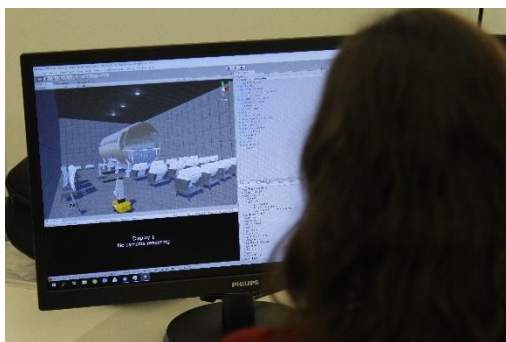
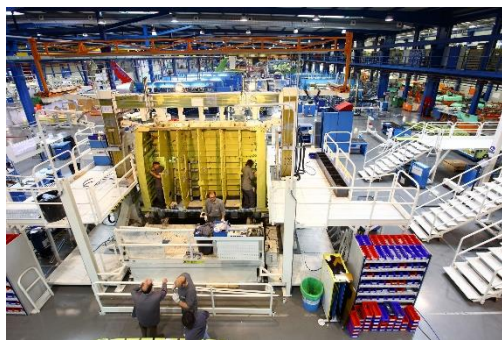


PRIORIDADES DE I+D+i EN FABRICACIÓN AVANZADA DEL SECTOR AEROESPACIAL



Índice

Índice,	2
Control de configuración,	4
Resumen ejecutivo,	7
Introducción,	8
Documentos de referencia,	10
Clasificación de las prioridades de I+D+I,	11
Descripción de prioridades de I+D,	13
<p>A) PROCESOS DE FABRICACIÓN CON MATERIALES COMPUESTOS</p> <p>A1. Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales termoestables</p> <p>A2. Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales termoplásticos</p> <p>A3. Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia</p> <p>A4. Fabricación en continuo de perfiles termoplásticos</p> <p>A5. Industrialización del proceso de consolidación in-situ para termoplástico</p> <p>A6. Soldadura de termoplásticos</p> <p>A7. Desarrollo de materiales avanzados OoA para estructuras de material compuesto en el sector <i>NewSpace</i></p> <p>A8. Estrategias de laminación con secuencias no tradicionales</p>	
<p>B) PROCESOS DE FABRICACIÓN DE ALEACIONES METÁLICAS AVANZADAS</p> <p>B1. Simulación numérica, desarrollo y validación de procesos de fabricación <i>near-net-shape</i></p> <p>B2. Tecnologías de mecanizado y máquina herramienta</p> <p>B3. Tecnologías de unión y postprocesos</p> <p>B4. Procesos de conformado e hidroconformado</p>	
<p>C) PROCESOS DE INSPECCIÓN</p> <p>C1. Optimización de la inspección en termo-estables y termoplásticos</p> <p>C2. Medición de gap entre piezas</p> <p>C3. Tecnologías de ensayos no destructivos</p> <p>C4. Metrología e inspección de precisión</p>	
<p>D) ROBOTIZACIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y DIGITALIZACIÓN</p> <p>D1. Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos</p> <p>D2. Fabricación aditiva en el espacio con materiales compuestos</p> <p>D3. Control de parámetros de taladrado inteligentes</p> <p>D4. Automatización de operaciones de montaje en pequeñas aeroestructuras de baja cadencia</p> <p>D5. Fabricación aditiva Multi-Material</p> <p>D6. Análisis virtual de procesos de fabricación: <i>Digital Twin</i></p>	

[D7. Fabricación aditiva metálica](#)

[D8. Automatización de procesos de acabado de piezas metálicas fabricadas](#)

E) RECICLADO Y FABRICACIÓN SOSTENIBLE


[E1. Reciclado de residuos procedentes de scrap de fibra de carbono termoestable /termoplástica y de materiales auxiliares para la fabricación del composite](#)

[E2. Fabricación fuera de autoclave](#)

[E3. Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave](#)

[E4. Eliminación de residuos en producción de aleaciones y materiales avanzados](#)

Hoja de ruta de las prioridades de I+D en Fabricación Avanzada	43
Resumen de las líneas de I+D de Centros Tecnológicos y Universidades	44
Anexo 1: Líneas de I+D correlacionadas con prioridades industriales	45
Anexo 2: Líneas de Actuación Tecnológica de la AEIA relacionadas con la Fabricación Avanzada	71

Nota sobre los vínculos que aparecen en este documento: Hay una serie de vínculos que redirigen a otra parte del documento: en ese caso, para volver al lugar en donde se estaba hay que pulsar simultáneamente las teclas **alt** y 

Control de configuración

Autores	Edición	Fecha	Modificaciones
<p>ACITURRI: Ester Porras Jorge Martínez</p> <p>AERNNOVA: Miguel Ángel Castillo</p> <p>AIMPLAS: Rocío Ruiz</p> <p>AIRBUS: Carlos Flores Hernández</p> <p>AIRGRUP: Alberto Navarrete</p> <p>AIMEN: Ara Núñez Montenegro</p> <p>CEIT: Iñaki Yarza</p> <p>COMET Ingeniería: José Nieto</p> <p>EHU/CFAA: Norberto López de la Calle</p> <p>FIDAMC: Augusto Pérez Pastor</p> <p>HEROUX-DEVTEK: Pedro Imaz Mario Herrera</p> <p>ITP AERO: Alfonso Alba Bermejo</p> <p>OBUU Technology: Jesús Pérez</p> <p>UPV: Salvador Sales Maicas</p> <p>PAE: Vicente Gómez Molinero</p> <p>Coordinación: AERNNOVA (Miguel Ángel Castillo) y PAE (Vicente Gómez Molinero)</p>	1.0	marzo 2020	Edición primera: contempla prioridades industriales iniciales. Se somete a comentarios en la PAE
<p>ACITURRI: Ester Porras Jorge Martínez</p> <p>AERNNOVA: Miguel Ángel Castillo</p> <p>AIMPLAS: Rocío Ruiz</p> <p>AIRBUS: Carlos Flores Hernández</p> <p>AIRGRUP: Alberto Navarrete</p> <p>AIMEN:</p>	2.1	julio 2020	Incorpora aportaciones y líneas de investigación de diversas entidades de la PAE

Autores	Edición	Fecha	Modificaciones
<p><i>Ara Núñez Montenegro</i> CEIT: <i>Iñaki Yarza</i> COMET Ingeniería: <i>José Nieto</i> EHU/CFAA: <i>Norberto López de la Calle</i> FIDAMC: <i>Augusto Pérez Pastor</i> HEROUX-DEVTEK: <i>Pedro Imaz</i> <i>Mario Herrera</i> ITP AERO: <i>Alfonso Alba Bermejo</i> OBUU Technology: <i>Jesús Pérez</i> UPV: <i>Salvador Sales Maicas</i> PAE: <i>Vicente Gómez Molinero</i> Coordinación: <i>AERNNOVA (Miguel Ángel Castillo) y PAE (Vicente Gómez Molinero)</i></p>			
<p>ACITURRI: <i>Ester Porras</i> <i>Jorge Martínez</i> AERNNOVA: <i>Miguel Ángel Castillo</i> AIMPLAS: <i>Rocío Ruiz</i> AIRBUS: <i>Carlos Flores Hernández</i> <i>Juan Manuel Jiménez</i> AIRGRUP: <i>Alberto Navarrete</i> AIMEN: <i>Ara Núñez Montenegro</i> CEIT: <i>Iñaki Yarza</i> COMET Ingeniería: <i>José Nieto</i> EHU/CFAA: <i>Norberto López de la Calle</i> FIDAMC: <i>Augusto Pérez Pastor</i> HEROUX-DEVTEK: <i>Pedro Imaz</i> <i>Mario Herrera</i> ITP AERO: <i>Alfonso Alba Bermejo</i> OBUU Technology: <i>Jesús Pérez</i> UPV:</p>	3.0	septiembre 2020	Versión final publicada en la web de la PAE

Autores	Edición	Fecha	Modificaciones
<i>Salvador Sales Maicas</i> PAE: <i>Vicente Gómez Molinero</i> Coordinación: <i>AERNNNOVA (Miguel Ángel Castillo) y PAE (Vicente Gómez Molinero)</i>			

Resumen ejecutivo

El objetivo de este documento “Prioridades de I+D en Fabricación Avanzada del sector aeroespacial español” es doble. Por un lado, se pretende que sirva para definir un programa nacional, coordinado con las diferentes comunidades autónomas, de fabricación aeroespacial avanzada. Por otra parte, y no menos importante, es que sirva de orientación a los planes de I+D+I de las Universidades y Centros Tecnológicos que forman parte del ecosistema aeroespacial español en las temáticas relacionadas con la producción avanzada.

La industria aeroespacial es uno de los sectores económicos estratégicos en España, de alto valor añadido y que genera empleos altamente cualificados. Además, la producción aeroespacial genera un efecto de arrastre en otros sectores manufactureros, con la extensión de sus buenas prácticas.

La convergencia de los requisitos asociados a la seguridad de nuestro sector, junto con la necesidad de que sean atractivos para un mercado cada vez más exigente, suponen retos difíciles de encontrar en otros sectores. Este es el motivo por el cual la producción aeroespacial se basa en el despliegue de tecnologías de fabricación avanzadas, que son el estado del arte y de la técnica en la actualidad.

Pero la necesidad de mejorar continuamente las propuestas de valor en producción, es necesaria, no solo para robustecer nuestro sector, sino también para que las empresas crezcan y generen más puestos de trabajo cualificados.

Por otra parte, la existencia de nuevas tecnologías digitales, accesibles por igual desde distintas partes del globo, abre la competición a nuevos actores. Es una necesidad que la producción aeroespacial se abra a la investigación e innovación tecnológica asociada a los conceptos de Industria conectada 4.0.

En el momento de redactar este documento, estamos sufriendo una crisis sin precedentes, la propagación del virus COVID-19. El sector aeroespacial es uno de los sectores más afectados. Las aerolíneas de todo el mundo perderán miles de millones de euros en ingresos, lo que pone en riesgo su supervivencia, necesitarán apoyo financiero. Si hay quiebra de las aerolíneas, su impacto será inmediato y devastador en otras partes de la cadena de valor de la aviación civil ya de por sí afectada por cortes de producción, problemas de suministro, retrasos en la producción, retrasos en la entrega de aeronaves y problemas de flujo de caja. En consecuencia, a los retos y necesidades de investigación y desarrollo tecnológico se suma una situación de alta incertidumbre.

En este contexto, complejo, se ha realizado este documento en el que se define una priorización industrial para los planes de I+D+I de las entidades interesadas en el ámbito de producción aeroespacial. Estas prioridades industriales dan respuesta a los retos actuales en lo referente a mejoras de digitalización, productividad y competitividad sin olvidar la sostenibilidad de los nuevos procesos productivos. La respuesta a las prioridades se ha realizado en un formato de fichas específicas, que se han agrupado en los mismos campos que desplegó la plataforma española de fabricación avanzada [MANUKET](#).

La fabricación ha demostrado ser más resiliente frente a las crisis económicas, que otros sectores. Es el momento de apostar por la producción aeroespacial y es necesario el esfuerzo conjunto de Universidades, Centros Tecnológicos y Empresas.

Dr. Miguel Ángel Castillo Acero
Director de Desarrollo Tecnológico Aernnova
Illescas, 26 Marzo 2020

Introducción

La fabricación de elementos de aeronaves y naves espaciales es una de las principales actividades del sector aeroespacial en España. La especialización en el desarrollo de elementos estructurales y no estructurales realizados con materiales avanzados, como los materiales compuestos o las aleaciones resistentes a muy altas temperaturas en el caso de las turbinas para motores de aviación es una de las características de nuestra cadena de valor tanto en aeronáutica como en espacio.

Después de haberse fijado en una de las áreas más prometedoras de la fabricación avanzada como es la fabricación aditiva, la PAE (Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española) ha decidido preguntarse cuáles deberían ser las prioridades industriales de I+D de mayor relevancia para nuestro país en otros campos de la fabricación avanzada como antes lo hizo con las prioridades en materiales aeroespaciales [R4] y fabricación aditiva [R3].

Tradicionalmente se entiende por fabricación avanzada el conjunto de tecnologías que aplican los últimos avances en las diferentes disciplinas que confluyen en la fabricación – desde los materiales y procesos, la robótica y la automatización y la digitalización – para hacer frente a los principales retos que tiene la industria manufacturera, en nuestro caso la industria aeroespacial [R1].

Esos retos hoy en día son, entre otros:

- La reducción de costes.
- La reducción de tiempos de fabricación y de todo el ciclo de desarrollo.
- La integración y conectividad de toda la cadena de suministro.
- La integración entre los diferentes procesos que se realizan para desarrollar los productos y, en particular, la integración entre los procesos de diseño y los de fabricación, montaje y verificación.
- La flexibilidad y fácil adaptación de los procesos productivos a los cambios (de diseño – *customizaciones*, por ejemplo, de cadencias de fabricación – aumentándolas o disminuyéndolas en función de la demanda – o de cualquier otra índole).
- La modularidad de los diseños que redunde en la reducción de costes y plazos, sin perder prestaciones ni fiabilidad.
- La necesidad de avanzar continuamente hacia la fabricación con cero defectos y con cada vez mayores precisiones de acabado.
- La introducción de sistemas avanzados de metrología embebidos en los procesos productivos.
- La complejidad creciente de los productos que deben integrar procesos productivos existentes con otros muy novedosos.

Además, todos estos retos se inscriben en dos grandes corrientes que están redefiniendo el papel de la industria en general [R5] y el de la industria aeroespacial en particular:

1. El reto de la masiva **digitalización** que está introduciendo muchas tecnologías de la información y las comunicaciones para transformar los procesos productivos y permitir que cumplan con los retos anteriormente expuestos. Aquí incluimos tecnologías de gestión de la información, conectividad o monitorización y control, incluyendo las más avanzadas como: visión artificial, realidad virtual y aumentada, inteligencia artificial, aprendizaje automático (*machine learning*) y *big data* sin olvidar la ciberseguridad.

2. El reto de la **sostenibilidad** incluyendo el uso eficiente de los recursos, la disminución de las emisiones durante todo el ciclo productivo (avanzando hacia el compromiso de la neutralidad de emisiones en 2050), la disminución de residuos y el avance hacia la economía circular.

En este documento se recogen un conjunto de prioridades industriales de I+D+I en cinco grandes campos que se han considerado los más importantes: procesos avanzados de producción de materiales compuestos, procesos de fabricación de aleaciones metálicas avanzadas, procesos avanzados de inspección, implantación de la robotización, automatización y digitalización de procesos productivos y sostenibilidad y reciclado.

Aunque muchas de las prioridades definidas son aplicables tanto en el campo de la aeronáutica como en el del espacio, hay otras más específicas de cada uno de ellos tal y como se refleja en su título o contenido.

Cada prioridad definida es descrita en una ficha individual y catalogada según su impacto en el sector y su fecha deseada de disponibilidad. Con esa doble clasificación se puede establecer un orden de prioridad entre las diferentes actividades.

Además de las prioridades de I+D+I en fabricación avanzada aquí descritas, hay una serie de líneas de actuación tecnológica (LAT) en la Agenda Estratégica de I+D+I en Aeronáutica [\[R2\]](#) que tratan temas relacionados con la Fabricación Avanzada. El anexo 2 recoge el listado de esas líneas propuestas.

En la parte final del documento se detallan las líneas principales de I+D de las universidades y centros tecnológicos de la PAE en cada una de las prioridades definidas desde el punto de vista industrial.

Documentos de referencia

Los siguientes documentos se han utilizado como referencias a la hora de elaborar este trabajo:

- R1. [“Technology Roadmap of SMART”, the Eureka Advanced Manufacturing Program, published in September 8th, 2019](#)
- R2. [Agenda Estratégica de I+D+I en Aeronáutica 2019-2030 de la PAE](#), diciembre 2019.
- R3. [Prioridades industriales de I+D en Fabricación Aditiva del Sector Aeroespacial Español](#), diciembre 2019.
- R4. [Prioridades industriales de I+D en Materiales en el Sector Aeroespacial Español](#), marzo 2018.
- R5. [Un nuevo modelo de industria para Europa](#), marzo 2020.
- R6. [Equipos de innovación MANUKET](#).

Clasificación de las prioridades de I+D

Cuando se han elaborado las fichas que definen las prioridades industriales, se han definido unas categorías a las que cada ficha podía hacer referencia.

La tabla adjunta resume esa primera clasificación:

Ficha	Procesos Avanzados de Fabricación	Sistemas Inteligentes y Adaptativos	Compañías Digitales, Virtuales y Eficientes	Colaboración Hombre - Maquina	Reciclado y Fabricación Sostenible
A1	X				X
A2	X				
A3	X				X
A4	X				X
A5	X				
A6	X				X
A7	X				
A8	X	X			X
B1	X	X			X
B2	X	X			
B3	X				
B4	X				
C1		X			
C2	X				
C3	X	X	X	X	X
C4	X	X	X	X	X
D1	X	X	X	X	X
D2	X				
D3	X	X			
D4	X	X	X	X	X
D5	X	X	X		X
D6	X	X	X	X	
D7	X	X	X		X
D8	X	X	X	X	X
E1	X				X
E2	X				X
E3	X				X
E4	X	X	X		X

Las categorías que se han utilizado para esa clasificación inicial están basadas en [\[R6\]](#) y [\[R1\]](#) y son las siguientes:

- Procesos avanzados de fabricación
- Sistemas de fabricación inteligentes y adaptativos
- Compañías virtuales, digitales y eficientes
- Colaboración hombre-máquina
- Reciclado y fabricación sostenible

Las fichas se han ordenado (en función de la clasificación mostrada en la tabla) de la siguiente manera:

A) PROCESOS DE FABRICACIÓN CON MATERIALES COMPUESTOS

- [A1. Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales termoestables](#)
- [A2. Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales termoplásticos](#)
- [A3. Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia](#)
- [A4. Fabricación en continuo de perfiles termoplásticos](#)
- [A5. Industrialización del proceso de consolidación in-situ para termoplástico](#)
- [A6. Soldadura de termoplásticos](#)
- [A7. Desarrollo de materiales avanzados OoA para estructuras de material compuesto en el sector *NewSpace*](#)
- [A8. Estrategias de laminación con secuencias no tradicionales](#)

B) PROCESOS DE FABRICACIÓN DE ALEACIONES METÁLICAS AVANZADAS

- [B1. Simulación numérica, desarrollo y validación de procesos de fabricación *near-net-shape*](#)
- [B2. Tecnologías de mecanizado y máquina herramienta](#)
- [B3. Tecnologías de unión y postprocesos](#)
- [B4. Procesos de conformado e hidroconformado](#)

C) PROCESOS DE INSPECCIÓN

- [C1. Optimización de la inspección en termo-estables y termoplásticos](#)
- [C2. Medición de gap entre piezas](#)
- [C3. Tecnologías de ensayos no destructivos](#)
- [C4. Metrología e inspección de precisión](#)

D) ROBOTIZACIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y DIGITALIZACIÓN

- [D1. Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación *cero defectos*](#)
- [D2. Fabricación aditiva en el espacio con materiales compuestos](#)
- [D3. Control de parámetros de taladrado inteligentes](#)
- [D4. Automatización de operaciones de montaje en pequeñas aeroestructuras de baja cadencia](#)
- [D5. Fabricación aditiva Multi-Material](#)
- [D6. Análisis virtual de procesos de fabricación: *Digital Twin*](#)
- [D7. Fabricación aditiva metálica](#)
- [D8. Automatización de procesos de acabado de piezas metálicas fabricadas](#)

E) RECICLADO Y FABRICACIÓN SOSTENIBLE

- [E1. Reciclado de residuos procedentes de scrap de fibra de carbono termoestable /termoplástica y de materiales auxiliares para la fabricación del composite](#)
- [E2. Fabricación fuera de autoclave](#)
- [E3. Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave](#)
- [E4. Eliminación de residuos en producción de aleaciones y materiales avanzados](#)

Descripción de prioridades de I+D

A) PROCESOS DE FABRICACIÓN CON MATERIALES COMPUESTOS:

Prioridad A.1: Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales termoestables

