alto rendimiento / Procesos de taladrado y remachado	Grupo FAR (UPV/EHU). Proyecto BARAUTSA: UNA FAMILIA DE SOLUCIONES DE TALADRADO PARA SUBMONTAJES ESTRUCTURALES

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
			AERONÁUTICOS. Programa GAITEK, Gobierno Vasco. 2013/14 Proyecto UNHIMEC: NUEVA FAMILIA DE SUBESTRUCTURAS AERONÁUTICAS CON UNIONES HÍBRIDAS METAL/COMPUESTO. Programa GAITEK, Gobierno Vasco. 2014/16
D1.2	Monitorización continua de la salud en la estructura de los materiales compuestos (Structural Health Monitoring –SHM-)	Desarrollo de sistemas electrónicos: - Monitorización de estructuras (Structural Health Monitoring) - Energy harvesting - Otros: radar virtual (ADS-B), comunicaciones	Colaboraciones: Aernnova, AIRBUS, Boeing Research & Technology Europe, CTA, Tecnalia, UPM
D2.Y	Reparaciones de componentes de motor en aleación de níquel	Fabricación de Alto Rendimiento / Láser cladding	Tesis doctoral de M. Renderos. Comportamiento en servicio de componentes reparados por láser cladding - Relación proceso, microestructura y comportamiento en fatiga. Defensa junio 2018.
E1	Reusado, reciclado de prepregs de fibra de carbono y resina epoxi	Desarrollo de procesos termoquímicos para el reciclado de residuos orgánicos	Grupo Ingeniería de Procesos Sostenibles Reciclado de diferentes residuos de materiales compuestos de fibra de carbono. Congreso Nacional de Materiales (CNMAT2016) Departamento: Ingeniería Química y del Medio Ambiente

NOTA: La prioridad D2.Y no existe en el documento. Se ha mantenido aquí por si las industrias de la PAE la considerasen como tal en una edición futura de este documento.

A19. Líneas de investigación de la Universidad de Sevilla

Contacto: Alberto Barroso Caro (abc@us.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1.1	Materiales avanzados para procesos de infusión de resina	Fabricación con fibra de basalto en procesos de infusión de resina	Se está estudiando, junto con el equipo de formula Student, la aplicabilidad de la fibra de basalto a materiales compuestos fabricados con infusión para aplicaciones estructurales
A1.7	Laminados CFRP ultra-finos	Fabricación y caracterización de laminados de material compuesto a partir de láminas ultradelgadas	https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/48842
A1.8	Termoplásticos	Fabricación de piezas de material compuesto de matriz termoplástica mediante técnicas de fabricación aditiva	REFERENCIA
B2	Simulación matemática y computacional de materiales compuestos y procesos de fabricación aeroespacial	Criterios de fallo, comportamiento en servicio, vida a fatiga, postpandeo, simulación de procesos de fabricación, estudio de spring-back	https://link.springer.com/article/10.1007/s12289-014-1194-7 REFERENCIA 1 REFERENCIA 2
C1.1	Procesado fuera de autoclave de materiales preimpregnados	Compactación por ultrasonidos y curado con cañón de electrones. Fabricación con impresión 3D.	REFERENCIA
C4.1	Uniones de materiales disimilares	Modelos de fallo en uniones de materiales compuestos mediante el enfoque de tensiones singulares.	REFERENCIA
D2.2	Reparaciones estructurales y encoladas de piezas de material compuesto	Optimización de técnicas de reparación tradicionales y estudio de nuevas técnicas de reparación con tecnologías de fabricación aditiva.	Participación en el proyecto i-Repair financiado por la CTA.

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