Utilidad	Estructuras materiales compuestos en aeronáutica Estructuras de lanzadores y satélites en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO
Descripción	<p>Actualmente la realización de las bolsas de vacío, necesarias para evitar la porosidad durante la consolidación y curado de los laminados, implica procesos muy manuales que no todas las personas ejecutan con el mismo nivel de profesionalidad.</p> <p>Además, las bolsas convencionales requieren varias capas de materiales auxiliares, mayormente plásticos, que generan gran cantidad de residuos pues se desechan tras el curado de cada pieza.</p> <p>Por otro lado, el fallo de una bolsa de vacío durante el proceso de consolidación y curado puede suponer la aparición de defectos en la pieza o incluso la inutilidad de la misma.</p> <p>Hay desde hace años propuestas de utilización de bolsas de vacío en base a siliconas que se puedan reusar un cierto número de veces, pero hasta ahora su uso se ha limitado a algunos casos de piezas de tamaño pequeño. Habría que seguir investigando soluciones de bolsas reutilizables con la suficiente duración como para justificar su uso en piezas de gran tamaño.</p> <p>La aplicación de materiales compuestos pre-impregnados en elementos cada vez de mayor tamaño y peso y la exigencia en el sector aeronáutico de conseguir mayores cadencias de producción, requiere la ejecución de bolsas de vacío menos dependientes de procesos manuales y que generen menos residuos.</p> <p>La propuesta trata de simplificar el uso de materiales auxiliares y desarrollar procedimientos nuevos de preparación de bolsas de vacío que permitan realizarlas de una forma más fiable, repetitiva, rápida, con menor coste y reduciendo el nivel de residuos.</p> <p>Adicionalmente, las nuevas técnicas pueden permitir la realización de bolsas de vacío más complejas y abrir nuevos procesos para componentes con mayores niveles de integración, permitiendo una reducción de las tareas de montaje.</p> <p>La irrupción de procesos de fabricación con fibra en formato seco, tales como infusión de resina, conllevan mejoras en cuanto a facilidades y tiempo de almacenamiento al poder almacenar la fibra con menores exigencias de temperatura y humedad que los materiales pre impregnados. Al igual que en la fabricación con materiales pre-impregnados es necesaria la utilización de bolsas de vacío que mantengan la estanqueidad durante el proceso de fabricación. En las técnicas de fabricación con fibra seca son necesarias la incorporación de canales, medios de distribución de resina y sistemas de vacío que permitan el adecuado mojado de las piezas evitando la aparición de defectos y zonas secas. La propuesta en este caso es el desarrollo de nuevos formatos de bolsas de vacío que permitan la simplificación sin perder robustez en la incorporación o integración de los medios de distribución de la resina.</p>
Dificultades principales	<ul style="list-style-type: none"> La simplificación de las bolsas de vacío requiere ensayos que aseguren una correcta consolidación. Estos ensayos son fáciles de realizar en elementos pequeños, pero no serían representativos de elementos grandes y gruesos, donde es más crítico conseguir la consolidación. Los ensayos en elementos

	<p>grandes requieren disponer de medios de producción adecuados y una inversión significativa en materiales.</p> <ul style="list-style-type: none">• La industrialización de las bolsas requiere nuevos procesos de preparación como pueden ser el conformado y unión de tramos de bolsa, nuevos procesos de sellado y nuevos procedimientos de verificación.• En el caso de las bolsas reutilizables existe la dificultad añadida de encontrar un material con la duración suficiente para que sea rentable su uso en piezas de gran tamaño.• En el caso de las bolsas para procesos de infusión de resina hay que solventar problemas relacionados con comportamiento frente a temperatura, limpieza, extracción de aire atrapado y mejora de calidad superficial de las piezas obtenidas.
--	--

Prioridad A.2: Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales termoplásticos

Utilidad	Estructuras materiales compuestos en aeronáutica Estructuras de lanzadores y satélites en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO
Descripción	<p>Las bolsas de vacío para materiales compuestos de matriz termoplástica en el sector aeronáutico requieren materiales resistentes al entorno de temperatura de 400°C. Actualmente se emplean películas de polimida y masillas especiales.</p> <p>Comparativamente con los materiales de bolsa que se emplean en los composites de matriz termoestable, estos materiales son caros, difíciles de trabajar (por su alta rigidez) y no siempre se consigue el nivel de fiabilidad necesario para asegurar una compactación libre de poros.</p> <p>La propuesta trata de buscar nuevos materiales, desarrollar nuevos procedimientos de preparación y sellado que permita la realización de bolsas de vacío más fiables, rápidas y con menor coste.</p>
Dificultades principales	La alta temperatura necesaria en los procesos de consolidación de los materiales compuestos de matriz termoplástica y el exigente nivel de vacío necesario para la consolidación en estufa

Prioridad A.3: Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia

Utilidad	Estructuras materiales compuestos en aeronáutica Aeronáutica montajes Estructuras de lanzadores y satélites en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>En comparación con los materiales compuestos termoestables, Los materiales compuestos termoplásticos ofrecen la posibilidad de conseguir tiempos de proceso más cortos y por tanto son especialmente indicados en procesos que requieren una alta cadencia. Esta ventaja se debe a la ausencia de reacción química para conseguir el estado sólido.</p> <p>Además, los materiales termoplásticos se pueden conformar tras su consolidación, a diferencia de los materiales compuestos termoestables. La temperatura de consolidación es del orden del doble que los termoestables.</p> <p>En esta propuesta se trata de desarrollar, para este tipo de materiales y en el sector aeroespacial, sistemas de producción de alta cadencia que permitan la fabricación de laminados planos o con ligera curvatura, el conformado de los mismos y la posibilidad de integrar sobre ellos otros elementos estructurales o de sujeción, fabricados previamente.</p> <p>Para conseguir alcanzar tiempos cortos de proceso, es necesario calentar hasta la temperatura de fusión de la matriz solo el laminado y no el utillaje de moldeo. De esta forma se consigue reducir al mínimo la energía necesaria en el proceso de fabricación. Las manipulaciones y los conformados se tienen que hacer de forma distinta a los termoestables debido a las diferentes temperaturas de consolidación.</p>
Dificultades principales	<p>Las dos mayores dificultades técnicas asociadas al procesado rápido de laminados termoplásticos parecen ser el conseguir una buena consolidación y una buena unión con los elementos previamente fabricados.</p> <p>Además, actualmente no existe una red de investigación en España centrada en los termoplásticos de grado aeronáutico (fibra continua).</p>

Prioridad A.4: Fabricación en continuo de perfiles termoplásticos

Utilidad	Estructuras materiales compuestos en aeronáutica Estructuras de lanzadores y satélites en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO / ALTO
Descripción	<p>Las estructuras para el sector aeroespacial realizadas con materiales compuestos de matriz termoplástica requieren la integración sobre revestimientos delgados de una cantidad significativa de metros de perfiles que proporcionen al conjunto la necesaria rigidez y resistencia.</p> <p>Estos perfiles, llamados larguerillos o rigidizadores, deben de adaptarse a la geometría de la superficie interior de los revestimientos, generalmente afectados por la incorporación de refuerzos. Además, la búsqueda constante de la optimización en peso puede requerir cambios en la sección del perfil a lo largo de su longitud.</p> <p>Esta propuesta pretende desarrollar un sistema de fabricación industrial para este tipo de perfiles, capaz de proporcionar la cantidad de metros requerida por la cadencia de fabricación del componente y bajo condiciones de coste competitivas.</p> <p>La propuesta incluye tanto la realización de laminados de alta productividad, el conformado de los mismos y la consolidación con un proceso continuo y eficiente a la forma geométrica requerida a lo largo de su longitud.</p> <p>El concepto de proceso, aplicando el calor localmente y durante poco tiempo, permitiría una reducción de los costes energéticos asociados a los procesos convencionales, que requieren ciclos de calentamiento largos para alcanzar en todo el perfil y utillaje asociado, la temperatura de fusión en el entorno de los 400°C.</p>
Dificultades principales	La mayor dificultad de esta propuesta parece la consolidación de perfiles con una geometría cambiante en un proceso continuo, ya que implica alcanzar localmente una alta temperatura local, aplicar la presión necesaria para conseguir la compactación y mantener dicha presión hasta que la matriz se solidifique.

Prioridad A.5: Industrialización del proceso de consolidación in-situ para termoplásticos

Utilidad	Estructuras materiales compuestos en aeronáutica Estructuras de lanzadores y satélites en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO / ALTO
Descripción	<p>El proceso de laminación y consolidación in situ asociado a los materiales compuestos pre-impregnados con matriz termoplástica es un proceso conocido que conlleva dos ventajas importantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No necesitar bolsa de vacío para una consolidación final del laminado de termoplástico y • Conseguir un alto nivel de integración de elementos como larguerillos, rigidizadores, costillas o cuadernas, que se unen por soldadura al depositar la primera capa. <p>FIDAMC lleva trabajando en este proceso desde el 2009 y aunque se han conseguido buenos resultados a nivel de calidad, es necesario seguir desarrollándolo para que resulte competitiva su aplicación industrial.</p> <p>En esta propuesta identificamos las siguientes áreas de actuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del cabezal de laminación y sus sistemas de calentamiento y/o enfriamiento, rodillo de compactación, etc., para permitir un incremento de la velocidad de procesado y del control y fiabilidad del proceso. • Optimización en la arquitectura y calidad del material pre-impregnado para optimizar tanto la velocidad de procesado como la calidad y fiabilidad del proceso. • Optimización del concepto de utillaje para permitir el desmoldeo de revestimientos curvos con alto grado de integración, mejorar el control térmico del laminado y mejorar las dificultades asociadas a las primeras capas. • Desarrollar un sistema de inspección de la consolidación durante el mismo proceso de laminación.
Dificultades principales	<p>Las principales dificultades técnicas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para incrementar la velocidad de laminación, conseguir alcanzar el entorno de temperatura necesario de una forma precisa, conseguir la correcta consolidación entre las láminas. • La alta integración de elementos y las condiciones térmicas obliga a un utillaje complejo con requerimientos muy diferentes a los útiles empleados en el moldeo en estufa o autoclave. • La inspección durante el proceso de laminación es una oportunidad de este proceso que incrementa su interés. Pero tiene que utilizar técnicas diferentes a las empleadas habitualmente en los materiales compuestos y requiere un desarrollo específico.

Prioridad A.6: Soldadura de termoplásticos

Utilidad	Estructuras materiales compuestos en aeronáutica Montajes en aeronáutica
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>La utilización de materiales termoplásticos en la fabricación de componentes aeronáuticos en fibra de carbono abre un abanico de posibilidades para la unión de las mismas no disponible por el momento.</p> <p>No solo con el objetivo de aumentar la integración de piezas en un mismo componente sino la unión de piezas que requieren un montaje previo.</p> <p>Es necesaria la investigación acerca de sistemas de soldadura teniendo siempre en mente los ámbitos de aplicación.</p> <p>Serán necesarios medios portátiles de soldadura para zonas interiores de difícil acceso y sistemas embarcables como cabezales en elementos robóticos</p>
Dificultades principales	No existe una red de investigación en España centrada en los termoplásticos.

Prioridad A.7: Desarrollo de materiales avanzados *OoA* para estructuras de material compuesto en el sector *NewSpace*

Utilidad	Estructuras de satélite y lanzadores para espacio / órbita baja
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>Los componentes de materiales compuestos fabricados fuera de autoclave (<i>Out of Autoclave-OoA</i>) presentan ventajas competitivas para su aplicación en el llamado <i>New Space</i> dada la facilidad de su fabricación al no requerir medios tan caros y sofisticados como las autoclaves. Por otro lado, los materiales típicamente utilizados en espacio muchas veces difieren en propiedades de aquellos que se utilizan en aeronáutica, por lo que no siempre será posible encontrar materiales y suministradores calificados para, por ejemplo, materiales de alto módulo como los empleados en los paneles solares y otras estructuras de satélites, en las que actualmente predominan los materiales metálicos con el correspondiente impacto en la masa total del satélite.</p> <p>El desarrollo de materiales procesables fuera de la autoclave (<i>Out of Autoclave</i>) para el sector <i>NewSpace</i> puede implicar, por tanto, el desarrollo de la cadena de suministro de materiales con unas características particulares para la fabricación de elementos estructurales de constelaciones de satélites, juntamente con una validación de procesos y un sistema de calidad <i>in process</i> para poder asegurar la calidad con un enfoque industrial y de cadencias medias de producción</p> <p>El hecho de que los satélites o HAPS (<i>High Altitude Pseudo-Satellites</i>) que se usan en estos mercados trabajen en unas órbitas mucho más bajas y tengan un peso mucho menor a los satélites tradicionales abre la puerta a usar nuevos materiales y nuevos procesos productivos mucho más eficientes para el desarrollo y fabricación seriada de estos componentes</p> <p>Este enfoque también abre la puerta al uso de materiales y procesos nacionales, reduciendo la dependencia de otros países para el desarrollo de esta tecnología</p>
Dificultades principales	<p>La fabricación de componentes de material compuesto en el sector espacial se basa en el uso de una serie de materiales históricamente calificados para ello.</p> <p>Estos materiales presentan dos principales inconvenientes para su uso en un mercado como el del <i>NewSpace</i>, con un perfil industrial, ágil y reactivo, y con unos requerimientos diferentes al espacio tradicional, debido por ejemplo a su órbita de uso, su enfoque sobre la calidad del proyecto o el tamaño y peso de los satélites.</p> <p>Las dificultades que se prevén son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demostrar las diferencias de requerimientos y conseguir su calificación • Desarrollar una cadena vertical de suministro de materia prima, preferencialmente nacional • Conseguir un <i>end-user</i> tractor del proyecto para conseguir <i>heritage</i> en la tecnología

Prioridad A.8: Estrategias de laminación con secuencias no tradicionales

Utilidad	Estructuras materiales compuestos en aeronáutica Estructuras de lanzadores y satélites en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO
Descripción	<p>Los laminados utilizados en aeronáutica tienden a ser en la mayoría de los casos laminados según las direcciones 0°, $\pm 45^\circ$ y 90°, cosa que no ocurre en aplicaciones espaciales donde se utilizan laminas a $\pm 30^\circ$ o $\pm 60^\circ$ e incluso a ángulos intermedios y variables.</p> <p>Las nuevas tecnologías de laminación automática permiten mucho más que hasta ahora el uso de secuencias de laminación no tradicionales que permitan reducir saltos de espesor, homogeneizar las propiedades mecánicas y simplificar muchas zonas de las piezas laminadas. El uso de laminados tipo <i>double-double</i> ($\pm \phi$, $\pm \psi$), el refuerzo con estructuras tipo <i>grid</i> y el uso del <i>steering</i> (cambio continuo del ángulo de laminación a lo largo de la pieza), ya introducidos en aplicaciones espaciales, pueden dar frutos muy interesantes a medio plazo en aeronáutica. Ya a más largo plazo, una de las posibilidades que se han mencionado para fabricar estructuras capaces de controlar su forma (<i>morphing</i>) ha sido el uso de laminados no simétricos prohibidos hasta ahora en las aplicaciones habituales.</p> <p>La propuesta es trabajar en el desarrollo y certificación de secuencias de laminación novedosas y de incorporación de estructuras tipo <i>grid</i> mediante procesos de laminación automática (tipo <i>fiber placement</i>) para obtener ganancias de peso y optimizaciones estructurales en aplicaciones fundamentalmente aeronáuticas.</p>
Dificultades principales	<p>Las dificultades principales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La elección cuidadosa de piezas ejemplo en las que demostrar los beneficios de los nuevos laminados. • La elección de los métodos de fabricación adecuados a cada caso. • El dimensionado de estructuras y refuerzos con estos laminados y especialmente en las estructuras tipo <i>grid</i>. • La certificación de componentes y procesos que siempre lleva un tiempo y más cuando se trata de diseños novedosos. • La introducción de laminados no simétricos y los problemas de fabricación asociados a ellos.

B) PROCESOS DE FABRICACIÓN DE ALEACIONES METÁLICAS AVANZADAS:

Prioridad B.1: Simulación numérica, desarrollo y validación de procesos de fabricación *near-*

Utilidad	Estructuras metálicas aeronáuticas Motores aeronáuticos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p><i>Near-Net-Shape</i> (NNS) es un término genérico dado a los procesos de fabricación que tienen como objetivo producir productos que se aproximen a la forma y al material final del componente. La implementación de procesos <i>Near-Net-Shape</i> (NNS) en procesos de fabricación implica una drástica reducción del <i>buy-to-fly</i> ratio que conlleva un impacto directo e importante en múltiples aspectos: en el aspecto medioambiental, debido a la reducción de la materia prima necesaria y, en consecuencia, también del material de desecho derivado del proceso de fabricación; en el aspecto económico, debido a que, además del ahorro en materia prima, los procesos de NNS conllevan la reducción e incluso la eliminación de etapas de mecanizado y acabado, con lo que, además, poseen un potencial beneficio energético y de lead-time. Entre las diferentes tecnologías NNS destacan las tecnologías basadas en fabricación con polvo tanto en fase sólida (NNS-HIP o <i>binder jetting</i>) como en fase líquida (entre los que se incluyen la mayoría de procesos de fabricación aditiva, e.g., SLM, EBM, LMD...). También se consideran procesos NNS los procesos de fundición de alta precisión como la fundición a la cera perdida. Aunque estos procesos han sufrido un desarrollo muy importante en los últimos años, aún no existen herramientas computacionales fiables que permitan predecir con exactitud la forma final de los componentes, reducir el nivel de defectología, así como sus propiedades mecánicas finales. Es relevante el desarrollo de estas herramientas, así como su posterior validación experimental mediante pruebas de fabricación, evaluación microestructural y ensayos mecánicos.</p> <p>Por último las tecnologías de conformado de chapa de bajo espesor están siendo cada vez más empleadas por los beneficios en coste, reducción de residuos y optimización del peso de los componentes.</p>
Dificultades principales	<p>En lo que respecta a los procesos NNS en fase sólida, el principal desafío tecnológico se centra en la capacidad de predecir las distorsiones que se producen partiendo del compacto en verde (cuya densidad relativa inicial típicamente se encuentra por debajo del 75%) hasta conseguir la pieza final 100% densificada. Para ello se deben desarrollar herramientas de simulación que describan fielmente la densificación de compactos porosos. Por su parte, los procesos en fase líquida y, en concreto, los procesos de fabricación aditiva a pesar de haber evolucionado de manera muy destacable en los últimos años, su aplicación para la fabricación de piezas de altos requerimientos mecánicos está aún poco extendida debido a la complejidad del proceso termo-mecánico que conlleva una dificultad en la predicción y control de la geometría y las propiedades mecánicas finales.</p> <p>Respecto de las tecnologías de conformado es necesario optimizar el proceso de simulación por conformado elastómero debido a su compleja iteración con el componente y matriz, de forma que se reduzcan los costes y plazo de desarrollo, evitando costosas iteraciones de modificación o sustitución de matrices.</p>

Prioridad B.2: Tecnologías de mecanizado y máquina herramienta

Utilidad	Motores aeronáuticos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO - ALTO
Descripción	<p>Procesos de mecanizado más eficientes, que ofrezcan más productividad, calidad y precisión, tanto orientados a empresas de tamaño grandes, como a la cadena de suministro muy asentada sobre empresas pequeñas y medias.</p> <p>Fabricación en nuevas aleaciones base Ni-Co o nuevas aleaciones de titanio, que implican nuevas herramientas de corte. En concreto Udimet, Waspaloy, nuevas formulaciones Ni-Co y Ti-Al.</p> <p>Las mejoras derivadas de modelos de proceso también son importantes, dado que habilitan la mejora de procesos.</p> <p>Introducción de nuevos conceptos de herramienta de corte, tanto de carburo sinterizado y recubrimientos, como cerámicas, PCBN y PCD. La gestión global de herramientas es de gran importancia también.</p> <p>Máquinas herramienta adaptadas para el sector de aeronáutica, que permitan una mayor producción y que se integren en entornos automatizados. La conectividad a factorías “Smart” y la disminución de consumo y residuos son también claves.</p> <p>Monitorización de los procesos de fabricación, que permitan correlacionar las variables de proceso con la productividad, rendimiento e incluso se anticipen a problemas de producción. Las nuevas ideas de AI pueden ayudar.</p> <p>Fabricación por impresión aditiva, que además de ser en sí misma una línea de trabajo, también implica interacción con el mecanizado, acabado, metrología, sistemas de sujeción, etc. En este sentido el acabado de componentes Ultra-near net shape impresos.</p> <p>Mejora de cabezales, y sistemas de refrigeración para el mecanizado y procesos de acabado abrasivo, y rectificado.</p> <p>Utillajes de amarre inteligentes en máquina herramienta.</p> <p>El utillaje como elemento interconectado en el sistema productivo, posibilitando a los fabricantes de componentes de geometrías complejas disponer de un entorno seguro, monitorizado y repetitivo. La constante evolución de las tecnologías de corte en aleaciones termo-resistentes hace necesaria la evolución del utillaje, hacia un escenario más seguro y eficiente, donde se deben ubicar los nuevos materiales y tecnologías para sensorización de los utillajes.</p> <p>Pese a que el sector aeronáutico presume de ofrecer tecnologías de mecanizado en constante evolución, el nivel de tecnología de utillaje, hasta ahora determinado por un menor ratio de producción, necesita también de un impulso tecnológico hacia la automatización, de cara principalmente a los futuros incrementos de mercado.</p>
Dificultades principales	<p>Se suele considerar una tecnología madura, pero en realidad está en evolución constante, y en otros países como Alemania o Suecia se considera clave y estratégica en los planes de I+D.</p> <p>En herramientas, se está trabajando en el reemplazo de materias críticas (Co y W), sustituyéndolas por otras más abundantes y poder tener mayor capacidad de independencia tecnológica.</p> <p>Una dificultad de la máquina herramienta es no disponer de datos para adaptar las máquinas a sectores de aeronáutica, y es ahí donde los centros de I+D mixtos son claves.</p>

Prioridad B.3: Tecnologías de unión y postprocesos

Utilidad	Motores aeronáuticos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>Procesos de soldadura más eficientes, focalizados en congelar factores que optimiza la eficiencia de deposición, mediante el control del nivel de proyecciones, escorias y humos, El <i>duty cycle</i>, la tasa de deposición, la velocidad de soldadura, la geometría y el aspecto del cordón, etc..., todo ello dentro de los procesos de unión de superaleaciones. Bajo la denominación superaleación es posible encontrar una serie de materiales de muy dispar composición química, siendo este el principal factor diferenciador a la hora de analizar su soldabilidad, nuevos procesos de soldadura e incluso mejora en los procesos actuales derivados de nuevas herramientas de control, visión de baño, laser tracking, antorchas o cabezales.</p> <p>La criticidad en la fabricación de componentes del motor aeronáutico, hacen que la reparación de los mismos sea una etapa crítica en la obtención de piezas de alta calidad. En esa línea, los fabricantes de piezas de motor mecano-soldadas, y fundidas, entre otros procesos de obtención, buscan desarrollar procesos repetitivos y robustos para poder realizar reparaciones de estos componentes. Procesos de reparación donde la calidad del proceso, es lo que principalmente se busca. Algunos ejemplos claros son la utilización de procesos de arco (nuevos procesos de soldadura con menor aporte térmico), como de LMD, para la reparación de aleaciones de alto valor añadido.</p> <p>Por otro lado, la optimización de tratamientos térmicos del material (así como los procesos de soldadura en horno), cuya finalidad es mejorar las características mecánicas en régimen de funcionamiento. Gracias a la aplicación del tratamiento térmico es posible reducir el peso del componente, someterlo a mayores temperaturas de funcionamiento o velocidad de rotación.</p> <p>Por último, la transparencia y seguridad unidas a la productividad y los ahorros de tiempo son demandas comunes en los entornos de soldadura. Para lograr estos objetivos, es necesario que los datos de soldadura sean registrados para propósitos de documentación y análisis, que son áreas que crecen cada vez más en importancia. La retroalimentación inmediata de las líneas de producción ayuda a optimizar los procesos, monitorear los estados del sistema e identificar las fallas, lo cual a su vez genera una operación de fabricación confiable y de alta calidad. En esta tarea se trabajará con la gestión de datos, por un lado con la monitorización del componente, información sobre los cordones de soldadura, se pretende rastrear los cambios que se producen en el proceso, que nos lleven a irregularidades y discontinuidades en el proceso de soldadura.</p>
Dificultades principales	<p>Las mayores dificultades técnicas asociadas a las tecnologías de unión son por un lado la optimización de los elementos y herramientas del proceso en sí, para conseguir un proceso repetitivo y controlado.</p> <p>El desarrollo de tecnologías de reparación para superaleaciones, no disponibles en el mercado a día de hoy, permitiría disponer de una tecnología no existente a nivel nacional.</p> <p>Finalmente el control- monitorización de los procesos, este factor ayudaría a la obtención de procesos repetitivos, retroalimentados y de alta calidad.</p>

Prioridad B.4: Procesos de conformado e hidroconformado

Utilidad	Motores aeronáuticos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO
Descripción	<p>Procesos de conformado de chapas de pequeño espesor, en aleaciones de alta temperatura, que ofrezcan más productividad, calidad y precisión, tanto orientados a empresas del sector aeroespacial</p> <p>El grado de aplicación de la tecnología es alto ya que los componentes aeroespaciales requieren una alta precisión dimensional junto a una fiabilidad del material respecto de sus características, las cuales se ven afectadas por el proceso de fabricación. La tecnología de conformado, más concretamente flex-forming mediante el uso de un elastómero específico para ejercer la presión de conformado, permite cumplir ambos requisitos ya que el conformado del material es más progresivo (presión isostática) y permite una mayor fiabilidad en las propiedades del material tras el conformado. Así mismo al ser un proceso menos agresivo con el material permite aumentar las presiones de conformado, obtener una mayor precisión dimensional y mejorar las prestaciones de fatiga del componente obtenido. Este sistema de conformado es especialmente interesante para lotes de tamaño reducido, típicos del sector, ya que los gastos en matrices y utillajes se ven reducidos significativamente</p>
Dificultades principales	<p>Poca estabilidad en la financiación de programas de I+D. Dependencia de financiación pública. Proceso nuevo en el sector que requiere de una caracterización extensa, elastómeros, microestructura, etc. para cumplir los requisitos de calidad de la industria aeroespacial</p>

C) PROCESOS DE INSPECCIÓN

Prioridad C.1: Optimización de la inspección en termo-estables y termo-plásticos

Utilidad	Estructuras materiales compuestos en aeronáutica Estructuras de lanzadores y satélites en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO / BAJO
Descripción	<p>Aunque existe amplia experiencia en procesos de producción robustos, especialmente con pre-impregnados termoestables, los requerimientos actuales de certificación en piezas de responsabilidad estructural obligan a realizar inspecciones muy detalladas y costosas del 100% de la pieza.</p> <p>En el caso de los termo-plásticos la validación <i>in-process</i> es prácticamente la única que se puede hacer y se deberían explorar, entre otros, ciertos métodos empleados en otras industrias – automoción – como la inspección térmica o fotográfica durante el proceso de fabricación.</p> <p>La idea en esta propuesta es demostrar que los requerimientos de inspección en un componente de responsabilidad estructural pueden relajarse cuando se fabrica mediante un proceso robusto y se aplica un sistema completo de monitorización, desde la fabricación de los materiales empleados a todos los pasos del proceso de fabricación del componente.</p> <p>Las ventajas de esta aproximación son evidentes: reducción del tiempo y coste de inspección y reducción de costes de no calidad.</p> <p>En el caso de aplicaciones al llamado <i>New Space</i> la reducción de plazos y costes sería de vital importancia para aumentar la presencia de material compuesto principalmente en aplicaciones para constelaciones de satélites.</p>
Dificultades principales	<p>Seleccionar las técnicas apropiadas de monitorización que aseguren que realmente se controlan los parámetros clave del proceso.</p> <p>Conseguir que tanto el fabricante de materiales como los de las máquinas que intervienen en el proceso colaboren para obtener los datos de proceso realmente relevantes.</p>

Prioridad C.2: Medición de gap entre piezas

Utilidad	Estructuras materiales metálicos en aeronáutica Estructuras materiales compuestos en aeronáutica Montajes aeronáuticos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	BAJO
Descripción	<p>En el ámbito de montaje y fabricación de piezas aeronáuticas es necesario determinar la distancia existente entre dos piezas supuestamente en contacto a la hora de unir las. Esta medición requiere la introducción de elementos de medida en la interfaz con la consiguiente pérdida de tiempo y en algunos casos imposibilidad de acceso.</p> <p>El objetivo es poder realizar esta medida con precisiones del orden de 0,05 mm teniendo únicamente acceso a la cara no en contacto de una de las partes.</p> <p>Esta necesidad existe tanto en piezas de fibra de carbono como en piezas metálicas y uniones híbridas.</p>
Dificultades principales	No existe una tecnología disponible en el mercado para poder realizar estas mediciones

Prioridad C.3: Tecnologías de ensayos no destructivos

Utilidad	Estructuras metálicas y motores
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>Procesos de detección más eficientes, que ofrezcan más productividad, calidad y precisión, y nos ayuden a alimentar el bucle de mejora de los procesos de fabricación. Para ello se pueden desarrollar técnicas como la termografía infrarroja está basada en el hecho de que cualquier cuerpo que se encuentre a una temperatura por encima de los cero grados Kelvin está emitiendo radiación térmica, así como optimización en acoplantes para ultrasonidos, o incluso utilización de técnicas de <i>Eddy Current Array</i>.</p> <p>La utilización de la realidad aumentada (AR) como ayuda a los ensayos destructivos convencionales, ya que las utilizaciones de estos dispositivos permiten que un usuario visualice parte de mundo real a través de un dispositivo tecnológico con información gráfica añadida por éste dispositivo, es decir, una parte sintética virtual a la real.</p> <p>La utilización de la detección automática en DR (ADR) para piezas aeronáuticas, con el objetivo de desarrollo de técnicas de detección automática, contra los criterios de aceptación utilizados en las técnicas manuales. Esta inspección estaría fundamentada en tecnología DR, así como la identificación y comparación contra modelos definidos.</p> <p>La inspección visual es un proceso crítico en la industria de fabricación aeronáutica, con el fin de reducir los costos de fabricación, mejorar el rendimiento, garantizar la calidad y confiabilidad del producto, sería relevante el uso de técnicas AVI. La mejora de esta inspección debería incluir la detección de los defectos, y su clasificación.</p>
Dificultades principales	<p>Las dificultades asociadas a estos procesos son en muchos casos, debido a que son procesos manuales en muchos casos, la falta registro de los mismos, la complejidad de estandarización, de optimizar y de conseguir un proceso repetitivo y controlado. El apoyo en digitalización ayudaría a mejorar todos estos aspectos. Por otro lado la obtención de imágenes digitales nos puede llevar a introducir AI y dar un paso hacia la detección automática de defectos.</p>

Prioridad C.4: Metrología e inspección de precisión

Utilidad	Estructuras metálicas y motores
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>Los fabricantes de aeronáutica encuentran cada vez más útil la metrología y defectología sin contacto. Su alto rendimiento inherente y su costo decreciente complementan la aceleración de la industria para satisfacer la creciente producción de aviones. Sin embargo, el rendimiento debe equilibrarse con la precisión para encontrar las aplicaciones correctas, ya que los métodos sin contacto abarcan una variedad de dispositivos. La metrología sin contacto se basa en láser u óptica. Por lo general, la metrología láser 3D escanea una línea sobre una pieza, o la pieza se mueve debajo de la línea. Los sistemas ópticos usan múltiples imágenes y triangulación (conocido como fotogrametría) o técnicas de proyección de luz estructurada.</p> <p>Si bien los sistemas sin contacto tienen sus ventajas, también lo tienen los sistemas tradicionales con contacto. Se trata de precisión y forma. Algunas características como círculos, agujeros, ranuras, puntos de línea plana; tienen tolerancias muy estrictas y, en general, es mejor utilizar las mediciones de contacto. Estas son aplicaciones que generalmente deben medirse con menos de 20 μm de tolerancia. Los sistemas sin contacto, por otro lado, suelen tener una precisión de 50 μm o más, pero son ideales para formas no mencionadas anteriormente que aparecen en alas, piezas de plástico, bordes de ataque y de salida y palas de la turbina; en general piezas que necesitan muchos datos para su definición.</p> <p>Por otro lado, para la medición de componentes de turbina y de sistemas críticos es un reto para poder mantener la capacidad de producción en la producción de motores y sistemas de aterrizaje. La introducción de nuevas sondas de cinco ejes, más sistemas basados en la óptica (sin contacto pro luz estructurada tal y como se ha comentado anteriormente) permite la mejora de control <i>in-process</i> and final de los componentes. En temas de contacto, los sensores basados en diferentes tecnologías son claves, entre ellos, luz estructurada, láser, sondas en cinco ejes, medidores de calidad superficial. La metrotomografía, basada en rayos X también puede ser clave asociada a soldaduras críticas y piezas de fabricación aditiva. La tomografía es un reto para no solo detección de defectos, sino para medir.</p> <p>Otro aspecto son los sistemas de medición indirecta, que pueden incluir además señores en máquina y uso de nuevas tecnologías basadas en blockchain para aseguramiento de la integridad de los datos.</p> <p>Un último aspecto a tener en cuenta es la gestión de grandes volúmenes de datos que se obtienen de estos sistemas digitales.</p>
Dificultades principales	<p>Existe poca sensibilidad a la importancia del control de medida e integridad de componente, y raramente se considera una clave de las empresas, cuando es una de las principales imágenes de marca a conseguir.</p> <p>Dependencia de estándares y certificaciones donde no se especifican las dificultades y costes de consecución de las tolerancias o indicadores de calidad.</p>

D) ROBOTIZACIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y DIGITALIZACIÓN:

Prioridad D.1: Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos

Utilidad	Aeronáutica montajes, motor y sistemas Aeronáutica otros (diseño, certificación, fabricación, tratamientos, ensayos) En realidad se trata de una tecnología transversal a todos los sub-sectores de aplicación
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>El objetivo de esta prioridad es introducir la estrategia cero defectos y la automatización de todos los procesos de fabricación mediante sistemas robóticos inteligentes adaptativos y colaborativos, así como otros sistemas digitales avanzados (RV, RA, Visión Artificial, Análisis de Datos, Inteligencia Artificial) para obtener el producto final maximizando el objetivo de calidad-tiempo-coste, aumentando la eficiencia de la planta y reduciendo los costes asociados al proceso de fabricación.</p> <p>En cuanto a la automatización, se busca la monitorización de las máquinas de fabricación en tiempo real mediante (1) la captura y registro de múltiples datos de funcionamiento (ciclos, paradas, fases y estados de alarma) y (2) el correcto análisis de dichos datos con criterios de medición exactos gracias a la extracción de los datos de operación de las máquinas. De esta manera se minimizará la interacción de la mano del hombre en la dependencia de la toma de datos, al acudir directamente a la fuente de generación de datos, accediendo así a información de calidad que pueda ser transformada en conocimiento que a su vez ayude a mejorar los procesos en cada una de sus fases.</p> <p>Además, se busca el desarrollo e integración de las tecnologías de Realidad Virtual para simulación y formación de operarios en entornos virtuales y Realidad Aumentada para ayuda y guiado del operario en la operación en tiempo real. Por un lado, los simuladores virtuales permitirán realizar una evaluación ex ante de la interacción entre sistemas robóticos y trabajadores en base a diferentes tipos de indicadores. Y por otro lado, las herramientas de ayuda y guiado en tiempo real mediante realidad aumentada permitirán la visualización de información de proceso a los operarios incluyendo situaciones imprevistas y acciones correctivas a realizar.</p> <p>Llegar a sustituir, en el máximo número de aplicaciones, a los métodos con contacto requiere seguir investigando y trabajando en, por un lado, mejorar el hardware existente y, por otro lado, diseñar mejores y optimizados algoritmos de procesamiento de imagen para lograr ultra-precisiones y posibilidad de medir formas hasta ahora complejas para los métodos ópticos.</p> <p>Por último, el tratamiento de datos con IA permitirá desarrollar sistemas de inspección de calidad más robustos y eficaces. La industria está confiando cada vez más en la automatización de sus procesos y la IA es clave para que esa automatización sea cada vez más inteligente. Además, la programación de esos automatismos tiene que ser más flexible y rápida, y la IA ya está aportando también en estos campos como por ejemplo en técnicas de <i>reinforcement learning</i> para el aprendizaje automático de robots.</p>
Dificultades principales	El coste de la implantación para el caso de bajas cadencias de entregas, frecuentes en ciertos programas del sector aeronáutico, unido a los requisitos necesarios a cumplir a nivel de exigencias de calidad y precisión del producto, que son intrínsecos a dicho sector y el bajo grado de madurez de las tecnologías necesarias para tales fines en la actualidad, resumen las principales dificultades ante las que nos encontramos para conseguir lo que consideramos una prioridad crítica a desarrollar en el sector aeronáutico.

Como ya se ha mencionado anteriormente, existen problemas para crear un gemelo virtual totalmente idéntico al proceso/producto que se desea monitorizar. Tecnológicamente hay muchas opciones a nivel de sensores, comunicaciones y modelos matemáticos, pero todavía no hay productos completamente integrados en planta debido a que todavía es reciente el boom de las tecnologías 4.0 y por tanto, hay una carencia de regulaciones, estándares y certificaciones. Existen muchos prototipos a nivel de laboratorio y/o centros de investigación, pero poco producto realmente comercial e industrializado.

En cuanto a visión artificial, existen actualmente multitud de problemáticas que se sabe que pueden ser solucionadas por visión artificial pero la realidad es que todavía no están implantadas dichas soluciones. A nivel de estandarización/regulación está bastante avanzado, pero pese al gran número de proveedores de tecnología de visión, en la práctica el traslado de dicha tecnología al entorno industrial presenta aún serias lagunas y, por tanto, oportunidades.

Puede que trascienda de este reto, sin embargo, en todo proceso de automatización y control que requiera de una conexión remota a través de internet (o una red accesible) se deberían contemplar aspectos de ciberseguridad. Del mismo modo que en el diseño de una línea de producción se contemplan los aspectos de seguridad para eliminar o mitigar cualquier riesgo que pueda ocasionar un accidente laboral (de cualquier índole), en cuanto se implanta un proceso de automatización y control mediante dispositivos electrónicos se está abriendo una puerta a ciberataques que debería controlada. Se debe trabajar en protocolos o estándares que mitiguen al máximo la posibilidad de sufrir ciberataques ya que cualquier elemento conectado es un potencial foco de ataques (ya sean activos o pasivos).

Prioridad D.2: Fabricación aditiva en el espacio con materiales compuestos

Utilidad	Estructuras de lanzadores y satélites en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO
Descripción	<p>Cada día son más los objetos que se necesitan en el espacio. Su transporte es un problema recurrente, debido al limitado espacio del que disponen los lanzadores. El problema es mayor todavía cuando se trata de enviar grandes estructuras o componentes. Estas estructuras deben ir plegadas y aun así existen serias dificultades para alojarlas dentro de la cofia. Existen ya algunas impresoras 3D que funcionan en el espacio (https://madeinspace.us/), pero con materiales de bajas propiedades mecánicas, así como poca estabilidad termoelástica, lo que limita las aplicaciones de la fabricación aditiva en el espacio. Conseguir la fabricación en el espacio de materiales compuestos de elevada resistencia y estabilidad incrementaría sin duda la cantidad de aplicaciones que podrían ser fabricadas directamente en el espacio, con el consiguiente ahorro de costes y potenciación del mercado espacial.</p>
Dificultades principales	<p>Las dificultades son similares a las definidas en la prioridad B.3 (Impresión en fibra de carbono continua) del documento “Prioridades de I+D en fabricación aditiva del sector aeroespacial español”, todas ellas presentes en un entorno “gravitacional”. Serían, entre otras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad dimensional • Ausencia de materiales calificados • Necesidad de desarrollo de tecnología nueva (no hay máquina comercial que lo haga hoy en día, que se sepa) <p>A esto habría que añadirle las siguientes dificultades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En caso de fabricación dentro de recinto presurizado, la incertidumbre en cuanto a la factibilidad y estabilidad dimensional. 2. En caso de la fabricación en condiciones exteriores: control térmico y viabilidad de la fabricación en vacío.

Prioridad D.3: Control de parámetros de taladrado

Utilidad	Estructuras aeronáuticas y espaciales tanto metálicas como de material compuesto. Montajes tanto de aeronáutica como de espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	BAJO
Descripción	<p>En los procesos de montaje aeronáutico, el taladrado constituye una de las principales tareas, pudiendo llegar hasta el 50% del tiempo dedicado al montaje. Además del coste directamente asociado al tiempo empleado en el taladrado, los costes recurrentes asociados a los medios de taladrado (como son las brocas) también suponen un coste significativo para el todo el proceso.</p> <p>Los medios disponibles de taladrado han sufrido una gran evolución y permiten recolectar gran cantidad de datos, que bien gestionados, pueden suponer un elemento diferencial en estos procesos.</p> <p>Con estas premisas, se busca de por medio de inteligencia artificial decidir en tiempo real si una broca ha llegado a su límite de vida o que el próximo taladro no va a cumplir los criterios de calidad.</p> <p>Lo ideal sería desarrollar un software que defina los parámetros a recolectar, precisiones necesarias en los mismos y sea capaz de aprender en función del tipo de broca y materiales a taladrar los valores umbral para tomar estas decisiones.</p>
Dificultades principales	No existe una tecnología disponible en el mercado para poder realizar estas mediciones

Prioridad D.4: Automatización de operaciones de montaje en pequeñas aeroestructuras de baja cadencia

Utilidad	Aeronáutica estructuras metálicas Aeronáutica montajes
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>Entre las características principales del sector aeroespacial se encuentra la baja o media cadencia productiva tanto de las grandes aeroestructuras como de las piezas y componentes de menor tamaño fabricados frente a otros sectores industriales (como puedan ser el automovilístico, energía, etc.).</p> <p>No todos los suministradores hacen grandes estructuras. En la actualidad, si bien es cierto que existe cierto grado de automatización y soluciones adaptadas a las operaciones aeroespaciales de montaje, por lo general, estas están enfocadas a las grandes aeroestructuras, quedando restringida su aplicación a los grandes fabricantes del sector.</p> <p>En este sentido, en lo que a soluciones de automatización enfocadas a conjuntos o estructuras de menor tamaño se refiere, existe una enorme carencia o vacío tecnológico con desarrollos en esta línea. Asimismo, los progresos existentes que están enfocados a estructuras de tamaño medio se encuentran desarrollados bajo proyectos de investigación y desarrollo, con equipos o soluciones poco robustas y con unos niveles de madurez no validados aún en entornos industriales reales.</p> <p>En este caso, con el objetivo de proponer una mejora de la productividad y eficiencia mediante la automatización de los procesos de fabricación, se plantean dos enfoques para abordar una solución para la automatización de operaciones de montaje en pequeñas aeroestructuras y baja-media cadencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por un lado, se perseguirían soluciones y desarrollos con un alto grado de automatización integrado y gran adaptabilidad/flexibilidad. Es decir, sistemas o equipos capaces de integrar la realización automatizada de numerosas operaciones de montaje (taladrado, remachado, aplicación de sellante o incluso pintura) y que fuesen capaces de absorber una alta casuística o variabilidad de tipología de pieza o estructura. • Por otro lado, se perseguirían soluciones con un menor grado de automatización integrado y que se encuentren enfocadas a operaciones concretas. Es decir, serían soluciones menos complejas y más económicas que las anteriormente descritas, pero con menores posibilidades.
Dificultades principales	<p>Entre las principales dificultades existentes a la hora de lograr una automatización en las operaciones de los componentes descritos destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dificultad a la hora de encontrar soluciones flexibles o adaptativas que sean válidas a la hora de procesar componentes de una misma tipología de pieza, pero con alta casuística, es decir, componentes que poseen las mismas características y tecnologías asociadas, pero con diferencias entre sí (geométricas, dimensionales, etc.). • Dificultad a la hora de que el coste asociado a la automatización sea rentable frente a los procesos convencionales debido a la baja o media cadencia de fabricación del componente en cuestión.

Prioridad D.5: Fabricación Aditiva Multi-Material

Utilidad	Aeronáutica estructuras metálicas y de composites Aeronáutica motor y sistemas Espacio estructuras y otros elementos de satélites
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>La fabricación aditiva multi-material habilitará la fabricación de componentes innovadores, con formas complejas y funcionalidades a medida, que serían imposibles de fabricar mediante técnicas convencionales. Desde hace años, la industria biomédica ha promovido el desarrollo de nuevos conceptos de máquinas de fabricación aditiva capaces de procesar multi-materiales con ánimo de expandir los componentes fabricados (tejidos, órganos, <i>scaffolds</i>) hacia la multi-funcionalidad y la auto-reparación. De la misma manera, la industria aeroespacial también percibe la oportunidad que representa la fabricación aditiva multi-material para el desarrollo de componentes más ligeros y resistentes a la par que funcionales. Los nuevos multi-materiales combinarán metal, cerámica y polímero para alcanzar nuevas cotas de fiabilidad, calidad y prestaciones durante todo su ciclo de vida (más ligeros, más resistentes a altas temperaturas y a oxidación, con memoria de forma, capaces de conducir calor y electricidad, integrando sensórica embebida, etc.) en los componentes aeroespaciales fabricados mediante estas nuevas tecnologías de fabricación aditiva multi-material como FDM, <i>Polyjet</i> o <i>Binder Jetting</i>. Para ello será indispensable impulsar la investigación en (1) nuevos multi-materiales fiables de alto rendimiento y funcionales, (2) diseñar nuevas rutas de producción de polvo metálico, cerámico y polímero, (3) explorar nuevos conceptos de máquinas de fabricación aditiva (nuevos cabezales, máquinas híbridas, impresión <i>multi-voxel</i>, <i>4D printing</i>), (4) desarrollar herramientas de modelado y optimización de procesos de fabricación aditiva multi-material y (5) asegurar la sostenibilidad medioambiental y el reciclaje de los componentes al final de su ciclo de vida.</p> <p>Fuentes: (1) <i>Additive Manufacturing Strategic Research Agenda, AM-Platform, 2014</i> (2) <i>Final AM Roadmap – Deliverable, AM-Motion, 2019</i> (3) <i>Additive manufacturing of multi-material structures, Materials Science & Engineering, 2018</i> (4) <i>Additive manufacturing of multi-material systems for aerospace application, MS&T, 2019</i></p>
Dificultades principales	Las principales barreras de la fabricación aditiva multi-material residen en las limitaciones del proceso de fabricación en si mismo debido a la falta de precisión, a las restricciones dimensionales, a la necesidad de post-procesado o la imposibilidad de procesar diferentes materiales al mismo tiempo con características y propiedades diferentes. La combinación y optimización de técnicas aditivas, así como la posibilidad de explorar conceptos de fabricación híbridos aplicando técnicas convencionales está aún por desarrollar. Unido a esto, también existen múltiples dificultades de control atmosférico durante la producción para evitar reacciones indeseadas de los multi-materiales durante la fusión, la unión y la solidificación de los mismos.

Prioridad D.6: Análisis virtual de procesos de fabricación, “Digital Twin”

Utilidad	Estructuras materiales compuestos en aeronáutica. Motores aeronáuticos Estructuras de lanzadores y satélites en espacio
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>La optimización y agilización de procesos de fabricación está ligada al desarrollo de simulaciones computacionales que permitan el desarrollo de prototipos virtuales con el consecuente ahorro de materiales, así como del desarrollo de gemelos virtuales que permitan obtener los resultados de fabricación y/o propiedades mecánicas de las piezas fabricadas debida a la variabilidad de los parámetros de entrada. Dentro del desarrollo de modelos computacionales ligados a procesos de fabricación pueden mencionarse, por ejemplo, aquellos ligados a la simulación de procesos de inyección de resina que permitan determinar el número, disposición de consumibles, así como establecer los tiempos de apertura y cierre de tomas. Modelos computacionales que permitan la simulación de procesos de termo conformado en geometrías complejas que permitan la detección de fallos tales como arrugas o control de la orientación de la fibra una vez adaptado el material y modelos que, con la orientación final de las fibras permitan el análisis del comportamiento mecánico frente a un conjunto de restricciones de desplazamiento y cargas.</p> <p>Por otra parte, desde el punto de vista de la fabricación de componentes metálicos, resulta de gran interés la virtualización del proceso completo CAM/CNC y ejecución virtual en máquina, teniendo en cuenta la configuración y características reales de la máquina (cinemática, programación PLC, parámetros de configuración de máquina, ciclos personalizados, etc...), e incluir en las herramientas de programación existentes, modelos de procesos de mecanizado para la predicción de esfuerzos, deformaciones y optimización automática de las trayectorias en base al espesor de viruta.</p>
Dificultades principales	La principal dificultad se encuentra en el desarrollo y puesta a punto de los diferentes softwares que permita la caracterización de dichos procesos, así como el aseguramiento de su interoperabilidad.

Prioridad D.7: Fabricación aditiva metálica

Utilidad	Estructuras metálicas Motores aeronáuticos
Horizonte temporal	2030
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>La fabricación aditiva metálica es una tecnología que permite la fabricación de componentes con geometría compleja y funcionalidad a medida, que serían imposibles de fabricar mediante técnicas convencionales. Durante los últimos años, la industria aeronáutica y espacial ha promovido el desarrollo de distintos procesos de fabricación aditiva metálica como LMD, LPBF o <i>Binder Jetting</i> para conseguir esta nueva vía de suministro. Los componentes fabricados por este proceso presentan muchas ventajas a la industria aeroespacial como son la reducción en peso, en coste, en número de piezas, en vías de suministro, y además permiten diseños con geometrías complejas para reducir tensiones a la vez que pueda ser intercambiable con diseños de componentes convencionales. Por el momento la fabricación aditiva metálica sólo ha dado el primer paso, ya que se espera que en el futuro se cuente con un proceso de fabricación más productivo (mayor número de láseres, eficiente interacción entre ellos...), más autónomo (detección automática de problemas en máquina, de defectos en las fabricaciones...), con mejores características (mejora de las estrategias de fusión del láser; piezas que requieran menor post-procesado; procesos híbridos...), y con mayor abanico de aleaciones de materiales, tanto metálicos como cerámicos (CMCs). Además, la compleja geometría y acabado superficial en la fabricación aditiva requiere que en los próximos años se desarrollen procesos más automatizados de mejora del acabado superficial (pulidos automatizados, chorreados automáticos, materiales abrasivos...) y también se desarrolle la capacidad de mecanizado de materiales fabricados mediante este proceso (Mecanizados de <i>near-net shape</i>: torneado, mandrinado...; vida de herramientas, optimización de diseño de componentes para mejora de utillajes...). Es también importante garantizar una materia prima (polvo) de elevada calidad, ajustada en características a las diferentes tecnologías, con precios asequibles, que cubra el suministro de materiales con altas prestaciones.</p>
Dificultades principales	<p>Las principales barreras de la fabricación aditiva metálica residen actualmente en la falta de productividad en todo tipo de componentes, donde la interacción de láseres es necesaria; en la detección de los defectos provocados por el proceso, ya que son de un tamaño indetectable por métodos convencionales productivos; y en la necesidad de desarrollo y automatización de post-procesos de los componentes, debido a su geometría compleja y acabado superficial irregular. Además, actualmente deben desarrollarse más materiales de alta temperatura para todos los procesos de fabricación aditiva metálica, que cubran las necesidades de la industria aeronáutica del motor y sistemas.</p> <p>Por último, la correcta definición de la interacción laser con la materia es fundamental en este punto: cómo se produce la interacción en el plano focal, velocidad y tiempo, para producir unas piezas con unas dimensiones y propiedades mecánicas adecuadas. Para ello muchas veces es necesario introducir ópticas a la fuente láser que distribuyan la energía del láser de manera óptima.</p>

Prioridad D.8: Automatización de procesos de acabado de piezas metálicas fabricadas

Utilidad	Estructuras metálicas Motores aeronáuticos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>La criticidad de los componentes fabricados del motor aeronáutico, hacen que el acabado final de los mismos sea una etapa crítica en la obtención de la calidad final, y en consecuencia de la vida de los mismos.</p> <p>Debido a la dificultad que estos presentan a la hora de ser automatizados, la mayor parte de los mismos siguen siendo manuales, presentando una clara carencia y a la vez necesidad para su automatización de cara a cubrir las exigencias del cliente aeronáutico. Los robots juegan un papel muy importante en esta área, donde la evolución de las tecnologías prevé que actualice el perfil de operario necesario para un futuro cercano.</p> <p>En esa línea, los fabricantes de piezas de motor mecanizadas, soldadas, y fundidas, entre otros procesos de obtención, buscan desarrollar procesos repetitivos y a su vez adaptativos a las tolerancias de los diferentes procesos de fabricación. Partiendo de robot industriales, que presentan cierta madurez en procesos de ensamblado y soldadura en sectores como automoción, la aeronáutica persigue dar el salto hacia operaciones robotizadas pero que continúan presentando tiempos de ciclo altos. Operaciones donde el tiempo de ciclo no es tan importante como lo es la calidad del proceso, que es lo que principalmente se busca. Operaciones de rebabado de aristas mecanizadas, el amolado de cordones de soldadura y el pulido de piezas obtenidas mediante la fabricación aditiva, son algunos claros ejemplos de esta necesidad.</p> <p>Los robots colaborativos, debido a las grandes ventajas que ofrecen en términos de industrialización y entorno colaborativo, ofrecerán una gran ayuda al operario, posibilitando dar un paso muy importante hacia la operatividad conjunta robot-operario en las operaciones de acabado, donde se mantendrá el conocimiento del operario con la repetitividad y la facilidad de programación y ejecución de los robots colaborativos.</p>
Dificultades principales	<p>Las principales dificultades de los procesos de acabado son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Actualmente son procesos manuales y muy poco automatizados. - Nivel alto de complejidad en la automatización. Complejo llegar a realizar el 100% de la operación en automático. - Elevados requisitos de integridad superficial en procesos de acabado.

E) RECICLADO Y FABRICACIÓN SOSTENIBLE:

Prioridad E.1: Reciclado de residuos procedentes de *scrap* de fibra de carbono termoestable/termoplástica y de materiales auxiliares para la fabricación del composite

Utilidad	Aeronáutica y espacio materiales compuestos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>Necesidad:</p> <p>La fabricación de materiales compuestos de fibra de carbono genera un volumen considerable de residuos de materiales procedentes de dos fuentes principales:</p> <ol style="list-style-type: none"> Fibra de carbono de: telas procedentes del corte de patrones, recanteo, desechos de piezas defectuosas o retirada del material caducado. Materiales auxiliares para la fabricación del composite: <i>release film</i>, aireadores, bolsa de vacío, masillas, etc. <p>Esta línea persigue los siguientes objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mayor concienciación sobre las necesidades del aprovechamiento del material Mayor alineamiento y cercanía física entre fabricantes de materias primas, fabricantes de composites y recicladores. Mayor segregación de materiales según tipología y naturaleza. Mayor investigación para conseguir procesos de reciclado eficientes con propiedades mecánicas altamente comparables al material virgen. Mayor aceleración de los procesos de certificación de nuevos procesos y materiales. Introducir la evaluación del impacto ambiental de los procesos de reciclado de residuos procedentes de la fabricación de composites y avanzar en el análisis de la sostenibilidad en un entorno de economía circular. <p>Posibilidades que abre en el sector:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reducción del consumo de materias primas por utilización de un mayor porcentaje de material reciclado Mejora de la red de logística de recogida de residuos y segregación de materiales Disminución de las emisiones de CO2 y costes de transporte de los residuos. Mayor accesibilidad a nuevos productos que ofrezcan altas prestaciones Menor impacto ambiental debido al aprovechamiento de los residuos para nuevas aplicaciones
Dificultades principales	<ul style="list-style-type: none"> Alineamiento entre la regulación europea y los estándares internos de los fabricantes de composites. Financiación para la optimización de ciertos métodos de reciclado y procesado para una eficiencia económica y medioambiental óptima. Financiación que apoye la interacción entre empresas y centros tecnológicos para acelerar la transferencia de conocimiento.

Prioridad E.2: Fabricación fuera de autoclave

Utilidad	Aeronáutica y espacio materiales compuestos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>Necesidad:</p> <p>Los procesos de fabricación mediante autoclave suponen ciclos largos y elevados costes asociados al consumo eléctrico y costes recurrentes. Actualmente, existen procesos de fabricación alternativos a la autoclave tanto para materiales de matriz termoestable y termoplásticas como RTM, <i>compression moulding</i>, inyección, fabricación aditiva mediante impresión 3D, microondas, etc. Estos procesos se caracterizan principalmente por su rápida procesabilidad para la generación de piezas de material compuesto.</p> <p>Esta línea persigue los siguientes objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducir el lead time • Reducir los costes asociados al consumo eléctrico y consumo de nitrógeno • Obtener piezas de material compuesto de alta calidad • Introducir la evaluación del impacto ambiental de los procesos de fabricación fuera del autoclave y avanzar en el análisis de la sostenibilidad energética utilizando herramientas de huella y su comparativa con y sin autoclave. <p>Posibilidades que abre en el sector:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la ratio de producción • Reducción del <i>scrap</i> de material • Fabricación de geometrías complejas • Mayor homogeneidad del curado de resinas termoestables, en el caso del curado por microondas
Dificultades principales	<ul style="list-style-type: none"> • Industria muy conservadora. • Falta de alineamiento entre las empresas, universidades y centros tecnológicos para trabajar en una estrategia única que evite solapamientos y fortalezca el posicionamiento nacional aeronáutico. • Calidad final del producto insuficiente con algunos procesos alternativos debido a los altos requerimientos del material. • Tecnologías emergentes como la impresión 3D aún están en desarrollo para adecuar los equipos y condiciones de contorno al material.

Prioridad E.3: Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave

Utilidad	Aeronáutica y espacio materiales compuestos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	ALTO
Descripción	<p>La tendencia de los últimos años en cuanto a fabricación de estructuras de composite se ha visto motivadas por el uso de materiales termoplásticos de altas prestaciones (PEEK, PAEK, PEKK, etc.). Estos materiales, han supuesto una gran ventaja respecto los materiales termoestables, no solo por sus características reciclables sino también por su procesado fuera de autoclave, lo cual permite un ahorro de costes debido a utillajes, adquisición y mantenimiento de equipos y consumo energético asociado.</p> <p>Sin embargo, a pesar de las altas prestaciones mecánicas de estos materiales, su precio de adquisición es elevado respecto a otros materiales. A este hecho, se le añade su estrecha disponibilidad comercial ya que existen pocos fabricantes de resinas que desarrollen estos materiales. Si se superara este "gap", la competitividad y la demanda de estos materiales sería mayor y la inversión en el desarrollo de tecnologías para procesarlos y reciclarlos aumentaría.</p> <p>Necesidad:</p> <p>Además de este reto, existe otro fuertemente demandado: la funcionalización de los materiales para cumplir los requerimientos según su aplicación final, como la protección frente al rayo, el apantallamiento o las altas propiedades mecánicas e ignífugas. En algunos de estos casos, para alcanzar estos requisitos, es necesario hacer uso de otros materiales como es el caso de la malla de cobre/bronce, lo cual añade más peso a la estructura. Por lo que se detecta la necesidad de desarrollar polímeros avanzados LFT (<i>long fiber thermoplastic</i>) que permitan cumplir estas necesidades sin necesidad de recurrir a un aporte extra de peso.</p> <p>Esta línea persigue los siguientes objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor disposición de materiales termoplásticos de altas prestaciones • Desarrollo de materiales de termoplásticos con propiedades funcionales • Mejorar el desarrollo del polímero, así como las tecnologías OoA para la reducción de la ventana de proceso frente a los materiales comerciales existentes actualmente. • Introducir la evaluación del impacto ambiental de los procesos de fabricación con materiales termoplásticos de altas prestaciones y avanzar en el análisis de la sostenibilidad de los procesos productivos utilizando herramientas de huella (ambiental, social y económica).
Dificultades principales	<ul style="list-style-type: none"> • Limitados fabricantes de desarrollo de materiales de altas prestaciones. • Largos procesos de certificación de nuevos materiales de altas prestaciones. • Mayor cohesión entre los grupos de trabajo para evitar fragmentación del conocimiento, duplicidades y trabajar bajo una misma estrategia. • Optimización de tecnologías existentes para el procesado de materiales de altas prestaciones. • Aumentar las fuentes de financiación dirigidas a esta temática.

Prioridad E.4: Eliminación de residuos en producción de aleaciones y materiales avanzados

Utilidad	Estructuras metálicas Motores aeronáuticos
Horizonte temporal	2025
Impacto en el sector	MEDIO
Descripción	<p>El reciclaje de herramienta basados en material primas crítica es de importancia, es el caso del W y del Co del metal duro.</p> <p>La reducción y reciclaje de fluidos de corte es clave, incluyendo los sistemas que acrediten una buena gestión de residuos, como aquellas tecnologías que reducen o eliminan los fluidos de corte: criogenia, MQL, entre otras.</p> <p>Los procesos no convencionales 8fresado químico y electroquímico, EDM también deben analizarse al máximo.)</p> <p>La seguridad de operarios debe ser calve en una planta de producción. Esto incluiría la gestión de residuos, pero también los sistemas activos y pasivos de seguridad, algunos de ellos aprovechando la oportunidad de la <i>internet of things</i> (IoT)</p> <p>La gestión de residuos de polvos metálicos fruto de la fabricación aditiva y pulvimetalurgia es clave también debido al aumento exponencial que se espera los próximos años de la utilización de esta tecnología. La valorización de residuos mediante la atomización de los mismos, generando polvo nuevo, que vuelve a entrar en la cadena de valor puede servir para reducir costos, huella ambiental ... ir a procesos cero residuos.</p>
Dificultades principales	Evidentemente muchos elementos peligrosos se utilizan por no existir reemplazo o ser tecnológicamente poco rentables. Sin embargo con I+D se pueden llegar a buenas soluciones, y aumentar el uso industrial, paso previo debe ser la homologación de los procesos.

Hoja de ruta de las prioridades de I+D en Fabricación Avanzada

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

PRIORIDAD		Corto Plazo	Largo Plazo	IMPACTO		
		2025	2030	BAJO	MEDIO	ALTO
Procesos de fabricación con materiales compuestos	A1	ALTO			ALTO	
	A2	ALTO			ALTO	
	A3	ALTO				ALTO
	A4	ALTO				ALTO
	A5	ALTO			ALTO	
	A6	ALTO				ALTO
	A7	ALTO				ALTO
	A8	ALTO			ALTO	
Procesos de fabricación de aleaciones metálicas avanzadas	B1	ALTO				ALTO
	B2	ALTO			ALTO	
	B3	ALTO				ALTO
	B4	ALTO			ALTO	
Procesos de inspección	C1	ALTO			ALTO	
	C2	ALTO		BAJO		
	C3	ALTO				ALTO
	C4	ALTO			ALTO	
Robotización, automatización y digitalización	D1	ALTO				ALTO
	D2	ALTO			ALTO	
	D3	ALTO		BAJO		
	D4	ALTO				ALTO
	D5		LARGO PLAZO			ALTO
	D6	ALTO				ALTO
	D7		LARGO PLAZO			ALTO
	D8	ALTO				ALTO
Reciclado y fabricación sostenible	E1	ALTO				ALTO
	E2	ALTO				ALTO
	E3	ALTO				ALTO
	E4	ALTO			ALTO	

Según esta clasificación tenemos:

- Catorce prioridades de alto impacto y a corto plazo: A3, A4, A6, A7, B1, B3, C3, D1, D4, D6, D8, E1, E2 y E3.
- Dos de alto impacto y largo plazo: D5 y D7.
- Diez prioridades de impacto medio y a corto plazo: A1, A2, A5, A8, B2, B4, C1, C4, D2 y E4.
- Dos prioridades de impacto bajo y a corto plazo: C2 y D3.

Resumen de las líneas de I+D de Centros Tecnológicos y Universidades

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.

PRIORIDAD	<u>AITIIP</u>	<u>CEIT</u>	<u>CTA</u>	<u>EHU</u>	<u>FIDAMC</u>	<u>IMDEA</u>	<u>TECNUN</u>	<u>UAH</u>	<u>UC3M</u>	<u>UPCT</u>	<u>UPV</u>
A1	X				X			X			
A2					X				X		
A3	X		X		X			X	X		X
A4			X		X			X	X		X
A5	X		X		X			X	X		
A6			X		X						
A7	X							X			
A8						X		X			
B1		X	X	X		X		X			
B2	X		X	X			X	X		X	
B3	X	X		X							
B4											
C1			X		X			X	X		X
C2	X		X					X			X
C3		X		X					X		
C4		X		X							
D1	X	X	X	X	X	X		X	X		X
D2	X	X	X					X			X
D3	X		X	X			X	X			X
D4	X							X			
D5	X	X		X		X		X			
D6		X		X		X		X			
D7	X			X		X					
D8	X	X		X							
E1	X		X		X	X		X	X	X	
E2	X		X		X	X		X	X	X	
E3	X		X		X	X		X	X	X	
E4		X		X							

Anexo 1: 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.

A1.1 Líneas de investigación de AITIIP

Contacto: José Antonio Dieste Marcial (joseantonio.dieste@aitiip.com)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1	Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales termoestables	DESARROLLO MEDIANTE IMPRESIÓN 3D DE MÁSCARAS FLEXIBLES Y REUTILIZABLES PARA SUSTITUCIÓN DE BOLSA DE VACÍO	PROYECTO WINBOXTOL: CLEANSKY JTI-CS2-2016-CFP03-AIR-02-19 Número de propuesta: 737889 High versatility and accurate tooling set produced in All-In-One machine for the cost efficiency Sub-Assembly, Functional Checks and Transport of the Morphing Winglet and Multifunctional Outer Flaps
A3	Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia	DESARROLLO DE SISTEMAS DE PRESS FORMING PARA TERMOPLÁSTICO Y LOS UTILLAJES CORRESPONDIENTES	PROYECTO INNOTOOL: CLEANSKY JTI-CS2-2019-CfP10-LPA-01-82. Número de propuesta: 886491 Development of Thermoplastic press forming Tool for Advanced Rear End Closing Frame Prototype and Tooling 4.0 for Assembly and transportation of the Advanced Rear End Prototype
A5	Industrialización del proceso de consolidación in-situ para termoplástico	DESARROLLO DE SISTEMAS DE PRESS FORMING PARA TERMOPLÁSTICO Y LOS UTILLAJES CORRESPONDIENTES	PROYECTO INNOTOOL: CLEANSKY JTI-CS2-2019-CfP10-LPA-01-82. Número de propuesta: 886491 Development of Thermoplastic press forming Tool for Advanced Rear End Closing Frame Prototype and Tooling 4.0 for Assembly and transportation of the Advanced Rear End Prototype
A7	Desarrollo de materiales avanzados OoA para estructuras de material compuesto en el sector NewSpace	AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS PARA OoA, con aplicaciones a Press hot forming y cocurado	PROYECTO FALCON: CLEANSKY JTI-CS2-2016-CFP04-LPA-01-23 Número de propuesta: 754274 Fully automated, controlled and versatile system for low cost, high rate and energy efficient production of highly loaded aeronautical structural parts
B2	Tecnologías de mecanizado y máquina herramienta	Desarrollo de procesos de fresado, torneado, electroerosión y soldadura. Taller de 8000m2 en estas tecnologías	www.aitiip.com
B3	Tecnologías de unión y postproceso	Sistemas WAAM (wire arc additive manufacturing) para reparación de componente. Control de parámetros de soldadura en tiempo real.	Proyecto Kraken www.krakenproject.eu
C2	Medición de gap entre piezas	Aplicaciones de medición avanzadas basadas en tecnologías de Laser Tracker, laser scanner. Integración de tecnologías de medición en procesos industriales	www.megarob.eu
D1	Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos	Sistemas de corrección de errores de máquina en tiempo real, basado en mediciones in line de láser tracker de alta precisión. Corrección de posiciones de máquina y orientación de herramienta, para conseguir precisiones menores a 0,3mm en campos de trabajo de 80m.	www.megarob.eu
D2	Fabricación aditiva en el espacio con materiales compuestos	Impresión 3D con altas tasas de deposición de materiales termoestables, como epoxy y poliuretanos, aportando más de 120kg/h. Combinación híbrida con fresado para conseguir net shape. Fabricación de borde de salida a tamaño real, longitud aprox. 5 metros,	www.krakenproject.eu https://www.aitiip.com/idi/proyectos/proyecto-heron.html

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		mediante fabricación aditiva de poliuretano	
D3	Control de parámetros de taladrado	Taladrado robótico guiado con láser tracker. Precisiones de taladrado en actividades a bajas velocidades, cuasi-estáticas inferiores a 50 micrómetros, como en el proceso de taladrado de composites con sistema robótico sobre pórtico de dimensiones 20x5x3 metros.	www.megarob.eu
D4	Automatización de operaciones de montaje en pequeñas aeroestructuras de baja cadencia	Sistemas de montaje automático robotizado basado en tecnologías de laser tracker	PROYECTO WINBOXTOOL: CLEANSKY JTI-CS2-2016-CFP03-AIR-02-19 Número de propuesta: 737889 High versatility and accurate tooling set produced in All-In-One machine for the cost efficiency Sub-Assembly, Functional Checks and Transport of the Morphing Winglet and Multifunctional Outer Flaps
D5	Fabricación Aditiva Multi-Material	Fabricación aditiva multimaterial para piezas de gran tamaño. Combinaciones metal resina y resina metal, basadas en sistemas de spray por arco eléctrico	www.krakenproject.eu https://www.aitiip.com/idi/proyectos/proyecto-heron.html
D7	Fabricación aditiva metálica	Sistema WAAM (DED-arc. Wire arc additive manufacturing), para componentes de aluminio y acero. Generación de piezas y utillajes de más de 1 metro	www.krakenproject.eu PROYECTO INNOTOOL: CLEANSKY JTI-CS2-2019-CfP10-LPA-01-82. Número de propuesta: 886491 Development of Thermoplastic press forming Tool for Advanced Rear End Closing Frame Prototype and Tooling 4.0 for Assembly and transportation of the Advanced Rear End Prototype. En este proyecto se fabricarán los moldes mediante Fabricación aditiva metálica (WAAM para utillajes grandes) Colaboración con Airbus Operations para fabricación de un molde metálico para autoclave en ALM. Publicaciones Metal Additive Manufacturing. Influence of process parameters on the morphology of additive manufacturing beads using WAAM technology in high deposition rate processes. EUROSIM 2019 Hybrid material (metal + non-metal) 3D printing. Conference on Welding & NDT, of HSNT and WGI. ATHENS 2018 Metal Additive Manufacturing. New concepts to increase the affordability of large part 3D printing. Conference on Welding & NDT, of HSNT and WGI. ATHENS.2018
D8	Automatización de procesos de acabado de piezas metálicas fabricadas	Sistemas de pulido automatizado con robot para superficies de forma libre	Proyecto Autopul y Sinide http://www.interempresas.net/Moldes/Articulos/116573-Sistema-inteligente-acabado-piezas-utillajes-mediante-sistemas-pulido-desbarbado.html Publicaciones <ul style="list-style-type: none"> J.A. Dieste, A. Fernández (2013) Low and medium temperature solar thermal collector based in innovate materials and improved heat exchange performance, Ref. Energy Conversion and Management. Vol 75, pp 118-129. Elsevier. ISSN 01968904. J.A. Dieste, A. Fernández, D. Roba, B. Gonzalvo, P. Lucas. (2013) Autopul / Sinide: nuevas tecnologías aplicadas al proceso de acabado de moldes mediante el pulido automatizado asistido por nuevas estrategias de máquina herramienta. sistema inteligente de acabado de

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
			<p>piezas y utillajes mediante sistemas de pulido y desbarbado En: 19CMH – Congreso de Máquinas y Herramientas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • J A Dieste, A.Fernández, D. Roba. “Surface Quality Improvement and Tool footprint Analysis in a Robotic Grinding Cell.” Materials Science Forum Vol. 797 (2014) p 163-168 • J.A. Dieste, A.Fernández, C.Javierre, J.Santolaria. “Surface roughness evolution model for finishing using abrasive tool on a robot”. International Journal of Advanced Robotic Systems 12 2015 • J.A. Dieste, A. Fernández, C. Javierre, J. Santolaria (2015) Environmentally Conscious Polishing System Based on Robotics and Artificial Vision, Advances in Mechanical Engineering. https://doi.org/10.1155/2014/798907.
E1	Reciclado de residuos procedentes de scrap de fibra de carbono termoestable / termoplástica y de materiales auxiliares para la fabricación del composite	Apply ligninases to resolve end-of-life issues of thermoset composite plastics. Digestión de termoestables mediante procesos enzimáticos	Topic Bio based Industries: BBI-2019-SO2-R3 número de propuesta: 886567
E2	Fabricación fuera de autoclave	Sistemas de fabricación basados en RTM para componentes aeronáuticos. Fabricación de preformas por Press hot Forming, para integración en sistemas de fabricación RTM. Esta línea incluye procesos y diseño y desarrollo de nuevos conceptos de utillaje auto-calefactados y refrigerados integrando sistemas de conformal cooling con ALM	<p>Proyectos Heron y Falcon (Clensky)</p> <p>https://www.aitiip.com/idi/proyectos/falcon.html?layout=blog</p> <p>https://www.aitiip.com/idi/proyectos/proyecto-heron.html</p>
E3	Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave	Aitiip es experto reconocido en el diseño y desarrollo de materiales termoplásticos ad hoc, desde hace más de 25 años. El laboratorio de materiales avanzados puede desarrollar cualquier formulación, así como blend y fabricarlo a media escala con producciones de 40kg/h	<p>www.aitiip.com</p> <p>https://www.aitiip.com/idi/nuevos-materiales.html</p> <p>https://www.aitiip.com/servicios-tecnologicos/desarrollo-de-materiales.html</p>

A1.2 Líneas de investigación del CEIT

Contacto: Iñaki Yarza García (iyarza@ceit.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
B1	Simulación numérica de procesos de fabricación <i>near-net-shape</i>	<ul style="list-style-type: none"> Modelización de conformado de materiales: desarrollos propios para la modelización de procesos de fabricación (conformado en caliente y en frío, fabricación aditiva, etc.) basados en técnicas de elementos finitos y ecuaciones constitutivas avanzadas. Modelización de distorsiones en metalurgia de polvos y fabricación aditiva: herramientas propias para la modelización de distorsiones en piezas fabricadas a partir de polvos. Optimización del diseño de utillaje y matricería en procesos cercanos a forma final (near-net shape). 	<p>HUC - Clean Sky 2 - 821044 - Hipped Ultrafan IPT Casing (http://huc-cs2.eu/)</p> <p>CEFAM - Excelencia Cervera - CER-20191005 - Programa Estratégico para la Capacitación de Excelencia en la Fabricación Aditiva de Materiales Metálicos (https://www.ceit.es/es/areas-investigacion/materiales-fabricacion/fabricacion-avanzada-pulvimetalurgia-laser/cefam)</p> <p>MODELHIP - Diputación Foral de Gipuzkoa - 57/16 - Modelización del proceso de fabricación near net shape - HIP de polvos (https://www.ceit.es/es/areas-investigacion/materiales-fabricacion/disenio-comportamiento-mecanico/modelhip)</p>
B3	Tecnologías de unión y postproceso	<ul style="list-style-type: none"> Cladding Tratamientos térmicos Uniones 	<p>HUC - Clean Sky 2 - 821044 - Hipped Ultrafan IPT Casing (http://huc-cs2.eu/)</p> <p>RAILFILLER – Retos Colaboración 2019 - Fabricación aditiva para el mantenimiento de activos metálicos de infraestructura ferroviaria</p> <p>NESMONIC – Clean Sky – 337568 – Net Shape Manufacture of Ni Superalloy Engine Casing</p>
C3	Tecnologías de ensayos no destructivos	<ul style="list-style-type: none"> Realidad Aumentada (RA) Detección de defectos con visión artificial Deep Learning (espectro visible e infrarrojo) (VA) Termografía infrarroja para detección de grietas 	<p>SIMFAL – Clean Sky 2 – 737881 - Assembly Planning and SIMulation of an Aircraft Final Assembly Line (https://simfal.eu/)</p> <p>MADEIRA – Retos Colaboración 2017 - Machine And Deep Learning en Entorno Industrial con uso de Realidad Aumentada</p> <p>INSPECTA – Elkartek 2019 - Un enfoque de las inspecciones de uniones críticas y defectos por métodos robustos y automatizables</p> <p>ENOVAL – FP7-Transport – 604999 – Engine Module Validators</p>
C4	Metodología e inspección de precisión	<ul style="list-style-type: none"> Metrología óptica para inspección de precisión 	<p>ASSASSINN – Clean Sky 2 - 886977 - Development of a multifunctional cell for complex aerostructure ASSEMBLY, ASSisted by Neural Network (https://assassin.eu/)</p> <p>INSPECTA – Elkartek 2019 - Un enfoque de las inspecciones de uniones críticas y defectos por métodos robustos y automatizables</p> <p>RAILFILLER – Retos Colaboración 2019 - Fabricación aditiva para el mantenimiento de activos metálicos de infraestructura ferroviaria</p>
D1	Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos	<p>Monitorización:</p> <ul style="list-style-type: none"> Desarrollo y uso de redes de sensores inalámbricos Sistemas ciberfísicos Interfaces hombre-máquina Diseño de componentes inteligentes ad-hoc 	<p>MIRAGED - Excelencia Cervera - CER-20190001 - Posicionamiento Estratégico en Modelos Virtuales y Gemelos Digitales para una Industria 4.0 (https://www.ceit.es/es/areas-investigacion/materiales-fabricacion/procesamiento-termomecanico/miraged)</p>

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		<ul style="list-style-type: none"> Análisis de datos (big data) y computación en la nube <p><u>Ensayos No Destructivos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Técnicas no destructivas basadas en medidas electro-magnéticas para el control de calidad de productos o procesos productivos: Caracterización y propiedades mecánicas como la dureza, el límite elástico o la resistencia a tracción Analizar la calidad de tratamientos térmicos. Caracterizar la dureza superficial y la profundidad de la capa endurecida Otros defectos: tensiones residuales, quemaduras de rectificado, grietas, inclusiones, etc. <p><u>Visión y Robótica:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Realidad virtual, aumentada y mixta Visión industrial Automatización y robótica 	<p>SIMFAL - Clean Sky 2 - 737881 - Assembly Planning and SIMulation of an Aircraft Final Assembly Line (http://simfal.eu/)</p> <p>CPS4SME - Gobierno Vasco - ER-2015/00039 - Sistemas Ciberfísicos para impulsar a las Pequeñas y Medianas Empresas de Fabricación de Euskadi - (https://www.ceit.es/en/areas-of-r-a-d/materials-and-manufacturing/intelligent-systems-for-industry-4-0/etorgai-cps4sme)</p>
D2	Fabricación aditiva en el espacio con materiales compuestos	<ul style="list-style-type: none"> Atomización de polvos metálicos y polvos de materiales compuestos, polvos específicos para fabricación aditiva y materiales magnéticos. Compresión isostática en caliente. Materiales magnéticos. Fabricación de materiales magnéticos duros y blandos mediante rutas pulvimetalúrgicas. Diseño para fabricación aditiva tanto para SLM (Selective Laser Melting) como para LMD. Post proceso mediante HIP para mejorar las propiedades obtenidas después de la fabricación aditiva. Desarrollo y optimización de procesos láser Soldadura láser remota con y sin aporte de material y soldadura de materiales disimilares. 	<p>ADDIMOT - Clean Sky 2 - 865206 - Additively manufactured limited angle torque motor for Smart Active Inceptors (https://addimot.eu/)</p> <p>CEFAM - Excelencia Cervera - CER-20191005 - Programa Estratégico para la Capacitación de Excelencia en la Fabricación Aditiva de Materiales Metálicos (https://www.ceit.es/es/areas-investigacion/materiales-fabricacion/fabricacion-avanzada-pulvimetalurgia-laser/cefam)</p> <p>NANOTUN3D - H2020 - 685952 - Possibilities of Additive Manufacturing (AM) together with nano-additived material (http://www.nanotun3d.eu/)</p>
D5	Fabricación Aditiva Multi-Material	<p>Atomización de polvos metálicos y polvos de materiales compuestos, polvos específicos para fabricación aditiva y materiales magnéticos (duros y blandos).</p> <p>Fabricación a escala laboratorio mediante Binder Jetting.</p>	<p>CEFAM - Excelencia Cervera - CER-20191005 - Programa Estratégico para la Capacitación de Excelencia en la Fabricación Aditiva de Materiales Metálicos (https://www.ceit.es/es/areas-investigacion/materiales-fabricacion/fabricacion-avanzada-pulvimetalurgia-laser/cefam)</p> <p>NANOTUN3D - H2020 - 685952 - Possibilities of Additive Manufacturing (AM) together with nano-additived material (http://www.nanotun3d.eu/)</p>
D6	Análisis virtual de procesos de fabricación, "Digital Twin"	Modelización de conformado de materiales: desarrollos propios para la modelización de procesos de fabricación (conformado en caliente y en frío, fabricación aditiva, etc.) basados en técnicas de elementos finitos y ecuaciones constitutivas avanzadas.	MIRAGED - Excelencia Cervera - CER-20190001 - Posicionamiento Estratégico en Modelos Virtuales y Gemelos Digitales para una Industria 4.0 (https://www.ceit.es/es/areas-investigacion/materiales-fabricacion/procesamiento-termomecanico/miraged)
D7	Fabricación aditiva metálica	<ul style="list-style-type: none"> Atomización de polvos LMD y PBBJ Procesos de pulido y acabado superficial con láseres pulsados 	<p>CEFAM - Excelencia Cervera - CER-20191005 - Programa Estratégico para la Capacitación de Excelencia en la Fabricación Aditiva de Materiales Metálicos (https://www.ceit.es/es/areas-investigacion/materiales-fabricacion/fabricacion-avanzada-pulvimetalurgia-laser/cefam)</p> <p>NANOTUN3D - H2020 - 685952 - Possibilities of Additive Manufacturing (AM) together with nano-additived material (http://www.nanotun3d.eu/)</p>

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
			<p>ADDIMOT - Clean Sky 2 -865206 - Additively manufactured limited angle torque motor for Smart Active Inceptors (https://addimot.eu/)</p> <p>LASER4SURF – H2020 – 768636 – Laser for mass production of functionalised metallic surfaces (https://www.laser4surf.eu/)</p> <p>NANOSTENCIL – H2020 - 767285 - Nanoscale self-assembled epitaxial nucleation controlled by interference lithography (http://nanostencil-eu.com/)</p> <p>FLOIM – H2020 - 820661 - Flexible Optical Injection Moulding of optoelectronic devices (http://www.floimproject.eu/)</p>
D8	Automatización de procesos de acabado de piezas metálicas fabricadas	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de pulido y acabado superficial con láseres pulsados • Robótica Colaborativa 	<p>LASER4SURF – H2020 – 768636 – Laser for mass production of functionalised metallic surfaces (https://www.laser4surf.eu/)</p> <p>NANOSTENCIL – H2020 - 767285 - Nanoscale self-assembled epitaxial nucleation controlled by interference lithography (http://nanostencil-eu.com/)</p> <p>FLOIM – H2020 - 820661 - Flexible Optical Injection Moulding of optoelectronic devices (http://www.floimproject.eu/)</p>
E4	Eliminación de residuos en producción de aleaciones y materiales avanzados	<ul style="list-style-type: none"> • Atomización de polvos 	<p>CEFAM - Excelencia Cervera - CER-20191005 - Programa Estratégico para la Capacitación de Excelencia en la Fabricación Aditiva de Materiales Metálicos (https://www.ceit.es/es/areas-investigacion/materiales-fabricacion/fabricacion-avanzada-pulvimetalurgia-laser/cefam)</p> <p>NANOTUN3D - H2020 - 685952 - Possibilities of Additive Manufacturing (AM) together with nano-additived material (http://www.nanotun3d.eu/)</p>

A1.3 Líneas de investigación de CTA

Contacto: Idurre Sáez de Ocáriz (idurre.saezdeocariz@cta.aero)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A3	Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia	Tecnologías de Ensayos para validación de probetas/prototipos fabricados	Ensayos para ADS en OUTCOME (PROYECTO EUROPEO ITD AIRFRAME)
A4	Fabricación en continuo de perfiles termoplásticos	Tecnologías de Ensayos para validación de probetas/prototipos fabricados	Ensayos para ADS en OUTCOME (PROYECTO EUROPEO ITD AIRFRAME CSII)
A5	Industrialización del proceso de consolidación in-situ para termoplástico	Tecnologías de Inspección (p.ej: termografía infrarroja)	- PROYECTO CIEN AVANWINGLET - PROYECTO CLEANSKY2 (automatización de proceso de inspección mediante robot -) - PRUEBAS MTORRES (inspección TI on-line del apilamiento de pieles de compuesto) - TESIS PABLO VENEGAS (TI para detección defectos aplicable on-line: https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarSeleccion.do)
A6	Soldadura de termoplásticos	Tecnologías de inspección T.I.	- TESIS PABLO VENEGAS (TI para detección defectos aplicable on-line: https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarSeleccion.do)
B1	Simulación numérica de procesos de fabricación <i>near-net-shape</i>	Ensayos sobre prototipos para validación de tecnologías	ENSAYOS: laboratorio aprobado por AIRBUS (Ensayos estructurales, fuego,..). Más de 50 referencias de ensayos desde full-scale a ensayos elementales para AIRBUS y diversos Tier1
B2	Tecnologías de mecanizado y máquina herramienta	Monitorización, inspección, utillaje inteligente.	- PROYECTOS ELKARTEK: AEROTRESNAK, SMARTRESNAK. - PROYECTO CIEN - AVANWINGLET (Control térmico de mecanizados en macizados, núcleos y compuesto aeronáutico para optimización de vida de herramienta) - PROYECTO UNHIMEC-AERNOVA (Control de mecanizado de materiales compuestos, metálicos e híbridos aeronáuticos)
C1	Optimización de la inspección en termo-estables	TECNOLOGÍAS DE INSPECCIÓN MEDIANTE TI. AUTOMATIZACIÓN DE T.I.	- PROYECTO ELKARTEK AIRHEM (monitorización con TI de proceso de curado -) - PROYECTO EUROPEO DOTNAC (verificación de validez de inspecciones TI) - PROYECTO ETORGAI DUOMO (inspección de piezas estructurales) - PROYECTO ELKARTEK ACTIMAT (inspecciones TI para validar resistencia de piezas) - PROYECTO HAZITEK EKIPANEL (inspecciones de paneles de compuesto en fases intermedias de fabricación para detección de fallos) - TESIS PABLO VENEGAS (TI para detección defectos aplicable on-line: https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarSeleccion.do)
C2	Medición de gap entre piezas	Tecnologías de inspección T.I.	- PROYECTO ACTIVIDAD ECONÓMICA (Detección de gaps en chapas de acero)
D1	Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos	Tecnologías desarrolladas en colaboración dentro de SMAR3NAK. Utillaje inteligente.	ELKARTEK: AEROTRESNAK, SMAR3NAK
D2	Fabricación aditiva en el espacio con materiales compuestos	Ensayos para validación de probetas/prototipos fabricados	GSTP Novel Structural Components using Additive Manufacturing
D3	Control de parámetros de taladrado	Tecnologías de inspección T.I.	- PROYECTO HAZITEK UNHIMEC (Control de mecanizado de materiales compuestos, metálicos e híbridos aeronáuticos) - PROYECTO CIEN AVANWINGLET (Control térmico de mecanizados en macizados, núcleos y compuesto aeronáutico para optimización de vida de herramienta)
E1	Reciclado de residuos procedentes de scrap de fibra de carbono	Ensayos para validación de probetas/prototipos para aplicación aeroespacial	Ensayos para validación de probetas/prototipos para aplicación aeroespacial fabricados con material reciclado

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
	termoestable / termoplástica y de materiales auxiliares para la fabricación del composite	fabricados con material reciclado	
E2	Fabricación fuera de autoclave	Ensayos para validación de probetas/prototipos fabricados	Ensayos para validación de probetas/prototipos fabricados. Proyecto OUTCOME,CS-2, ITD AIRFRAME
E3	Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave	Ensayos para validación de probetas/prototipos fabricados	Ensayos para validación de probetas/prototipos fabricados

A1.4 Líneas de investigación de la Universidad del País Vasco (EHU)

Contacto: Luis Norberto López de Lacalle Marcaide (norberto.lzlacalle@ehu.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
B1	Simulación numérica de procesos de fabricación <i>near-net-shape</i>	Desarrollo de modelos del comportamiento termomecánico de procesos de fabricación aditiva como Laser metal deposition (LMD) y fabricación en cama de polvo Selective Laser Melting (SLM).	<p>Proyecto ADAM² - Analysis, Design, And Manufacturing using Microstructures (Horizon 2020)</p> <p>Proyecto PARADDISE - A Productive, Affordable and Reliable solution for large scale manufacturing of metallic components by combining laser-based ADDitive and Subtractive processes with high Efficiency (Horizon 2020)</p> <p>Proyecto ABIO I y II - Desarrollo de máquinas y sistemas para la fabricación competitiva de componentes de aeronáutica (HAZITEK 2019 - 2020)</p> <p>Proyecto HUC - Development and validation of a powder HIP route for high temperature Astroloy to manufacture Ultrafan[®] IP Turbine Casings (HORIZON 2020 - CLEAN SKY II) Tarea: Validación geométrica HIP simulación vs. proceso</p>
B2	Tecnologías de mecanizado y máquina herramienta	<p>Investigación de procesos de fabricación y máquina herramienta a niveles de TRL 5-7, cercanos a las necesidades de la industria. Experiencia en procesos de arranque de viruta, aporte de material, electroerosión, rectificado, brochado y fabricación híbrida.</p> <p>Procesos diversos de fabricación de materiales complejos altas temperatura y exigencias de integridad (Fresado, torneado, rectificado, etc. Fabricación especializada en aleaciones de baja maquinabilidad, aleaciones de Titanio y base Níquel (Inconel718, Astrolloy, duralloy...) y nuevas aleaciones.</p> <p>Fabricación de piezas compuestas por paredes delgadas, análisis de vibraciones y diseño de estrategias óptimas para abordar sus desafíos.</p>	<p>https://www.ehu.es/es/web/CFAA</p>
B3	Tecnologías de unión y postprocesos	<p>Desarrollo de utillajes y sistemas de amarre para piezas esbeltas de grandes dimensiones, tanto para los procesos de fabricación como para los procesos de inspección. Modelización y análisis de deformaciones y distorsiones en las piezas derivados de los diferentes sistemas de amarre.</p> <p>Fixturing avanzado para piezas de gran complejidad y demandantes de alta precisión.</p>	<p>Proyecto FUTURALVE - Tecnologías de materiales y fabricación avanzada para la nueva generación de turbinas de alta velocidad (Programa Estratégico CIEN 2015) Tarea: Desarrollo de tecnología de utillaje para procesos especiales Tarea: Desarrollo de tecnología de utillaje para optimización de la cadena de valor de los productos con exigencias derivadas del mecanizado de nuevos materiales de las turbinas de alta velocidad</p> <p>Proyecto TALDEA - Turbinas de alta velocidad: Desarrollo de tecnologías de fabricación avanzada (HAZITEK 2017) Tarea: Nuevos conceptos de utillaje para turbinas de alta velocidad Tarea: Automatización y sistemas para minimización del número de atadas</p>

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		Investigación y desarrollo en la optimización de geometrías en las herramientas de corte para alargar su vida útil, así como mejorar los procesos de corte: optimización del radio de filo, diseño de rompevirutas en insertos...	Proyecto FAKTORIA - Investigación de nuevas Tecnologías y Procesos productivos de la red de fabricación aeronáutica vasca para las futuras Turbinas de Alta Velocidad (HAZITEK 2020) Tarea: Utillajes y amarre inteligente
C3	Tecnologías de ensayos no destructivos	Se dispone de una célula de inspección por rayos X para evaluar las imperfecciones de las piezas fabricadas.	https://www.ehu.eus/es/web/CFAA
C4	Metrología e inspección de precisión	Zona exclusiva de metrología e inspección con equipos de medición óptica y por contacto. Especialización en inspección de geometrías complejas. Equipos de microscopía confocal. Inspección insitu para la optimización de estrategias de fabricación y recolocación de piezas en máquina.	
D1	Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos	Sistemas de inspección visual automatizado y reconocimiento directo de los defectos en análisis de calidad. Monitorización cero defectos en distorsiones y porosidades para procesos de fabricación aditiva en cama de polvo. Monitorización de temperaturas en la zona del melt pool en operaciones de laser metal deposition (LMD).	Proyecto SMAPRO - Máquinas y procesos Smart a través de la integración del conocimiento y los datos (ELKARTEK 2017) Tarea: Reconocimiento de defectos y análisis Proyecto PROCODA - Procesos de alto valor basados en el conocimiento y los datos (ELKARTEK 2019) Tarea: Monitorización y control cero defectos para procesos productivos
D3	Control de parámetros de taladrado	Monitorización y control de los parámetros de proceso (herramienta, material, potencias, predicción de fallo, requisitos e integridad superficial,...)	Utilización de sistemas tipo Artis, Kistler o Spyke integrados en máquina y proceso como actividad transversal en varios proyectos con actividad de taladrado y hole-making. Materials 2020, 13(12), 2796; https://doi.org/10.3390/ma13122796
D5	Fabricación Aditiva Multi-Material	Línea de investigación en desarrollo de fabricación aditiva multi-material	http://www.ehu.eus/manufacturing/ca-presentacion-introduccion.php
D6	Análisis virtual de procesos de fabricación, "Digital Twin"	Proyectos de investigación en desarrollos relacionados con los "digital twin" y "smart factory". Captación y procesamiento en tiempo real de parámetros de máquina durante procesos de mecanizado para reconducir de manera digital los resultados obtenidos (i.e. Mindsphere). Virtualización y simulación de operaciones de fabricación considerando todos los componentes de las máquinas reales y verificando los procesos en una máquina virtual que representa las cinemáticas del proceso.	Proyecto InterQ - Interlinked process product & data quality framework for zero defect manufacturing (Horizon 2020) Líderes WP3: InterQ - Product (Sensors for production quality, Metrology-based product digital twin, product quality prediction)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
D7	Fabricación aditiva metálica	<p>Células de fabricación aditiva LMD y SLM.</p> <p>Digitalización de proceso, previsión de resultados previo a máquina, comportamiento de máquina y componentes pertenecientes al proceso y control de cordón y altura de aporte in situ.</p>	<p>Proyecto H2020 Paraddise https://www.paraddise.eu/</p>
D8	Automatización de procesos de acabado de piezas metálicas fabricadas	<p>Célula de rebarbado/pulido automatizada para optimizar el acabado de las piezas fabricadas.</p> <p>Línea de investigación desarrollada de diferentes procesos de superacabado como el bruñido hidrostático con bola.</p>	<p>R. Avilés, J. Albizuri, A. Rodríguez, L.N. López de Lacalle, Influence of low-plasticity ball burnishing on the high-cycle fatigue strength of medium carbon AISI 1045 steel, International Journal of Fatigue, Volume 55, 2013, Pages 230-244, ISSN 0142-1123, https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2013.06.024.</p> <p>Rodríguez, A., de Lacalle, L.N.L., Pereira, O. et al. Isotropic finishing of austempered iron casting cylindrical parts by roller burnishing. Int J Adv Manuf Technol 110, 753–761 (2020). https://doi.org/10.1007/s00170-020-05894-7</p>
E4	Eliminación de residuos en producción de aleaciones y materiales avanzados	<p>Disminución de fluidos de corte, mediante criogenia y MQL.</p> <p>Desarrollo de equipo plug & play y patente para la aplicación de CryoMQL en máquinas de mecanizado con el fin de ofrecer una solución más eco-sostenible.</p>	<p>www.ehu.es/CFAA https://hre.es/soluciones-de-ingenieria/sistema-de-lubricacion-criogenico-becold/</p>

A1.5 Líneas de investigación de la FIDAMC

Contacto: Augusto Pérez Pastor (augusto.perez@fidamc.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1	Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales pre-impregnados	1) Proyecto WELTH-BAG 2) Proyecto TEMACOM, WP1	1) Proyecto dentro del CIEN fuselaje con Airbus SL. Industrialización de la preparación de las bolsas de vacío para conseguir la fabricación industrial de sección de fuselaje en escanarion de alta integración y cadencia de producción. Ref. documento 2017-199-P05-TR03 2) Proyecto TEMACOM, con Airbus SL y financiación de la CCMM dentro de Hub de innovación concedido en 2019. Parte del paquete de trabaja 1. Orientado a superficies sustentadoras.
A2	Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales termoplásticos	HIGH RELIEABLE VACUUM BAG FOR THERMOPLASTIC	Proyecto financiado por Airbus comercial, desde la organización central de Manufacturing Engineering, parte francesa.
A3	Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia	Proyecto TEMACOM, WP2	Proyecto con Airbus SL y financiado por la CCMM en la convocatoria de Hub de innovación de 2018.
A4	Fabricación en continuo de perfiles termoplásticos	Proyecto FORMIT	Call del Clean Sky 2, financiado por la unión europea. Desarrollado en colaboración con APPLUS.
A5	Industrialización del proceso de consolidación in-situ para termoplástico		
A6	Soldadura de termoplásticos	1) Proyecto OUTCOME - UPPER SKIN. 2) Proyecto RFoT (Rear Fuselage of Tomorrow) 3) Proyecto LPA (Large passenger Aircraft)	1) Call del Clean Sky 2, financiado por la CE. Se trata de llegar hasta la fabricación de un revestimiento superior de la porción de ala exterior del CN295, a través de la ejecución de una pirámide de ensayos, incluyendo fabricación y ensayo, de paneles y subcomponentes estructurales representativos. 2) Proyecto con Airbus SL, para la búsqueda de soluciones competitivas en la fabricación del fuselaje posterior de aviones comerciales. Basado en la aplicación de la tecnología ISC para conseguir componentes de alto nivel de integración sin la necesidad de ciclos de estufa o autoclave. 3) Proyecto del Clean Sky 2, para Airbus y a través de Aernnova. Aplicación de la tecnología ISC en la fabricación de secciones de fuselaje.
C1	Optimización de la inspección en termo-estables	Proyecto TEMACOM, WP1 y 3.4	Proyecto con Airbus SL, financiado por la CCMM a través del Hub de innovación convocado en 2018. La combinación de la búsqueda de procesos de producción robustos para elementos sustentadores del paquete WP1 con la monitorización del proceso de fabricación del paquete WP3.4, permitirían demostrar la posibilidad de la eliminación o reducción de las operaciones de inspección.
D1	Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos	1) Proyecto ZAERO. 2) Proyecto DIGITALIZACION con SOPRA-HESPERIA	1) Proyecto ZAERO financiado por la CE, en colaboración con PROFACTOR, AIRBUS, Mtorres, etc. para la monitorización de la calidad durante los procesos de laminado y curado. Adjunto enlace con más información del proyecto: https://www.zaero-project.eu/ 2) El proyecto de digitalización de procesos de materiales compuestos con SOPRA-HESPERIA trata de aplicar las ventajas de la digitalización sobre las particularidades de los procesos de fabricación de componentes de material compuesto.
E1	Reciclado de residuos procedentes de scrap de fibra de carbono termoestable / termoplástica y de materiales	1) Proyecto UNCURED CFRP RECYCLING 2) Proyecto R2WEA	1) Proyecto con Airbus Operations SL sobre opciones de reciclado de excedentes de material compuesto no curado de calidad aeronáutica. Presentado en el ECCM de Munich en Junio de 2017.

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
	auxiliares para la fabricación del composite		2) Proyecto R2WEA con EIT Innoenergy financiado por la CE, para el aprovechamiento de fibras recicladas por pirólisis.
E2	Fabricación fuera de autoclave	<p>1) Prepreg TS: Proyecto interno DVD</p> <p>2) Fibra seca: Proyectos Rear Spar RTM del WoT, proyectos infusión: OUTCOME, revest. Inferior y GRA.</p> <p>3) Proyectos termoplástico: OUTCOME rev. superior, RFoT, LPA, etc.</p>	<p>Fidamc trabaja en numerosos proyectos que no necesitan la consolidación en autoclave.</p> <p>Para materiales compuestos preimpregnados de matriz termoestable, destaca el proyecto DVD, interno.</p> <p>Para tecnologías de matriz termoestable y fibra seca, destacan proyectos como el Larguero posterior en RTM para Airbus Operations, dentro del proyecto Wing of Tomorrow, el mamparo de presión para Airbus Defence and Space y los paneles de ensayo del OUTCOME, revestimiento inferior.</p> <p>En termoplástico ningún proceso utiliza autoclave. Destacan los proyectos con la tecnología ISC para laminado y consolidación simultánea y los numerosos proyectos de fabricación de perfiles y elementales en estufa o en prensa.</p>
E3	Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave	<p>1) Proyecto GREEN MANUFACTURIN, Paquete Low cost thermoplastic</p> <p>2) Proyecto UNIONES HIBRIDAS, dentro del RFoT</p>	<p>1) El paquete de trabajo Low Cost Thermoplastic, dentro del proyecto GREEN MANUFACTURING financiado por Airbus Defence and Space trata de desarrollar la aplicación de materiales compuestos de matriz termoplástica de bajo coste en componentes aeronáuticos.</p> <p>2) El proyecto de Uniones híbridas, dentro del proyecto RFoT trata de desarrollar los procesos de unión entre laminados de matriz termoestable con termoplástica para tratar de cubrir las funcionalidades de la estructura con procesos óptimos de fabricación.</p>

A1.6 Líneas de investigación de IMDEA Materiales

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

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A8	Estrategias de laminación con secuencias no tradicionales	Optimización de secuencias de laminación a través de Virtual Testing y Machine Learning.	<p>Publicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Falco, O.; Avila, R. L.; Tijs, B.; Lopes, C. S. - Modelling and simulation methodology for unidirectional composite laminates in a Virtual Test Lab framework. <i>Composite Structures</i> 190, 137-159, 2018. <p>Proyectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> REDISH (CROR Engine Debris Impact Shielding. Design, Manufacturing, Simulation and Impact Test Preparation, (GA-686946), 2016-2019, EU-H2020-Clean Sky, IP: IP: Dr. Claudio Lopes
B1	Simulación numérica de procesos de fabricación <i>near-net-shape</i>	En IMDEA Materiales desarrollamos y combinamos métodos de simulación complementarios para diferentes fenómenos físicos a diferentes escalas: (1) termodinámica computacional (método CalPhaD) para identificar fases estables y metaestables en aleaciones metálicas complejas, (2) modelado de campo de fase (phase field) de la cinética de formación de microestructuras y segregación química, (3) teoría de plasticidad cristalina y homogeneización computacional para correlacionar las microestructuras con sus propiedades mecánicas (por ejemplo, vida útil y fatiga) y (4) elementos finitos para simular la termomecánica acoplada a escala del proceso (predicción de tensiones residuales, distorsión de las piezas finales, etc). Estos métodos se aplican actualmente en varios proyectos de I+D que tenemos en marcha relacionados con fabricación avanzada de metales, por ejemplo, en superaleaciones de Ni para aplicaciones aeronáuticas, aleaciones metálicas ligeras (Al, Mg) para aplicaciones de automoción y biomédicas, y metamateriales innovadores con excelente resistencia a fatiga e impactos.	<p>Publicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> M.M. Francois, A. Sun, W.E. King, N.J. Henson, D. Tourret, C.A. Bronkhorst, et al. (2017) Modeling of additive manufacturing processes for metals: Challenges and opportunities, <i>Current Opinion in Solid State and Materials Science</i> 21, 198-206 J. Li, I. Romero, J. Segurado (2019) Development of a thermo-mechanically coupled crystal plasticity modeling framework: Application to polycrystalline homogenization, <i>Int. J. Plasticity</i>, 119 313–330. MUESLI. An open-source library for materials modelling. (https://materials.imdea.org/muesli/) S. Haouala, S. Lucarini, J. Llorca, J Segurado (2020) Simulation of the Hall-Petch effect in FCC polycrystals by means of strain gradient crystal plasticity and FFT homogenization, <i>J. Mech. Phys. Solids</i> 134 103755. A. Karma, D. Tourret (2016) Atomistic to continuum modeling of solidification microstructures, <i>Curr. Opin. Solid St. M.</i> 20 25-36. FFTMAD. Open-source code for computational homogenization. (https://materials.imdea.org/fftmad-fast-fourier-transform-based-homogenization-code-madrid/) <p>Proyectos de I+D:</p> <ul style="list-style-type: none"> SIMULATE (A multiscale approach for the simulation of thermomechanical problems under severe conditions: application to machining) (DPI20015-67667-C3-1-R, 2016-2018, Ministerio de Ciencia e Innovación-Retos Investigación, IP: I. Romero). ENVIDIA (A virtual environment for the design and manufacturing of airplane turbines) (RTC-2017-6150-4), 2018-2020, Ministerio de Ciencia e Innovación, Retos Colaboración. IP: D. Tourret MOAMMM: Multi-scale Optimization for Additive Manufacturing of fatigue resistant shock-absorbing Metamaterials (GA-862015), 2020-2024, EU-H2020-FETOPEN, IP: J. Segurado MICROMECH (Microstructure Based Material Mechanical Models for Superalloys). (GA-620078, 2013 – 2015, EU-FP7-Clean Sky. IP: J. Segurado)
D1	Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos	Desarrollo de estrategias y sistemas de detección temprana y reconocimiento de defectos generados durante los procesos de inyección/infusión de resina en preformas secas mediante métodos de inteligencia artificial (AI) basadas en técnicas de deep Learning con redes neuronales (ANN, CNN), reinforcement Learning (RL) and Bayesian	<p>Publicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> C. González, J.J. Vilatela, J.M. Molina-Aldareguía, C.S. Lopes, J. Llorca, Structural composites for multifunctional applications: Current challenges and future trends, <i>Progress in Materials Science</i> 89, 194-25. C. González, J. Fernández, A Machine Learning Model to Detect Flow Disturbances during Manufacturing of Composites by Liquid Moulding, <i>Journal of Composites Science</i>, Manuscript in preparation, 2020. <p>Proyectos:</p>

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		Inference (BI). Los sensores de presión, temperatura, mojado permiten detecta la aparición de defectos provocados en el laminado creados por distorsiones del procesado del material utilizando modelos predictivos entrenados con la ayuda de métodos numéricos de llenado de moldes.	<ul style="list-style-type: none"> • TEMACOM (Tecnologías avanzadas de fabricación de la nueva generación de materiales compuestos). Comunidad de Madrid-Open Innovation Hubs, Socios: Airbus Operations (Coordinador), Zinkcloud, Obuu Tech, FIDAMC, Instituto IMDEA Materials. 2019 – 2022, IP: Prof. Carlos González.
D5	Fabricación Aditiva Multi-Material	<p>i) Desarrollo de materiales y estudio de su compatibilidad (análisis de las propiedades iniciales de los materiales y caracterización multi-material y compatibilidad metalúrgica), ii) Modelización numérica multi-material (modelización termodinámica del sistema multi-material y simulación numérica del proceso de FA), y iii) Caracterización y validación de pieza final multi-material.</p>	<p>Publicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • M.M. Francois, A. Sun, W.E. King, N.J. Henson, D. Tourret, C.A. Bronkhorst, et al. (2017) Modeling of additive manufacturing processes for metals: Challenges and opportunities, <i>Current Opinion in Solid State and Materials Science</i> 21, 198-206 • J. Li, I. Romero, J. Segurado (2019) Development of a thermo-mechanically coupled crystal plasticity modeling framework: Application to polycrystalline homogenization, <i>Int. J. Plasticity</i>, 119 313–330. • MUESLI. An open-source library for materials modelling. (https://materials.imdea.org/muesli/) • S. Haouala, S. Lucarini, J. Llorca, J Segurado (2020) Simulation of the Hall-Petch effect in FCC polycrystals by means of strain gradient crystal plasticity and FFT homogenization, <i>J. Mech. Phys. Solids</i> 134 103755. • A. Karma, D. Tourret (2016) Atomistic to continuum modeling of solidification microstructures, <i>Curr. Opin. Solid St. M.</i> 20 25-36. • FFTMAD. Open-source code for computational homogenization. (https://materials.imdea.org/fftmad-fast-fourier-transform-based-homogenization-code-madrid/) <p>Poyectos de I+D:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MULTIFAM (Desarrollo de piezas 3D multi-material y multifuncionales mediante fabricación aditiva asistida por el diseño inteligente de materiales y proceso. (RTC2019-007129-5), 2020-2023, Ministerio de Ciencia e Innovación, Retos Colaboración. IP: D. Tourret) • SIMULATE (A multiscale approach for the simulation of thermomechanical problems under severe conditions: application to machining) (DPI20015-67667-C3-1-R, 2016-2018, Ministerio de Ciencia e Innovación-Retos Investigación, IP: I. Romero). • ENVIDIA (A virtual environment for the design and manufacturing of airplane turbines) (RTC-2017-6150-4), 2018-2020, Ministerio de Ciencia e Innovación, Retos Colaboración. IP: D. Tourret • MOAMMM: Multi-scale Optimization for Additive Manufacturing of fatigue resistant shock-absorbing Metamaterials (GA-862015), 2020-2024, EU-H2020-FETOPEN, IP: J. Segurado
D6	Análisis virtual de procesos de fabricación, "Digital Twin"	Estrategias de simulación de procesos de fabricación (Virtual Processing) y desarrollo de modelos surrogados.	<p>Publicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A Machine Learning Model to Detect Flow Disturbances during Manufacturing of Composites by Liquid Moulding, Carlos González and Joaquín Fernández-León 1,2, <i>J. Compos. Sci.</i> 2020, <p>Poyectos de I+D:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TEMACOM (Tecnologías avanzadas de fabricación de la nueva generación de materiales compuestos). Comunidad de Madrid-Open Innovation Hubs, Socios: Airbus Operations (Coordinador), Zinkcloud, Obuu Tech, FIDAMC, Instituto IMDEA Materials. 2019 – 2022, IP: Prof. Carlos González.
D7	Fabricación aditiva metálica	Diseño y optimización de nuevas aleaciones metálicas de alta	<p>Publicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • M.M. Francois, A. Sun, W.E. King, N.J. Henson, D. Tourret, C.A. Bronkhorst, et al. (2017) Modeling of

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		<p>temperatura para fabricación aditiva.</p> <p>Procesado por atomización, caracterización y optimización de polvo metálico para fabricar por FA piezas de alta temperatura de motores aeronáuticos.</p> <p>Fabricación, caracterización y optimización de piezas metálicas (pequeños demostradores) para alta temperatura y elevada tolerancia al daño. Optimización de parámetros de proceso SLM (relación polvo-parámetros de proceso-microestructura-propiedades).</p> <p>Herramientas de simulación avanzadas para modelizar diferentes fenómenos físicos a diferentes escalas en materiales metálicos: (1) termodinámica computacional (método CalPhaD) para identificar fases estables y metaestables en aleaciones metálicas complejas, (2) modelado de campo de fase (phase field) de la cinética de formación de microestructuras y segregación química, (3) teoría de plasticidad cristalina y homogeneización computacional para correlacionar las microestructuras con sus propiedades mecánicas (por ejemplo, vida útil y fatiga) y (4) elementos finitos para simular la termomecánica acoplada a escala del proceso (predicción de tensiones residuales, distorsión de las piezas finales, etc). Estos métodos se aplican actualmente en varios proyectos de I+D que tenemos en marcha relacionados con fabricación avanzada de metales, por ejemplo, en superaleaciones de Ni, Co, Intermetálicos, etc, para aplicaciones aeronáuticas.</p>	<p>additive manufacturing processes for metals: Challenges and opportunities, Current Opinion in Solid State and Materials Science 21, 198-206</p> <ul style="list-style-type: none"> • J. Li, I. Romero, J. Segurado (2019) Development of a thermo-mechanically coupled crystal plasticity modeling framework: Application to polycrystalline homogenization, Int. J. Plasticity, 119 313–330. • MUESLI. An open-source library for materials modelling. (https://materials.imdea.org/muesli/) • S. Haouala, S. Lucarini, J. Llorca, J Segurado (2020) Simulation of the Hall-Petch effect in FCC polycrystals by means of strain gradient crystal plasticity and FFT homogenization, J. Mech. Phys. Solids 134 103755. • A. Karma, D. Tournet (2016) Atomistic to continuum modeling of solidification microstructures, Curr. Opin. Solid St. M. 20 25-36. • FFTMAD. Open-source code for computational homogenization. (https://materials.imdea.org/fftmad-fast-fourier-transform-based-homogenization-code-madrid/) <p>Proyectos de I+D:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SIMULATE (A multiscale approach for the simulation of thermomechanical problems under severe conditions: application to machining) (DPI20015-67667-C3-1-R, 2016-2018, Ministerio de Ciencia e Innovación-Retos Investigación, IP: I. Romero). • ENVIDIA (A virtual environment for the design and manufacturing of airplane turbines) (RTC-2017-6150-4), 2018-2020, Ministerio de Ciencia e Innovación, Retos Colaboración. IP: D. Tournet • MOAMMM: Multi-scale Optimization for Additive Manufacturing of fatigue resistant shock-absorbing Metamaterials (GA-862015), 2020-2024, EU-H2020-FETOPEN, IP: J. Segurado • MICROMECH (Microstructure Based Material Mechanical Models for Superalloys). (GA-620078, 2013 – 2015, EU-FP7-Clean Sky. IP: J. Segurado)
E1	Reciclado de residuos procedentes de scrap de fibra de carbono termoestable / termoplástica y de materiales auxiliares para la fabricación del composite	En colaboración con el instituto CENIM-CSIC (Dr. Felix López), se trabaja en la reciclabilidad de materiales compuestos de matriz termoestable, normalmente epoxídica, mediante técnicas de pirólisis y solvólisis. Se estudian los procesos de degradación de las propiedades mecánicas de las fibras que han sido extraídas de materiales compuestos tanto en estructuras que finalizan su vida útil, como materiales no curados procedentes de recortes de preimpregnados procedentes de la industria. Así mismo, se trabaja	<p>Publicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Characterization of Carbon Fibers Recovered by Pyrolysis of Cured Prepregs and Their Reuse in New Composites, Andrea Fernández, Cláudio S. Lopes, Carlos González and Félix A. López, Recent Developments in the Field of Carbon Fibers, Interchopen, 2018. • Herraeez, M.; Fernandez, A.; Lopes, C. S.; Gonzalez, C. -Strength and toughness of structural fibres for composite material reinforcement. Philosophical Transactions of The Royal Society A-Mathematical Physical And Engineering Sciences 374, 2016. <p>Proyectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reciclado de Materiales Compuestos. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Ayuda para la formación de doctores del programa nacional de formación de

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		en los procesos de reutilización de dicha fibra integrándolas en materiales compuestos para componentes y estructuras para otras aplicaciones con menores requerimientos mecánicos.	profesorado universitario – Andrea Fernández (Ref.: FPU16/02223). 2017-2021, IP: Dr. Jon Molina y Prof. Carlos González.
E2	Fabricación fuera de autoclave	Optimización de procesos de fabricación fuera de autoclave incluyendo inyección por RTM, infusión por vacío, pultrusión, y compresión en caliente. La optimización se lleva a cabo conjuntamente mediante ensayos experimentales de fabricación y herramientas de simulación computacional o virtual processing que incluyen procesos de conformado, impregnación y curado de resina, incluyendo también la caracterización y simulación predictiva de defectos de fabricación (arrugas, delaminaciones, etc.). Caracterización de variables y propiedades de procesos de fabricación (fricción, permeabilidad, deformabilidad). Fabricación aditiva de materiales compuestos de fibra larga y fibra corta, incluyendo capacidades para producción de filamentos para impresión 3D.	<p>Publicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3D-printed on/off Sensors for High-performance Composite Manufacturing, José Sánchez del Río Sáez, Cristina Pascual-González, Vanesa Martínez, José Luis Jiménez, Carlos Daniel González, Sensors, Manuscript in preparation, 2020. • Tenacidad a la fractura interlaminar de poliamida reforzada con fibra de carbono continua impresa en 3D, Mikel Iragi, Cristina Pascual-González, Aritz Esnaola, Jon Aurrekoetxea, Claudio Saul Lopes, Laurentzi Aretxabaleta, Materiales Compuestos, 4, 2020 <p>Proyectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ADDICOMP (Fabricación aditiva de compuestos termoplásticos reforzados con fibra para transporte, salud y deporte). Ministerio de Ciencia e Innovación-Retos Investigación. • TEMACOM (Tecnologías avanzadas de fabricación de la nueva generación de materiales compuestos). Comunidad de Madrid-Open Innovation Hubs, Socios: Airbus Operations (Coordinador), Zinkcloud, Obuu Tech, FIDAMC, Instituto IMDEA Materials. 2019 – 2022, IP: Prof. Carlos González.
E3	Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave	Diseño y optimización de materiales multifuncionales con propiedades mecánicas mejoradas, incluyendo propiedades térmicas, eléctricas, impacto por carga dinámica e impacto de rayo. Incluye el diseño y fabricación de escudos multimaterial frente a impactos mecánicos de alta y baja velocidad. Integración de materiales nano-estructurados de carbono en laminados estructurales para sustituir las protecciones de cobre/bronce frente a impacto de rayo. Diseño y optimización de materiales con propiedades frente a fuego mejoradas (retardancia de llama y reducción de humos). Caracterización completa de comportamiento frente al fuego (FST) mediante cono calorimétrico e índice límite de oxígeno. Selección de materiales poliméricos y sus compuestos retardantes de llama.	<p>Publicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • R. Muñoz, S. Delgado, C. González, B. López-Romano, D.-Y. Wang, J. Llorca, Modeling lightning impact thermo-mechanical damage in composite materials.21, 149-164, 2014. • Li, Cheng; Kang, Nian-Jun; Delgado Labranderero, Sofia; Wan, Jintao; Gonzalez, Carlos; Wang, De-Yi. Synergistic Effect of Carbon Nanotube and Polyethersulfone on Flame Retardancy of Carbon Fiber Reinforced Epoxy Composites. INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH. 53 – 3, AMER CHEMICAL SOC, 2014. • Ou, Y., González, C., Vilatela, J.J. -Interlaminar toughening in structural carbon fiber/epoxy composites interleaved with carbon nanotube veils. Composites Part A-Applied Science and Manufacturing 124, 2019. <p>Proyectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • REDISH (CROR Engine Debris Impact Shielding. Design, Manufacturing, Simulation and Impact Test Preparation). European Union, Clean Sky Joint Undertaking 2, Horizon 2020 Programme (GA 686946). Socios: Instituto IMDEA Materiales (Coordinador) y FIDAMC. 2016 -2018, IP: Dr. Claudio Lopes. • CRASHING (Characterization of Structural Behaviour for High Frequency Phenomena, European Union, Clean Sky Joint Undertaking, 7th Framework (GA - 632438), 2014–2016, Dr. Claudio Lopes. • COMETAD (Development of computational and experimental techniques for analysis and design of fire retardant polymers). Ministerio de Ciencia e Innovación. Proyectos de I+D Fundamental (MAT2014-60435-C2-2-R)). Socios: CIMNE (Coordinador), Instituto IMDEA Materiales. 2015 – 2017. IP: Dr. De-Yi Wang.

A1.6 Líneas de investigación de TECNUN

Contacto: Juan Carlos Ramos González (jcramos@tecnun.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
B2	Tecnologías de mecanizado y máquina herramienta	<p>Modelización de Procesos de Fabricación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de metodologías para el diseño y post procesado de piezas obtenidas por Fabricación Aditiva metálica mediante operaciones de mecanizado. - Optimización de estrategias de fresado en cinco ejes para el acabado de piezas obtenidas por Fabricación Aditiva metálica mediante software CAM. - Texturizado de superficies por medio de fresado en cinco ejes para la mejora de propiedades superficiales funcionales. - Mecánica y dinámica de procesos de corte. - Modelación de procesos de mecanizado: fuerzas de corte, topografía superficial y retemblado (chatter). 	<p>https://www.unav.edu/en/web/departamento-de-ingenieria-mecanica-y-materiales/investigacion/area-de-fabricacion/presentacion</p> <p>https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2019.105061</p> <p>DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2018.10.002</p>
D3	Control de parámetros de taladrado	<p>Monitorizado y Control de Procesos de Fabricación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de sistemas de monitorizado del desgaste de herramienta, vibraciones de proceso y de dinámica de máquina-herramienta. - Ensayos a fin de vida de herramientas de corte: análisis y caracterización del desgaste de herramienta. - Ensayos de materiales de baja maquinabilidad para optimización de condiciones de corte. - Inspección geométrica y análisis dimensional de piezas. 	<p>https://www.unav.edu/en/web/departamento-de-ingenieria-mecanica-y-materiales/investigacion/area-de-fabricacion/presentacion</p> <p>DOI: 10.1007/s00170-018-2819-7.</p> <p>DOI: 10.1007/s00170-018-1671-0</p>

A1.7 Líneas de investigación de la Universidad de Alcalá de Henares (UAH)

Contacto: Fernando Cruz Roldán (director.transferencia@uah.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A1	Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales pre-impregnados	Procesos industriales, ingeniería mecánica y diseño de taller de fabricación	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Tecnologias-Mecanicas-Elctricas-y-Termicas-Mechanical-Thermal-and-Electrical-Engineering-Technologies/#invest
A3	Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia	Láminas Delgadas y cerámicas Ferroeléctricas para Dispositivos Microelectrónicos	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Grupo-de-Ingenieria-Fotonica-Photonics-Engineering-Group/#invest
A4	Fabricación en continuo de perfiles termoplásticos		
A5	Industrialización del proceso de consolidación in-situ para termoplástico	Tecnologías mecánicas, eléctricas, térmicas, de fabricación y de seguridad física	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Tecnologias-Mecanicas-Elctricas-y-Termicas-Mechanical-Thermal-and-Electrical-Engineering-Technologies/#invest
A7	Desarrollo de materiales avanzados OoA para estructuras de material compuesto en el sector NewSpace	Altímetro basado en sistemas radar, inercial y de presión atmosférica para vehículos aéreos, acrobáticos y no tripulados:	https://www.uah.es/es/investigacion/servicios-para-empresas/Oferta-Cientifico-Tecnologico/Altmetro-basado-en-sistemas-radar-inercial-y-de-presion-atmosferica-para-vehiculos-aereos-acrobaticos-y-no-tripulados/
A8	Estrategias de laminación con secuencias no tradicionales	Láminas Delgadas y cerámicas Ferroeléctricas para Dispositivos Microelectrónicos	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Grupo-de-Ingenieria-Fotonica-Photonics-Engineering-Group/#invest
B1	Simulación numérica de procesos de fabricación <i>near-net-shape</i>	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de métodos de simulación y diseño por ordenador para diversas aplicaciones radio. Desarrollo y aplicación de métodos de simulación y medidas para resolver problemas de análisis y diseño en los campos de comunicaciones móviles, antenas, análisis de sistemas radio, sección radar (RCS) y diseño de componentes pasivos de microondas. 	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Grupo-de-electromagnetismo-computacional-Computational-Electromagnetic-Group/
B2	Tecnologías de mecanizado y máquina herramienta	Investigación y desarrollo teórico y experimental en ciencia y tecnologías mecánicas, eléctricas, térmicas, de procesos industriales y seguridad.	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Tecnologias-Mecanicas-Elctricas-y-Termicas-Mechanical-Thermal-and-Electrical-Engineering-Technologies/#presen
C1	Optimización de la inspección en termo-estables	Herramientas de desarrollo y verificación de sistemas en chip. Sistemas	https://www.uah.es/es/investigacion/servicios-para-empresas/Oferta-Cientifico-Tecnologico/Herramientas-de-desarrollo-y-verificacion-de-sistemas-en-chip/

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		electrónicos digitales avanzados	
C2	Medición de gap entre piezas	Dispositivos para la medida de deformaciones 3D de campo completo. Evaluación del comportamiento mecánico de estructuras y materiales en condiciones reales de trabajo.	https://www.uah.es/export/sites/uah/es/investigacion/.galleries/Oferta-Cientifico-Tecnologica/TRANSP_03ESP.pdf
		Sistemas de espectrometría vibroacústica para el análisis no destructivo de materiales	https://www.uah.es/es/investigacion/servicios-para-empresas/Oferta-Cientifico-Tecnologico/Sistema-de-espectrometria-vibroacustica-para-el-analisis-no-destructivo-de-materiales/
D1	Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos	Agentes inteligentes para realizar control óptimo y planificación de movimiento en sistemas dinámicos no-lineales	https://www.uah.es/es/investigacion/servicios-para-empresas/Oferta-Cientifico-Tecnologico/Agente-inteligente-para-realizar-control-optimo-y-planificacion-de-movimiento-en-sistemas-dinamicos-no-lineales/
		Sistemas empotrados para el desarrollo de aplicaciones en tiempo real	https://www.uah.es/es/investigacion/servicios-para-empresas/Oferta-Cientifico-Tecnologico/Sistema-Empotrado-para-el-Desarrollo-de-Aplicaciones-en-Tiempo-Real-SEDATIR/
		Control, automatización y robótica. Diseño de sistemas electrónicos, sensores y análisis de comportamiento, sistemas de transporte e infraestructura inteligentes	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Ingenieria-Electronica-aplicada-a-Espacios-Inteligentes-y-Transporte-Electronic-Engineering-Applied-to-Intelligent-Spaces-and-Transport/#invest
D2	Fabricación aditiva en el espacio con materiales compuestos	Desarrollo de instrumentación científica embarcable en misiones espaciales. Hardware en Ingeniería Espacial Arquitectura y modelado de procesadores para aplicaciones espaciales	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Grupo-de-Investigacion-Espacial-Space-Research-Group/#invest
D3	Control de parámetros de taladrado	Sistemas de control y supervisión automatizados de las condiciones de fabricación de entornos farmacéuticos	https://www.uah.es/es/investigacion/servicios-para-empresas/Oferta-Cientifico-Tecnologico/Sistema-de-control-y-supervision-automatizados-de-las-condiciones-de-fabricacion-de-entornos-farmacuticos/
D4	Automatización de operaciones de montaje en pequeñas aeroestructuras de baja cadencia	Control, automatización y robótica. Diseño de sistemas electrónicos, sensores y análisis de comportamiento, sistemas de transporte e infraestructura inteligentes	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Ingenieria-Electronica-aplicada-a-Espacios-Inteligentes-y-Transporte-Electronic-Engineering-Applied-to-Intelligent-Spaces-and-Transport/#invest
D5	Fabricación Aditiva Multi-Material	Nuevos catalizadores organo-metálicos para la fabricación de polímeros	https://www.uah.es/es/investigacion/servicios-para-empresas/Oferta-Cientifico-Tecnologico/Nuevos-catalizadores-organo-metalicos-para-la-fabricacion-de-polimeros/
D6	Análisis virtual de procesos de fabricación, "Digital Twin"	Herramientas de desarrollo y verificación de sistemas en chip	https://www.uah.es/es/investigacion/servicios-para-empresas/Oferta-Cientifico-Tecnologico/Herramientas-de-desarrollo-y-verificacion-de-sistemas-en-chip/
E1	Reciclado de residuos procedentes de scrap de fibra de carbono termoestable / termoplástica y de materiales auxiliares para la fabricación del composite	Potencial de lacasas microbianas y sistemas lacasa-mediador en la mejora de procesos industriales y en la resolución de problemas medioambientales.	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Degradacion-microbiana-de-lignocelulosa-aplicaciones-tecnologicas-y-medioambientales-Microbial-degradation-of-lignocellulose-technological/#invest
		Desarrollo e implementación de sensores de fibra óptica aplicados a la detección de	https://www.uah.es/es/investigacion/unidades-de-investigacion/grupos-de-investigacion/Grupo-de-Ingenieria-Fotonica-Photonics-Engineering-Group/

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		sustancias contaminantes, basados en interrogación espectral de transductores in-line. Sensores en fibra de plástico para detección de radiación ionizante.	
E2	Fabricación fuera de autoclave	Dispositivos para la medida de deformaciones 3D de campo completo. Evaluación del comportamiento mecánico de estructuras y materiales en condiciones reales de trabajo.	https://www.uah.es/export/sites/uah/es/investigacion/.galleries/Oferta-Cientifico-Tecnologica/TRANSP_03ESP.pdf
E3	Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave	Nuevos catalizadores organo-metálicos para la fabricación de polímeros	https://www.uah.es/es/investigacion/servicios-para-empresas/Oferta-Cientifico-Tecnologico/Nuevos-catalizadores-organo-metalicos-para-la-fabricacion-de-polimeros/

A1.8 Líneas de investigación de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)

GRUPO DE COMPORTAMIENTO EN SERVICIO DE MATERIALES (CSM)

Contacto: Beatriz Iribarren Campaña (biribarr@pa-uc3m.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
E1	Reciclado de residuos procedentes de scrap de fibra de carbono termoestable / termoplástica y de materiales auxiliares para la fabricación del composite	Obtención de CFRTP a partir de fibras largas y materiales compuestos reciclados	Tesis doctoral en realización

LIR-Infrared Lab + Spectra Lab. Departamento de Física.

Contacto: Fernando López Martínez (fernando.lopez@uc3m.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A2	Industrialización y simplificación de las bolsas de vacío para materiales termoplásticos	Detección de fugas mediante análisis espectral IR de gases	Proyecto FUGAS. Future leakage Identification systems. Realizado a petición de Airbus D&S, Fábrica de Sevilla 2016-17. IP. Prof. Fernando López
A3	Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia	Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia	European Research Project: ID. 864713. HITCOMP. High Temperature Characterization and Modelling of Thermoplastic Composites. Call: H2020-CS2-CFP09-2018-02. Programme: H2020. DG/Agency: CS2. Period: 2019- 2021 .IP: Prof. Fernando López
A4	Fabricación en continuo de perfiles termoplásticos	Determinación con precisión, a distancia y sin contacto, de las temperaturas altas, en el rango TA-500°C, mediante imagen Infrarroja (IR), así como a alta resolución espacial	Temperature Characterization and Modelling of Thermoplastic Composites. Call: H2020-CS2-CFP09-2018-02. Programme: H2020. DG/Agency: CS2. Period: 2019- 2021 .IP: Prof. Fernando López. "Monitoring, analysis and testing activities for the simulation of high temperature events on composite structure for certerin wp9" AIRBUS Group D&S. 2019. I.P. Prof. Fernando López
A5	Industrialización del proceso de consolidación in-situ para termoplástico	Monitorización térmica y de control de calidad del proceso de consolidación in situ para materiales termoplásticos por métodos sin contacto de imagen térmica sin contacto y a distancia	European Research Project: ID. 864713. HITCOMP. High Temperature Characterization and Modelling of Thermoplastic Composites. Call: H2020-CS2-CFP09-2018-02. Programme: H2020. DG/Agency: CS2. Period: 2019- 2021 .IP: Prof. Fernando López
C1	Optimización de la inspección en termo-estables	Monitorización in situ de alta precisión espacial y térmica mediante Imagen Infrarroja	"Thermal Conductivity chracterization of CFRP panels" Subcontratación dentro del Project InductICE por Airbus D&S. Clean Sky 2. IP. Prof. Fernando López. 2016-17 "Caracterización térmica y de defectos en materiales compuestos mediante imagen infrarroja" Tesis doctoral. Autor: C. Justo. Directores: J. Meléndez, F. López. Universidad Carlos III de Madrid, 2018
C3	Tecnologías de ensayos no destructivos	NDT-IR. Desarrollo de técnicas de análisis no destructivo basado en imagen térmica cuantitativa digital infrarroja (IR). Especial interés en la detección automática de defectos sobre materiales	"Caracterización térmica y de defectos en materiales compuestos mediante imagen infrarroja" Tesis doctoral. Autor: C. Justo. Directores: J. Meléndez, F. López. Universidad Carlos III de Madrid, 2018

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
		metálicos o cerámicos mediante técnicas espectrales. En concreto, sistemas de imagen que trabajan simultáneamente en dos o más bandas IR, resaltando las características (features) que diferencian con técnicas de análisis tipo "pixel by pixel" las zonas con defectos de las que no.	
D1	Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos	Defectología sin contacto mediante técnicas de análisis NDT-IR	"Caracterización térmica y de defectos en materiales compuestos mediante imagen infrarroja" Tesis doctoral. Autor: C. Justo. Directores: J. Meléndez, F. López. Universidad Carlos III de Madrid, 2018
E2	Fabricación fuera de autoclave	Control de calidad durante fabricación aplicando técnicas de detección in situ basadas en Imagen Infrarroja con selección espectral	European Research Project: ID. 864713. HITCOMP. High Temperature Characterization and Modelling of Thermoplastic Composites. Call: H2020-CS2-CFP09-2018-02. Programme: H2020. DG/Agency: CS2. Period: 2019- 2021 .IP: Prof. Fernando López. ."Caracterización térmica y de defectos en materiales compuestos mediante imagen infrarroja" Tesis doctoral. Autor: C. Justo. Directores: J. Meléndez, F. López. Universidad Carlos III de Madrid, 2018
E3	Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave	Determinación de las propiedades termomecánicas e ignífugas de materiales termoplásticos mediante imagen espectral infrarroja, de manera no invasiva, a distancia y sin contacto	European Research Project: ID. 864713. HITCOMP. High Temperature Characterization and Modelling of Thermoplastic Composites. Call: H2020-CS2-CFP09-2018-02. Programme: H2020. DG/Agency: CS2. Period: 2019- 2021 .IP: Prof. Fernando López. ."Sistema de imagen infrarroja para la caracterización in-situ de la resistencia a fuego de materiales compuestos". Tesis doctoral. Autor: S. Sánchez. Directores: J. Meléndez, F. López. Universidad Carlos III de Madrid, 2017

A1.9 Líneas de investigación de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)

Contacto: Rafael Toledo Moreo (rafael.toledo@upct.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
B2	Tecnologías de mecanizado y máquina herramienta	Desarrollo computacional de estrategias, trayectorias y control en 5 ejes en el mecanizado de álabes con geometría optimizada	M. Estrems et al., Trajectory generation in 5-axis milling of freeform surfaces using circular arc approximation and its influence in surface roughness, <i>Procedia Engineering</i> , Volume 41, 2019, Pages 208-215
		Control de desgaste en herramientas mediante monitorización continua de fuerzas de corte.	M Estrems e al. ,Influence of speed on wear and cutting forces in end-milling nickel alloy, <i>AIP Conference Proceedings</i> , Vol 1431, pp. 433-440,2012,American Institute of Physics
		Estudios mecanísticos de corte en superaleaciones con herramientas cerámicas.	M. Estrems et al. Influence of size effect and radial runouts on the end milling of a nickel-based , superalloy, <i>Transactions of the North American Manufacturing Research Institution of SME</i> ,39,268-276,2011

GRUPO DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN

Contacto: Lorenzo Brian Ros Mcdonnell (lorenzo.ros@upct.es) Lorenzo Brian Ros Mcdonnell

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
E1	Reciclado de residuos procedentes de scrap de fibra de carbono termoestable / termoplástica y de materiales auxiliares para la fabricación del composite	Reingeniería de procesos para la mejora de la huella sostenible basada en la metodología SMART (ver referencias) y llevada a cabo en colaboración con el grupo SoGRES-MF de la Universidad Jaime I	https://www.smart.uio.no/ https://www.mdpi.com/2071-1050/10/2/535 https://doi.org/10.1007/s10668-020-00748-4 https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1766427
E2	Fabricación fuera de autoclave		
E3	Disponibilidad de materiales termoplásticos ad-hoc de altas prestaciones para procesos de fuera de autoclave		

A1.10 Líneas de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV)

Contacto: Salvador Sales Maicas (ssales@upv.es)

FICHA	TÍTULO	Línea de investigación	Referencias
A3	Conformado y consolidación de laminados de material compuesto con matriz termoplástica para alta cadencia	Desarrollo de sensores basados en fibras ópticas de diámetros que pueden ser hasta de 30 micras para caracterizar el proceso de fabricación	<p>Proyecto de la UE: FINESSE / Proyecto del Plan Nacional: DIMENSION / Múltiples publicaciones científicas.</p>
A4	Fabricación en continuo de perfiles termoplásticos	Al igual que en el caso A3 se pueden embeber los sensores para caracterizar y mejorar el proceso de fabricación con los sensores basados en fibra óptica	
C1	Optimización de la inspección en termo-estables	La colocación de sensores basados en fibras ópticas de diámetros que pueden ser hasta de 30 micras permite que se pueda inspeccionar las piezas de una manera muy rápida. No obstante, se pueden colocar embebidos solo en algunas piezas para demostrar su durabilidad	
C2	Medición de gap entre piezas	Mediante técnicas fotónica se puede medir a distancia de una forma eficiente, sencilla y rápida precisiones del orden de micras	
D1	Sistemas digitales avanzados para la automatización de procesos de fabricación cero defectos	Esta línea que se basa más en un procesado software e IA, se puede complementar con sensores fotónicos embebidos para que una primera fase aporten la información necesaria para alimentar los algoritmos	
D2	Fabricación aditiva en el espacio con materiales compuestos	Se pueden embeber sensores de fibra óptica en las piezas que luego se deben montar, para comprobar que han llegado bien al espacio y que se ensamblan correctamente	
D3	Control de parámetros de taladrado	Se han embebido sensores de fibra en brocas para medir su temperatura y fatiga en tiempo real	

Anexo 2: Líneas de Actuación Tecnológica de la AEIA relacionadas con la Fabricación Avanzada

En la tabla adjunta se muestran las LAT (Líneas de Actuación Tecnológica) de la Agenda Estratégica de I+D+I en Aeronáutica que tienen alguna relación con la Fabricación Avanzada y complementan las prioridades industriales definidas en este documento. Para cada línea hay una página web que la describe en detalle: el vínculo en su nombre permite acceder a esa página web.

En estas LAT se mencionan cualquiera de los siguientes conceptos:

- Digitalización (en actividades diferentes al diseño)
- Automatización
- Industria 4.0
- Realidad virtual o aumentada
- Uso de robots en planta
- Fabricación aditiva

LAT	TÍTULO
LAT 1.3.3	FORMACIÓN DE TODOS LOS TRABAJADORES EN NUEVAS TECNOLOGÍAS
LAT 1.4.1	MEJORAR EL CONOCIMIENTO DE OTRAS PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS Y ENTIDADES SIMILARES A NIVEL NACIONAL Y EUROPEO
LAT 2.1.3	DISEÑO PARA LA AUTOMATIZACIÓN
LAT 2.1.6	DIGITAL TWIN
LAT 2.1.11	DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE CERTIFICACIÓN EN FABRICACIÓN ADITIVA
LAT 2.3.1	DESARROLLO DE SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA PARA PROCESOS DE PRODUCCIÓN
LAT 2.3.2	SIMULACIÓN DE PROCESOS CONSECUTIVOS
LAT 2.3.6	DESARROLLO DE PROCESOS DE FABRICACIÓN ADITIVA PARA MATERIALES METÁLICOS DE ALTAS PRESTACIONES
LAT 2.3.8	APLICACIÓN DE LA FABRICACIÓN ADITIVA A LOS MEDIOS DE PRODUCCIÓN
LAT 2.3.9	NUEVOS CONCEPTOS DE UTILLAJE MÁS FLEXIBLE Y EFICIENTE
LAT 2.3.15	AVANCE EN LA AUTOMATIZACIÓN DE MONTAJE
LAT 2.3.16	DESARROLLO DE ROBOTS COLABORATIVOS
LAT 2.4.2	NUEVOS PROCESOS Y TÉCNICAS DE INSPECCIÓN EN SERVICIO
LAT 2.4.4	DESARROLLO DE SOLUCIONES EN METROLOGÍA
LAT 2.4.6	DESARROLLO DE ÚTILES PARA ENSAYO Y VALIDACIÓN DE COMPONENTES MEDIANTE PROCESOS DE FABRICACIÓN ADITIVA
LAT 2.5.1	MODELIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS
LAT 2.5.2	DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE OPTIMIZACIÓN INTEGRAL DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES
LAT 2.5.3	USO DE ROBOTS PARA INSPECCIÓN Y CONTROL DE PLANTA
LAT 2.5.4	ACTUALIZACIÓN DE LA MONITORIZACIÓN DE LA CALIDAD END-TO-END
LAT 2.5.5	FACTORÍA DIGITAL
LAT 2.5.6	DESARROLLO DE LA CIBERSEGURIDAD EN EL ÁMBITO INDUSTRIAL
LAT 2.6.4	OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO
LAT 3.4.4	TECNOLOGÍAS ROBÓTICAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO
LAT 5.1.1	REFUERZO Y ACTUALIZACIÓN DE COMPETENCIAS PROFESIONALES
LAT 5.1.2	ESTRATEGIAS DE FORMACIÓN Y TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO