



Oportunidades Industria 4.0 en Galicia



Convenio de colaboración entre el Instituto Gallego de Promoción Económica, la Alianza Tecnológica Intersectorial de Galicia y los centros integrantes de esta alianza para la detección y análisis de oportunidades sectoriales para las empresas industriales gallegas en el ámbito de la industria 4.0

ÍNDICE

1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR AERONÁUTICO EN GALICIA	4
1.1 INTRODUCCIÓN	4
1.1.1 Tamaño del sector	5
1.1.2 Tipología de empresas	6
1.1.3 Iniciativas regionales	7
1.2 PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO	9
1.2.1 Industria aeronáutica	9
1.2.2 UAS.....	10
1.3 CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE.....	11
1.3.1 Industria aeronáutica	11
1.3.2 UAS.....	13
2. ANÁLISIS EXTERNO.....	15
2.1 SITUACIÓN INTERNACIONAL	15
2.1.1 Situación internacional.....	15
2.1.2 Situación nacional	17
2.2 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR.....	20
2.2.1 Industria aeronáutica	20
2.2.2 UAS.....	24
2.3 MEJORES PRÁCTICAS	26
2.3.1 Automatización y robótica avanzada y colaborativa	26
2.3.2 Human Machine Interaction	27
2.3.3 Sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT).....	28
2.3.4 Fabricación aditiva	29
2.3.5 Tecnología de materiales inteligentes	29
2.3.6 Logística avanzada (AGV's, UAV's -Drones-)	30
2.3.7 Modelización, simulación y virtualización de procesos	30
2.3.8 Big Data, Cloud Computing y Data Analytics.....	30
2.3.9 Safety & Security.....	31
2.3.10 Gestión avanzada de la energía y los residuos	32
3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL	33
3.1 FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0.....	35
3.2 NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL	39

3.2.1	Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes.....	39
3.2.2	Situación de los principales indicadores asociados a los Elementos Generadores de Valor	59
3.2.3	Problemas detectados.....	66
3.2.4	Restricciones o condicionantes identificados.....	69
3.3	GAP TECNOLÓGICO.....	73
3.3.1	Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas	73
4.	OPORTUNIDADES DE MEJORA	83
4.1	ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0	83
4.1.1	Matriz DAFO	85
4.2	OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS	91
4.2.1	Calidad.....	91
4.2.2	Producción.....	92
4.2.3	Personas	93
4.2.4	Productos y servicios	94
4.3	PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO	95
5.	CONCLUSIONES.....	100
6.	ANEXO: CUESTIONARIO Y METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN.....	103

CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR AERONÁUTICO EN GALICIA

INTRODUCCIÓN

La industria aeronáutica es un **sector productivo de gran impacto económico y social**. Desde un punto de vista económico, porque fabrica **productos de alto valor añadido** y de **gran nivel tecnológico que han de abrirse hueco en un mercado de carácter mundial**, lo que pone de manifiesto el nivel de competitividad que deben mantener las empresas. En cualquiera de los segmentos, bien sea en aviación comercial, aviación ejecutiva, vehículos pilotados remotamente, aviación militar, helicópteros, etc., **los fabricantes están en constante actividad de innovación** para poder afrontar los nuevos requerimientos que les van a ser solicitados. Desde un punto de vista social, **todo ello se traduce en la necesidad de empleo cualificado**, lo que garantiza ventajas profesionales y de salario. Asimismo, dada la complejidad de los procesos de fabricación y la necesidad de mantener el nivel de calidad y de profesionalidad de los trabajadores, el establecimiento de una factoría en un emplazamiento garantiza en la práctica una **demanda laboral, generalmente en expansión, para periodos temporales muy largos**. Es preciso destacar que el sector industrial aeronáutico está suponiendo el despegue industrial de varias zonas en Galicia y que se está considerando como una oportunidad frente a situaciones cíclicas adversas en el sector naval o a la excesiva dependencia del sector del automóvil.

La industria aeronáutica ha experimentado un continuado crecimiento en España en las últimas décadas. **La creación del consorcio europeo Airbus, en el que nuestro país participa, ha actuado como elemento tractor** y hoy en día son varias las comunidades autónomas con presencia de empresas proveedoras de esta compañía o de otros fabricantes de referencia como *Boeing, Bombardier o Embraer*. **Galicia no es ajena a este proceso** y tiene en la actualidad un **abanico de empresas** que surten a este sector y que ha dado lugar, asimismo, al **Consortio Aeronáutico Gallego** (en adelante, CAG). Este Consorcio agrupa a unas 30 empresas que trabajan directamente para el sector, distribuidas por toda la Comunidad Autónoma. Se trata de un sector de actividad emergente en la Comunidad, para el cual todavía no existen estudios rigurosos que permitan un dimensionamiento adecuado. Está conformado, en su amplia mayoría, por **compañías proveedoras también de los sectores de automoción, naval y de maquinaria**; compañías dedicadas a la fabricación de moldes, piezas, cableado, maquinaria y utillajes, principalmente, así como otras compañías dedicadas a prestar servicios de ingeniería, tratamientos de superficies o soporte informático, por citar algunos ejemplos.

Pero, además, en el sector aeronáutico gallego existe **otro segmento de actividad que presenta un importante desarrollo en los últimos años: el sector de los “Unmanned Aerial Systems” (en adelante, UAS)**. Actualmente existen en Galicia unos 165 operadores registrados por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) que se dedican principalmente a la prestación de servicios audiovisuales y de topografía, así como al desarrollo y comercialización de sistemas, principalmente, y dispositivos.

Destaca también la actividad de la Agrupación Aeroespacial de la Universidad de Vigo y el grupo CIMA con experiencia en el desarrollo de varios satélites (*XaTcobeo, Humsat y Serpens*), el último de los cuales, “*Lume-1*”, se lanzará en 2018 como fruto de un proyecto colaborativo internacional, “*FireRS*”, que lidera dicha Universidad.

Por su parte, la Administración Autonómica está apoyando igualmente de manera decidida el crecimiento de este sector industrial, considerado estratégico para la Comunidad. Una buena muestra de ello es la

“**Civil UAV Initiative**” que va a suponer que la comunidad pueda competir en el desarrollo tecnológico del sector de los “*Unmanned Air Vehicles*” (UAV) mediante la inversión de hasta 55 millones de euros hasta 2020. Se trata de una iniciativa de inversión conjunta entre la Xunta de Galicia y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), que se complementa con un procedimiento de compra pública precomercial por parte de la Administración gallega. Esta, además, también presta un importante apoyo a la innovación en el sector mediante el apoyo a la iniciativa del **Centro de Innovación Aeroespacial (CINAE)** en Porto do Molle (Nigrán), así como a través de la creación y puesta en marcha de **Unidades Mixtas de Investigación**; la constituida entre el Centro de Innovación Aeroespacial (CINAE) y Aistech Space, S.L. para el desarrollo del proyecto “*La fábrica del futuro aplicada al desarrollo de una constelación de satélites de observación, comunicaciones y control*”, y la recientemente aprobada entre el Instituto Tecnológico de Galicia (ITG) y Star Defence Logistics & Engineering, S.L., para el proyecto “*Fastfly-Full autonomus systems for UAS*”.

Finalmente, la Administración Autónoma de Galicia también está potenciando la puesta en marcha de la **Escuela de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad de Vigo**, así como el desarrollo del “*Master en Ingeniería de Estructuras y Materiales Aeroespaciales (MIEMA)*” de la Universidad de A Coruña y el futuro “*Máster interuniversitario en Operaciones e Ingeniería de Sistemas Aéreos no Tripulados*” de las Universidades de Vigo y de Santiago de Compostela, cuya puesta en marcha está prevista para 2018, incorporando de este modo la formación reglada para el sector dentro de la Comunidad.

Tamaño del sector

INDUSTRIA AERONÁUTICA

La industria aeronáutica gallega está adquiriendo un **auge reciente** fruto de la diversificación de actividad de empresas auxiliares de los sectores de automoción, naval y maquinaria, principalmente. Este hecho, a su vez, dificulta los cálculos de dimensionamiento en facturación y empleo. Es por ello que todavía no se incluye en los estudios periódicos sobre las principales ramas de actividad industrial de la Comunidad, aunque sí se trate de un sector estratégico - identificado como tal en la RIS3 de Galicia; reto 2, “*o modelo industrial da Galicia do futuro*” - por los motivos económicos y sociales anteriormente comentados.

En referencia al tamaño de mercado nacional, se estima que Galicia supone un 4,3% de la facturación y un 3,8 % del empleo (datos correspondientes al ejercicio 2014), **equivalentes a unos 327 millones de euros y más de 1.500 empleos que se espera sean 3.000 ya en este mismo 2017**. Según datos hechos públicos por el Presidente del CAG, la industria aeronáutica gallega registró en 2016 un crecimiento de más del 10% en empleo y del 7% en facturación, previendo que en 2017 estos porcentajes se eleven hasta el 12 y 10%, respectivamente. En Galicia existen **unas 30 empresas, en torno a 20 de ellas certificadas, que trabajan para grandes fabricantes o proveedores de primer nivel del sector aeronáutico**. El sector en Galicia cuenta actualmente con contratos en vigor y acumula más de 100 millones de euros invertidos en los últimos años.

UAS

En Galicia también se está desarrollando un **mercado incipiente** en el campo de los UAS. Y es que se trata de un **contexto favorable**, puesto que Galicia ocupa un territorio de cerca de 30.000 km² con una longitud de costa de casi 1.500 kilómetros y una orografía compleja. Esto, unido a su elevada dispersión poblacional, convierten a la Comunidad en un **excelente campo de pruebas para nuevas soluciones tecnológicas** en el ámbito de los sistemas aéreos no tripulados.

En apenas dos años, este segmento ha pasado de contar con 14 operadores (año 2015) autorizados por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (en adelante, AESA) a sumar un total de 165 (agosto del 2017), de los cuales aproximadamente la mitad figuran como personas físicas en el registro. Atendiendo al número de operadores autorizados, Galicia se sitúa en una posición aventajada - **quinta Comunidad con mayor número de operadores** - respecto a otras Comunidades Autónomas nacionales, tras la Comunidad de Madrid, Andalucía, Cataluña y la Comunidad Valenciana. Se reparten así:

- 79 en A Coruña
- 53 en Pontevedra
- 20 en Lugo
- 13 en Ourense

Destacar que, pese a tratarse de un segmento de actividad incipiente constituido por **pequeñas y jóvenes empresas, se empieza a visualizar alguna operación corporativa**. Así, MARINE INSTRUMENTS adquirió en octubre de 2017 una parte mayoritaria de UAV INSTRUMENTS, empresa con poco más de un año de vida y, a su vez, surgida a raíz de la experiencia de CARTOGALICIA con los UAS. **También se empieza a visualizar algún movimiento asociativo**, como la reciente constitución - septiembre de 2016 - de la **Asociación Gallega de Sistemas Inteligentes no Tripulados (AGASINT)**, promovida por 12 empresas del sector de los vehículos terrestres, acuáticos y aéreos tripulados de forma remota.

Tipología de empresas

INDUSTRIA AERONÁUTICA

La industria aeronáutica gallega está conformada, en su amplia mayoría, por **compañías proveedoras también de los sectores de automoción, naval y maquinaria**; compañías dedicadas a la fabricación de moldes, piezas, cableado, maquinaria y utillajes, principalmente, así como otras compañías dedicadas a prestar servicios de ingeniería, tratamientos de superficies o soporte informático, por citar algunos ejemplos.

Se trata, por tanto, de un conglomerado de compañías encabezadas por DELTA VIGO, COASA (del grupo AERNNOVA) o UNIÓN DE EMPRESAS GALLEGAS DE AERONÁUTICA (en adelante, UDEGA) que agrupa a siete firmas del metal - MATRICERÍA GALEGA, EUROPRECIS GALICIA, UTINGAL, HISPAMOLDES, DEMSU, THUNE EUREKA y TROMOSA - que han visto una oportunidad en la producción de piezas para fuselajes y motores, proveedoras cualificadas de varias compañías constructoras aéreas como *Airbus, Boeing, Embraer o Bombardier*, entre otras, **ofreciendo a sus clientes la gestión integral de paquetes aeronáuticos**.

Se trata, de **las principales compañías del sector en Galicia que se apoyan a su vez en otras empresas de menor tamaño**, tanto del sector metalmeccánico como del ámbito de la ingeniería, y que actúan como proveedoras de productos y servicios para estas y otras compañías que no forman parte del tejido empresarial aeronáutico gallego.

UAS

El despegue del sector de los UAS en Galicia combina el impulso de **empresas operadoras**, como por ejemplo AEROMEDIA, AEROCÁMARAS, INGENIERÍA INSITU o APLYGENIA, con **empresas que desarrollan sus propios sistemas**, como por ejemplo MARINE INSTRUMENTS, AERIALWORKS, FOBOS SOLUTIONS o UAV INSTRUMENTS.

Según datos de la propia AESA, una parte muy importante de las firmas autorizadas como operadoras de vuelo han sido creadas por autónomos. Se trata, en todo caso, de un **tejido constituido por jóvenes microempresas** o pequeñas empresas, en el mejor de los casos, **que operan principalmente a nivel autonómico en los segmentos audiovisual y topografía**, que tratan de posicionarse en un **mercado incipiente para el que se prevé un gran desarrollo ante las múltiples aplicaciones de las tecnologías**.

Iniciativas regionales

Al esfuerzo llevado a cabo por el sector empresarial, hay que añadir el **esfuerzo realizado por la Administración Autónoma de Galicia** con diferentes iniciativas que tienen por objeto potenciar el desarrollo del sector mediante la innovación, la generación de conocimiento y la atracción de inversión y tejido empresarial, así como mediante la adopción de un papel de *“early adopter”* de la tecnología UAS en diferentes áreas, como la medioambiental y de ordenación del territorio (*“Instituto de Estudios do Territorio de la Consellería de Medio Ambiente e Ordenación do Territorio”* o la *“Estación Fitopatolóxica do Areeiro de la Diputación de Pontevedra”*) o la de emergencias (*“Unidad Operativa de Drones de la Axencia Galega de Emerxencias - AXEGA -”*), así como en el ámbito del conocimiento (como son los casos del Servicio de Detección Remota del Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación - CACTI - de la Universidad de Vigo o de la propia Universidad de Santiago de Compostela), todas ellas entidades reconocidas como operadoras por AESA.

ESCUELA DE INGENIERÍA AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO, UNIVERSIDAD DE VIGO

La Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio es un centro de reciente creación - inicio de la docencia en 2016 - en el Campus de Ourense de la Universidad de Vigo, dedicado a la **formación de profesionales del ámbito de la Ingeniería Aeroespacial** (Grado en Ingeniería Aeroespacial).

Durante el ejercicio 2018 está prevista la puesta en marcha de un *“Máster interuniversitario en Operaciones e Ingeniería de Sistemas Aéreos no Tripulados”*, desarrollado conjuntamente por la Universidad de Vigo y la Universidad de Santiago de Compostela.

MASTER EN INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES AEROESPACIALES (MIEMA), UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

Durante el ejercicio 2015 se puso en marcha el Master en Ingeniería de Estructuras y Materiales Aeroespaciales (MIEMA) de la Universidad de A Coruña. La Unidad Académica responsable de este Master es la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. El Master trata de aportar **conocimientos actuales sobre los materiales utilizados en el diseño de vehículos aeronáuticos o espaciales**, tanto metálicos como compuestos o sus combinaciones. También en el **modelado digital, análisis estructural y optimización de componentes y estructuras aeroespaciales**, todo ello en el contexto del estado actual de estos medios de transporte, de su industria y de su evolución probable.

EL CENTRO DE INNOVACIÓN AEROESPACIAL (CINAE)

El **Centro de Innovación Aeroespacial (CINAE)** nace en noviembre de 2015 con el apoyo de las entidades que forman parte de su patronato - Consorcio Zona Franca de Vigo, Consorcio Aeronáutico de Galicia, Universidad de Vigo, Airbus Defence and Space, Unión de Empresas Gallegas de Aeronáutica e Industrias Delta Vigo -.

CINAE se ubica en el Edificio Aeroespacial del Parque Industrial de Porto do Molle, en Nigrán, donde se ubican también nuevas iniciativas empresariales del sector. El objetivo del centro es el fortalecimiento, potenciación, crecimiento y mejora de la competitividad en la industria de las tecnologías aeroespaciales en Galicia, mediante la excelencia en la investigación y el desarrollo tecnológico. Actualmente posee dos **líneas de trabajo** diferenciadas.

- **Espacio:** apoyada en la experiencia de la Universidad de Vigo en este sector, con los satélites Xatcobeo, Humsat y Serpens, además de la Unidad Mixta de Investigación que posee en la actualidad con la empresa Aistech.
- **Sistemas Aéreos no Tripulados:** desarrollo de subsistemas y sus aplicaciones, teledetección y GIS, robotización y sistemas de alta autonomía.

El Centro cuenta con una **infraestructura asociada singular y de gran interés para el desarrollo de la innovación en el sector.**

CIVIL UAS INITIATIVE

Se trata de un proyecto desarrollado conjuntamente por la “**Axencia Galega de Innovación (GAIN)**” y liderados por las empresas **Indra** e **Babcock** (antigua Inaer), con una aportación de 40 millones de euros por parte de GAIN y 75 millones de euros por parte del consorcio empresarial. El proyecto contribuirá, en una **primera fase**, al desarrollo del **CIAR** y de la aplicación de sistemas aéreos no tripulados como apoyo a tareas relacionadas con la lucha contra incendios, vigilancia y rescate marino, aplicaciones de preservación del medioambiente, detección de vertidos y planeamiento urbanístico, entre otras. En paralelo, se implementará en Rozas el primer centro de control de tráfico aéreo para la gestión futura de corredores para la navegación de UAS civiles.

La **segunda fase** consiste en un proceso de compra pública precomercial articulada sobre varios retos tecnológicos propuestos por el gobierno gallego, de forma que las empresas operadoras y desarrolladoras de UAS deberán ofrecer soluciones para optimizar determinados servicios públicos que presta la Administración. De esta forma, la “**Xunta de Galicia**” actuará como cliente “early adopter” y validador de nuevas soluciones tecnológicas innovadoras basadas en UAS. Las licitaciones ascenderán a un total de 20 millones de euros.

En la actualidad se están desarrollando una veintena de proyectos relacionados con el desarrollo de dos plataformas aéreas y una marina, en los cuales **están participando además otras empresas y centros de conocimiento gallegos:**

- | | | |
|--------------------------|--------------|----------------------|
| • Arteixo Telecom | • Coremain | • Marine Instruments |
| • AtlantTIC | • CTAG | • LaboraTe |
| • Cablerías Auto | • Delta Vigo | • Pildolabs Galaica |
| • C.I. Forestal LOURIZÁN | • Gaerum | • Soarnor |

- CETMAR
- CIAR
- CINFO
- CiTIUS
- Gradient
- ITG
- ITMATI
- Software
- Soldatec
- Televes

CENTRO DE INVESTIGACIÓN AEROPORTADA INTA-XUNTA DE GALICIA (CIAR)

El **Centro de Investigación Aeroportada de Rozas (CIAR)**, está situado en Castro de Rei (Lugo). Este proyecto está financiado por el Ministerio de Economía - fondos Feder -, la “*Axencia Galega de Innovación (GAIN)*” y el “*Instituto Galego de Promoción Económica (IGAPE) de la Xunta de Galicia*”. Se trata de un centro de ensayos pionero donde se pretenden integrar tanto las Plataformas Aéreas de Investigación (PAI) como los nuevos desarrollos con aviones no tripulados, en un centro de investigación que ofrece las infraestructuras y equipamientos necesarios en tierra para el desarrollo de las aeronaves y la evaluación de las campañas a realizar con las mismas, de forma que se puedan llevar a cabo los vuelos de forma eficiente y segura.

PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO

Industria aeronáutica

En la industria aeronáutica gallega se identifican varias **experiencias de carácter asociativo** que ofrecen las primeras señales de que verdaderamente existe un tejido empresarial que se está consolidando como sector. Destacar, por un lado, la constitución en el año 2007 del **Consortio Aeronáutico Gallego (CAG)**, integrado por empresas del sector metalúrgico, universidades y centros tecnológicos de la comunidad autónoma de Galicia. Su objetivo consiste en promover y desarrollar el sector aeronáutico en la Comunidad y alcanzar un mayor nivel de innovación y competitividad en todo el sector. Por otro lado, destacar también la iniciativa privada de 7 empresas gallegas que se unen en 2012 para constituir **UDEGA**, una sociedad limitada que tiene por objeto unificar métodos de trabajo, unificar la relación de este consorcio de empresas con el contexto externo y optimizar los recursos materiales y humanos disponibles mediante la cooperación industrial.

En el ámbito de los productos, **COASA** - del grupo AERNNOVA - fabrica puertas del tren de aterrizaje y “*sparcs*” de los estabilizadores horizontales para aeronaves, así como las pieles de los alerones para el Airbus A380. **DELTA VIGO** es una empresa ligada originalmente a la industria naval que se dedica al mecanizado de piezas de utillaje y calderería, pero que actualmente está especializada en automatismos, programación de robots, simulación de líneas productivas y sistemas de calidad. Además de bienes de equipo, producen componentes metálicos y de composites. Fabrica componentes para las principales compañías aeronáuticas del mundo, como *Airbus, Boeing, Bombardier* o *Embraer*. **UDEGA**, por su parte, es la agrupación de Matricería Galega, Europrecis Galicia, Uttingal, Hispamoldes, Demsu, Thune Eureka y Tromosa para actuar como unidad proveedora para la industria aeronáutica. Su oferta incluye la ingeniería, mecanizado de todo tipo de materiales, erosión de penetración, corte por láser, soldadura, metrología, tratamiento de superficies... habiendo participado en el diseño y fabricación de utillajes para diferentes modelos de aeronaves de *Airbus* y *Embraer*. Del mismo modo, **LADDES WORKS** desarrolla ingeniería de utillaje, ingeniería de producto, así como mecanizado y fresado de piezas de aluminio y, sobre todo, materiales compuestos, fabricando piezas, directa o indirectamente, para modelos de *Airbus*

o *Embraer* (A320, A330, A340, A400M, ERJ170/190). **UTINGAL** ofrece soluciones integrales que van desde el diseño y la construcción de las herramientas y/o útiles necesarios, hasta la producción e instalación en planta según las especificaciones del cliente, así como su posterior mantenimiento y puesta a punto, además de participar también en la producción de piezas aeronáuticas para, por ejemplo, los modelos de Airbus A400M y A350. **LUPEON**, es una joven compañía especializada en impresión 3D industrial. Fabrica piezas y ofrece servicios de consultoría para la aplicación de esta tecnología en el sector aeronáutico y aeroespacial, entre otros. Existen otras empresas que también están operando en el sector aeronáutico, en el ámbito de los mecanizados de piezas y utillajes, como **GANAIN** o **PRECISGAL**, por citar dos ejemplos.

También en el ámbito de los productos, **EQUIPOS LAGOS** es una empresa especializada en la instalación de equipos para procesos y soluciones para tratamiento de superficies: cabinas de pintura, áreas de preparación, cabinas industriales a medida... aplicaciones de lijado, metalizado, granallado, pintura, secado... con más de 15 años diseñando cabinas de pintura y soluciones para el sector aeronáutico, contando con instalaciones de referencia en empresas como *Airbus*, *Embraer* o *Dassault Aviation*. Finalmente, comentar también que la compañía **COLYAER** diseña y fabrica aviones ligeros destinados a labores de vigilancia, fotografía aérea y aviación deportiva, reportando ventas nacionales e internacionales, en países como China, Finlandia, EE.UU. o Australia.

En el ámbito de los servicios, **CT INGENIEROS**, empresa de ingeniería que opera en diferentes sectores de actividad y que cuenta con sedes en Ferrol y Vigo, es proveedora preferente de servicios de ingeniería de producto (E2S) y de servicios de ingeniería de fabricación (ME3S) para *Airbus Group*, trabajando con todas las divisiones y su amplia red de proveedores. La empresa está involucrada en las actividades que cubren el ciclo de vida de los productos aeronáuticos y espaciales. **TECDISMA** es también una empresa de ingeniería que ofrece soluciones tecnológicas para el diseño, fabricación, montaje y puesta en funcionamiento de maquinaria para diferentes sectores de actividad industrial, entre los que se encuentra el aeronáutico. En definitiva, la empresa se dedica a la búsqueda de soluciones tecnológicas adaptadas a problemas específicos, mediante la investigación y desarrollo en robótica industrial. **GHENOVA** es también una empresa de ingeniería que opera en diferentes sectores de actividad. Cuenta con sedes en Ferrol y Vigo, y es también proveedora principal de ingeniería para las versiones 900 y 1000 del *Programa A350 XWB Belly Fairing*. Finalmente, **SOFTWCARE** es una empresa de ingeniería y consultoría informática que ofrece nuevas técnicas y métodos para verificar y asegurar la robustez del software de aplicaciones críticas y la calidad de sus desarrollos. Entre sus clientes figuran entidades como la Agencia Espacial Europea (ESA), THALES Alenia Spazio, EADS o el Ministerio de Defensa español.

UAS

Como se indicaba en puntos anteriores, el despegue del sector de los UAS en Galicia **combina el impulso de empresas operadoras con empresas que desarrollan sus propios sistemas**. Los operadores gallegos centran su actividad en misiones relacionadas con la fotografía; **la topografía y la filmación aérea ocupan el 40% de los trabajos desarrollados**, como consecuencia de que resultan las únicas actividades claramente autorizadas por la legislación vigente. La observación y la vigilancia se llevan el 13,28% del mercado profesional, seguidas de las tareas de investigación y desarrollo con el 11,57%, las de emergencia y salvamento con el 10,11% y las de investigación y reconocimiento instrumental el 8%. Muchas de estas compañías y profesionales combinan la prestación de este tipo de servicios con la formación de nuevos pilotos. También es habitual la presencia de compañías usuarias de los UAS en su ámbito de actividad

previo a la generalización de estas tecnologías, bien sea este el audiovisual, el topográfico y sistemas de información georreferenciada, el agrícola y medioambiental, el energético, el de la construcción o el del patrimonio cultural, por citar algunos ejemplos.

Por otro lado, se identifica también un **conglomerado de empresas que desarrollan sus propios sistemas**, que utilizan también como operadores, y alquilan o distribuyen, en ocasiones incluso con otros sistemas de fabricantes reconocidos internacionalmente en el mercado profesional. Se trata de compañías como **MARINE INSTRUMENTS** con el sistema Tunadrone, solución basada en un sistema de ala fija para apoyar la pesca del atún a banco libre, que permitirá prescindir del helicóptero en los grandes buques atuneros. **AERIALWORKS**, con los sistemas de ala fija Talon o el multicóptero SG05 Mk I, **FOBOS SOLUTIONS**, con sistemas biomiméticos como el sistema de vigilancia Fobos One y el sistema multipropósito Qualidron, o **UAV INSTRUMENTS** con el Ons 2500, el Cies 2000 y el Tambo 4500. Destaca también **CENTUM-RT**, compañía que forma parte de CENTUM GLOBAL. Diseña sistemas sensorizados para la industria aeronáutica y aeroespacial, tanto tripulada como no tripulada, operando principalmente para los segmentos de emergencias, seguridad nacional y defensa. Comercializa “*Lifeseeker*”, un innovador sistema aerotransportado capaz de localizar teléfonos móviles con precisión.

CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE

Industria aeronáutica

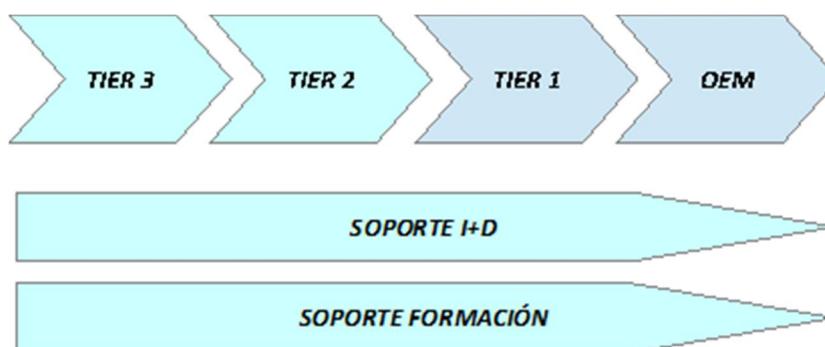
Se conforma fundamentalmente por **fabricantes de equipo original** (*Original Equipment Manufacturers*, OEM) y **proveedores de nivel** (tier) 1, nivel 2 y nivel 3. Tradicionalmente, las grandes empresas fabricantes en la industria aeronáutica, actuando como contratistas principales, se han apoyado en empresas colaboradoras externas que se encargaban de suministrar materiales, servicios, componentes, subsistemas y módulos acabados, que eran incorporados en distintos momentos a lo largo del proceso de fabricación y montaje de cada nuevo modelo de aeronave. Por tanto, el sector aeronáutico se ha configurado como un **sistema integrado por un conjunto de empresas que difieren en su tamaño, capacidad de producción y nivel de generación de conocimiento**. Realizan actividades muy diversas y pueden clasificarse en cuatro grandes **grupos**:

- A. **Industria de cabecera integradora (OEM)**: está formada por aquellas empresas que realizan el diseño y desarrollo de los nuevos modelos de avión, de la fabricación del fuselaje y ensamblaje final, ensayos de certificación y, finalmente, la venta de las aeronaves a los clientes finales. Estas empresas se encuentran en la cúspide de la pirámide productiva del sector, de forma que sus actividades generan, a su vez, más actividad para toda la cadena productiva (empresas subcontratistas de primer, segundo y tercer nivel). Son, por ejemplo, Boeing y EADS. Son el componente más crítico de la cadena de valor y se caracteriza por las duras barreras de entrada, debido a los altos costos relacionados y requisitos tecnológicos.
- B. **Industria de cabecera tractora o integradoras modulares** (subcontratistas de primer nivel o “**Tier 1**”): este segmento de empresas está conformado por las denominadas integradoras modulares subcontratistas de primer nivel, especializadas en materiales compuestos, equipos y sistemas, diseño y fabricación de estructuras, sistemas y subconjuntos de aviones, servicios de ingeniería de producción de aeronaves y diseño de utillaje, entre otros, tales como motores, sistemas de control de vuelo, alas y sistema de combustible. Cuentan con importantes capacidades de logística para coordinar a sus suministradores de segundo y tercer nivel (“Tier 2” y “Tier 3”), de diseño,

ingeniería e I+D+i, generando un importante efecto arrastre en las empresas situadas por debajo en la cadena de suministro. Las relaciones de subcontratación de estas empresas con las integradoras finales se resuelven bajo esquemas de “paquete completo”, generalmente bajo contratos de proveedor exclusivo. Estos subcontratistas de primer nivel son responsables únicos ante ellas. **Su tamaño es importante, operan en mercados internacionales y comparten riesgos financieros con las empresas de cabecera integradoras en el desarrollo de los productos,** comportándose como socios activos que asumen los resultados del negocio, lo que les obliga a disponer de una elevada capacidad financiera. Entre las empresas “Tier 1” se cuentan, en España, *Aernnova, Alestis y el Grupo Aciturri.* A nivel internacional los proveedores “Tier 1” presentan mayor tamaño.

- C. **Industria auxiliar** (“Tier 2” y “Tier 3”): la industria auxiliar está formada por un heterogéneo conjunto de empresas que trabajan bajo pedido de las empresas de primer nivel. Estas empresas desarrollan su actividad ajustándose fielmente a las prescripciones técnicas marcadas por sus empresas cliente y **son expertas en la producción de pequeños subconjuntos o piezas elementales específicas,** incluyendo todo tipo de conformado, mecanizado, tratamiento de componentes y piezas destinadas a formar parte de conjuntos de mayor envergadura, así como las pequeñas ingenierías que realizan cálculos y estudios asociados a distintos componentes. Es requisito esencial que cuenten con capacidad de asegurar la calidad de sus productos y procesos. En la actualidad estas empresas se encuentran sometidas a una **elevada presión en precios, con una creciente competencia internacional** procedente de países emergentes con menores costes. En muchos casos, trabajan también para otros sectores de actividad a fin de diversificar su producción. Según su tamaño, actividad exterior o capacidades de ingeniería, se subdividen en “Tier 2” y “Tier 3”. En general, los “Tier 2” suministran directamente subsistemas y piezas a los “Tier 1”, al tiempo que subcontratan parte de su producción a los “Tier 3”.

En la cadena de valor de la industria aeronáutica **Galicia cuenta con proveedores de nivel 2 y 3, así como con otros eslabones de soporte vinculados al conocimiento** - I+D y formación -, donde se ubica también la actividad aeroespacial presente en la Comunidad. La Administración autonómica trata de prestar apoyo al sector principalmente desde dichos soportes.



Existe un **requisito común exigido a todas las empresas que participan en la cadena de suministro aeronáutica,** incluido el contratista principal, que es contar con la **certificación de calidad aeronáutica EN-9100** que capacita a los centros productivos para trabajar en esta industria. Basada en los requisitos de ISO 9000, la familia de normas EN-9100 - considerando también 9110 y 9120 - pone un particular énfasis

en la calidad, la seguridad y la tecnología en todas las disciplinas a lo largo de toda la cadena de suministro. Galicia cuenta con unas 20 compañías certificadas.

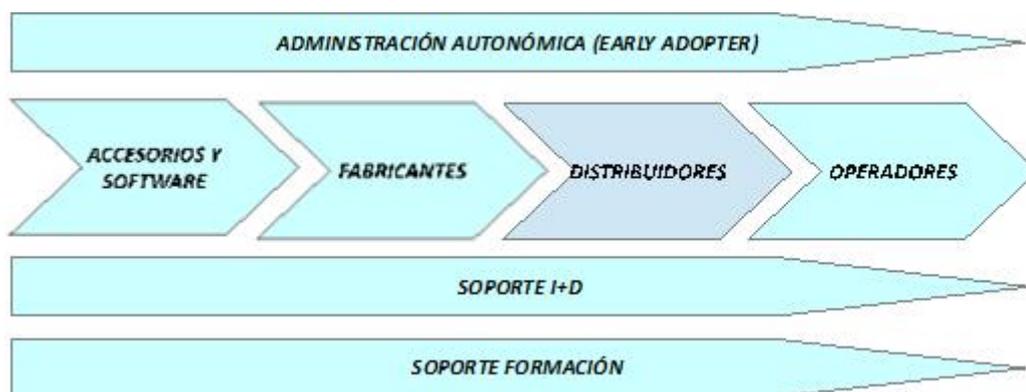
UAS

En la cadena de valor de los UAS se distinguen principalmente los siguientes **eslabones**:

- A. **Fabricantes de accesorios y software:** compañías fabricantes de accesorios, sensores y dispositivos electrónicos acoplables al sistema de vuelo y aplicaciones para la gestión de los datos. Ejemplos son LEICA GLOBAL GEOSYSTEMS, TOPCON, PIX4D...
- B. **Fabricantes de sistemas de vuelo:** existe dualidad entre el mercado de consumo y el mercado profesional, aunque las principales referencias suelen presentar productos para ambos mercados. Ejemplos globales de compañías que dirigen sus productos al mercado de consumo son SYMA, PARROT, DJI... Ejemplos de compañías que se dirigen al mercado profesional son AIBOTIX, AIRROBOT, DJI, FLYTECH UAV, INTEL, MARCUS UAV, MAVINCI, PENTAX PRECISION, SENSEFLY, SENTERA, TOPCON, TRIGGER COMPOSITES, TRIMBLE ...
- C. **Distribuidores de tecnología:** además de los fabricantes de sistemas de vuelo, existe un último eslabón de compañías que se dedican exclusivamente a la distribución de productos hardware y software que han incluido en sus catálogos dispositivos UAS o compañías que prestan servicios como operadoras y que presentan una línea de negocio de distribución de productos.
- D. **Operadores de UAS:** empresas de ingeniería, topografía, consultoras medioambientales y prestadoras de servicios de fotografía y vídeo, que utilizan los UAS para las distintas aplicaciones existentes. Existen perfiles muy especializados y otros más generalistas, entidades que se dedican exclusivamente a operar UAS y entidades que fabrican, distribuyen y operan sus propios sistemas.

En la cadena de valor de los UAS **en Galicia existen representantes en casi todos los eslabones** mencionados; en el ámbito de los fabricantes ya se mencionaron anteriormente entidades como MARINE INSTRUMENTS, AERIALWORKS, FOBOS SOLUTIONS o UAV INSTRUMENTS. En el ámbito de los accesorios y software, mencionar entidades como AVANSIG o CENTUM-RT, también presente en la cadena de valor de la industria aeronáutica gallega. En el ámbito de los distribuidores, además de los propios fabricantes - que en ocasiones también distribuyen otros sistemas comerciales además de los suyos propios -, no se han identificado en Galicia empresas que respondan claramente a este perfil. Finalmente, en el eslabón de las compañías operadoras es donde aparece un mayor número de agentes, principalmente en el ámbito audiovisual y de topografía. Algunos ejemplos ya mencionados son AEROMEDIA, AEROCÁMARAS, INGENIERÍA INSITU o APLYGENIA, pero cabría mencionar otros muchos como 3EDATA, ALTUX, CORTOP, DRONIX, EPHYTECH, GST, INSALTOP, TELEDOMOTIC, GAERUM, FORTOP...

No obstante, al tratarse de un segmento de actividad todavía poco maduro y consolidado, lo cierto es que **la mayoría de las empresas aún no están ubicadas claramente en un único eslabón** de la cadena de valor ya que tampoco tienen del todo claro su modelo de negocio. Es por ello que pueden verse empresas que son tanto fabricantes, distribuidores como operadores.



La Administración Autónoma está actuando desde las dimensiones de soporte de conocimiento - formación e I+D - y como agente tractor *“early adopter”*, con importantes inversiones para desarrollar tecnología que luego pretende adquirir mediante un modelo de compra pública precomercial, lo que pone de manifiesto el carácter estratégico con que se está considerando también este segmento de actividad.

ANÁLISIS EXTERNO

SITUACIÓN INTERNACIONAL

Situación internacional

INDUSTRIA AERONÁUTICA

La construcción aeronáutica comercial es una industria de unos **370.000 millones de dólares anuales** que emplea cerca de **1,18 millones de personas** en todo el mundo y que además está viviendo una nueva edad de oro, ya que los pedidos de aeronaves están alcanzando un nivel sin precedentes. El mercado aeronáutico y espacial tiene un doble **componente civil y militar** de forma que la evolución de ambos mercados puede seguir diferentes patrones. **La influencia de los gobiernos es muy elevada dada la calidad de cliente de gran peso que tienen los Estados, las competencias reguladoras que asumen y el carácter de gestores de una parte importante de los recursos de I+D+i.** Es por ello que la industria aeroespacial se considera un sector “tutelado”, habida cuenta de la importancia que tienen las decisiones políticas en el mismo en términos de demanda de productos - por ejemplo, en el mercado espacial y de defensa - y de apoyo necesario de los gobiernos para su desarrollo y crecimiento. En países como Reino Unido, Alemania y Francia, la industria aeronáutica está reconocida como un sector prioritario y se le asignan importantes ayudas públicas. Así, el “*Aerospace Technology Institute*” del Reino Unido cuenta con una dotación gubernamental en subvenciones de 1.270 millones de euros distribuidos en 7 anualidades. Las subvenciones alcanzan los 1.000 millones de euros en 5 años en Francia, y el Programa Nacional de Investigación Aeronáutica (LUFO) en Alemania cuenta con una ayuda de 280 millones de euros en subvenciones en su cuarta convocatoria.

El sector presenta grandes barreras de entrada debido a la necesidad de disponer de un gran tamaño para poder participar en sus desarrollos – elevados costes de las inversiones; complejidad y altos riesgos de los productos, generalmente producidos en series muy reducidas; largos ciclos de desarrollo de los productos y del tiempo necesario para recuperar las inversiones realizadas (ciclos de vida de 30 o 40 años) –. En consecuencia, el sector tiene una estructura empresarial liderada por unos pocos grandes consorcios o grupos industriales – en muchos casos transnacionales, con una vocación exportadora global y fuertes vínculos con sus respectivos gobiernos –, sustentados en una red de grandes, medianas y pequeñas empresas subcontratistas con una alta dependencia de los mismos en sus ventas.

La búsqueda de soluciones a la financiación de los grandes programas de desarrollo ha acabado por imponerse como una necesidad, y a fin de que la deuda que se genera no acabe repercutiendo exclusivamente en el balance del OEM, **en la actualidad se distribuye la carga financiera entre los proveedores de primer nivel**. De esta forma se consigue que una parte importante de los riesgos sean compartidos. Por otro lado, **el mercado exige continuamente a los OEM que mejoren el diseño y la competitividad en la producción de aeronaves. Las aerolíneas tradicionales han dejado paso a las de bajo coste**, que son las que están creciendo más rápidamente en los mercados del transporte aéreo internacional, lo que les otorga un gran poder de compra que ejercen frente a los fabricantes, demandando **precios de adquisición más bajos** con los que poder ampliar sus flotas. **Los grandes fabricantes intentan concentrar su actividad en la integración final de grandes sistemas y en la relación con el cliente** mientras que, para reducir la carga financiera y los riesgos técnicos, externalizan una parte importante de los paquetes de trabajo de diseño y fabricación, encomendándoselos a los grandes suministradores internacionales de primer nivel. Por su parte, **las empresas integradoras de primer nivel**

están replicando el ejemplo y han comenzado a desplazar mayores responsabilidades hacia los pequeños suministradores que se encuentran aguas abajo en la cadena de suministro, externalizando a escala global parte de su actividad.

Una radiografía actual del sector a nivel mundial revela el **auge de las economías emergentes** - China, Rusia, India, Golfo Pérsico, América Latina -, que indudablemente van a demandar una nueva y profunda transformación de la industria. Las ventas acumuladas en estos países, especialmente en India y China, suelen ser en la actualidad las que determinan el éxito de mercado de cualquier programa de desarrollo de nuevos aviones. Estos dos mercados tienen una importancia clave en el futuro crecimiento del tráfico aéreo y, además, ambos países han aprendido a utilizar en su provecho este decisivo poder de compra. Así, para asegurar la venta de un gran número de unidades en estos países resulta cada vez más determinante negociar con sus respectivos gobiernos determinadas **contrapartidas industriales y compensaciones en forma de transferencias de tecnología**. Resulta habitual que estas contrapartidas consistan en confiar determinadas partes de la ingeniería, desarrollo, ensamblaje y mantenimiento del producto final a empresas localizadas en el país comprador con lo que, de esta forma, se está apoyando la creación de un incipiente tejido industrial propio en el sector aeronáutico y generando a medio plazo competencia. No se trata sólo de aprovechar las nuevas oportunidades de negocio que presentan estos mercados emergentes, sino también de **integrar la nueva industria que está surgiendo en esos países y competir eficazmente con ella**. Estas incipientes economías tienen una capacidad tecnológica aún limitada, pero también unos costes de producción inferiores, lo que plantea a las grandes compañías tractoras la posibilidad de mejorar su competitividad desplazando allí sus centros de producción o parte de sus cadenas de suministro. En este nuevo escenario global de la cadena de valor cabe plantearse la **necesidad urgente de orientarse hacia las actividades más innovadoras y de mayor valor añadido** como única forma de preservar las ventajas competitivas frente a competidores internacionales.

UAS

El informe de la consultora PwC, *“Clarity from above”*, basado en datos del año 2015 realiza una estimación del valor potencial de las soluciones industriales basadas en UAS en diferentes sectores de actividad a nivel mundial. La estimación realizada muestra un **mercado mundial potencial de 127,3 miles de millones de dólares**, de los cuales 45,2 corresponden a infraestructuras, 32,4 a agricultura, 12 a transporte, 10,5 a seguridad, 8,8 a entretenimiento, 6,8 a seguros, 6,3 a telecomunicaciones y 4,3 miles de millones de dólares a minería. De forma concreta, los UAS pueden contribuir a estos sectores en operaciones actuales y futuras, como en la monitorización de obras, la inspección de estructuras, pintado, limpieza y rehabilitación con impresión 3D, logística “de proximidad” y logística in situ en fábricas, la provisión de datos geoespaciales para medición de riesgos por parte de aseguradoras, fotografía aérea y vídeo profesional, inspección de antenas de telecomunicaciones, planeamiento de despliegues de red, servicios de internet en áreas remotas, monitorización de cultivos, dispersión de pesticidas, vigilancia de zonas, planeamiento minero, gestión de explotaciones mineras, gestión forestal, etc. Aparte de los datos aportados por PwC, hay otros indicadores de interés que muestran el impulso del sector y el crecimiento que se prevé en años venideros. El informe desarrollado por Global Market Insights prevé un incremento estimado del mercado civil en USA del 20% anual hasta el año 2032; el informe de la consultora Research and Markets prevé que el mercado global supere los 21.000 millones de dólares en 2022, frente a los 6.000 millones estimados en 2016. Otros informes como los elaborados por BI Intelligence o Winter Green Research presentan también resultados similares.

Situación nacional

INDUSTRIA AERONÁUTICA

La industria aeronáutica en España supone una facturación anual de entorno a los 7.600 millones de euros (2014) - de los cuales el 75% corresponde a aeronaves y sistemas, el 13% a motores y el 12% a equipamiento - y 40.300 empleos estables y de calidad, considerando tanto la aeronáutica civil - 3.900 millones de euros y 27.800 empleos - como la militar - 3.700 millones de euros y 12.500 empleos -. El segmento espacial supone otros 700 millones de euros y 3.400 empleos. La industria aeronáutica nacional es una industria 2,5 veces más productiva que la media española, que exporta el 85% y reinvierte un promedio - durante los últimos 10 años - del 12% de su facturación en actividades de I+D+i, generando conocimiento y empleo de calidad y ejerciendo un fuerte efecto de tracción sobre otros sectores industriales. Se trata, por tanto, de un **sector estratégico, de gran valor añadido y vocación exportadora, cuyos desarrollos tecnológicos se trasladan a otros sectores** de actividad pero que requiere, como se ha dicho, **fuertes inversiones**. Dada su dimensión y complejidad, involucra a varios departamentos de la Administración en todos los países y hace necesario contar con una **política de Estado** que dé continuidad en el tiempo a la coordinación y a la asignación estable de recursos que permita mantener un desarrollo continuado a los exigentes niveles de competitividad. En compensación, los retornos que genera a la sociedad, en términos de multiplicador del importe invertido sobre el PIB, su contribución al Estado vía impuestos, el número de trabajos directos e indirectos de alta cualificación que genera, su penetración en los mercados exteriores, etc., hacen de **este sector uno de los más atractivos como receptor de inversiones de la Administración.**

En los últimos años el sector aeronáutico español ha mantenido un **crecimiento sostenido a pesar de la crisis**, revelándose como un elemento clave para activar la recuperación económica e industrial en el país. **Sus cifras colocan a España como quinta potencia aeronáutica en Europa.** Las empresas españolas han aumentado su competitividad y ya están presentes en los mercados internacionales donde optan a adjudicarse contratos y proyectos de relevancia. La presencia de Airbus hace que el 10% de la producción de aviación comercial de esa compañía se lleve a cabo en España, lo que supone una carga de trabajo importante y con tendencia creciente. Asimismo, en Sevilla se encuentra la única planta de ensamblaje final del grupo Airbus que está fuera de Francia. En ella se ensambla el avión A400M. España es además miembro de la Agencia Espacial Europea (ESA), contribuyendo a su presupuesto en un 5% y participando en sus principales programas. Como consecuencia, en las últimas décadas las transformaciones que ha experimentado el sector aeronáutico español han sido muy profundas, convirtiéndose en un sector estructurado bajo una cadena de suministro global en cuya cima se encuentran los grandes fabricantes de aeronaves, que actúan como verdaderos tractores que hacen avanzar a toda la industria. Las perspectivas de futuro en el mercado aeronáutico civil presumen un crecimiento estable en los próximos años en lo que respecta a la actividad de fabricación y, además, contará con el desarrollo de nuevos programas.

En España, la industria **aeronáutica civil** está especializada en el **segmento de las estructuras**, y especialmente en **materiales compuestos**, donde destaca la presencia de la empresa tractora, *Airbus*, y la de los integradores de primer nivel, *Aciturri*, *Aernnova* y *Alestis*. Entre las cuatro representan el 25% del empleo del sector aeronáutico en España, el 38% en el ámbito civil. Junto a ellas, como fabricantes de sistemas, destacan empresas como *Indra* e *ITP*.

En cuanto a la forma en que está distribuido el tejido empresarial aeronáutico entre las diferentes Comunidades Autónomas en España, Madrid ocupa la primera posición por facturación y empleo, seguida de Andalucía, Castilla-La Mancha y el País Vasco. En conjunto, en estas comunidades se concentra casi todo el valor añadido bruto y el empleo generado por la industria aeronáutica en España.



La actividad aeronáutica industrial en España se concentra principalmente en los productos de *Airbus*, completándose con la participación en programas de Boeing, Embraer, Bombardier y Sikorski, entre otros. El **tipo de cambio dólar/euro** junto a la **pujanza de las nuevas potencias emergentes**, están haciendo a los grandes contratistas y OEM replantear sus políticas de contratación por obligaciones de retornos industriales, lo que implica un **riesgo para la industria española**: poder mantener los estándares de competitividad respecto a nuevos “*players*” procedentes de economías emergentes.

En la **industria aeronáutica de defensa** el desafío principal es conseguir **mantener**, en lo posible, las adquisiciones futuras ya comprometidas y contratadas - A400M, EF2000, NH90, Tigre, EC135-. Este factor resulta vital ya que **la competencia en este mercado es de naturaleza oligopolística y multidoméstica**, y en muchos productos y países, la adquisición por parte de las Fuerzas Armadas propias es condición sine-qua-non para la ulterior exportación. La decadencia de una industria autóctona propiciaría la dependencia de terceros países, comprometiendo, en consecuencia, la soberanía tecnológica a largo plazo. El mantenimiento de la capacidad operativa de las Fuerzas Armadas españolas, del desarrollo tecnológico experimentado en las últimas tres décadas, de la capacidad productiva y de la posición en los mercados internacionales puede estar sometido a riesgos en caso de no continuar realizando inversiones en el sector.

España posee una **amplia y diversificada cadena de suministro**, aunque **dependiente de las empresas tractoras en lo que se refiere a conocimiento e inversión en desarrollos tecnológicos** que, a través de sus actividades a nivel nacional, provocan una buena competitividad en el resto del tejido. España cuenta en la actualidad con **integradores de primer nivel**, lo que representa una ventaja diferencial frente a muchos países industrializados que, aun poseyendo un gran desarrollo industrial, su cadena de suministro aeronáutica sólo incluye proveedores de cierto tamaño que no son capaces de controlar la especificación del producto. Son muy pocos los países, entre los que se encuentra España, que tengan **capacidad de ciclo**

completo de un sistema tan complejo como es una aeronave: concepción, desarrollo, fabricación, certificación, venta y mantenimiento del producto, una vez se encuentra en servicio. La gran ventaja de poseer industrias de cabecera e integradores de primer nivel es la capacidad para convertir la demanda mundial de un producto en especificaciones de un sistema o un subsistema y la capacidad de decisión sobre la localización de la carga de trabajo. Pero existe un **riesgo asociado a la fragilidad de las pequeñas y medianas empresas**. El 96% de las empresas aeronáuticas españolas son PYMEs que producen únicamente una quinta parte de la facturación total del sector y generan el 32% del empleo. La excesiva debilidad de estas empresas, también se pone de manifiesto en la menor proporción que representa su gasto en I+D+i respecto a su facturación - en torno a un 5,3% de lo que facturan -. Esta cifra resulta insuficiente en una industria como la aeronáutica, que requiere mantener un mayor esfuerzo inversor para poder seguir el ritmo de los continuos avances en innovación tecnológica y no quedar descolgados en futuros programas. La consolidación y avance de la industria aeronáutica española requiere contar con una **estrategia a nivel nacional** y con una política industrial con:

- Decidido apoyo a la I+D+i.
- Existencia de programas específicos.
- Coordinación de políticas y estamentos involucrados.
- Mantenimiento de las líneas estratégicas de producto:
 - Diseño, configuración e integración completa de la aeronave.
 - Estructuras en materiales compuestos.
 - Propulsión.
 - Integración de sistemas.
 - Fabricación avanzada.
 - Sostenimiento.
 - Simulación.
 - Gestión y control del tráfico aéreo.

UAS

El **crecimiento** del mercado a nivel mundial se puede trasladar a España, donde se pasó de 64 operadores de UAS en febrero de 2015 a más de 1000 un año después y 2104 en la actualidad (abril de 2017). Se trata de un **sector incipiente, todavía poco maduro y muy fragmentado**, para el que todavía no existen informes de mercado y datos de dimensionamiento u otros indicadores que permitan analizar su evolución.

Se han identificado hasta tres jóvenes **Asociaciones** - Asociación Española de RPAs (en adelante, AERPAS), Asociación Española de Drones y Afines (en adelante, AEDRON) y Asociación de Empresas de Drones DRONIBERIA (en adelante, DRONIBERIA) - que pretenden aglutinar los esfuerzos del sector y representar sus intereses a nivel nacional como interlocutoras ante la Administración, aunque por el momento ninguna de ellas ha desarrollado actividad como “observatorio” del sector. Se identifican también las primeras iniciativas de ferias y eventos similares de carácter nacional o incluso internacional, pero que están celebrando todavía sus primeras ediciones y que refuerzan esta idea de sector de carácter incipiente.

Según revela el primer barómetro del sector de los drones elaborado por el portal ToDrone en 2016 a partir de encuestas llevadas a cabo entre más de 400 empresas y profesionales de la industria, **el 93% de**

los operadores son pymes y autónomos y el 75% lleva en el mercado menos de tres años, al tiempo que uno de cada tres aún no ha cumplido un año de vida. El estudio también muestra que nueve de cada diez operadores realizan menos de 50 trabajos aéreos al año y señala que el reducido tamaño de los operadores supone una limitación en la capacidad del sector para llevar a cabo trabajos de mayor envergadura y para crecer, al menos, en el corto plazo, pues el 85,6% de las empresas del sector tiene solo entre uno y cinco empleados. Finalmente, el 60% de los operadores tiene **presencia a nivel regional**, mientras que sólo el 40% de los operadores ofrece cobertura en todo el territorio. Esta aproximación local puede ser un reto en la búsqueda de volumen de negocio y de posibles alianzas que permitan una cobertura más amplia. De hecho, todavía son minoría (17%) las compañías que operan en el extranjero. Respecto a las áreas de negocio, en España **la industria audiovisual/ocio se configura por el momento como el principal usuario** de esta tecnología (46%), que se emplea fundamentalmente para mejorar la oferta de producción de vídeo y fotografía. Le siguen los sectores de infraestructuras/minería y agricultura/medioambiente, con un 17% y un 14,5% del total, si bien, según los encuestados, son los segmentos en los que se realizan mayores inversiones y en los que existe mayor potencial. **La facturación de las compañías dedicadas a operar drones sigue siendo reducida**: el 78% de los operadores no alcanza los 50.000 euros, lo que confirma de nuevo la escasa dimensión del mercado actual. Tan sólo el 2,4% de las empresas supera los cinco millones de euros de facturación.

Por su parte, **el acceso a la financiación es uno de los factores críticos para el sector**. La financiación pública alcanza sólo a un 19% de los proyectos y la privada a un 17%. La práctica totalidad de financiación privada proviene de entidades de crédito, mientras que es destacable la falta de financiación por parte de entidades de capital riesgo, lo que podría ser una de las principales limitaciones para el crecimiento de la industria. Respecto a los principales retos a los que tiene que hacer frente el negocio de los drones, el 31% de los encuestados señala como principal obstáculo para el pleno desarrollo del sector la **escasa regulación** o, más bien, la ausencia de un marco político y legal en determinadas actividades y las dudas en torno a su evolución futura. Asimismo, el 19% indica que la lentitud de las Administraciones Públicas para promover medidas que favorezcan al sector, seguido de las dificultades derivadas del tamaño del mercado y de los procedimientos operacionales.

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR

Industria aeronáutica

INTEGRACIÓN DE LA CADENA DE VALOR

En los últimos años ha prevalecido una tendencia de creciente hacia la **especialización funcional en los grandes fabricantes de aeronaves**, que se han convertido en integradores finales del producto para su entrega al cliente. **Cada vez más se apoyan en las empresas de cabecera de primer nivel** de la cadena de suministro, estableciéndose entre ellas una **relación de asociación estratégica a más largo plazo**. En paralelo, la política de los grandes fabricantes viene también caracterizada por una drástica reducción en el número de sus suministradores de primer nivel y por la centralización de las subcontrataciones. Para reducir su carga financiera y los riesgos técnicos, los grandes fabricantes externalizan una parte importante de los paquetes de trabajo de diseño y fabricación encomendándoselos a los grandes suministradores internacionales de primer nivel. Como consecuencia, se ha producido en España y en el resto de la UE una **implicación creciente de las grandes empresas en los segmentos de componentes, equipos y sistemas de creciente complejidad y valor añadido**. Incluso las empresas situadas en los niveles

más bajos de la cadena de suministro han comenzado a participar de forma coordinada en la concepción y desarrollo de programas y productos desde las primeras fases del diseño, lo que está demandando de los suministradores capacidades crecientes en términos tecnológicos, productivos, financieros, etc., especialmente por los largos retornos de las inversiones acometidas que caracterizan al sector.

Por otro lado, **Europa sigue sin contar con un verdadero mercado europeo de la defensa**, existiendo, en la práctica, mercados nacionales más o menos importantes según el tamaño del país, lo que impide competir en importancia con otros mercados y acometer de manera sistemática y recurrente grandes proyectos industriales ligados con la aeronáutica militar.

IRRUPCIÓN DE NUEVOS “PLAYERS”

Una de las principales amenazas que se ciernen sobre el sector aeronáutico español en particular, y sobre el europeo en general, es la **aparición en escena de un conjunto de países emergentes** – especialmente los denominados BRIC, cuyas crecientes capacidades tecnológicas e industriales les van a permitir competir exitosamente en los mercados internacionales, además de las ventajas derivadas de sus menores costes de mano de obra. **Las autoridades públicas de estos países están apostando de manera decidida por el desarrollo de sus respectivas industrias aeronáuticas**, tanto en lo que se refiere al desarrollo de productos propios, como al desarrollo de una importante industria auxiliar y de segmentos concretos. Cabe mencionar también la **importancia creciente de varios Estados Miembro de la Unión Europea con tradición en el sector aeronáutico**, como Polonia o la República Checa. Estos países se están posicionando rápidamente para competir en un segundo nivel, suministrando conjuntos o subconjuntos de alto nivel de integración, y en ellos el menor coste de la mano de obra también es un factor competitivo decisivo. Por otra parte, la aparición de estos nuevos países supone un incremento en la competencia a la hora de obtener fondos e inversiones procedentes de los proyectos comunitarios. En cualquier caso, se hace patente una **insuficiente protección del mercado interior europeo** que favorece la entrada de productos de terceros países.

REDUCCIÓN DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA

Las principales partes implicadas o “*stakeholders*” del sector europeo, han presentado un escenario futuro del sector aeronáutico - Flightpath 2050 o Vision 2020 - en el que la viabilidad del transporte aéreo tiene tanta importancia como, por ejemplo, la seguridad. Así, establecen el **objetivo de reducir a la mitad el coste del ciclo de vida en el período 2000-2020**. Siendo la presión de los costes un factor de origen externo, el sector aeronáutico español tiene varias necesidades de origen interno cuando se trata de hacer sostenible la notable posición alcanzada.

- **Desarrollo de una cadena de suministro cercana.** Con independencia de la balanza de costes de producción, otros factores mejoran la competitividad del sector en base a la existencia de una cadena de suministro próxima. Entre ellos destaca el control de la propiedad intelectual/industrial, el aprovechamiento de sinergias por integración diseño-fabricación en la cadena de proximidad, un nivel más alto de desarrollo tecnológico que en el exterior, y el control de la producción frente a suministradores globales cuya carga de trabajo depende en poca magnitud de la demanda española.
- **Internacionalización de la cadena de suministro próxima.** Desarrollar la interactividad de la cadena de suministro nacional para conseguir la subcontratación de otros OEM e integradores de

primer nivel internacionales. Esto produce además una reducción de los costes tanto por reparto de costes fijos como por la aparición de nuevas oportunidades y de nuevas demandas tecnológicas.

La mejora de la competitividad no es, por tanto, únicamente un problema de coste unitario de producción, sino de soporte a unos integradores que han de dar una respuesta integrada al OEM.

NECESIDADES DE FORMACIÓN

En la industria aeronáutica **se hace necesario fomentar una formación en alternancia** que complemente los estudios teóricos con prácticas empresariales que faciliten a los nuevos profesionales una mejor y más rápida adaptación al mundo empresarial. Será preciso **mantener constantemente actualizados los contenidos a impartir** de forma que respondan a las necesidades de las empresas, para lo que se requiere una colaboración más estrecha entre el mundo de la enseñanza - la enseñanza secundaria, la formación profesional y la Universidad - con la industria, sin olvidar tampoco a los centros de investigación. Por tanto, la mejora en la competitividad de las empresas aeronáuticas requiere una **formación** que permita:

- Incorporación rápida de conocimientos generados en el mundo y, en especial, disponible para los competidores internacionales.
- Amplia diseminación en la empresa y la cadena de suministro asociada.
- Agilidad de la formación y polivalencia de los empleados, ya que la incorporación constante de nuevas tecnologías de producción genera en los trabajadores la necesidad de adaptar sus conocimientos y adoptar otros relativos a los nuevos procesos y tecnologías.
- Incorporación del modelo de formación dual.

NECESIDADES DE INVERSIÓN EN RESPUESTA MEDIOAMBIENTAL DE LAS EMPRESAS AERONÁUTICAS ESPAÑOLAS

Evolución de los requisitos ACARE

El “*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe*” (en adelante, ACARE) se comprometió en el año 2000 a desarrollar propuestas muy ambiciosas en términos de **reducción de ruido** - reducción del 50% del ruido percibido - y **reducción de emisiones** - 50% de reducción de CO₂ y 80% de reducción de óxidos de nitrógeno -, todas ellas con un fundamento tecnológico de primera magnitud. Sin haber finalizado el período planteado para su consecución y estando aún vigentes, ACARE anunció en 2011 sus nuevos objetivos, todavía más ambiciosos. Según la nueva visión de ACARE para 2050, la industria asume un compromiso de reducir el ruido percibido en un 65%, las emisiones de CO₂ al 75% y los óxidos de nitrógeno en un 90%, además de otros requisitos como: cero emisiones en pista, diseño de los aviones y sus motores siendo 100% reciclables, etc.

Con todo, el alza del precio del petróleo ha impulsado la **búsqueda de nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia en el consumo de combustible** en los aviones - menor peso y resistencia aerodinámica, nuevos motores -, objetivo que no debe ser incompatible con la competitividad en precio de las aeronaves.

Reglamento europeo REACH sobre sustancias químicas

En el sector aeronáutico son críticas las **restricciones que se plantean para los compuestos de cromo hexavalente** (Cr VI), sustancias clave por las propiedades anticorrosivas que confieren a los metales y que,

a pesar de la intensiva actividad de I+D+i dedicada a desarrollar productos alternativos, actualmente no existen sustancias que los puedan sustituir asegurando las mismas propiedades para los componentes en condiciones de vuelo.

Teniendo en cuenta que el ciclo de vida del producto aeronáutico es de 40 años, la industria de cabecera y su industria auxiliar deben ser capaces de cumplir holgadamente los requisitos actuales y anticiparse a requisitos futuros, para no caer en la obsolescencia medioambiental, evitando al mismo tiempo el impacto en el coste del producto.

ESTRUCTURA DE APOYO A LA INNOVACIÓN EN EL SECTOR

Muchas de las empresas del sector aeronáutico son globales y toman sus decisiones de inversión en desarrollos tecnológicos en base a consideraciones estratégicas y económicas. A estos efectos, los **factores clave** que se tienen en cuenta son tres:

- La **disponibilidad de conocimiento e infraestructuras locales** capaces de llevar a cabo la investigación en el área concreta.
- La **capacidad de implementar** los resultados de la misma.
- El buen acceso a **ayudas públicas** para la investigación que permitan mitigar el impacto del coste en los resultados de la empresa.

La **disponibilidad y el acceso continuado a ayudas públicas para investigación pueden ser factores de atracción de nuevas empresas** de otros países, pero su ausencia implica el riesgo de que las empresas dirijan sus inversiones de I+D+i fuera de España o que no puedan participar en los próximos desarrollos, lo que afecta al conjunto del sector.

Es necesario considerar que las herramientas europeas de financiación no pueden sustituir las herramientas nacionales, ya que aquellas no permiten el desarrollo de tecnologías que sean clave y estratégicas ni tampoco asegurar su explotación nacional sin compartir su propiedad intelectual. Tampoco permiten mantener la colaboración de larga duración entre empresas de toda la cadena de suministro ni con los organismos de investigación nacionales.

La herramienta óptima en el lanzamiento de nuevos programas tecnológicos de desarrollo son los **Anticipos Reintegrables** por las siguientes razones:

- Los costes elegibles son todos los que comprenden el desarrollo de una aeronave/sistema.
- Los anticipos entregados, al ser en calidad de préstamo, no impactan en las cifras de déficit del Estado.
- Proveen de la liquidez necesaria a un coste razonable.
- Se han admitido como instrumento de financiación de lanzamiento de programas por la OMC.
- Permiten la participación a riesgo del Estado.
- Se comparten riesgos y esfuerzos y se pueden establecer royalties para retribuir la inversión, una vez amortizados los costes no recurrentes mediante las entregas de serie facturadas.
- Permiten liberar fondos estatales para el apoyo a investigaciones más lejanas al mercado y con riesgos tecnológicos que nunca serán compartidos por los agentes financieros.

- El Estado consigue que las empresas participen en programas de calado con el retorno que esto supone, tanto en empleo directo como en indirecto e inducido, en un sector con cifras récord de retorno social.

Finalmente destacar que, a nivel nacional, el documento *“Retos del sector aeronáutico en España. Guía estratégica 2015-2025”* de TEDAE identifica las siguientes **actividades innovadoras** como principales **candidatas para ser incentivadas**:

- Desarrollo de nuevos procesos industriales.
- Proyectos de I+D+i en el ámbito de los materiales y procesos de fabricación.
- Colaboraciones con fabricantes de máquina herramienta española: estudios de viabilidad, proyectos de I+D+i o desarrollo de maquinaria específicamente aeronáutica, realizados en colaboración con fabricantes españoles de máquina herramienta.
- Implementación de nuevos procesos existentes en otros sectores para adaptarlos a productos aeronáuticos.
- Nuevos procesos productivos que representen una ventaja competitiva para la industria.
- Procesos piloto.
- Puesta a punto de procesos industriales nuevos o implantados recientemente, en base a un caso real, cuando este proceso se implemente por primera vez.
- Centros avanzados de fabricación, en la forma de centros tecnológicos, de carácter privado o público-privado, orientados a salvar la brecha existente entre el desarrollo de procesos a nivel de laboratorio y su aplicación en condiciones reales.

UAS

MARCO NORMATIVO DE OPERACIÓN

En el sector actualmente se hace necesario impulsar y completar un **marco normativo** que permita la operación de los sistemas en territorio nacional. En este sentido, conviene definir y documentar los requisitos necesarios para la certificación de los sistemas UAS, revisar la normativa de titulaciones, gestión del espacio aéreo y reglamento de circulación aérea operativa, así como estudiar las necesidades de gestión del espectro radioeléctrico para la operación de los sistemas UAS.

Existe legislación reciente sobre el uso de RPAS en **España**, desarrollada en el marco del Real Decreto 8/2014, de 4 de julio, “de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia”, y posterior Ley 18/2014, de 15 de octubre, pero con **el actual marco legal la actividad está limitada a labores de producción audiovisual o cartografía** - cualquier otra misión está expuesta a penalizaciones y multas -. Se espera que pronto quede aprobado en Consejo de Ministros el decreto por el que se regula la utilización civil de las aeronaves a control remoto. Esta legislación regula actividades hasta ahora prohibidas para los drones como volar sobre áreas urbanas, de noche, e incluso con la plataforma fuera del alcance de la vista, siempre previa autorización por parte de AESA y para aeronaves de menos de 10 kilos. La Asociación Española de Compañías Aéreas (AECA) avanza que con la nueva ley se abrirán puertas también a actividades de envío de paquetería y suministros y a los aerotaxis autónomos que ya se están probando.

A **nivel europeo** destaca el desarrollo paralelo de la iniciativa conocida como **“U-Space”**. Se trata de un **espacio aéreo regulado y seguro para los viajes de UAS**. Según las primeras cláusulas recogidas en el borrador del proyecto, plantea un entorno común de hasta 150 metros de altura para equipos superiores a 150 kilogramos de peso y la obligatoriedad de registrarlos antes de su despegue - tanto el UAS con una matrícula como el operador con una licencia -. La idea es limitar el espacio - está contemplado que existan unas barreras geoespaciales para los UAS - e intentar equiparar este espacio común europeo a los mismos preceptos recogidos por las leyes de seguridad aérea y control del tráfico aéreo. Está previsto que entre en vigor a partir del año **2019**, aunque requerirá su adaptación a los diferentes estados miembros. La legislación se cimentará en algunos aspectos concretos. Por lo pronto, se pretende que el espacio aéreo común sea **seguro** - la seguridad a baja altura será similar a la de las operaciones aéreas convencionales, recoge el texto -. Otra premisa básica es la **automatización**: *“el sistema proporcionará información que permita a los drones autónomos volar de manera totalmente segura y evitar obstáculos o colisiones”*.

NORMALIZACIÓN EN EL SECTOR

Por otro lado, se está desarrollando un **marco de normalización específico para el sector de los UAS**. El comité *“ISO/TC 20/SC 16 sobre Sistemas aéreos no tripulados”* es el encargado de la normalización en cuanto al diseño y desarrollo, fabricación, entrega, mantenimiento, clasificación, características y aspectos de seguridad. Actualmente se está trabajando en el desarrollo de cuatro normas. La *“ISO 21384-1 Unmanned aircraft systems - Part 1: General specification”* definirá la terminología y las definiciones de referencia a todas las normas de este sector, mientras que en la *“ISO 21895, Categorization and classification of civil unmanned aircraft systems”* se especificarán las categorías de sistemas aéreos no tripulados y la clasificación de los distintos tipos de sistemas. Por su parte, la norma *“ISO 21384-2 Unmanned aircraft systems - Part 2: Product systems”* especificará los requisitos de seguridad del diseño y la fabricación de los sistemas aéreos no tripulados y, si es necesario, de sus componentes, y en la norma *“ISO 21384-3 Unmanned aircraft systems - Part 3: Operational procedures”* se detallarán los requisitos para la seguridad de la operación de sistemas aéreos no tripulados. España participa en los tres grupos de trabajo que están elaborando estas normas y es líder del proyecto *“ISO 21384-1 Unmanned aircraft systems -- Part 1: General specification”*. El comité nacional responsable es el *“CTN 28/SC 2 Sistemas aéreos no tripulados”*, que se constituyó formalmente en julio de 2016, y cuya secretaría es desempeñada por UNE.

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

Los UAS han cambiado mucho en las últimas décadas, existiendo dispositivos conectados que operan a través de arquitecturas de software comerciales ajenas al propio dispositivo. El **próximo paso** en esta evolución de los UAS podría ser la llegada de los **sistemas completamente autónomos**, capaces de tomar decisiones sin la intervención de operadores humanos.

Esta es la visión que ya se está imponiendo en el mundo IoT de los UAS, la de los dispositivos tomando decisiones en base a datos de sensores y otras fuentes de datos ajenas (por ejemplo, climatológicas). Pero esta visión estará limitada hasta que se demuestre que los dispositivos pueden cumplir los **requisitos de seguridad de vuelo**. Las normativas vigentes requieren que los UAS sean operados manualmente, pero en la medida en que la tecnología avance estos sistemas serán mucho más eficientes y seguros cuando operen de forma autónoma.

Así, existen ya modelos comerciales que incorporan cámaras que permiten al UAS evitar obstáculos mediante la creación de un mapa en 3D de lo que ve en tiempo real y recordar dónde están situadas las cosas para poder volar entre ellas y evitarlas, otros modelos incorporan sensores de visión orientados hacia abajo y hacia delante para detectar los obstáculos, sensores infrarrojos orientados hacia arriba que permiten mejorar la evitación de colisiones en espacios cerrados... Se observa una **tendencia hacia la incorporación de tecnología redundante** que permita que los UAS sean más seguros y fáciles de pilotar.

Por otro lado, cada vez habrá **mayor automatización desde el despegue del UAS, su pilotaje y la captura de datos, hasta la capacidad de transmitir esos datos y su análisis**. Además de las prestaciones de vuelo más allá de la línea de visión, la seguridad en la transmisión de la información también será fundamental para el futuro desarrollo de estos dispositivos, como para cualquier otro dispositivo conectado a Internet. En definitiva, tanto el UAS como los sensores, las bases de datos, el *Cloud Computing* y el aprendizaje automático son realmente fundamentales para el futuro de las aplicaciones profesionales de los UAS. A día de hoy, los **sistemas militares** en uso ya se están moviendo hacia el **control a través de una arquitectura en la nube estandarizada**.

Pero los UAS tienen **aplicaciones también a lo largo de la cadena de valor de la industria aeronáutica tradicional**. Así, *Airbus Defense and Space* e *Easyjet* son dos ejemplos de compañías que ya hacen uso de los drones para la revisión exterior de sus aeronaves. La inspección convencional - visual, desde plataformas móviles - de un avión como el A330, modelo sobre el que se están haciendo pruebas, puede llevar unas dos horas, mientras que mediante el uso de drones se puede completar en no más de 15 minutos. A día de hoy también se están utilizando vehículos de guiado automático (AGV) en las plantas de producción aeronáutica tanto de los OEM como de otros proveedores cualificados.

MEJORES PRÁCTICAS

El aeronáutico se trata de un **sector con un alto componente innovador**, tanto desde el punto de vista del producto como del proceso productivo. En el caso de la industria aeronáutica, existe una tendencia de los OEMs a delegar una cantidad creciente de las necesidades de innovación en la cadena de valor, obligando a los diferentes proveedores a mantener una constante innovación en sus procesos. Por su parte, el segmento de UAS es una actividad relativamente reciente pero que ha tenido una gran expansión en los últimos años y que se espera que crezca a un ritmo acelerado los próximos años, fruto, entre otras cosas, al abaratamiento de los propios UAS y de los sistemas embarcados y a una legislación más clara sobre el sector.

Los siguientes subapartados muestran algunos **casos de buenas prácticas de aplicación de tecnologías al sector**.

Automatización y robótica avanzada y colaborativa

Los aviones son máquinas complejas y en general de gran tamaño que para su producción requieren múltiples tareas, desde las más sencillas hasta las operaciones de montaje más sofisticadas, y que se producen generalmente en series muy cortas, donde los controles de calidad están muy tecnificados y son tremendamente exhaustivos y restrictivos. Sin embargo, muchos de los procesos de fabricación tienen aún una gran cantidad de actividades manuales.

El crecimiento esperado del mercado de aviones para los próximos años hace que crezca la necesidad de automatizar el proceso productivo con el fin de poder cubrir la demanda esperada.

En este contexto la automatización avanzada y la robótica colaborativa deben de aportar un gran valor a futuro. Así, por ejemplo, **Airbus** ya está utilizando **plataformas robóticas** para automatizar los procesos en las cadenas de montaje en sus fábricas - fruto de proyectos como “Futurassy” o “Air-Cobot” -, mientras que otras compañías de la cadena de valor utilizan máquinas de control numérico computerizado (CNC), máquinas de encintado y máquinas de laminación automáticas (ATL y AFP por sus siglas en inglés), máquinas de taladrado y remachado, etc.



ILUSTRACIÓN 1: EQUIPO DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA “TORRESLAYUP¹”

Human Machine Interaction

Existen ejemplos de utilización de tecnologías de **realidad virtual/aumentada** en el sector tanto para el testeo de nuevos productos y componentes, como para la mejora de la productividad en la cadena de montaje. Actualmente **Airbus** ya utiliza **datos en 3D para emitir proyecciones láser de los volúmenes de las aeronaves con el fin de guiar a los trabajadores en la línea de montaje**. La solución **MiRA/SART** combina imágenes reales con simulaciones digitales en una tableta equipada con una cámara para la inspección de los fuselajes del Airbus A380, habiendo reducido los plazos de inspección de tres semanas a tres días.

Boeing, por su parte, está utilizando unas **gafas de realidad aumentada** a fin de señalar y guiar a sus operarios para el complejo **montaje del cableado** de sus aeronaves, habiendo reducido el tiempo de producción en un 25% y los errores en un 50%. También se está trabajando ya en la incorporación de **exoesqueletos electrónicos** para mejorar las capacidades o para facilitar la ejecución de trabajos pesados y repetitivos o en condiciones difíciles en las líneas de montaje.

¹ TORRESLAYUP es una máquina CNC de encintado tipo pórtico con 11 ejes que ha sido especialmente diseñada para el encintado a alta velocidad en componentes estructurales aeronáuticos hechos de materiales compuestos



ILUSTRACIÓN 2: HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA MIRA DE AIRBUS. FUENTE: AIRBUS

Dentro del sector **UAS** existen múltiples ejemplos de utilización de tecnologías de Realidad Aumentada para ayudar al operador del UAS durante la operación. En general, el uso de Realidad Aumentada suele utilizarse **para ayudar en la navegación, para señalar objetivos sobre el mapa o para completar tareas.**

Como parte de su visión de futuro, **Airbus también está buscando nuevas maneras de impulsar las habilidades de los trabajadores**, ayudándolos a levantar cargas pesadas o trabajar en espacios difíciles. Un ejemplo de estas medidas es el desarrollo de un prototipo de dispositivo robótico portátil o exoesqueleto, que utiliza un bastidor ligero y suave, basado en el arnés de Steadicam usado por los cámaras, y que puede ayudar a manipular ciertos elementos mejorando las condiciones ergonómicas.

Sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT)

En el ámbito del “**internet de las cosas (IoT)**” se identifican múltiples iniciativas. Es importante destacar que estas tecnologías, junto con el “**Big Data, Cloud Computing y Data Analytics**”, permiten a los fabricantes intercambiar rápidamente grandes cantidades de información, almacenar datos de manera centralizada sin limitaciones, enriquecer los procesos con conocimiento digital experto, generar conocimiento inexistente a partir de ese “**Big data**” y facilitar la comunicación y colaboración “digitales” dentro de la cadena de valor.

La empresa consultora **Infosys** colabora con diversas empresas aeronáuticas e industriales para la monitorización remota del estado de los trenes de aterrizaje a través de RFID y otras tecnologías de comunicación inalámbricas, lo que permite realizar tareas de mantenimiento predictivo. **Bombardier** ha incluido en sus motores sensorica que permite recopilar una gran cantidad de datos, permitiendo realizar también tareas de mantenimiento predictivo en los mismos. **Honeywell Aerospace** también recopila, envía y analiza datos sobre motores, unidades de potencia auxiliares, frenos y aviónica para la toma de decisiones.

Bosch, junto con **National Instruments, Tech Mahindra** y **Cisco** lleva a cabo uno de los primeros pilotos del Industrial Internet Consortium (IIC) en Europa², que consistirá en la monitorización de las herramientas empleadas en aeronáutica o automoción para la colocación y fijación de tornillos. Dichas herramientas en

² <http://blog.bosch-si.com/categories/manufacturing/2015/02/first-european-testbed-for-the-industrial-internet-consortium/>

muchos casos deben aplicar fuerzas determinadas con gran precisión por lo que se espera un aumento en la seguridad de los trabajadores y calidad del producto final a través de estos nuevos desarrollos.

En el caso de **UAS** la aplicación de las tecnologías de sistemas ciberfísicos e IoT van ligados a dos aspectos: por un lado mejorar los sistemas de adquisición de datos a bordo del UAS y por otro mejorar la capacidad de comunicación entre el UAS y la estación en tierra.

Fabricación aditiva

Respecto a las **tecnologías de fabricación aditiva**, la tecnología “*Selective Laser Melting (SLM)*” permite fabricar estructuras reticulares o de celosía tanto con piel externa como sin piel. Este tipo de estructuras proporcionan un potencial enorme para conseguir un aligeramiento estructural que hasta ahora era complicado fabricar mediante procesos convencionales. En la actualidad, esta tecnología se aplica para la **fabricación de componentes de instrumentación y motores de aviación reduciendo el volumen de material necesario y, como consecuencia del aligeramiento, los consumos en el transporte**. Existen también ejemplos de utilización de tecnologías de fabricación aditiva que permiten alcanzar un ahorro de peso del 30% en las estructuras de los asientos de los aviones.

La **fabricación aditiva es una tecnología ideal para fabricar UAS**, debido a la diversidad de materiales con los que trabaja, a la flexibilidad que permite en el diseño de UAS y a la capacidad de producir formas complejas (lo que permite reducir el número de piezas y facilita el montaje e integridad del UAS). Por citar un ejemplo, la **UPV diseña y fabrica UAS para distintas aplicaciones**³, utilizando tecnologías de fabricación aditiva en combinación con equipos de control numérico como fresadora, máquina de corte por láser, equipo de corte de espumas, etc.

Tecnología de materiales inteligentes

La industria aeronáutica ha desarrollado tradicionalmente un intenso trabajo de investigación sobre nuevos materiales con nuevas o mejoradas propiedades, haciendo énfasis principalmente en todo aquello que tuviera que ver con la reducción global del peso de las aeronaves. Actualmente se están desarrollando **materiales inteligentes** con base en aplicaciones nanotecnológicas. Muchos de estos desarrollos tienen aplicación tanto a nivel de grandes aeronaves como de UAS.

por ejemplo, se está investigando en la funcionalización de materiales plásticos para transportar o disipar una cantidad significativa de carga eléctrica, mediante la incorporación de nanomateriales; también en el desarrollo de recubrimientos cerámicos nanoestructurados para componentes sometidos a altas temperaturas de operación, a fin de ampliar la vida media de los componentes y disminuir el efecto medioambiental, etc.

También se observa una tendencia creciente en el desarrollo del concepto de “*smart skin*”, **sensorización** del contorno de las aeronaves para que estas interactúen de forma dinámica con su entorno - ejemplo, proyecto SARISTU (“*Smart Intelligent Aircraft Structures*”) -.

³ <http://enclave.cev.es/unoi/drones-fabricacion-aditiva-y-oportunidades-de-negocio/>

Logística avanzada (AGV's, UAV's -Drones-)

Dependiendo del tipo de proceso productivo de la empresa, las empresas manufactureras de la industria aeronáutica tienen procesos de logística interna muy diferentes. Frente a los OEMs y proveedores de primer nivel que pueden llegar a trabajar con grandes piezas, otros proveedores de niveles 2 y 3 suelen trabajar con piezas de tamaño más pequeño. El tipo de piezas que las empresas fabrican dentro de la cadena de producción y el propio proceso productivo marca el interés en el uso de vehículos autónomos para logística interna (AGVs o UAVs). Entre los OEMs, **Airbus o Boeing tienen ejemplos de AGVs para transporte de grandes piezas.**



ILUSTRACIÓN 3: VEHÍCULO OMNOMOVE EMPLEADO POR AIRBUS E UNA DE SUS PLANTAS. FUENTE: KUKA ROBOTICS

Por otra parte, **el uso de AGVs como herramienta de aprovisionamiento de los puestos de producción** tiene sentido sobre todo en procesos de producción en serie en el que el proceso de aprovisionamiento es costoso. Existen **múltiples ejemplos en las industrias del metalmecánico o de automoción** del uso de AGVs para este propósito.

El uso de **drones para logística interna** es una tecnología que aún está en una fase muy temprana y hay pocos ejemplos de uso de este tipo de soluciones. Audi está planteando el uso de drones para transportar ciertas piezas de automóviles de un lugar a otro de la fábrica en la planta de Ingolstadt.

Modelización, simulación y virtualización de procesos

La **modelización, simulación y virtualización de procesos**, es una tendencia tecnológica con múltiples aplicaciones tanto en la industria aeronáutica como aeroespacial, toda vez que se trata de industrias con unos costes muy elevados asociados a errores y posibles ensayos. Así, la simulación de eventos discretos se utiliza en la industria aeroespacial para analizar y garantizar los suministros en la nave, se utiliza en estudios sobre optimización de recursos, etc.

Un estudio realizado con el software **Arena** trata de simular el flujo de gases imprescindibles durante la etapa de despegue para que la nave pueda salir de la atmósfera. Con **Simul8** se ha elaborado un estudio sobre la optimización de recursos, donde indica la forma de trabajar de la planta principal e informa del sistema a los proveedores. Este estudio viene como resultado de la falta de conformidad entre ellos.

Big Data, Cloud Computing y Data Analytics

Las tecnologías de **Big Data, Cloud Computing y Data Analytics** están muy ligadas al uso de IoT en la industria aeronáutica, tanto desde el punto de vista del proceso productivo como durante el ciclo de vida de la aeronave.

La construcción de una aeronave es un proceso muy complejo y en el que intervienen numerosas personas que ensamblan componentes que proceden de una cadena de provisión compuesta por múltiples proveedores. **El uso de IoT en la industria aeronáutica va a generar una cantidad enorme de datos** que permitirán trazar los componentes a través de todo el proceso productivo, detectar anomalías y puntos de mejora. Por otro lado, **el volumen de datos que pueden generarse en un avión a lo largo su vida útil es enorme** y ofrece datos que permiten una mejora no sólo de la operación de la aeronave sino también *feedback* para las fases de diseño y construcción de futuras aeronaves.

Esto hace que este **sector sea proclive a la utilización de estas tecnologías**, desde aspectos relacionados directamente con los vuelos como la monitorización de rutas, o la seguridad de datos de cajas negras, etc. hasta los procesos de fabricación.

Así, la compañía **Lokad** ha desarrollado un software de optimización cuantitativa para la cadena de suministro aeronáutica (mantenimiento, reparación, reacondicionamiento y fabricantes de piezas originales). Investigaciones actuales tratan de posibilitar el acceso a la información de las cajas negras en tiempo real. De esta forma, se estaría entrando en una nueva dimensión en la que el análisis de los datos de vuelo, pasando de ser correctivo a preventivo.

General Electric y Air Asia han desarrollado un proyecto piloto para la gestión de datos de vuelo para optimizar rutas y consumos en tiempo real. También **General Electric** está desarrollando un proyecto piloto en la industria aeronáutica que permita validar una plataforma basada en las indicaciones del “*Industrial Internet Consortium*” para la captura, análisis y distribución de datos en tiempo real que posibilita unir las fases de diseño, fabricación y validación, proporcionando, por ejemplo, la detección temprana de fallos en componentes y su indicación a los operarios de producción. En este ámbito existen todavía grandes retos relativos al aprovechamiento eficiente de tanta información, relativos a la seguridad de las comunicaciones de dispositivos a bordo de las aeronaves, etc.

Safety & Security

La regulación desempeña un papel fundamental en la seguridad del sistema de aviación y es un aspecto necesario de las operaciones comerciales en una economía de mercado en funcionamiento. Esta industria reconoce que la regulación beneficia tanto a los consumidores como a la industria proporcionando claridad y certeza para todos.

En este contexto, la **IATA** (*International Air Transport Association*) tiene un peso importante en la regularización de medidas de seguridad para asegurar la seguridad de los vuelos y aviones.

La parte de **Safety** afecta tanto a la seguridad en el proceso de construcción de la aeronave como a los esfuerzos que se toman para asegurar que los aviones estén libres de factores que pueden conducir a lesiones o pérdidas.

Security está asociado a la seguridad de los sistemas de producción del sector; la seguridad de la información es crucial para un sector intensivo en conocimiento y en el que la competitividad de muchas empresas se basa en la diferenciación. Por otro lado, existe una tendencia a una mayor integración de la cadena de valor, con lo que los sistemas de información de las empresas van a verse cada vez más expuestos a ataques cibernéticos.

En el segmento **UAS** la principal preocupación de *Safety* está ligada a que el propio aparato no haga daño a las personas y a infraestructuras durante la operación; la legislación limita mucho los espacios de vuelo, pero aún existe un amplio campo de mejora en la incorporación al UAS de elementos de detección de riesgos y de protección activa. Por otra parte, en general la seguridad de la información es menos crítico en el segmento UAS y los requisitos de seguridad de la información suelen estar ligados a las necesidades impuestas por el caso de uso en el que se esté utilizando el UAS.

Gestión avanzada de la energía y los residuos

Hay a nivel mundial una creciente demanda de productos más eficientes para reducir el consumo de energía y recursos. La **Unión Europea** promueve, a través del Programa Marco, la innovación en cuestiones energéticas y medioambientales, apoyando el impulso a la mejora de estos aspectos en la sociedad con normativas y legislaciones.

La industria aeronáutica, en vista de la continua expansión esperada de las oportunidades de mercado en las próximas décadas, enfrenta desafíos importantes. Necesita desarrollar nuevas tecnologías y metodologías para garantizar un nuevo proceso de introducción de productos que sea consciente de los aspectos e impactos relacionados con el medio ambiente, y al mismo tiempo ponerse al día con otros sectores que ya están más avanzados en este aspecto.

Existe una **creciente necesidad de reducir el impacto ambiental de las actividades del sector**, debido a una mayor legislación medioambiental y a un incremento del tráfico aéreo y en consecuencia a una previsión del impacto del sector, tanto desde el punto de vista de impacto del proceso productivo como durante todo el ciclo de vida del avión. El uso óptimo de materiales, energía y recursos involucrados en la producción, evitar el uso de materiales peligrosos, así como la optimización del consumo de energía de los sistemas de a bordo de los aviones, ayudarán en el futuro a reducir considerablemente el impacto ambiental de los nuevos productos y sistemas de aviación.

Una parte importante de las hojas de ruta de **ACARE** (*Advisory Council for Aviation Research and innovation in Europe*) y de la **Comisión Europea** es el desarrollo de tecnologías verdes innovadoras con el objetivo de reducir el impacto ambiental de la aviación.

Con el fin de explorar una nueva forma disciplinada y armonizada para evaluar los beneficios de estas tecnologías a nivel de componentes y aeronaves a través de análisis de ingeniería del ciclo de vida (*LCA - Life Cycle Assessment*), la iniciativa **Clean Sky** creó el proyecto **Eco-Design**, un proyecto de demostración de tecnologías con el objetivo de introducir nuevas perspectivas en futuros productos aeronáuticos desarrollados por la industria europea. El objetivo es mejorar el comportamiento ecológico de los vehículos durante su vida útil.

En este mismo sentido, el proyecto europeo **SENTRY** une a la Comisión Europea con la industria aeronáutica para desarrollar tecnologías innovadoras que mitiguen el impacto ambiental de la industria.

Por otro lado, el proyecto **Life + Zero Cabin Waste** tiene como objetivo minimizar los residuos no recuperables de las cabinas de los aviones con lo que se espera recuperar el 80% de los residuos generados por los servicios de catering en los aviones.

DIAGNÓSTICO SECTORIAL

Con el objetivo de analizar la visión del sector aeronáutico gallego y su posicionamiento con respecto a la denominada Industria 4.0, se realizaron **reuniones con 25 empresas del sector** que permitieron obtener un mayor conocimiento de la situación actual del sector y cómo plantea afrontar la implantación de las tecnologías habilitadoras de Industria 4.0 a corto y medio plazo. En estas reuniones se utilizó un **cuestionario** que permitió recoger información en torno a **cuatro bloques temáticos**:

- Análisis general
- Conocimiento general en torno al concepto de Industria 4.0
- Análisis del estado actual de la empresa con respecto a Industria 4.0
- Estrategia de implantación de tecnologías

En este apartado se recogen los **resultados obtenidos** de estas encuestas. En el **“ANEXO: cuestionario y metodología de ejecución”** se recoge una breve descripción de la encuesta y de los criterios que se utilizaron para la selección de empresas que participaron en este proceso.

Tal y como se ha explicado en apartados anteriores, el sector aeronáutico es un **sector aún incipiente en Galicia**, con un **número reducido de empresas en comparación con otros sectores** de actividad, y formado por un **conjunto muy heterogéneo de empresas**. Por un lado, se pueden dividir las empresas del sector en **dos grandes grupos**, que no son inconexos:

- Aquellas pertenecientes al **sector aeronáutico más tradicional** (“industria aeronáutica”), proveedores de distintos niveles de los OEMs fabricantes de aeronaves (Airbus, Boeing, Bombardier,...).
- Empresas que trabajan en el sector de los **“Unmanned Aerial Systems” (UAS)**.

Por otro lado, **muchas de las empresas del sector aeronáutico realizan actividades en otros sectores de actividad**. Es el caso de firmas proveedoras del sector automoción o naval que aprovechan su experiencia en estos sectores para ofrecer sus productos o servicios a la industria aeronáutica; empresas del sector TIC que ofrecen servicios al sector, desarrollan hardware para sistemas embarcados o software para para UAS; o empresas que utilizan UAS como herramientas para los servicios que ofrecen.

La **heterogeneidad** de la aeronáutica gallega se ve reflejada en el diagnóstico de las encuestas realizadas a las empresas del sector, en las que existe una gran disparidad en su posicionamiento y visión estratégica de la Industria 4.0, **no sólo dependiente de su tamaño, sino sobre todo de su actividad**.

En la **selección de las empresas** para participar en el diagnóstico se ha tratado de que el espacio muestral representase las características del sector en Galicia. El tamaño de las empresas encuestadas, que se muestra en la ilustración 4, es un reflejo del **tamaño medio** de las compañías del sector, formado fundamentalmente por firmas de **pequeño tamaño** (68% de microempresas o pequeñas empresas) y un grupo más pequeño de empresas de tamaño mediano y grande (20% y 12% respectivamente):

- Las empresas del sector **UAS** son **principalmente microempresas o pequeñas empresas** que ofrecen servicios de operación de UAS más otros servicios adicionales.
- Por otro lado, las empresas de la **industria aeronáutica** suelen tener un **mayor tamaño medio**.

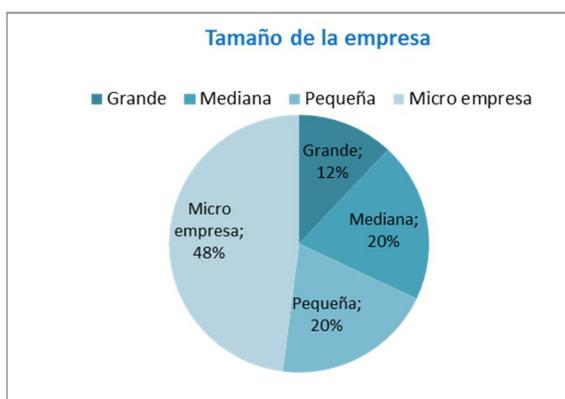


ILUSTRACIÓN 4: TAMAÑO DE LA EMPRESA

En la ilustración 5 se puede ver que se trata de un **sector joven**, en el que la gran mayoría de las empresas encuestadas (72%) se fundaron con **posterioridad al año 2000**. Esto es **particularmente significativo en el segmento de los UAS**, que se basa en una tecnología relativamente reciente, pero de la que se espera un gran potencial de desarrollo.

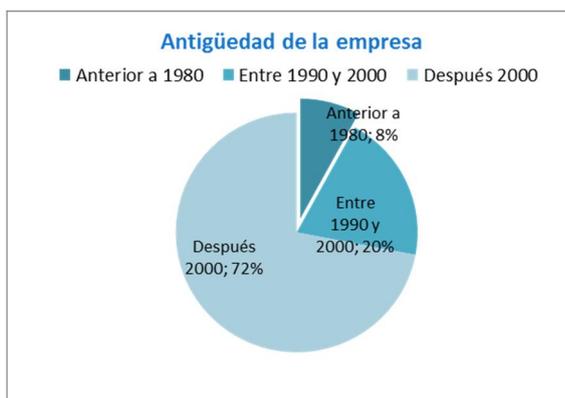


ILUSTRACIÓN 5: ANTIGÜEDAD DE LA EMPRESA

La ilustración 6 refleja que el aeronáutico es un sector **fuertemente tecnificado**, en el que la gran mayoría de las empresas (92%) dicen disponer de un **departamento de ingeniería**. En este sentido son también significativos los datos reflejados en la ilustración 7, en las que el 47% de las empresas tiene más del 50% de **ingenieros** en su plantilla.



ILUSTRACIÓN 6: ¿DISPONE DE UN DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA?

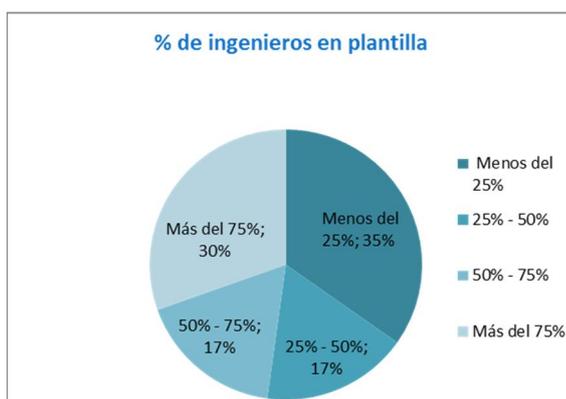


ILUSTRACIÓN 7: PORCENTAJE DE INGENIEROS EN PLANTILLA

La I+D es un factor fundamental del sector aeronáutico, como lo refleja el hecho de que una amplia mayoría de las empresas (79%) dispongan de un **departamento de I+D**. Para las empresas de la industria aeronáutica, en las que los precios de los contratos están fijados en muchos casos por el comprador de un modo muy ajustado, las innovaciones internas se convierten un elemento clave para ser competitivos en las licitaciones en este sector. Por su parte, **UAS** es un segmento en pleno crecimiento y el que el continuo **desarrollo tecnológico** empuja a las empresas a innovar como medio para mantenerse competitivos y como una forma de ofrecer productos o servicios diferenciales.



ILUSTRACIÓN 8: ¿DISPONE DE UN DEPARTAMENTO DE I+D?

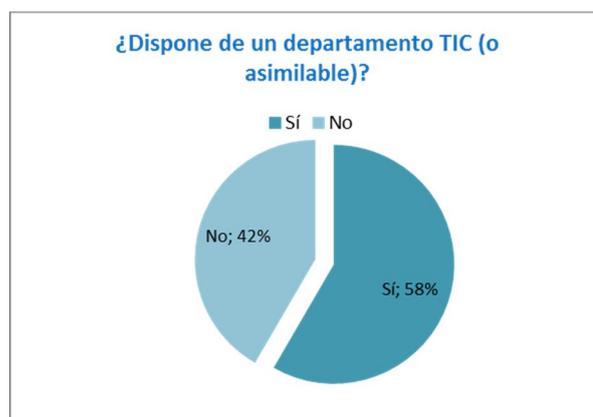


ILUSTRACIÓN 9: ¿DISPONE DE UN DEPARTAMENTO TIC?

La mayoría de las empresas (58%) cuentan con un **departamento TIC o asimilable**. Teniendo en cuenta la creciente importancia de las tecnologías digitales en la empresa y el papel que van a tener en la implantación de la Industria 4.0, disponer de competencias en TIC se está convirtiendo en un elemento cada vez más importante para la competitividad de las empresas.

FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0

El objetivo de esta sección era percibir la familiaridad que las empresas tienen del sector tienen con el concepto de Industria 4.0 y las tecnologías habilitadoras asociadas, cómo influirá este nuevo paradigma industrial al sector y a la industria gallega en general, saber si han realizado formación asociada y conocer su participación en programas de I+D+i.

La definición que las empresas dan al concepto de Industria 4.0 son variadas, pero existen un conjunto de **conceptos que se repiten** en la visión de las distintas empresas:

- Una fábrica más **conectada**
- Orientación a una mejora competitiva y productiva de las empresas a través de la **optimización** de los procesos industriales
- Basada en un conjunto de **tecnologías habilitadoras** (IoT, digitalización, automatización y robótica, *Big Data*...)
- Para un mayor **conocimiento** de los procesos, una mayor **flexibilidad**, mayor capacidad de reacción para servir al cliente...

Se citan también el hecho de que la industria 4.0 cambia la fabricación y afecta a las **personas**, tanto desde el punto de la automatización de muchas operaciones manuales como desde el punto de vista de herramientas de ayuda al operario. La **digitalización** de las empresas y de la **integración de la cadena de valor** es también uno de los puntos que se repiten en la visión de las empresas.

Como muestra la ilustración 10, el **sector manifiesta conocer la mayoría de las tecnologías habilitadoras de Industria 4.0**. Es necesario explicar que la pregunta está orientada a saber si las empresas comprendían en qué consisten esas tecnologías habilitadoras y tenían algún conocimiento sobre las mismas; pero ese conocimiento no implica que las empresas tengan competencias internas en esas tecnologías. *Human Machine Interaction* (Wearables, Realidad Aumentada/Virtual, Exoesqueletos) y Tecnología de materiales inteligentes son las tecnologías que menos empresas (un 68%) manifiestan conocer. En el otro extremo, el 100% de los encuestados manifestaron conocer las tecnologías de *Big Data*, *Cloud Computing* y *Data Analytics* (o al menos alguna de ellas).

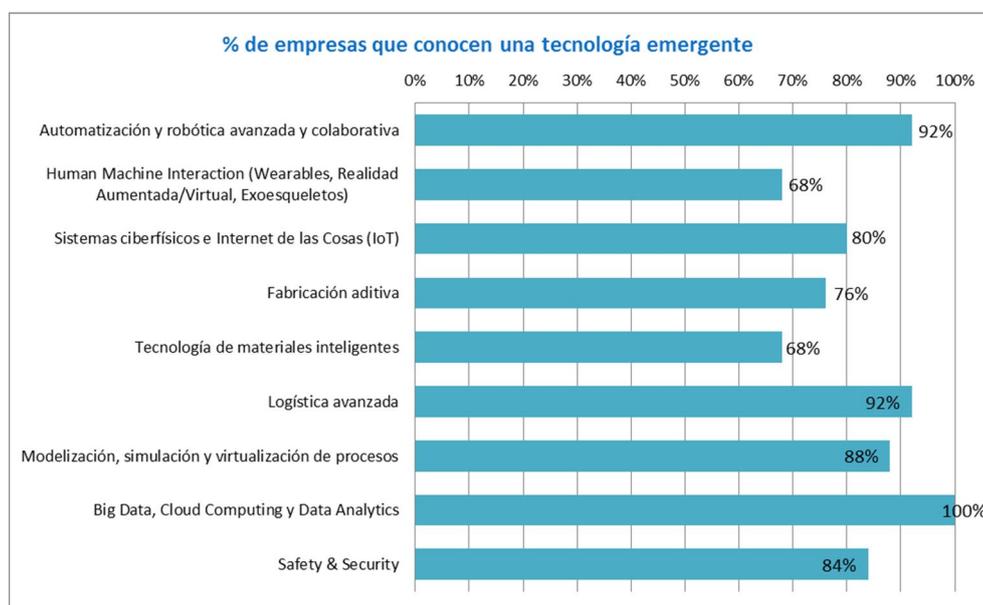


ILUSTRACIÓN 10 PORCENTAJE DE EMPRESAS QUE CONOCEN UNA TECNOLOGÍA EMERGENTE

El 68% de **las empresas encuestadas se consideran con un grado alto o bastante alto con el concepto de Industria 4.0**. En todo caso, existe un **porcentaje relevante de empresas que manifiestan poco conocimiento** sobre el nuevo paradigma industrial, lo que señala un potencial de mejora en este sector.

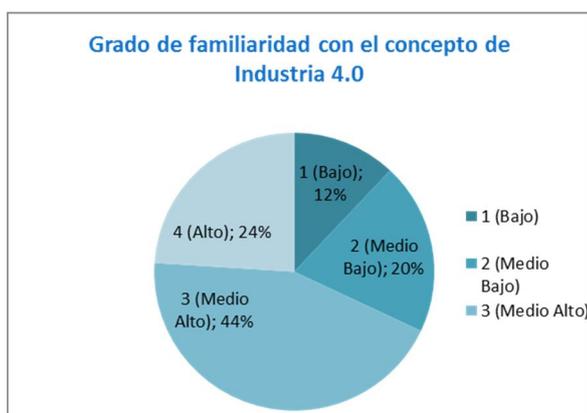


ILUSTRACIÓN 11: GRADO DE FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0

En cuanto a los aspectos que las empresas consideran como **objetivos de la Industria 4.0** en el sector aeronáutico, como ya habían manifestado en su definición del concepto de Industria 4.0, entre las prioridades está la mejora de la competitividad de las empresas a través de una optimización de los sistemas de producción, al “*incrementar la eficiencia de los sistemas productivos*” (72%) e “*incrementar la eficiencia de los sistemas de gestión*” (40%). Es destacable que la “*generación de nuevos modelos de negocio*” (56%) y la “*generación nuevos productos*” (40%) estén también entre los objetivos principales.

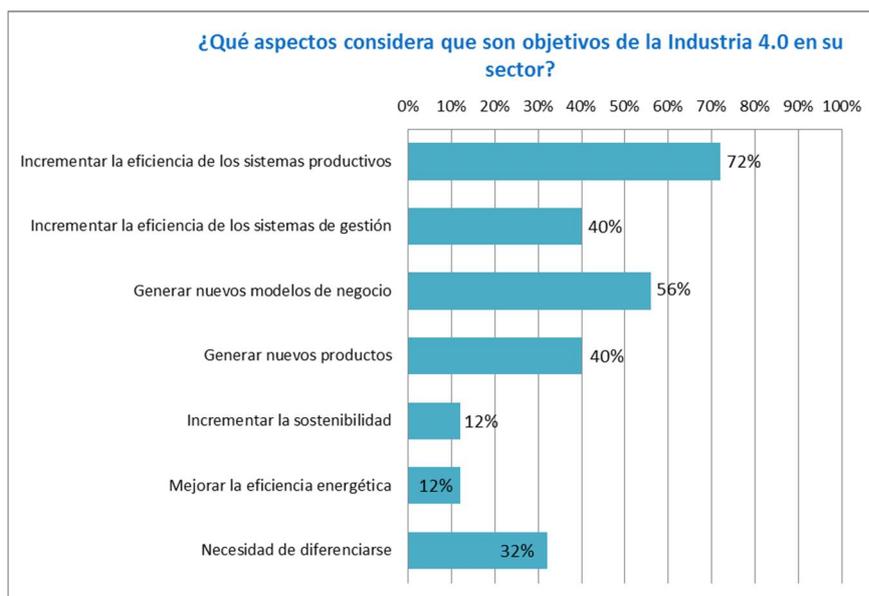


ILUSTRACIÓN 12: ASPECTOS QUE CONSIDERA QUE SON OBJETIVOS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN SU SECTOR

La gran mayoría de las empresas (88%) del sector considera que **la Industria 4.0 va a tener un impacto alto o bastante alto en la competitividad del sector** (ilustración 13). En cuanto al plazo en el que este nuevo paradigma industrial tendrá un impacto significativo en el sector (ilustración 14), un 46 % considera que a medio plazo, en un plazo entre dos y cuatro años, y un 33% considera que ese impacto será a corto plazo, en menos de dos años. En todo caso, la conclusión es que el sector percibe que **a corto-medio plazo** se van a producir transformaciones importantes en su sector, debidas a la introducción de estas nuevas tecnologías, y **estos cambios afectarán no sólo a la forma en la que se producen los productos** (mejora de los procesos productivos), **sino también a los productos y a los modelos de negocio** de las compañías.

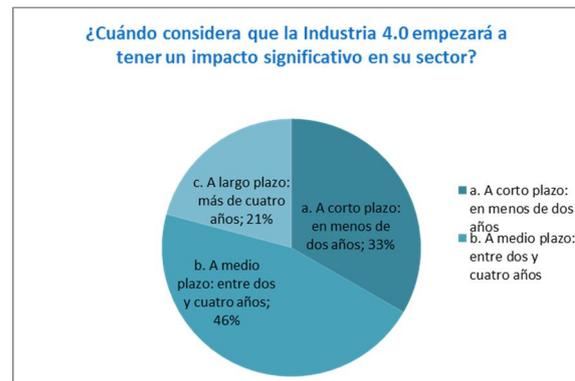


ILUSTRACIÓN 13: GRADO EN EL QUE LA TRANSFORMACIÓN HACIA LA INDUSTRIA 4.0 POTENCIARÁ LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AERONÁUTICO

ILUSTRACIÓN 14: PLAZO EN EL QUE LA INDUSTRIA 4.0 EMPEZARÁ A TENER IMPACTO SIGNIFICATIVO EN EL SECTOR AERONÁUTICO

No está claro el impacto de la Industria 4.0 en cuanto a la tendencia de la deslocalización de la producción a terceros países: un 48% considera que sí reducirá esa tendencia, frente a un 32% que considera que no afectará y un 20% que no tiene claro si tendrá algún tipo de efecto en esta tendencia. Muchas empresas consideran que la Industria 4.0 no es el factor determinante a la hora de deslocalizar la producción y que, aunque la introducción de tecnologías habilitadoras de Industria 4.0 potenciará la competitividad del sector, **creen que otros factores afectan más en este tipo de decisiones**. En particular, para la industria aeronáutica existen condicionantes de mercado que fuerzan esa deslocalización: países compradores de grandes volúmenes de aviones condicionan la compra a los OEMs a que la parte de la producción se realice en el país. Sin embargo, el sector considera que **existen factores regionales que podrían mejorar sustancialmente la competitividad de las empresas del sector y que reducirían esa tendencia a la deslocalización**, y que son demandas en general de muchos otros agentes:

- La presencia de un mayor número de empresas tractoras en la región:(OEMs o proveedores de nivel 1
- Reducción en los trámites burocráticos y administrativos para montar nuevas plantas o mejorar las existentes
- Mejoras en la gestión y organización del suelo industrial
- Optimización de los costes de la energía



ILUSTRACIÓN 15: ¿CREE QUE LA TRANSFORMACIÓN DE LA INDUSTRIA VA A REDUCIR LA TENDENCIA A LA DESLOCALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN SU SECTOR?

NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL

Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes

Como se ha comentado, el sector aeronáutico, tanto desde el punto de vista de la industria aeronáutica como desde el segmento de UAS, es un sector fuertemente tecnificado y en el que la competitividad de las empresas está fuertemente ligada a su capacidad de innovación y de adopción de nuevas tecnologías. En este sentido, **la Industria 4.0 y las tecnologías avanzadas de fabricación despiertan un alto interés en el sector.**

Las siguientes figuras muestran respectivamente las tecnologías emergentes habilitadoras de Industria 4.0 que las empresas manifiestan tener implantadas o haber iniciado su implantación en la empresa y las tecnologías emergentes que plantea implementar a corto o medio plazo. La heterogeneidad de las empresas del sector encuestadas hace que existan diferencias importantes en el interés en diferentes tecnologías en función del tipo de empresa:

- Las **empresas de la industria aeronáutica** en general tienen un mayor **interés en tecnologías que les permitan mejorar la automatización de la producción, disponer de una producción más flexible, optimizada y con una mayor calidad.** Su visión de utilidad de las tecnologías de digitalización está muy ligada a la optimización de los procesos productivos, a la visión del proceso, a la capacidad de integrar los procesos de diseño con producción y en general integrarse en la cadena de valor aguas arriba. El uso de herramientas de analítica de datos para optimizar su proceso productivo (sobre todo en lo referido a la planificación y optimización del uso de maquinaria de producción), mejorar la calidad del proceso y el mantenimiento preventivo, reduciendo las piezas defectuosas y las paradas en el proceso.
- Las **empresas UAS** por su parte tienen mayor **interés en tecnologías que les permitan incluir nuevas funcionalidades en el UAS, generando nuevos productos o servicios asociados.** Así la parte de IoT tiene una importancia significativa, asociada a la comunicación del UAS y a la mayor flexibilidad en la captura de datos; de un modo similar, las herramientas de analítica de datos tienen interés sobre todo asociadas al tratamiento de datos capturados por el UAS. En general este segmento muestra menor interés por las herramientas de fabricación avanzada, salvo en aquellas empresas que entre sus actividades producen plataformas de UAS.

En ambos casos, las herramientas de **fabricación aditiva** son tecnologías que ven con **mucho interés**, aunque consideran que aún están **poco maduras** para incluir en el proceso productivo a corto o medio plazo. En la mayor parte de los casos, el uso que están haciendo o plantean hacer está ligado a la construcción de **prototipos** o **pequeñas series** de piezas sencillas y sobre todo en impresión 3D de plásticos.

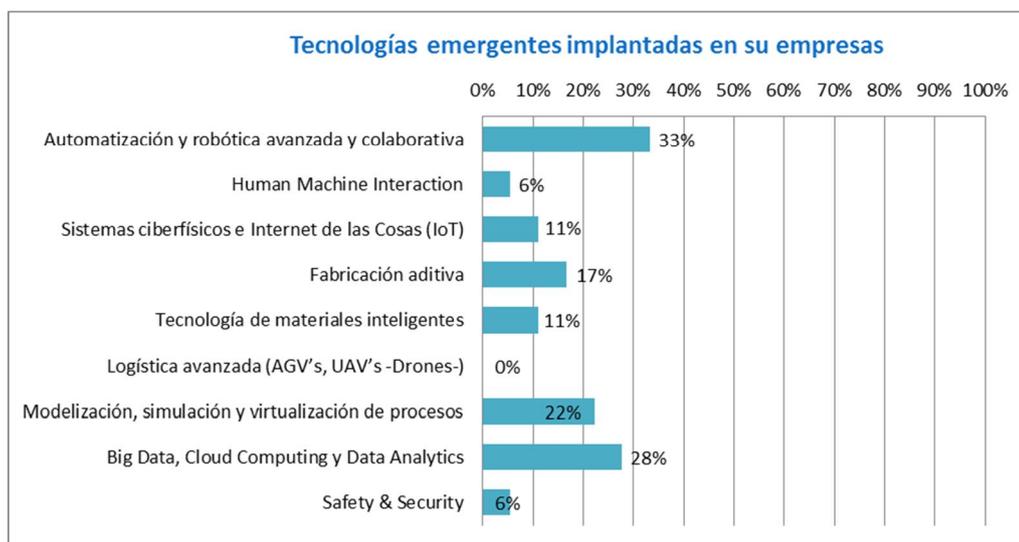


ILUSTRACIÓN 16: TECNOLOGÍAS EMERGENTES IMPLANTADAS EN SU EMPRESA

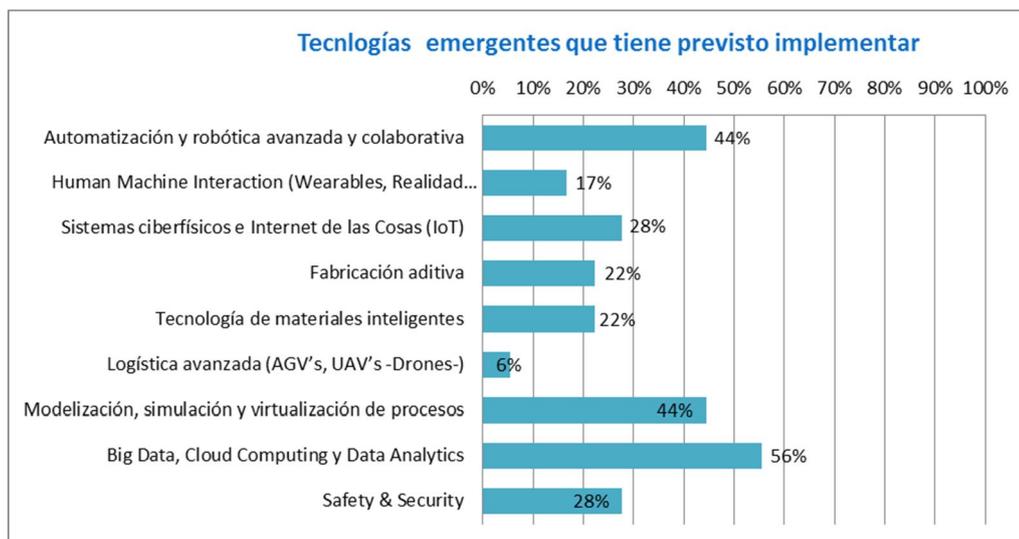


ILUSTRACIÓN 17: TECNOLOGÍAS EMERGENTES QUE TIENE PREVISTO IMPLEMENTAR

En los siguientes apartados se describe con mayor detalle el interés de las empresas del sector en la implantación de las tecnologías emergentes de Industria 4.0.

AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA

Tal y como se explicó anteriormente, la **heterogeneidad** de las empresas encuestadas en el sector aeronáutico hace que exista una gran disparidad en el interés mostrado por las tecnologías de automatización y robótica avanzada y colaborativa: **mientras para las empresas de la industria aeronáutica es un elemento de suma importancia, para muchas de las empresas del segmento de UAS**

es una tecnología auxiliar o de baja importancia. Este hecho explica los resultados de la ilustración 18, en la que por un lado se ve que existe un gran número de empresas (49%) que no tienen interés en la automatización avanzada y que se corresponde fundamentalmente con el segmento de UAS, frente a empresas con grados de automatización relativamente altos, que se corresponden a la empresas de la industria aeronáutica.

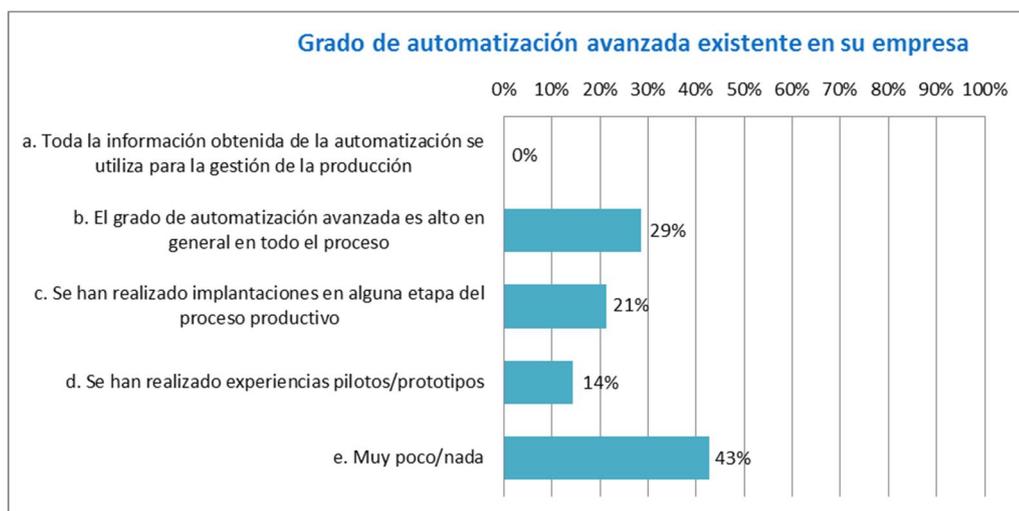


ILUSTRACIÓN 18: GRADO DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA EXISTENTE EN SU EMPRESA

En cuanto a las áreas de actividad en las que las empresas consideran que las tecnologías de automatización y robótica avanzada y colaborativa tienen mayor interés son claramente **Producción** (64%) y **Calidad** (36%). Estos resultados se deben sobre todo a la industria aeronáutica, en la que producción y calidad de la producción son dos elementos clave, mientras las actividades asociadas a logística y almacén tienen menos importancia, debido a que las actividades de logística y aprovisionamiento están fuertemente controladas por la cadena de valor y las empresas en general no tienen mucha actividad en estas actividades.

Áreas de actividad en las que piensa que tiene mayor potencial de aplicación la robótica colaborativa en su empresa

	1 (Bajo)	2	3	4 (Alto)
Almacén Materia Prima	91%	0%	0%	9%
Logística Interna	91%	0%	0%	9%
Producción	27%	9%	0%	64%
Control de Calidad	64%	0%	0%	36%
Almacén de Producto Terminado	91%	0%	0%	9%

La ilustración 19 indica que en general existe un **amplio grado de mejora en la integración de los sistemas de producción automáticos con los sistemas de gestión empresarial**, aunque las empresas más avanzadas del sector cada vez más disponen de máquinas de producción con una alta integración en las herramientas de gestión de la producción y de gestión empresarial.

La tendencia en el sector es a una mayor integración de las máquinas de producción con los sistemas de gestión empresarial, y en el caso particular de la industria aeronáutica, vincular estos sistemas con los

sistemas de información de la cadena de valor, de modo que sus máquinas de producción reciban órdenes de fabricación con los diseños que llegan de los proveedores de mayor nivel y a su vez exista una trazabilidad de las piezas producidas que se integre en las herramientas de trazabilidad de la cadena de valor. Las nuevas máquinas de producción incorporan herramientas que facilitan esta integración con los sistemas de información, sin embargo, existen mayores dificultades para integrar la maquinaria de mayor antigüedad.

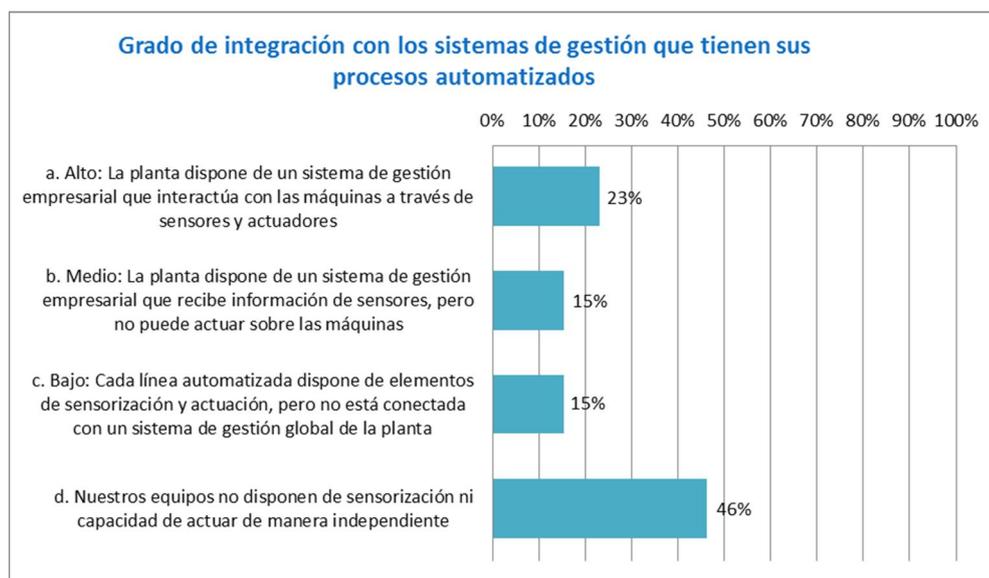


ILUSTRACIÓN 19: GRADO DE INTEGRACIÓN CON LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LOS PROCESOS AUTOMATIZADOS

En cuanto al grado de **robotización** de la empresa, este es altamente dependiente del tipo de empresa y del proceso productivo, indicando **un 50% de las empresas que no disponen de robots en la empresa**, frente a un 28% que disponen de 3 o más robots. De nuevo esto refleja la **diferencia entre los segmentos de industria aeronáutica, en el que la automatización es clave, y UAS, en el que la automatización tiene en general menor importancia.**

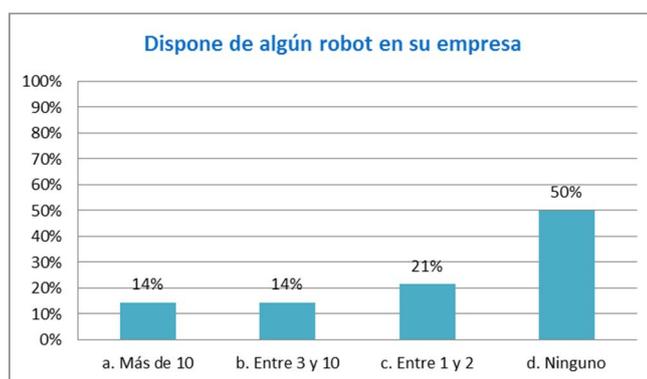


ILUSTRACIÓN 20: NIVEL DE ROBOTIZACIÓN DE LAS EMPRESAS

Como principal beneficio que las empresas ven en la automatización y la robótica avanzada y colaborativa (ilustración 21) están la mejora en la **calidad** de los productos producidos y en la mejora en la **productividad** de las operaciones, lo que coincide con las actividades en las que las empresas habían identificado un mayor interés para estas tecnologías.

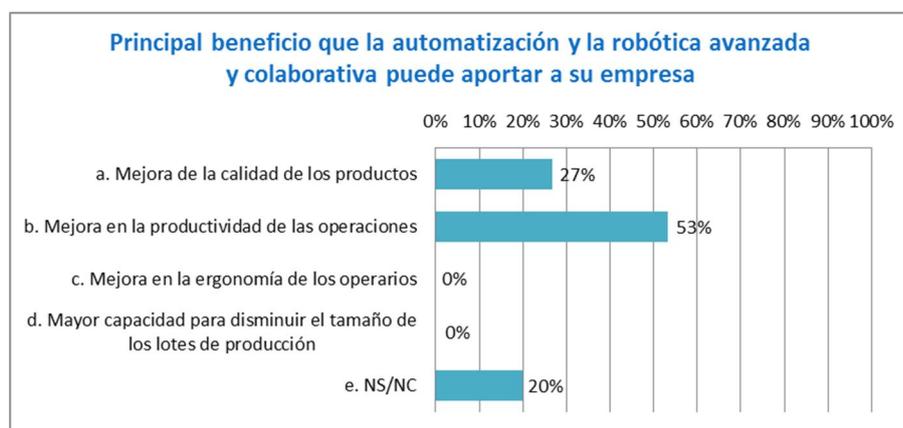


ILUSTRACIÓN 21: PRINCIPAL BENEFICIO QUE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA PUEDE APORTAR A SU EMPRESA

HUMAN MACHINE INTERACTION (WEARABLES, REALIDAD AUMENTADA/VIRTUAL, EXOSQUELETOS)

En general **las empresas del sector aeronáutico no mostraron un elevado interés en las tecnologías de interacción avanzada entre hombre y máquina** (*wearables*, realidad aumentada/virtual, exoesqueletos).

Las empresas manufactureras del **sector aeronáutico** no expresaron un gran interés en el uso de soluciones de HMI en sus empresas, siendo las herramientas de **Realidad Aumentada** y de **Realidad Virtual** las que **despiertan más curiosidad a medio plazo**, como herramientas de apoyo a las actividades de **diseño**, **prototipado** y **apoyo** a la operación.

Por su parte las empresas de **UAS** muestran un mayor interés en el uso de soluciones de **Realidad Aumentada y Virtual** como un **complemento para la operación** del UAS y **el procesado o la visualización de los datos capturados** por el UAS. Es decir, no como herramientas del proceso productivo, sino como mejoras a añadir en el producto o servicio ofrecido por la empresa.

La ilustración 22 muestra que el 46% de las empresas indicaron que no tenían interés en ninguna de las tecnologías de wearables, siendo las **gafas de Realidad Aumentada** (46%) y de **Realidad Virtual** (29%) las que mayor interés despertaban. Como principal beneficio del uso de wearables (ilustración 23) destaca el **ofrecer información al operario en tiempo real**, lo que aplica tanto al proceso de producción como al proceso de operación de UAS.



ILUSTRACIÓN 22: DISPOSITIVOS QUE CONSIDERA INTERESANTES PARA TESTEAR EN SU EMPRESA

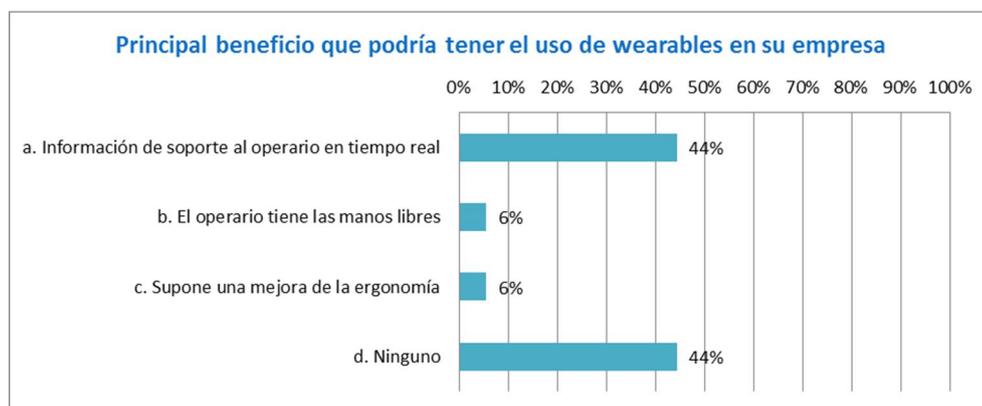


ILUSTRACIÓN 23: PRINCIPAL BENEFICIO QUE PODRÍA TENER EL USO DE WEARABLES EN SU EMPRESA

Las siguientes figuras muestran los **procesos** en los que las empresas consideran más interesantes el uso de la Realidad Aumentada y Virtual respectivamente:

- Como se adelantó, el uso de la **Realidad Aumentada** se considera de interés para la **instrucción al operario** y para **operaciones de inspección**. Esto afecta tanto a los procesos de manufactura como al proceso de operación de UAS. En los procesos de manufactura la Realidad Aumentada puede servir para apoyar al operario o al responsable de producción en las operaciones de producción o de gestión de la producción. En los procesos de operación de UAS la Realidad Aumentada empodera al operario del UAS, dotándolo de mejores herramientas para la operación.
- Por su parte, las empresas manifiestan que el uso de la **Realidad Virtual** puede ser de gran ayuda en las actividades asociadas al **diseño** (27%) y **prototipado** (32%). El uso de Realidad Virtual para la **formación** despierta también un considerable interés (32%), tanto para la formación de operarios de producción como para la formación de operadores de UAs.

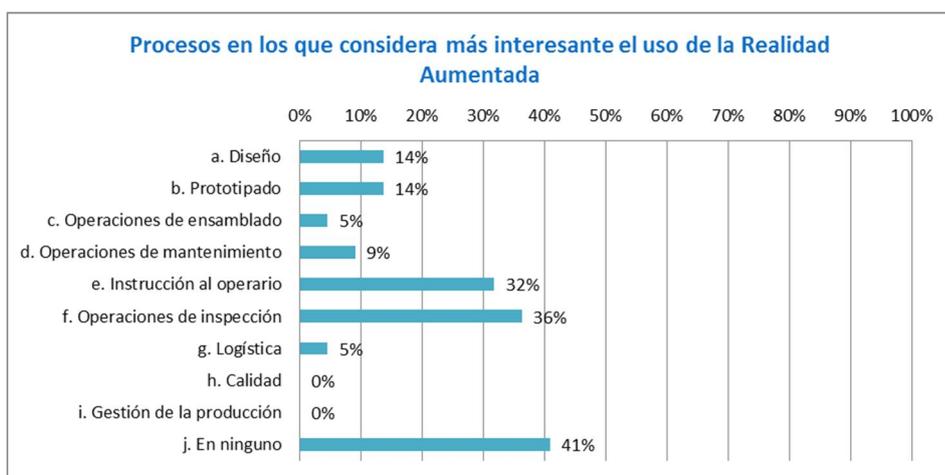


ILUSTRACIÓN 24: PROCESOS EN LOS QUE CONSIDERA MÁS INTERESANTE EL USO DE LA REALIDAD AUMENTADA

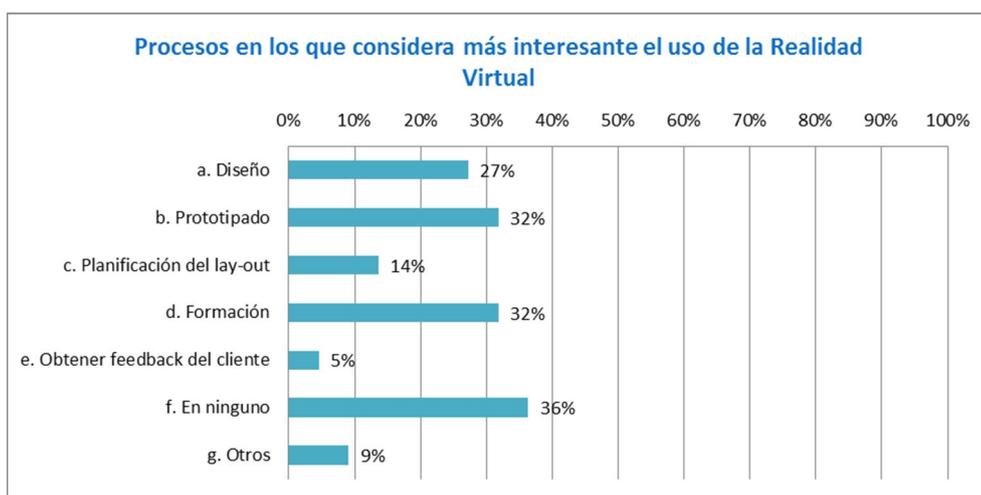


ILUSTRACIÓN 25: PROCESOS EN LOS QUE CONSIDERA MÁS INTERESANTE EL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL

En cuanto al uso de **exoesqueletos**, en las siguientes figuras se puede comprobar que las empresas del sector muestran un **reducido interés** en estas tecnologías a corto o medio plazo (78%).

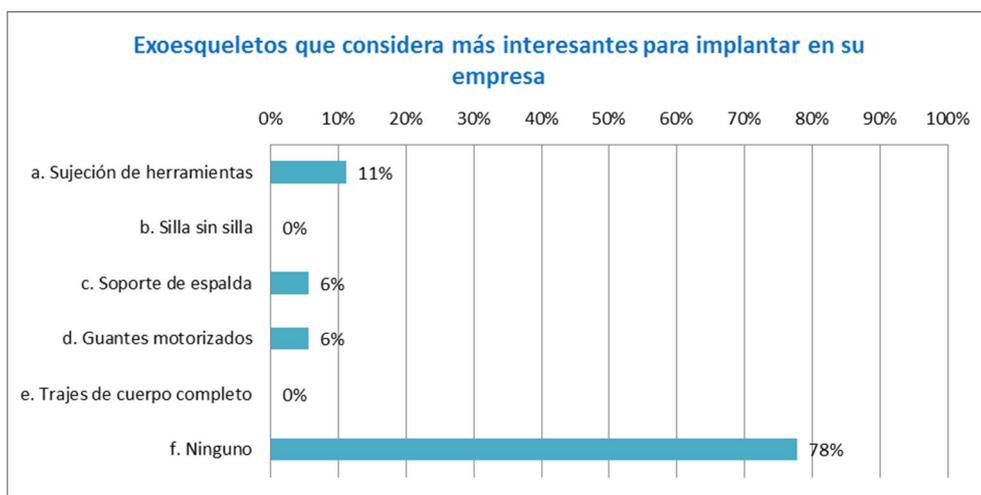


ILUSTRACIÓN 26: EXOESQUELETOS QUE CONSIDERA MÁS INTERESANTES PARA IMPLANTAR EN SU EMPRESA

De entre las principales aplicaciones para estas soluciones, las empresas muestran **interés en herramientas que de algún modo ayuden al operario en las actividades de producción**, tanto para reducir cargas al operario, mejorando la ergonomía de las operaciones, como empoderándolo para el manejo de piezas o herramientas pesadas.

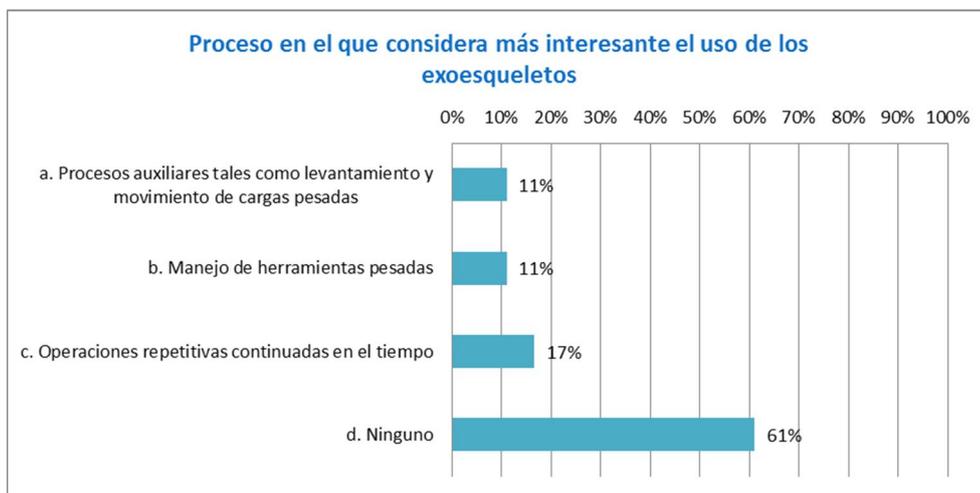


ILUSTRACIÓN 27: PROCESO EN EL QUE CONSIDERA MÁS INTERESANTE EL USO DE LOS EXOESQUELETOS



ILUSTRACIÓN 28: PRINCIPAL BENEFICIO QUE PROPORCIONARÍA EL USO DE EXOESQUELETOS PARA SU EMPRESA

SISTEMAS CIBERFÍSICOS E INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

Como se adelantó en la introducción al apartado, las empresas del sector muestran **bastante interés** por las tecnologías de sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT). El interés en este tipo de tecnologías **difiere en función del segmento** del sector aeronáutico:

- Para el segmento de **industria aeronáutica**, el uso de tecnologías de IoT está ligado a la mejora en la captura de datos del proceso productivo y a la integración entre las máquinas de producción y los sistemas de gestión de la producción y de gestión empresarial.
- Desde el punto de vista del segmento **UAS**, la utilidad de estas tecnologías va más asociado a su integración en el propio UAS y a las ventajas que esto introduciría desde el punto de vista de mejora de las comunicaciones del UAS.

Así, el principal **beneficio** manifestado por las empresas del uso de IoT es la **reducción de costes a través de la eficiencia operacional** (38%) y expandir la visibilidad del proceso productivo y la recopilación de datos para la **mejora de la inteligencia operacional** (24%), factores que aplican a ambos segmentos.

En cuanto a la **primera implantación de IoT** que se plantea la empresa, un 24% lo plantea para la **conexión de los sistemas de planta con los sistemas de gestión empresarial** (industria aeronáutica) mientras un 24% plantea su primera implantación asociada a soluciones de **Realidad Aumentada** (segmento de UAS).

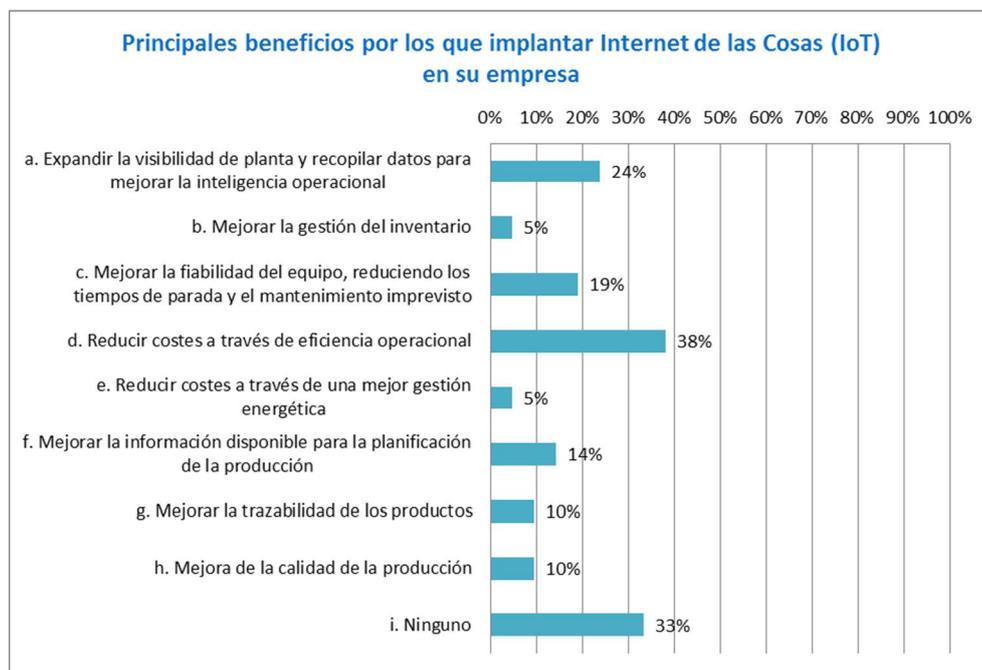


ILUSTRACIÓN 29: PRINCIPALES BENEFICIOS POR LOS QUE IMPLANTAR INTERNET DE LAS COSAS (IOT) EN SU EMPRESA

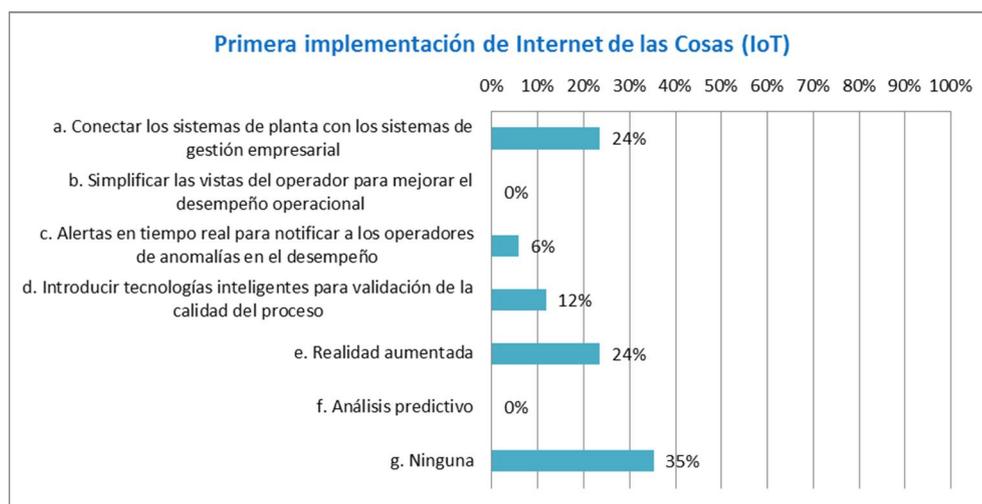


ILUSTRACIÓN 30: PRIMERA IMPLEMENTACIÓN DE INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

FABRICACIÓN ADITIVA

Las tecnologías de fabricación aditiva despiertan un **alto interés** dentro del sector, por las posibilidades que generarían tanto en los **procesos de diseño y prototipado** como, sobre todo, en el **proceso productivo**, en el que la fabricación aditiva permitiría un proceso de fabricación más flexible y permitiría así mismo la fabricación de piezas de geometrías complejas que actualmente es difícil de producir mediante métodos tradicionales. En particular, para la **industria aeronáutica** la **impresión 3D de piezas metálicas** supondría un avance importante en el proceso productivo.

Sin embargo, aunque el sector está interesado en estas tecnologías y demuestra estar bastante al tanto de las innovaciones en estas tecnologías, aún **considera que la tecnología no está lo suficientemente madura** para disponer de máquinas de fabricación aditiva que puedan ser utilizadas en un proceso productivo a un nivel competitivo, tanto a nivel de coste de fabricación por pieza como del tiempo necesario para su producción.

En esta situación, el principal uso que las empresas están dando a las tecnologías de fabricación aditiva en la actualidad y la que ven a corto y medio plazo está asociado sobre todo al **uso de impresoras 3D de plástico para la actividades de diseño y de prototipado**, y en algunos casos para la producción de **pequeñas series de componentes de UAS**.

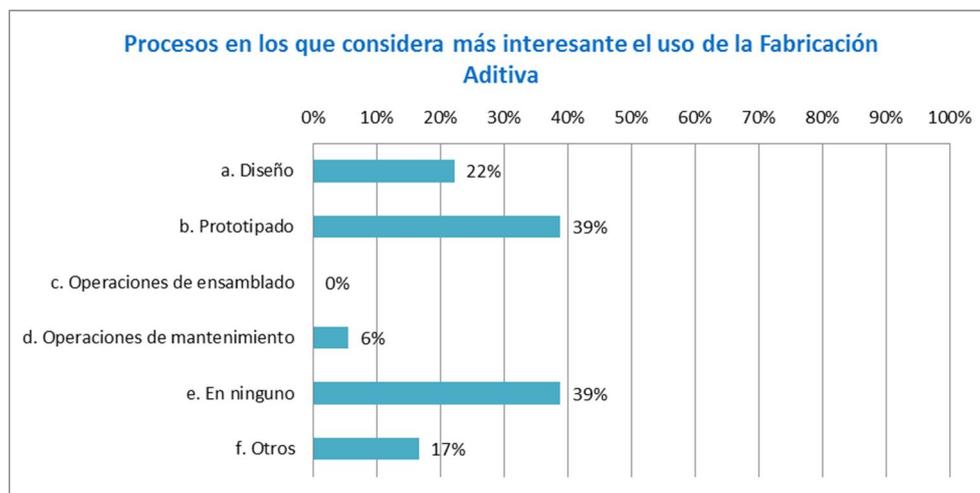


ILUSTRACIÓN 31: PROCESOS EN LOS QUE CONSIDERA MÁS INTERESANTE EL USO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA

Como principales **beneficios** de la fabricación aditiva (ilustración 32), la industria señala la **personalización de productos** y la **flexibilidad en el diseño** como principales ventajas en los productos. En este caso, las respuestas van no sólo ligadas al uso actual de la tecnología, sino también a su potencial uso futuro en el proceso productivo, en el que la fabricación aditiva facilitaría el paso del diseño al producto y sería un importante habilitador para la fabricación de series cortas, factores que también se reflejan en los principales beneficios que las empresas ven en estas tecnologías para sus procesos (ilustración 33).



ILUSTRACIÓN 32: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN SUS PRODUCTOS

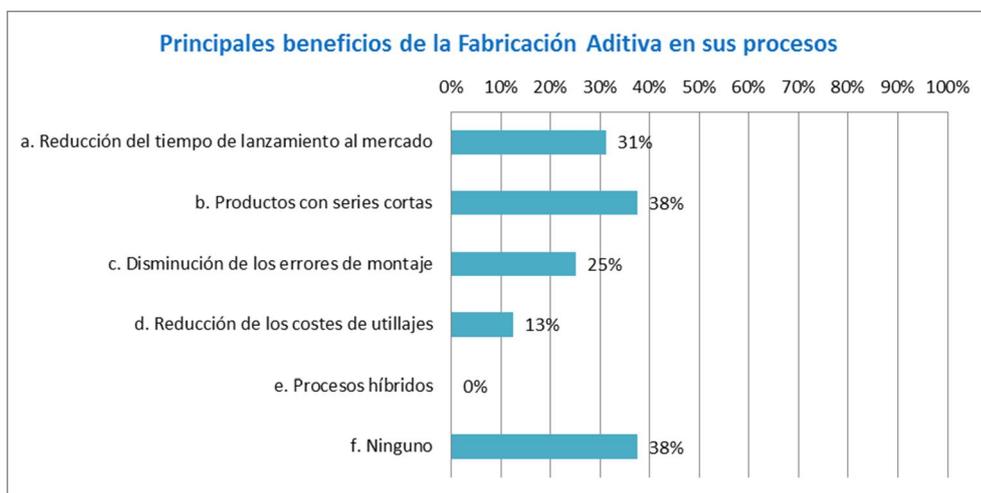


ILUSTRACIÓN 33: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN SUS PROCESOS

TECNOLOGÍA DE MATERIALES INTELIGENTES

Al igual que en el caso de la fabricación aditiva, la tecnología de materiales inteligentes despierta un **significativo interés** en el sector, como un **habilitador para la mejora de los procesos de producción o de los propios productos**.

Tanto en el caso de aplicación a los productos como a los procesos, las empresas manifiestan interés el uso de materiales inteligentes para el desarrollo de **sensores inteligentes**.

Sin embargo, en el caso de su uso a productos, los **tratamientos superficiales de componentes para mejorar sus propiedades** es la principal utilidad de los materiales inteligentes, tanto para el desarrollo de piezas de aviones como para el desarrollo de UAS con propiedades mejoradas.

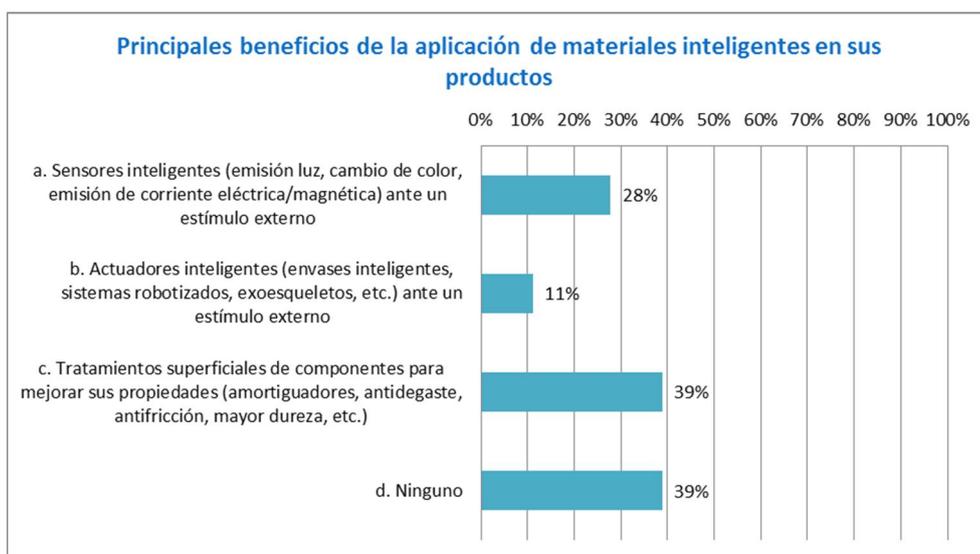


ILUSTRACIÓN 34: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE MATERIALES INTELIGENTES EN SUS PRODUCTOS

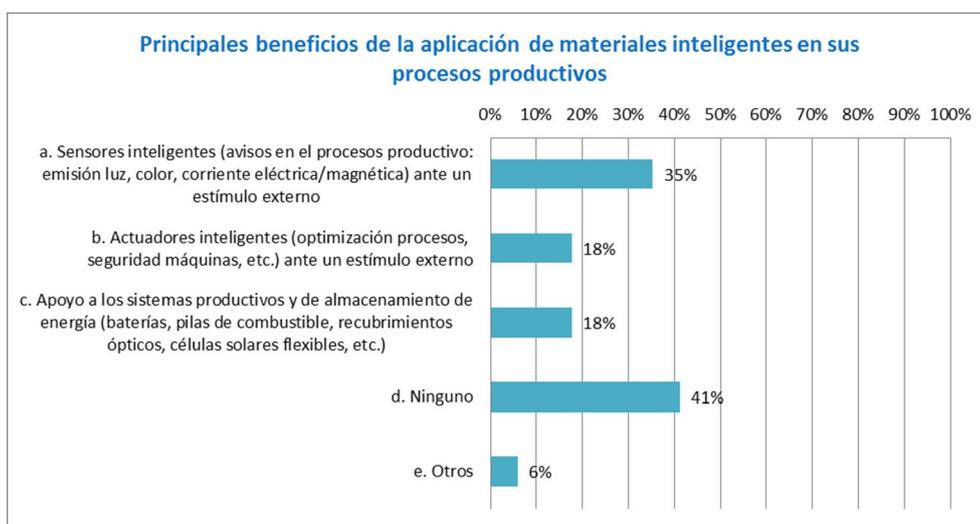


ILUSTRACIÓN 35: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE MATERIALES INTELIGENTES EN SUS PROCESOS PRODUCTIVOS

LOGÍSTICA AVANZADA

En general, y tal y como se muestra en las siguientes ilustraciones, el sector aeronáutico **no muestra un elevado interés** en las soluciones de logística avanzada. La explicación a este hecho de nuevo **depende del segmento** del que estemos hablando:

- En el caso de la **industria aeronáutica**, aunque la logística es un elemento fundamental para la integración de la cadena de valor y la generación de un flujo tenso en la producción, en el caso de muchas de las empresas gallegas proveedoras del sector **es el cliente el que se encarga de la logística**, con lo que muchas de las actividades de logística (sobre todo externa) no dependen de ellos.

- En el caso del sector **UAS**, la logística tiene un peso relativamente pequeño en la actividades de las empresas en Galicia: en el caso de las empresas más centradas en servicios, porque las actividades de logística están principalmente ligadas a la compra de equipos y porque en el caso de empresas que producen UAS esta producción suele ser de series cortas, en las que la logística no es un factor clave.

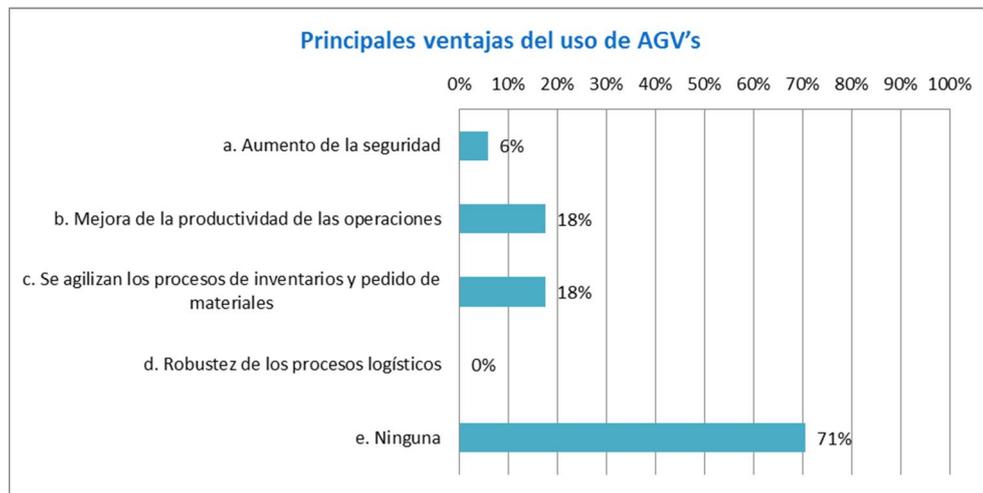


ILUSTRACIÓN 36: PRINCIPALES VENTAJAS DEL USO DE AGV'S

En la ilustración 36 se puede ver que un 71% de las empresas indicaron que **no veían interés en el uso de AGVs**. En cuanto a las aplicaciones de logística avanzada en la que la empresa estaría interesada, el 94% no mostraron interés en este tipo de aplicaciones a corto o medio plazo, mientras un 6% indicaron interés en su potencial uso en el apoyo a operaciones en línea de ensamblaje.

En el caso del uso de **drones**, las empresas muestran un **mayor interés**, aunque en este caso su uso está principalmente **asociado al sector de UAS** en los que los drones son vistos como una herramienta del servicio ofrecido por la empresa, aunque la utilidad que estas empresas le ven no está ligado a actividades de logística sino a **actividades de inspección**.

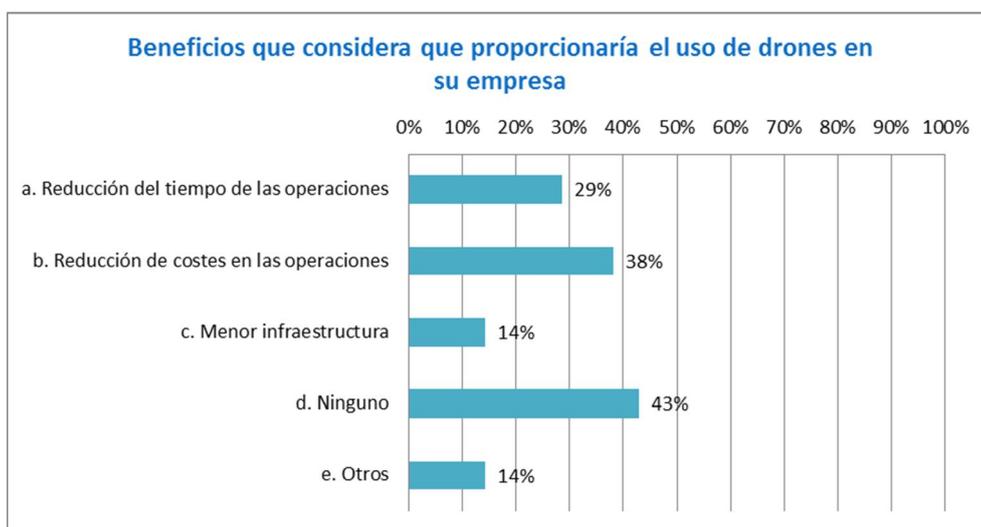


ILUSTRACIÓN 37: BENEFICIOS QUE CONSIDERA QUE PROPORCIONARÍA EL USO DE DRONES EN SU EMPRESA

MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS

La tecnología de modelización, simulación y virtualización procesos es de **gran importancia** para el sector aeronáutico.

- Desde el punto de vista de la **industria aeronáutica** esta tecnología permitirle optimizar sus líneas de producción y conseguir una mejor integración entre las fases y herramientas de diseño y la gestión de la producción. Estas empresas ven como principales ventajas de estas tecnologías las mejoras operativas y en el proceso, y las mejoras en el producto (ilustración 38).
- Para el segmento de **UAS** las empresas ven la utilidad de estas herramientas en el proceso de operación del UAS. En este caso, las empresas ven como principal beneficio de estas tecnologías las mejoras en el proceso (ilustración 38).

En cuanto a los procesos en los que las empresas consideran de mayor interés estas tecnologías (ilustración 39) están claramente el **diseño del producto** (67%) y la **optimización de las líneas de producción** (50%).

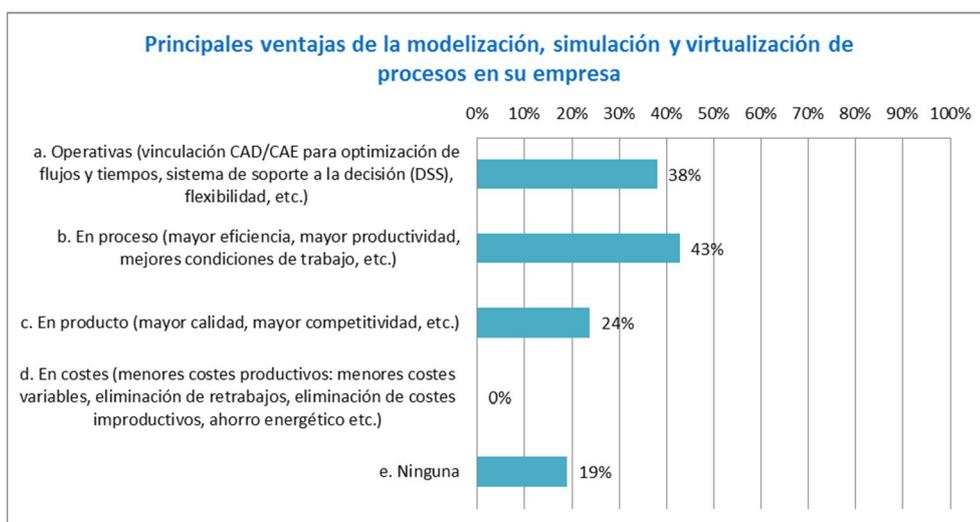


ILUSTRACIÓN 38: PRINCIPALES VENTAJAS DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS

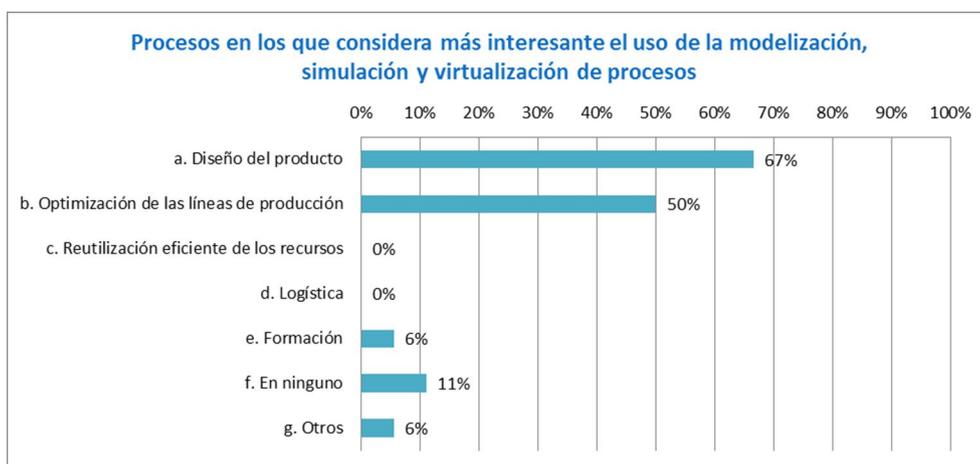


ILUSTRACIÓN 39: PROCESOS EN LOS QUE CONSIDERA MÁS INTERESANTE EL USO DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS

BIG DATA, CLOUD COMPUTING Y DATA ANALYTICS

Las empresas encuestadas han mostrado un **significativo grado de implantación** de las tecnologías de *Big Data*, *Cloud Computing* y *Data Analytics* y un **elevado grado de interés** en su implantación a futuro.

En el caso de las tecnologías de *Cloud Computing*, su utilización y el interés que despierta en el sector aeronáutico es también mayor que en otros sectores industriales. En el caso de la industria **aeronáutica**, esto se debe a que en el proceso de integración de los sistemas de información de la cadena de valor el uso de *Cloud Computing* está siendo relativamente más utilizado que en otros sectores con características parecidas de cadena de valor organizada en OEM y distintos niveles de proveedores (como en el caso de automoción). En el caso del segmento de **UAS** en muchos casos se utilizan tecnologías de *Cloud Computing* para el almacenamiento y el tratamiento de los datos capturados por el UAS.

En todo caso, existe aún un **amplio camino a recorrer** para que el uso de *Cloud Computing* se convierta en una herramienta altamente utilizada en el sector. Tal y como se ve en la ilustración 40 la mayoría (77%) de los encuestados declaran que cuentan con servidores ubicados en su propia planta en las que tienen

implantadas las soluciones TIC de su empresa, aunque un 50% declara que utiliza o tiene implantada alguna solución en la nube.

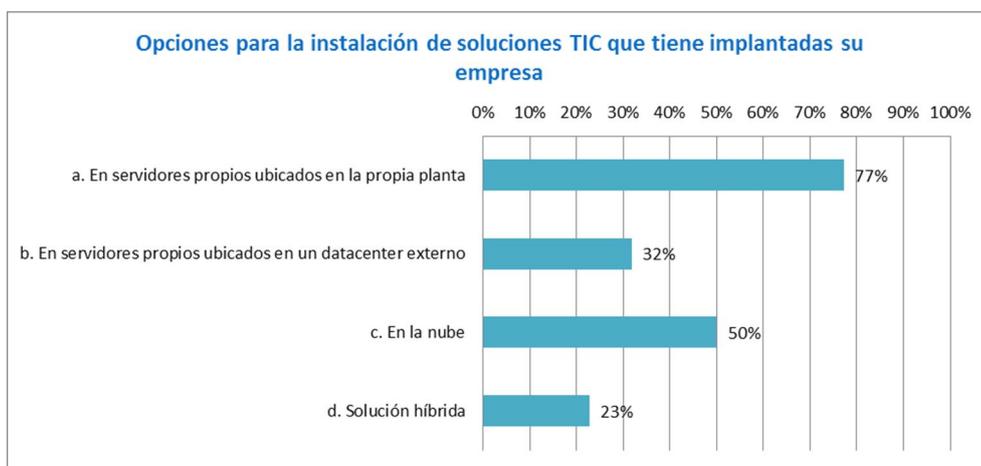


ILUSTRACIÓN 40: OPCIONES PARA LA INSTALACIÓN DE SOLUCIONES TIC QUE TIENE IMPLANTADAS SU EMPRESA

Sin embargo, como muestra la siguiente tabla, **una gran mayoría hace un uso muy bajo de la nube para el almacenamiento de datos**. Es el segmento de UAS el más susceptible de utilizar servicios en la nube para almacenar información capturada por el UAS, frente a la industria aeronáutica que suele almacenar esta información en servidores en la propia planta y que consideran arriesgado utilizar la nube para guardar este tipo de información.

En qué fase del proceso productivo emplea servicios informáticos en la nube para obtener o almacenar la información necesaria	1 (Bajo)	2	3	4 (Alto)
Adquisición de Materias Primas	69%	8%	15%	8%
Logística interna	54%	8%	23%	15%
Logística externa	69%	8%	15%	8%
Producción	62%	8%	15%	15%
Control de calidad	46%	8%	23%	23%
Mantenimiento	54%	8%	15%	23%
Servicio postventa	54%	15%	8%	23%

En el caso de las tecnologías de **Big Data y Data Analytics**, su uso se centra en el tratamiento de datos provenientes de las máquinas de producción (industria aeronáutica) y en el tratamiento de los datos capturados (UAS).

En cuanto al uso de **Big Data**, los procesos en los que las empresas consideran más interesante su uso, tal y como se muestra en la siguiente tabla son **producción, control de calidad y mantenimiento**. Estos datos están ligados a la importancia que para las empresas de la **industria aeronáutica** tiene el proceso productivo y la mejora de la calidad de lo producido (en el que también influye el mantenimiento de los equipos) frente a otros procesos de aprovisionamiento o logística, que como se comentó tienen menor importancia en sus actividades. Por su parte, las empresas de **UAS** ven las herramientas de **Big Data** de utilidad para el **tratamiento y control de la calidad de los datos** capturados por el UAS.

Procesos en los que considera más interesante la aplicación de Big Data o análisis de datos en su empresa

	1 (Bajo)	2	3	4 (Alto)
Adquisición de materias primas	75%	17%	8%	0%
Logística interna	58%	8%	25%	8%
Logística externa	67%	8%	17%	8%
Producción	33%	8%	8%	50%
Control de calidad	17%	8%	25%	50%
Mantenimiento	33%	0%	25%	42%
Servicio postventa	50%	0%	33%	17%

El **interés en tecnologías de analítica de datos** para la mejora de la producción está asociada al hecho de que muchas de las empresas tienen un **grado relativamente alto de integración de las máquinas de producción y los sistemas de gestión** y, tal y como se ve en la siguiente tabla, muchos de los datos del proceso productivo se recogen de forma automática. Es significativo en esta tabla el relativamente poco interés en la captura de datos asociados a los **residuos** generados, que no es un factor crítico para muchas de las empresas del sector aeronáutico.

¿Qué tipo de datos recoge de sus máquinas de producción, de sus procesos, de sus productos, así como otros datos externos y cómo?

	Se recoge manualmente	Se recoge automáticamente	No recoge pero sería interesante	No recoge y es interesante	NS/NC
Inventario/Stock	29%	47%	6%	6%	12%
Tiempos de actividad de las máquinas de producción	24%	53%	0%	12%	12%
Tiempo de actividad de operarios	18%	41%	12%	18%	12%
Residuos generados	29%	12%	12%	29%	18%
Defectos generados	29%	29%	6%	18%	18%
Variables de proceso (temperatura, presión, potencia, intensidad, tensión, humedad, etc.)	6%	47%	0%	29%	18%
Datos externos que afectan al proceso (datos meteorológicos, energéticos, legales, otros)	12%	18%	6%	53%	12%

SAFETY & SECURITY

Al igual que ocurre con otras tecnologías, el **interés** del sector en *Safety & Security* **depende fuertemente del segmento** en el que se encuentre la empresa:

- En el caso de las empresas de **industria aeronáutica**, tanto la **seguridad de sus procesos industriales** como la **seguridad de la información** son de **gran importancia**. En el caso de la seguridad industrial, la principal preocupación es asegurar que las máquinas de producción no dañan a los operarios. En cuanto a seguridad informática, estas empresas muestran una preocupación significativa por la protección de sus sistemas de gestión empresarial y el acceso a los datos críticos de la empresa.

- En el segmento de **UAS**, la **seguridad física** está asociada a que el UAS no genere daños ni a las personas ni al entorno en su operación. En general, en este segmento existe una **menor preocupación por la seguridad de la información**, ya que en muchos casos los datos que manejan no tienen tanta criticidad como en otros sectores de actividad.

En cuanto a **cómo puede afectar el despliegue de la Industria 4.0 a la seguridad de los trabajadores** (ilustración 41) la mayoría de las empresas (67%) consideran que supondrá un **beneficio** para la seguridad de las personas. Sin embargo, en cuanto al **incremento en el riesgo asociado a las tecnologías de la información** con la implantación de la Industria 4.0 (ilustración 42) un 78% consideran que este riesgo aumentará en un **grado alto o bastante alto**.

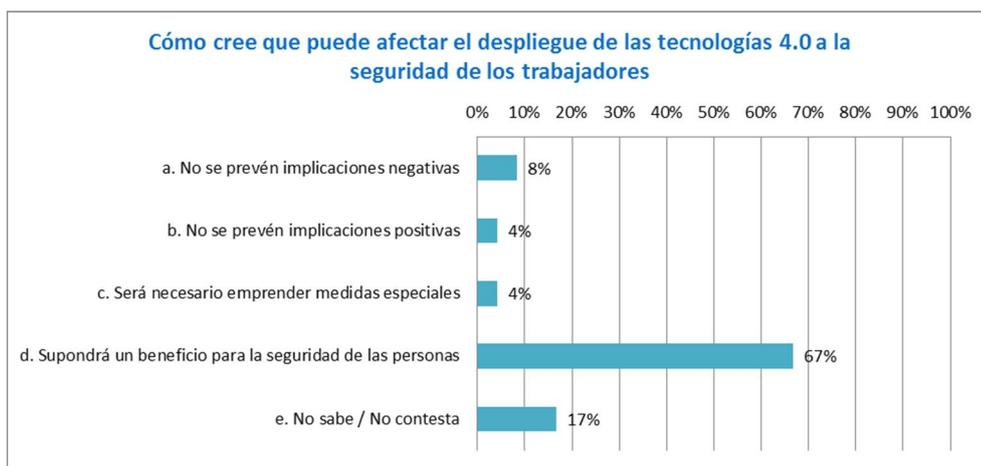


ILUSTRACIÓN 41: CÓMO CREE QUE PUEDE AFECTAR EL DESPLIEGUE DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 A LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES

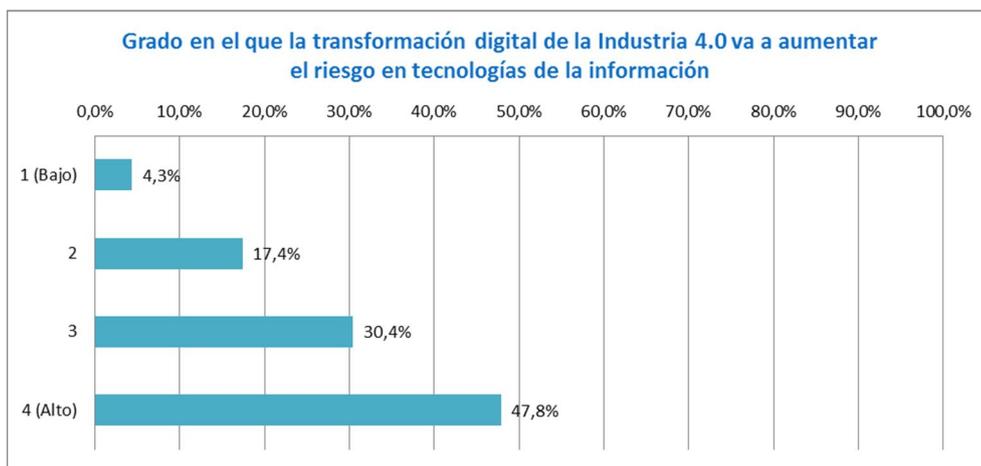


ILUSTRACIÓN 42: GRADO EN EL QUE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA INDUSTRIA 4.0 VA A AUMENTAR EL RIESGO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

La ilustración 43 muestra cómo las empresas del sector manifiestan que las **acciones específicas para la gestión de la información**, en el caso de haberlas llevado a cabo, se ha hecho a través de **asesoramiento con expertos externos** (38%) o **internamente a través del departamento de IT de la compañía** (25%).

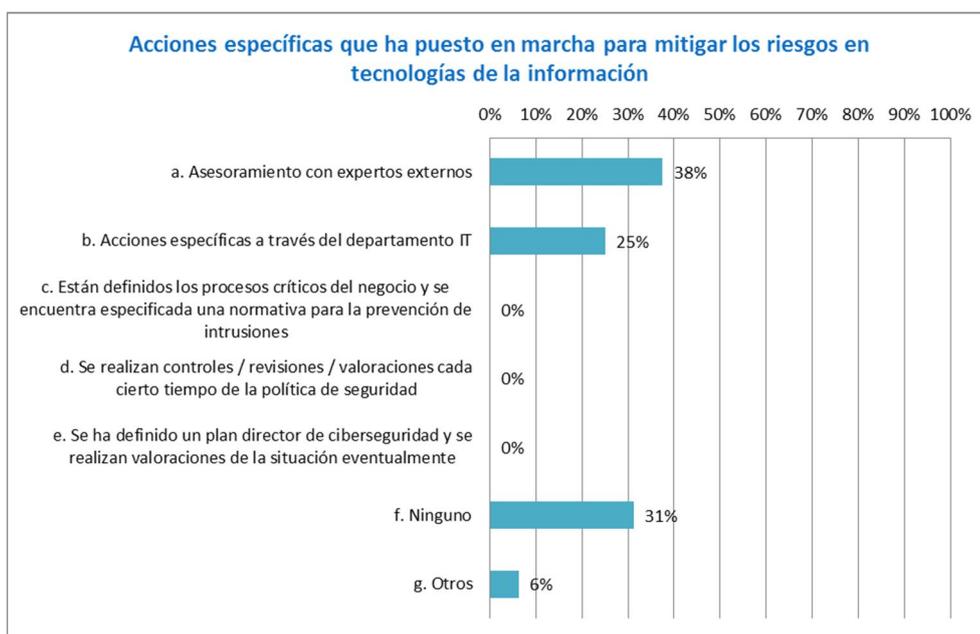


ILUSTRACIÓN 43: ACCIONES ESPECÍFICAS QUE HA PUESTO EN MARCHA PARA MITIGAR LOS RIESGOS EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

GESTIÓN DE LA ENERGÍA Y LOS RESIDUOS

En general la gestión de la energía y los residuos **no es un factor determinante** para las empresas del sector aeronáutico gallego, tanto en el segmento de industria aeronáutica como en el segmento de UAS.

Aunque hay algunos **casos particulares** en los que, por el tipo de proceso productivo, el consumo energético es significativo y las empresas han empezado a tomar medidas al respecto, tal y como se ve en la siguiente ilustración, la mayoría de las empresas hacen una gestión energética básica, con un seguimiento del consumo energético a través de los consumos históricos, pero **pocas han implantado algún tipo de monitorización de consumos o han realizado algún tipo de auditoría o evaluación energética**.

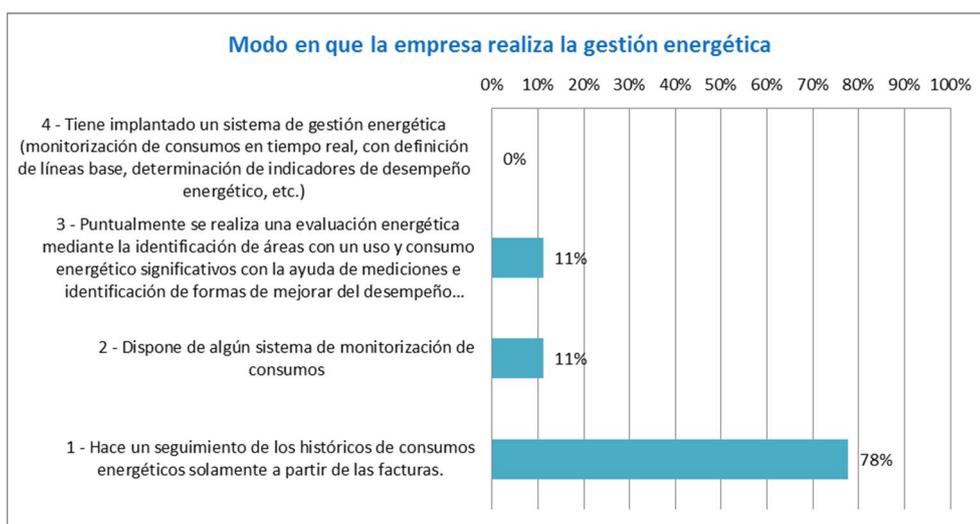


ILUSTRACIÓN 44: MODO EN QUE LA EMPRESA REALIZA LA GESTIÓN ENERGÉTICA

Sin embargo, en cuanto a acciones de **gestión avanzada de la energía** hay un 17% de empresas que manifiestan que ya disponen de algún tipo de generación con fuentes de energía renovables y un sistema de almacenamiento energético (11%).

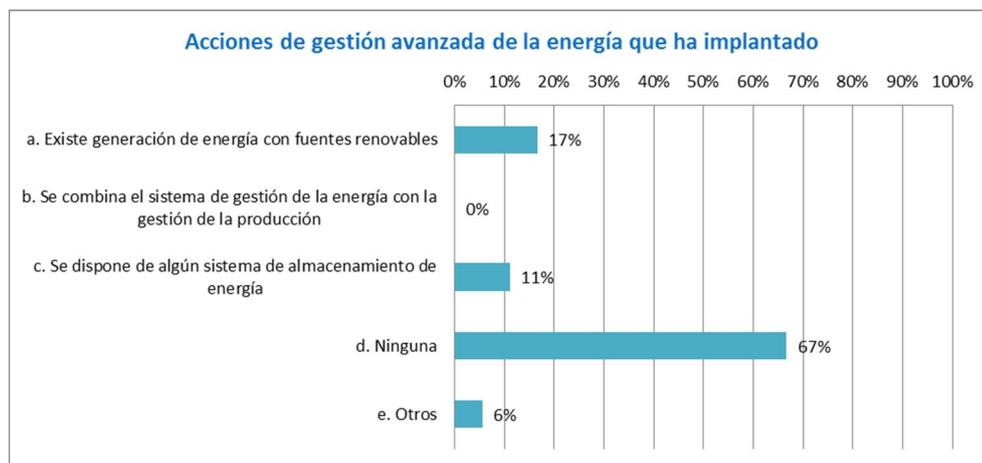


ILUSTRACIÓN 45: ACCIONES DE GESTIÓN AVANZADA DE LA ENERGÍA QUE HA IMPLANTADO

En cuanto a la **estrategia de gestión avanzada de insumos**, la gran mayoría (un 93%) declara que no ha llevado a cabo ninguna acción de gestión avanzada de insumos.

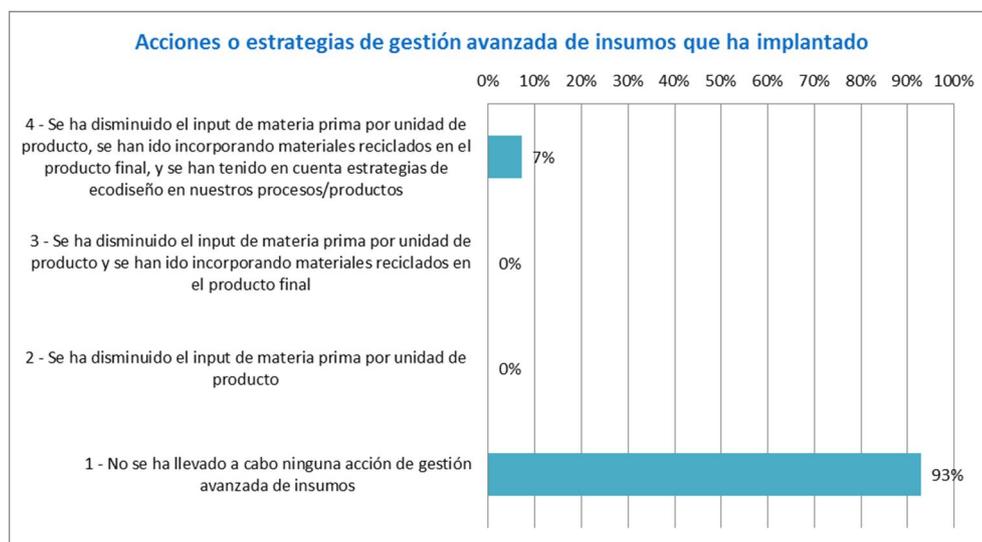


ILUSTRACIÓN 46: ACCIONES O ESTRATEGIAS DE GESTIÓN AVANZADA DE INSUMOS QUE HA IMPLANTADO

Así mismo, la mayoría de las empresas declaran (ilustración 47) que no han implantado ninguna **acción de optimización de la gestión de residuos** (64%), fundamentalmente porque en muchos casos (sobre todo en el segmento de UAS) no se generan gran cantidad de residuos en el proceso. La preocupación por la gestión de residuos es mayor entre las empresas de industria aeronáutica, que sí llevan a cabo estrategias para disminuir la generación de residuos y en algunos casos su aprovechamiento. En cualquier caso, **la generación de residuos no es un aspecto de importancia menor en la industria aeronáutica** gallega en comparación con otros sectores manufactureros, por el tipo y la cantidad de residuos que genera su actividad.

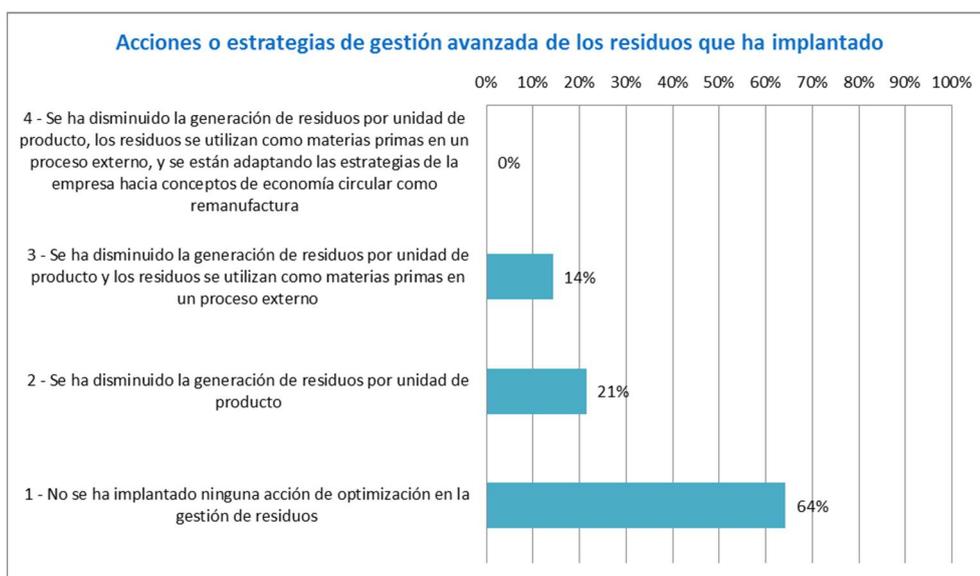


ILUSTRACIÓN 47: ACCIONES O ESTRATEGIAS DE GESTIÓN AVANZADA DE LOS RESIDUOS QUE HA IMPLANTADO

Situación de los principales indicadores asociados a los Elementos Generadores de Valor

Para conocer el **potencial de mejora** que las empresas del sector percibían en sus procesos se consultó a las empresas sobre las posibilidades de mejora en **cuatro elementos generadores de valor** (“VD - Value Drivers”) en los que la implantación de las tecnologías habilitadoras de Industria 4.0 tendrán un impacto a corto-medio plazo en la mejora de los procesos y de la competitividad de las empresas. Estos “Value Drivers” son:

- Calidad
- Producción
- Trabajo (personas)
- Productos y servicios

Para cada uno de estos VDs se han identificado **34 “palancas tecnológicas”**, derivadas de los beneficios de la implantación de las tecnologías de Industria 4.0. El Estado del Arte⁴ del estudio de Oportunidades I4.0 Galicia contiene una descripción detallada de estos elementos generadores de valor (o *value drivers*) y de las “palancas tecnológicas” asociadas a cada uno de ellos.

⁴ Estado del arte Industria 4.0: Contexto y claves metodológicas

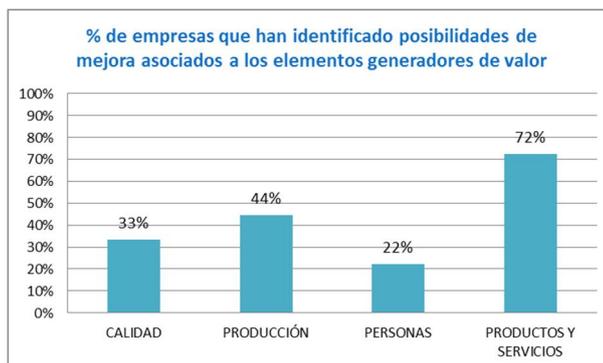


ILUSTRACIÓN 48: PORCENTAJE DE EMPRESAS QUE HAN IDENTIFICADO POSIBILIDADES DE MEJORA ASOCIADOS A LOS ELEMENTOS GENERADORES DE VALOR

La ilustración 48 recoge el porcentaje de empresas de la encuesta que identificaron posibilidades de mejora en alguno de los 4 elementos generadores de valor. Por las particularidades del sector, existen **dos intereses principales** en función del segmento del sector aeronáutico:

- Las empresas de la **industria aeronáutica** están principalmente interesadas en **mejoras asociadas a producción, a calidad y en menor medida a personas**
- Las empresas del segmento **UAS** están de manera mayoritaria interesadas en la aplicación de las tecnologías de Industria 4.0 a la **mejora de sus productos y servicios**.

En los siguientes subapartados se describen con mayor detalle el interés de las empresas en las mejoras de cada uno de estos *value drivers*.

CALIDAD

Como se refleja en la ilustración 48 un 33% de las empresas que participaron en el estudio han identificado posibilidades de mejora asociadas al *value driver* de CALIDAD. La ilustración 49 muestra que de estas **un 57% han indicado que existe un potencial de mejora alto o bastante alto** en este *value driver* mediante el uso de tecnologías habilitadoras de Industria 4.0.



ILUSTRACIÓN 49: POTENCIAL DE MEJORA EN CALIDAD

Como ya se explicó, **son las empresas de la industria aeronáutica las que han mostrado un mayor interés** en las mejoras asociadas a la calidad de su proceso productivo. Para las empresas proveedoras de la industria aeronáutica, el aseguramiento de la calidad de los productos que fabrican y de los servicios que ofrecen es un elemento clave. Esto se ve reflejado en la siguiente tabla, en la que se identifican como las

palancas tecnológicas asociadas al aseguramiento de la calidad como las de mayor grado de relevancia, **en particular el control de la calidad y de la producción, la planificación de la calidad e identificación y trazabilidad** (particularmente importante la identificación y trazabilidad de las piezas producidas para una mejora en la trazabilidad de la cadena de valor) y **la mejora continua**, sobre todo del producto y del proceso productivo

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas	1	2	3	4
Control de la calidad / Control de la producción	17%	0%	17%	67%
Planificación de calidad / Identificación y trazabilidad	17%	0%	33%	50%
Mejora continua (Producto, proceso, organización)	17%	0%	33%	50%
Defectos / Despilfarro	17%	0%	50%	33%

En cuanto al uso de **tecnologías de Industria 4.0 para dar soporte a la mejora en CALIDAD**, como se puede ver en la siguiente tabla, las más representativas están asociadas a la **modelización, simulación y virtualización de los procesos** y a **safety & security**, aunque para las empresas existen otros factores que pueden mejorar más los problemas asociados a calidad y ven las tecnologías como herramientas para apoyar estos factores. Por ejemplo, se citó por parte de varias empresas los problemas asociados a producir piezas basándose en diseños no actualizados por el proveedor, lo que hace que se entreguen piezas no válidas y que deben ser reprocesadas o descartadas, introduciendo además retrasos de tiempo en la entrega al cliente.

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor	1	2	3	4
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	50%	33%	0%	17%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	100%	0%	0%	0%
Sistemas cyberfísicos e IoT	50%	17%	33%	0%
Fabricación Aditiva	33%	33%	33%	0%
Tecnología de Materiales Inteligentes	83%	0%	0%	17%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	83%	0%	0%	17%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	50%	0%	50%	0%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	50%	17%	17%	17%
Safety & Security	50%	0%	50%	0%

PRODUCCIÓN

Como se refleja en la ilustración 48 un 44% de las empresas que participaron en el estudio han identificado posibilidades de mejora asociadas al *value driver* de PRODUCCIÓN. La ilustración 50 muestra que de estas **un 75% han indicado que existe un potencial de mejora alto o bastante alto** en este *value driver* mediante el uso de tecnologías habilitadoras de Industria 4.0



ILUSTRACIÓN 50: POTENCIAL DE MEJORA EN PRODUCCIÓN

Para las empresas de la industria aeronáutica, **PRODUCCIÓN** es uno de los *value drivers* de mayor importancia y uno de los puntos que les permite diferenciarse con respecto a sus competidores y ofrecer productos y servicios a la industria de un modo competitivo. Como se ve en la siguiente tabla, entre las palancas tecnológicas que las empresas han señalado como más relevantes están la mejora de la planificación de la producción, la rapidez en la toma de decisiones, la visión en tiempo real de la producción y la optimización del uso de máquinas y operarios.

Por otro lado, es también significativa la relativamente poca relevancia que las empresas dan a la gestión de inventarios, a la gestión de energía e insumos y al reciclaje, reutilización y valoración de residuos. En el caso de la gestión de energía e insumos, esto se debe a que, en general, no son factores de tanta importancia en esta industria como en otros sectores de actividad. En el caso de la gestión de inventarios y la gestión de residuos no se trata de que estas palancas no sean de importancia para el sector, pero para muchas empresas, en función de la posición que ocupen en la cadena de valor, es el cliente el que se encarga del aprovisionamiento de las piezas a producir o procesar y de la logística, motivo por el que estas palancas tienen menos relevancia.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas	1	2	3	4
Mejora de la planificación de la producción	13%	0%	38%	50%
Rapidez en la toma de decisiones	13%	13%	38%	38%
Visión de la producción en tiempo real	13%	0%	25%	63%
Producción flexible	50%	0%	25%	25%
Optimización del uso de máquinas	13%	13%	38%	38%
Optimización de uso de operarios	13%	0%	63%	25%
Reducción del tamaño de lote	50%	13%	13%	25%
Mantenimiento predictivo	25%	13%	50%	13%
Reducción de inventarios	63%	13%	25%	0%
Gestión avanzada de la energía	38%	13%	38%	13%
Gestión avanzada de insumos (agua, etc.)	63%	25%	13%	0%
Reciclaje, reutilización y valoración de residuos	50%	13%	38%	0%

Para la industria aeronáutica, la **automatización** de su proceso productivo es un elemento clave, como ya se señaló, y como muestra la siguiente tabla es también una de las tecnologías que mayor interés despiertan en el sector, aunque el nivel de automatización de las empresas de la industria aeronáutica

es ya en general bastante elevado. La combinación de IoT y las tecnologías de Big Data y Data Analytics, y modelización, simulación y virtualización de procesos, son también percibidas por la industria aeronáutica como una forma de mejorar su proceso productivo, facilitando la conexión de los elementos de producción con los sistemas de gestión empresarial y la extracción y el procesado de datos del proceso productivo que permitan la visión en tiempo real del proceso, una mejor planificación y la optimización de la producción.

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor	1	2	3	4
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	25%	25%	0%	50%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	88%	13%	0%	0%
Sistemas cyberfísicos e IoT	25%	13%	38%	25%
Fabricación Aditiva	25%	38%	38%	0%
Tecnología de Materiales Inteligentes	63%	25%	0%	13%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	88%	0%	0%	13%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	25%	0%	50%	25%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	13%	0%	38%	50%
Safety & Security	25%	25%	38%	13%

PERSONAS

Como se refleja en la ilustración 48 un 22% de las empresas que participaron en el estudio han identificado posibilidades de mejora asociadas al *value driver* de PERSONAS. La ilustración 51 muestra que de estas **un 50% han indicado que existe un potencial de mejora alto** en este *value driver* mediante el uso de tecnologías habilitadoras de Industria 4.0, **frente a la otra mitad que consideran que el potencial de mejora es relativamente bajo**.

El bajo porcentaje de empresas que identifican posibilidades de mejora en los trabajadores de la empresa a través del uso de tecnologías de Industria 4.0 y la polarización en el potencial de mejora (combinando ambos datos, sólo un 11% del total de empresas encuestadas identifican como un alto potencial de mejora en el *value driver* de PERSONAS) se debe, por un lado, al hecho de que **muchos aspectos para la mejora asociada a PERSONAS están ligadas a otros value drivers, como CALIDAD o PRODUCCIÓN** y a que en algunas de las empresas las personas tienen, comparativamente con otros *value drivers*, menos impacto en los procesos de la empresa.

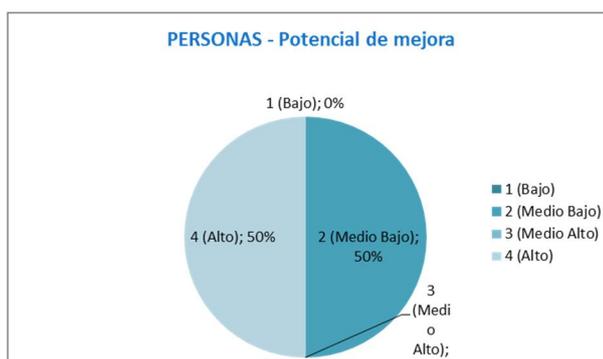


ILUSTRACIÓN 51: POTENCIAL DE MEJORA EN PERSONAS

Entre las **principales palancas tecnológicas** de PERSONAS, la **reducción de los tiempos de calidad** son los que el sector percibe como de mayor relevancia, tanto el caso de la industria aeronáutica para el apoyo a los operarios de producción como en el caso del segmento de UAS para el **empoderamiento al operario del vehículo**.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas	1	2	3	4
Reducción de trabajos penosos	25%	25%	25%	25%
Ergonomía	0%	50%	25%	25%
Reducción de tiempos de aprendizaje	25%	0%	50%	25%
Empoderamiento del operario	25%	0%	50%	25%

Las **tecnologías de HMI** (sobre todo RV y RA) y de **tecnologías de Big Data y Data Analytics** son las que el sector percibe que más podrían ayudar, alineado con las necesidades de reducción de tiempos de aprendizaje y de empoderamiento a los operarios.

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor	1	2	3	4
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	50%	25%	0%	25%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	50%	0%	25%	25%
Sistemas cyberfísicos e IoT	50%	25%	25%	0%
Fabricación Aditiva	50%	25%	25%	0%
Tecnología de Materiales Inteligentes	75%	0%	25%	0%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	75%	0%	25%	0%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	75%	0%	25%	0%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	50%	0%	25%	25%
Safety & Security	50%	0%	50%	0%

PRODUCTOS Y SERVICIOS

Como se refleja en la ilustración 48 un 72% de las empresas que participaron en el estudio han identificado posibilidades de mejora asociadas al *value driver* de PRODUCTOS Y SERVICIOS. La ilustración

52 muestra que **una gran mayoría de estas empresas (92%) considera que existe un potencial de mejora alto o bastante alto** en este *value driver* mediante el uso de tecnologías habilitadoras de Industria 4.0.



ILUSTRACIÓN 52 : POTENCIAL DE MEJORA EN PRODUCTOS Y SERVICIOS

En este caso, es **el segmento de UAS el que percibe un mayor potencial de mejora** asociado al uso de tecnologías en los productos o servicios ofrecidos por la empresa. Las empresas buscan **mejoras asociadas al propio UAS** (autonomía, capacidad de navegación autónoma, capacidad de comunicaciones, etc.), **a los datos que el UAS puede obtener del entorno** mediante el uso de nuevos sensores **y a cómo esos datos pueden ser procesados para ofrecer información y servicios de valor** a sus clientes. Así, las nuevas funcionalidades en sus productos y los servicios avanzados al cliente son las palancas tecnológicas más relevantes para el segmento.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas	1	2	3	4
Co-creación de producto con el cliente	31%	15%	38%	15%
Predicción de la demanda	54%	15%	15%	15%
Nuevos servicios basados en datos	23%	23%	23%	31%
Seguridad producto	46%	0%	38%	15%
Personalización producto	38%	8%	31%	23%
Productos energéticamente eficientes	38%	38%	15%	8%
Nuevas funcionalidades en productos	38%	0%	31%	31%
Servicios avanzados al consumidor	23%	0%	23%	54%
Mantenimiento remoto del producto	46%	0%	15%	38%
Reducción del tiempo servicio postventa	54%	0%	38%	8%
Reducción del tiempo de diseño	54%	8%	31%	8%
Prototipado rápido de producto	54%	8%	23%	15%
Reducción del tiempo de industrialización	54%	8%	23%	15%
Reducción del tiempo de entrega	38%	8%	38%	15%

Para la mejora de los productos y servicios ofrecidos por las empresas **son las tecnologías de IoT y Big Data y Data Analytics las que las empresas consideran de mayor interés**, como herramientas de, por un lado, mejorar los procesos de captura de información y de comunicación del UAS (IoT) y por el otro como tecnologías para mejorar el procesamiento de los datos capturados por el UAS (*Big Data y Data Analytics*).

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor

	1	2	3	4
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	69%	0%	23%	8%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	62%	8%	31%	0%
Sistemas cyberfísicos e IoT	15%	8%	54%	23%
Fabricación Aditiva	38%	8%	31%	23%
Tecnología de Materiales Inteligentes	62%	0%	31%	8%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	23%	8%	31%	38%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	54%	0%	23%	23%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	8%	0%	31%	62%
Safety & Security	46%	15%	31%	8%

Problemas detectados

Para conocer el potencial que las empresas del sector vislumbran para las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 se consultó a las empresas encuestadas los **principales problemas que identifican** asociados a los cuatro *value drivers* de la Industria 4.0:

- Calidad
- Producción
- Personas
- Productos y servicios

Se trataba de una **pregunta abierta** en la que las empresas describen los que consideran sus problemas más importantes, por su impacto en su competitividad o por el potencial de mejora asociado a la solución de estos problemas. Se ha tratado de agrupar los problemas descritos para intentar identificar problemas comunes a diferentes empresas del sector. Los siguientes subapartados describen los problemas identificados asociados a estos cuatro generadores de valor.

CALIDAD

Tal y como se expresó anteriormente, los problemas asociados a calidad identificados están fuertemente **ligados al proceso productivo** y fueron las empresas del segmento de la **industria aeronáutica** las que principalmente identificaron problemas asociados a este *value driver*. Los problemas identificados se pueden agrupar básicamente en **dos grandes categorías**, muy relacionadas entre sí:

1. Necesidad de **herramientas de aseguramiento de la calidad**
2. Necesidad de **herramientas de automatización de pruebas de calidad**

Una de las principales preocupaciones de las empresas es la calidad de sus productos. En general, se realiza un importante conjunto de pruebas a los productos para asegurar que el producto que llega al cliente cumple con el grado de calidad requerido, lo cual es fundamental en el sector. En muchos casos, todas las piezas tienen que estar medidas, asegurar que las máquinas y los elementos de medida están

calibradas, que los operarios tienen las competencias adecuadas para realizar una operación determinada y cumplen con las normativas de seguridad, medir las condiciones ambientales de fabricación. Todo esto supone un **importante coste asociado al proceso de calidad**.

Por otro lado, la gran cantidad de pruebas y los registros asociados al proceso de calidad genera una **gran cantidad de documentación**, que en muchos casos se almacena en papel o en diferentes aplicaciones software. Esto hace que se consuma un considerable esfuerzo no sólo en la generación y almacenamiento de la información, sino que además **dificulta el análisis** de cara a detectar causas de incidencias u opciones de mejora de calidad.

Además, la **falta de control** del proceso productivo provoca en muchos casos que se incremente el número de **defectos** de fabricación, asociados a **errores** en las instrucciones de fabricación o a procesos manuales.

PRODUCCIÓN

Las principales preocupaciones identificadas por las empresas de manufactura del sector están, como cabía esperar, en el propio **proceso de producción**. Los **problemas más comunes** descritos se pueden agrupar en:

1. Necesidad de mejorar las **herramientas de gestión de la producción**
2. Necesidad de obtener **visión y conocimiento del sistema de producción**
3. Necesidad de **conexión con cadena de valor**
4. Necesidad de **automatizar la producción**
5. Necesidad de **personal muy cualificado para producción**

Las empresas son conscientes de que tienen una deficiencia en las herramientas que utilizan para la gestión de la producción, que **en muchos casos no existen o están parcialmente implementadas**, o que en otros casos **sólo cubren parte de los procesos productivos**. Todo esto lleva a una **deficiente visión y conocimiento del funcionamiento del sistema de producción**. Además, las herramientas de gestión de la producción están **poco integradas con las herramientas de gestión empresarial** y es susceptible de mejorar el grado en el que adquieren datos del proceso productivo.

En la industria aeronáutica existe una **tendencia hacia una creciente integración de los sistemas de gestión de las diferentes empresas de la cadena de valor**, lo que facilita el flujo de información en la cadena y permite una mayor tensión productiva. Existe una necesidad en las empresas de desarrollar **interfaces entre sus herramientas de gestión interna y los sistemas de sus proveedores y clientes**, para compartir información de órdenes de producción, trazabilidad de productos, etc.

Por otro lado, los **puestos con operaciones manuales o semiautomáticas** introducen una mayor variabilidad en el producto, en general **reducen la eficiencia** de las operaciones y suelen introducir un mayor grado de **defectos** que las operaciones automatizadas.

Las empresas consideran que en la industria aeronáutica es especialmente relevante la **necesidad de contar con personal cualificado** que sea capaz de adaptarse a un entorno de producción con una gran variabilidad de operaciones, en el que se innova constantemente en el uso de nuevas tecnologías de

producción y en el que en muchos casos se trabaja con materiales y componentes de alto coste, lo que incrementa la complejidad de las operaciones de producción.

PERSONAS

El *value driver* personas **es el que menor número de empresas encuestadas identificaron como potencial de mejora**. Esto se debe por un lado a que muchos de los problemas asociados se identificaron asociados a otros elementos (CALIDAD o PRODUCCIÓN) y por otro lado al menor impacto de las personas en la competitividad de algunas de las empresas encuestadas en comparación con otros factores. Los **problemas** señalados para PERSONAS están **alineados con los identificados para CALIDAD o PRODUCCIÓN**:

1. Necesidad de **herramientas de apoyo al operario**
2. Necesidad de **automatizar puestos de trabajo manuales**
3. Necesidad de **formación al personal**

En los puestos y actividades de producción manuales o semiautomáticos, en los que el operario tiene una alta responsabilidad en el éxito de la operación productiva, existe la **necesidad de dotar el puesto de herramientas que apoyen al operario en el proceso**, bien mediante un incremento de información o de elementos de ayuda, bien mediante la automatización de esos puestos.

Por otro lado, **el sector necesita trabajadores altamente cualificados y que estén aprendiendo constantemente** para adaptarse a los nuevos procesos y tecnologías de producción.

PRODUCTOS Y SERVICIOS

La identificación de problemas asociados a PRODUCTOS Y SERVICIOS fueron identificados principalmente por las empresas del segmento UAS, en las que la diferenciación en producto o servicio es fundamental para su competitividad, aunque algunas de las empresas de la industria aeronáutica también mostraron puntos de mejora en los productos o servicios que ofrecen a sus clientes. Los **principales problemas** detectados se categorizaron en:

1. Necesidad de **mejora de los sistemas de adquisición de datos** (UAS)
2. Necesidad de **mayor integración con clientes**
3. Necesidad de **monitorización de los productos tras la venta**
4. Necesidad de **generar diseños físicos a partir de modelos virtuales** para mostrar al cliente

Para el segmento de **UAS**, la mejora de los **sistemas de adquisición de datos** es fundamental y una **herramienta de diferenciación y de mejora de sus servicios**. Esto incluye la necesidad de mejorar el propio UAS, con una mayor autonomía, una mayor capacidad de carga embarcada, y la mejora de los sensores de captura de información, tanto desde el punto de vista de la precisión de la información capturada como la implantación de nuevos sensores que permitan obtener otro tipo de parámetros que permitan a las empresas diferenciar sus servicios. El coste de los equipos de sensado y el precio es también una barrera importante para estas empresas para el uso de nuevos sensores.

La **relación con el cliente** es también un ámbito de mejora para las empresas del sector. Tal y como se comentó, en el caso de la **industria aeronáutica**, la integración con la cadena de valor permitiría no sólo ofrecer un mejor servicio al cliente sino también mejorar la producción interna. En ocasiones esta **falta de**

integración produce problemas asociados a calidad o plazos, en parte por deficiencias internas, en parte motivados por problemas con la cadena de proveedores (problemas de calidad, plazos, entregas...) y en ocasiones por problemas con la comunicación con el cliente (producción de piezas con diseños no actualizados).

La posibilidad de obtener **información de los productos durante su uso** por parte del cliente **permitiría ofrecer servicios de valor añadido**, como servicios de mantenimiento o actualización, a la vez que se podrían detectar incidencias durante su uso que permitiesen identificar puntos de mejora.

Por otra parte, las empresas consideran que la **generación de modelos físicos de los diseños virtuales** les permitiría mejorar el servicio ofrecido al cliente, tanto en la fase de diseño del producto como, en el caso de empresas de servicios de UAS, para mostrar un modelo físico al cliente de la información capturada por el UAS.

Restricciones o condicionantes identificados

Una de las restricciones identificadas en muchas de las reuniones con las empresas del sector aeronáutico para la implantación de tecnologías de la Industria 4.0 en Galicia es las **dificultades para acceder a la financiación necesaria para llevar a cabo el proceso** (ilustración 53), tal y como se refleja en la ilustración 53. Uno de los factores detrás de esta limitación está en el **tamaño medio de las empresas del sector**, siendo difícil para las PYMES en muchas ocasiones acceder a financiación para la adquisición o renovación de maquinaria industrial o para la implantación de tecnologías innovadoras.

Con respecto a la financiación, una reclamación de varias de las empresas fue la **necesidad de que la Administración mejore los instrumentos de ayuda a las empresas para apoyar a las empresas en su capacidad de inversión en equipos e innovación**. Como principales problemas identificados por las empresas acerca de los actuales instrumentos de ayuda se pueden destacar:

- Los **plazos de solicitud**: el hecho de que existan convocatorias sin una planificación clara y con plazos de apertura y cierre muy cortos.
- La **no existencia de anticipos** y el **plazo de pago**. En muchos casos las ayudas son subvenciones a fondo perdido en el que la empresa recibe la subvención tras haber realizado y justificado el pago; para muchas PYMES disponer de liquidez para afrontar el gasto antes de recibir la subvención es un problema, y el hecho de que se facilitasen los adelantos de las subvenciones ayudaría enormemente a las empresas. De hecho, varias empresas manifestaron la preferencia por las subvenciones en forma de préstamo pero con un anticipo importante sobre la inversión a realizar frente a las subvenciones a fondo perdido pero en la que la empresa recibe la subvención tras realizar el gasto.
- La **complejidad del propio proceso de solicitud y de justificación** de las ayudas fue otro factor comentado por las empresas, que manifestaron la necesidad de una simplificación de los trámites y una mejor orientación de los conceptos subvencionables a las necesidades reales de las empresas.

Tal y como se muestra en la ilustración 54, **dos de los tipos de apoyo que las empresas consideran que la administración podría hacer para ayudar a las empresas a implantar la Industria 4.0 están asociados a la financiación**:

- Medidas de **soporte a la innovación**
- Ayudas para **inversiones en infraestructura y soluciones TIC**



ILUSTRACIÓN 53: BARRERAS MÁS IMPORTANTES PARA LLEVAR A CABO EL PLAN DE IMPLANTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0 EN SU EMPRESA

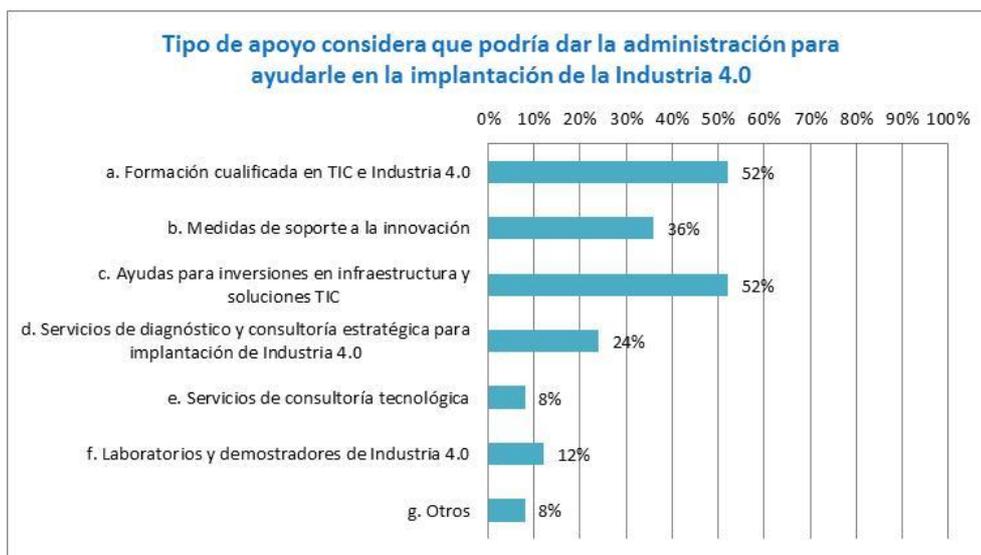


ILUSTRACIÓN 54: TIPO DE APOYO CONSIDERA QUE PODRÍA DAR LA ADMINISTRACIÓN PARA AYUDARLE EN LA IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0

Además de la financiación, las empresas identificaron también un conjunto de **barreras asociadas al conocimiento y a la incertidumbre** (ilustración 53):

- **Desconocimiento de las tecnologías** (20%)
- El **desconocimiento del impacto de la Industria 4.0 por parte de la dirección** (28 %)
- La **incertidumbre sobre el retorno de la inversión** al implantar tecnologías de Industria 4.0 (32 %)

Esto explica a su vez que las empresas reclamen de la Administración **apoyo en la formación cualificada en TIC e industria 4.0** y en **servicios de diagnóstico y consultoría estratégica para la implantación de Industria 4.0** (ilustración 54).

La mayoría de las empresas encuestadas (58%) manifestaron pertenecer a alguna asociación o plataforma tecnológica, siendo las mayoritarias el Consorcio Aeronáutico Gallego (43%), seguida de ASIME (29%), Clúster TIC (29%). La mayoría de las empresas manifestaron que en la mayoría de las asociaciones a las que pertenecen se **abordan temáticas relacionadas con industria 4.0** (ilustración 57)

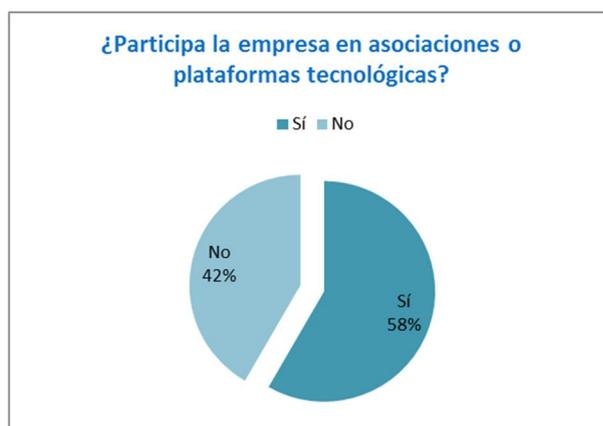


ILUSTRACIÓN 55: PARTICIPACIÓN EN PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS

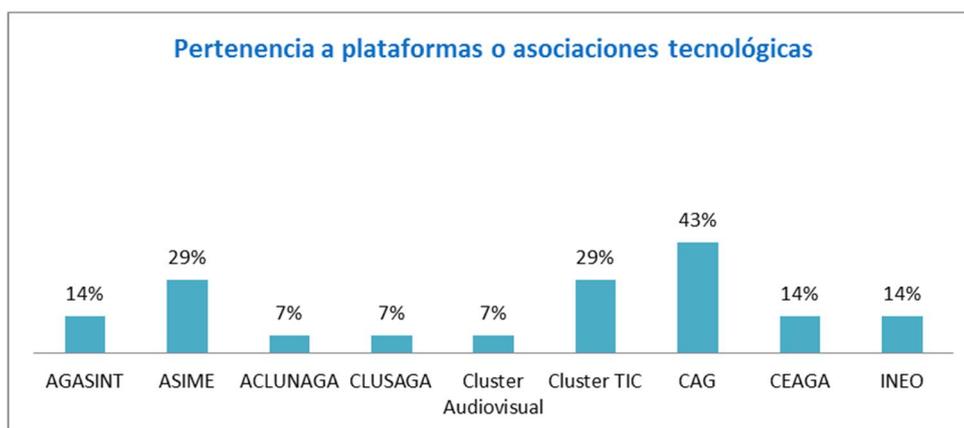


ILUSTRACIÓN 56: PERTENENCIA A PLATAFORMAS O ASOCIACIONES TECNOLÓGICAS



ILUSTRACIÓN 57: SE ABORDAN TEMÁTICAS RELACIONADAS CON INDUSTRIA 4.0 EN LAS PLATAFORMAS O ASOCIACIONES TECNOLÓGICAS

En cuanto a formación de sus trabajadores en cursos específicos de Industria 4.0 un 72% manifestó que **no se ha realizado ninguna formación de este tipo**. Entre las empresas que sí han llevado a cabo formación a sus empleados en estas temáticas, algunos indicaron que se trata de formaciones de sus proveedores de tecnologías (proveedores de CAD, equipamiento industrial) en las que el proveedor ha incluido una parte asociada a Industria 4.0.

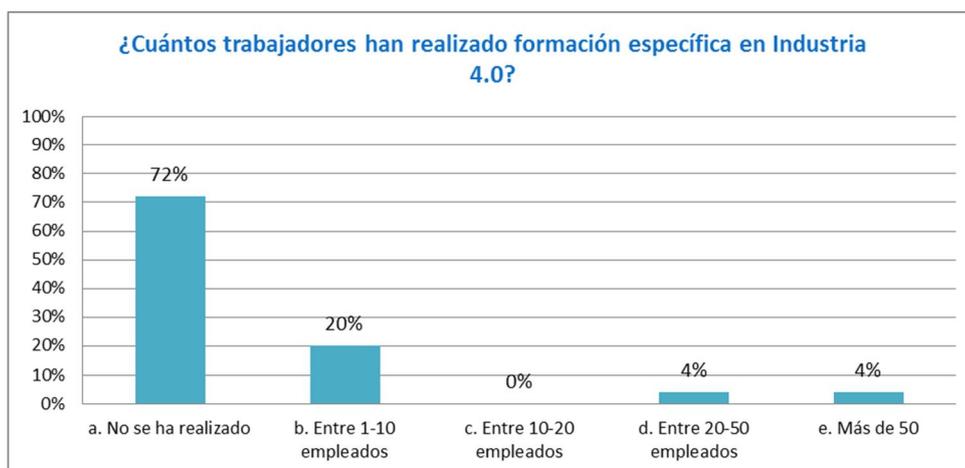


ILUSTRACIÓN 58: NÚMERO DE EMPLEADOS QUE HAN REALIZADO FORMACIÓN ESPECÍFICA EN INDUSTRIA 4.0

Como se expuso anteriormente, las empresas declararon la **importancia de la innovación en el sector aeronáutico** para la competitividad de las empresas. Muchas empresas han participado en **proyectos de I+D+i financiados por alguna convocatoria pública**, siendo los programas **Conecta-PEME** (52%) y **FEDER-Innterconecta** (61%) las convocatorias en las que hubo mayor participación. Es significativo que un 35% de las empresas hayan participado en proyectos del **Programa Marco europeo** (Horizon 2020), convocatorias muy competitivas y con tasas de éxito bastante bajas.

Por otro lado, tal y como muestra la siguiente tabla, las empresas mostraron un **importante desconocimiento de varias líneas de financiación**, en particular **Unidades Mixtas de Investigación** (39%), **Pilotos Industria 4.0** (39%), **proyectos CIEN** (57%), **Retos Colaboración** (57%) e **Interreg** (43%). Este desconocimiento se puede explicar porque se trata de instrumentos que tienen un **mayor atractivo para empresas de tamaño mediano o grande**.

¿Cuáles de los siguientes programas de ayudas a la I+D+i o de otro tipo conoce?	No conozco	La conozco y no me interesa	La conozco y me interesa pero no he participado	He participado
Conecta-PEME	9%	0%	39%	52%
Unidades Mixtas de Investigación	39%	22%	39%	0%
Reacciona	35%	13%	30%	22%
Pilotos Industria 4.0	39%	17%	30%	13%
FEDER-Innterconecta	4%	0%	35%	61%
CIEN	57%	9%	22%	13%
Retos-Colaboración	57%	9%	26%	9%
H2020	13%	9%	43%	35%
INTERREG	43%	13%	35%	9%

El 80% de las empresas manifestaron que han colaborado con centros de conocimiento en materia de Industria 4.0: un 64% indicaron que han colaborado con universidades gallegas y un 64% con Centros Tecnológicos, distribuidos según la siguiente tabla:

Centros de conocimiento con los que ha colaborado	Porcentaje
a. Universidades	
Universidad de Coruña	30%
Universidad de Santiago de Compostela	30%
Universidad de Vigo	50%
b. Centros Tecnológicos	
AIMEN	35%
ANFACO	5%
CINAE	5%
CTAG	35%
CSIC – Misión biológica Galicia	5%
Gradient	45%
ITG	5%

En cuanto al apartado de patentes, el 83% de las empresas ha declarado que no ha solicitado o tiene previsto solicitar patentes para proteger invenciones o innovaciones desarrolladas en su empresa relacionadas con Industria 4.0.

GAP TECNOLÓGICO

Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas

Con el objetivo de obtener una imagen representativa de la madurez en la implantación de Industria 4.0 del sector aeronáutico gallego, se ha categorizado la madurez de la implantación de cada una de las tecnologías habilitadoras de Industria 4.0 en las empresas encuestadas en el estudio. La madurez en la implantación de cada una de las tecnologías se clasificó en cuatro grados, siendo 1 el más bajo y 4 el más alto, siguiendo las categorías establecidas en las tablas que se recogen a continuación.

Automatización y robótica avanzada y colaborativa

Grado	Definición
4 (Alto)	Toda la información obtenida de forma automática de los procesos productivos se utiliza para la gestión de la producción
3	El grado de automatización es alto en general en todo la planta de producción, aunque no se obtiene información de forma automática de todos los procesos
2	Se han realizado implantaciones o experiencias piloto en alguna etapa del proceso
1 (Bajo)	Muy poco/nada

Human Machine Interaction (Wearables, Realidad Aumentada/Virtual, Exoesqueletos)

Grado	Definición
4 (Alto)	Está implantado el uso habitual de las tres herramientas HMI consideradas (<i>wearables</i> , realidad aumentada/virtual y exoesqueletos) en determinados puestos clave del proceso por aspectos como carga ergonómica, criticidad de la gama de operación, etc.
3	Está implantado el uso habitual de una/dos de las tres herramientas HMI consideradas (<i>wearables</i> , realidad aumentada/virtual o exoesqueletos) en determinados puestos clave del proceso por aspectos como carga ergonómica, criticidad de la gama de operación, etc.
2	Se han realizado <i>tests</i> o pruebas piloto sobre la implantación de alguna de las herramientas HMI consideradas (<i>wearables</i> , realidad aumentada/virtual o exoesqueletos)
1 (Bajo)	No se emplea ninguna de las herramientas consideradas para la mejora interacción hombre-máquina en un entorno 4.0

Sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT)

Grado	Definición
4 (Alto)	<ul style="list-style-type: none"> Se dispone de una visión en tiempo real del estado de la planta y se pueden hacer cambios de forma dinámica sobre la planificación y las órdenes de producción. Los equipos y maquinaria de producción están totalmente digitalizados. La maquinaria de producción dispone de sistemas inteligentes que interactúan con la máquina a través de sensores y actuadores y envían la información a sistemas de gestión de la producción La información fluye de forma automática entre los distintos sistemas TIC de la compañía (por ejemplo, los planos CAD de los productos se envían a las máquinas de producción de forma automática a través del ERP o del MES)
3	<ul style="list-style-type: none"> Sólo se dispone de visión en tiempo real de algunas de las operaciones o de las líneas de producción Se dispone de un MES que captura parte de los datos del proceso productivo de forma automática y se comunica con el ERP, pero existen parámetros de producción que aún no se están capturando
2	<ul style="list-style-type: none"> La maquinaria de producción dispone de sistemas inteligentes que interactúan con la máquina a través de sensores y actuadores pero esta información se almacena en los autómatas de las máquinas o en la celda de producción y no se envían la información a sistemas de gestión de la producción La información de producción se introduce en los sistemas de gestión de la compañía (MES, ERP) principalmente de forma manual, no se obtiene de forma automática de los procesos productivos
1 (Bajo)	<ul style="list-style-type: none"> Las máquinas de producción no disponen de sistemas inteligentes que interactúan con la máquina a través de sensores y actuadores No existe un intercambio automático entre los sistemas de información de la empresa No se dispone de visión en tiempo real del estado del proceso productivo a través de sistemas TIC. Se generan informes diarios o semanales de indicadores de producción

Fabricación aditiva

Grado	Definición
4 (Alto)	La fabricación aditiva permite en el proceso productivo la personalización del producto con una total flexibilidad en el diseño y construcción
3	La fabricación aditiva permite llevar a cabo prototipos funcionales, sin necesidad de fabricar utillajes
2	La fabricación aditiva se emplea para repuestos, trabajos de reparación, prototipos no funcionales, etc.
1 (Bajo)	No se emplea la fabricación aditiva

Tecnología de materiales inteligentes

Grado	Definición
4 (Alto)	Los procesos productivos integran sensores y actuadores inteligentes en un entorno interconectado
3	Se emplean soluciones inteligentes en productos y/o procesos, pero no en un entorno interconectado
2	Se emplean soluciones inteligentes con funcionalidades ad hoc en los productos
1 (Bajo)	No se emplea tecnologías de materiales inteligentes

Logística avanzada (AGV's, UAV's -Drones-)

Grado	Definición
4 (Alto)	Está implantado el empleo de AGV's y UAV's en determinados procesos logísticos y/productivos
3	Está implantado el empleo de AGV's en determinados procesos logísticos y/productivos
2	Se han realizado tests o pruebas piloto sobre la implantación de alguna de las herramientas de logística avanzada consideradas (AGV's, UAV's -Drones-)
1 (Bajo)	No se emplea ninguna de las herramientas de logística avanzada consideradas

Modelización, simulación y virtualización de procesos

Grado	Definición
4 (Alto)	Se emplea modelización, simulación y virtualización de procesos en: diseño de producto, optimización de las líneas de producción y eficiencia energética, logística y formación
3	Se emplea modelización, simulación y virtualización de procesos en: diseño de producto y optimización de las líneas de producción
2	Se emplea modelización, simulación y virtualización de procesos en: diseño de producto
1 (Bajo)	No se emplea modelización, simulación y virtualización de procesos

Big Data, Cloud Computing y Data Analytics

Grado	Definición
4 (Alto)	Los datos son el principal motor de valor del modelo de negocio y estos son almacenados en la nube y en <i>datacenters</i> externos. Emplea técnicas de análisis de datos para adquirir información del proceso productivo a través de procesado en la nube
3	Los sistemas de gestión empresarial y de análisis de negocio tienen acceso a todos los datos de los procesos de negocio y dicha información no se utiliza para descubrir información en los procesos
2	La información dentro de un mismo nivel en la pirámide de producción se genera y almacena muchos casos en sistemas aislados, no interconectados imposibilitando la adquisición de conocimiento entre diferentes procesos
1 (Bajo)	Se obtiene datos de forma manual y la información de la empresa se encuentra en servidores en planta

Safety & Security

Grado	Definición
4 (Alto)	<ul style="list-style-type: none"> • Safety: <ul style="list-style-type: none"> ○ Se dispone de elementos activos que monitorizan parámetros críticos asociados a la seguridad de los empleados, y actúan sobre el proceso productivo en caso de riesgo ○ Se monitorizan parámetros de salud de los operarios. Se dispone de un sistema de alertas ante la detección de riesgo para un operario individual • Security: <ul style="list-style-type: none"> ○ Se realiza una vigilancia activa de los riesgos de seguridad informática y se lanzan alertas cuando se detectan incidencias ○ Existe un plan de contingencia definido ante incidentes de seguridad informática
3	<ul style="list-style-type: none"> • Safety: <ul style="list-style-type: none"> ○ La maquinaria de producción dispone de elementos activos para reducir riesgos de accidentes ○ Se realizan controles / revisiones / valoraciones cada cierto tiempo de la política de seguridad ○ Se monitorizan parámetros ambientales que pueden afectar a la salud de los operarios (gases, ruidos, temperatura, humedad, etc.). Se dispone de un sistema de alertas ante la detección de riesgo para los operarios en una zona de la planta • Security: <ul style="list-style-type: none"> ○ Están definidos los procesos críticos del negocio y se encuentra especificada una normativa para la prevención de intrusiones ○ Se han establecido responsables de seguridad informática y sus responsabilidades ○ Se realizan controles / revisiones / valoraciones cada cierto tiempo de la política de seguridad ○ Se guarda registro de las actividades de interés para seguridad informática (logs de acceso a recursos, trazas de red, ...) y se analizan ante la detección de incidencias
2	<ul style="list-style-type: none"> • Safety: <ul style="list-style-type: none"> ○ Se han identificado los riesgos principales para la seguridad ○ Se dispone de elementos pasivos para reducir riesgos de seguridad (marcas en el suelo para delimitar zonas, barreras de paso, etc.) ○ Se hace una vigilancia activa del seguimiento de normas de seguridad (uso de EPIs, correcto uso de equipos industriales, etc.) ○ La maquinaria de producción dispone de elementos pasivos para reducir riesgos de accidentes • Security: <ul style="list-style-type: none"> ○ Existe una política de seguridad informática en la compañía y se realiza una vigilancia activa del cumplimiento de las normas de seguridad ○ Todo el personal conoce las normas y la política de seguridad informática ○ Existe un sistema centralizado de identificación de usuarios y control de accesos

1 (Bajo)	<ul style="list-style-type: none"> • Safety: <ul style="list-style-type: none"> ○ Se dispone de una normativa de seguridad y PRL. Se ha formado a los operarios en PRL. La responsabilidad de seguir las normas de seguridad recae fundamentalmente en los operarios • Security: <ul style="list-style-type: none"> ○ Se dispone de herramientas básicas de seguridad informática a nivel de equipos y servidores de la compañía (antivirus, firewall)
----------	--

Una vez categorizadas las diferentes empresas encuestadas del sector, **se compara la madurez con el grado de madurez de las mejoras prácticas en el sector**, obtenido a través de un análisis de la implantación de las tecnologías en empresas punteras del sector.

La siguiente tabla muestra el grado de madurez establecido para la **mejor práctica** del sector aeronáutico, en la que **en general el grado de madurez está en el 3** como mejor práctica para la mayoría de las tecnologías excepto para el caso de "modelización, simulación y virtualización de procesos" en la que el sector sitúa su mejor práctica en un 4 debido a la importancia que esta tecnología tiene en el sector, sobre todo en el segmento de industria aeronáutica, para unir las actividades de diseño con producción. Por su parte, aunque existen buenas prácticas de uso de algunas tecnologías de HMI en el sector, como el uso de Realidad Aumentada para el apoyo a operarios en la construcción de aeronaves, en general no es una tecnología que se plantee como clave para el sector a corto-medio plazo.

Grado de madurez tecnológica del sector AERONÁUTICO	Grado de madurez - MEJOR PRÁCTICA
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	3,00
Human Machine Interaction (Wearables, Realidad Aumentada/Virtual, Exoesqueletos)	2,00
Sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT)	3,00
Fabricación aditiva	3,00
Tecnología de materiales inteligentes	3,00
Logística avanzada (AGV's, UAV's -Drones-)	3,00
Modelización, simulación y virtualización de procesos	4,00
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	3,00
Safety & Security	3,00

La ilustración 59 muestra la **comparación entre la media de la madurez del sector en Galicia frente a la mejor práctica a nivel internacional**. De nuevo, de igual modo que en el resto del diagnóstico, las particularidades del sector aeronáutico gallego y de la **heterogeneidad** de las empresas que participaron en este estudio se ven reflejados en esta gráfica de madurez.

Por un lado, se puede destacar que **aún existe en media un bajo grado de implantación de las tecnologías de Industria 4.0 en el sector**, lo cual es consistente con el pequeño tamaño de muchas de las empresas de la muestra y con el hecho que en función del segmento (industria aeronáutica vs UAS) el interés de las empresas y la madurez para las diferentes tecnologías difiere considerablemente.

Es particularmente significativa la poca madurez media en la tecnología de automatización y robótica avanzada y colaborativa; este hecho se debe principalmente al efecto que tienen las empresas del segmento de UAS en la media. Por otro lado, en media existe un amplio campo de mejora en la tecnología de materiales inteligentes, que se percibe como una tecnología que puede tener un impacto significativo en el sector (tanto para el desarrollo de sensórica inteligente como para tratamientos superficiales de componentes); en general se trata de una tecnología en la que las empresas muestran interés, de la que conocen su potencial y con la que han empezado a trabajar.

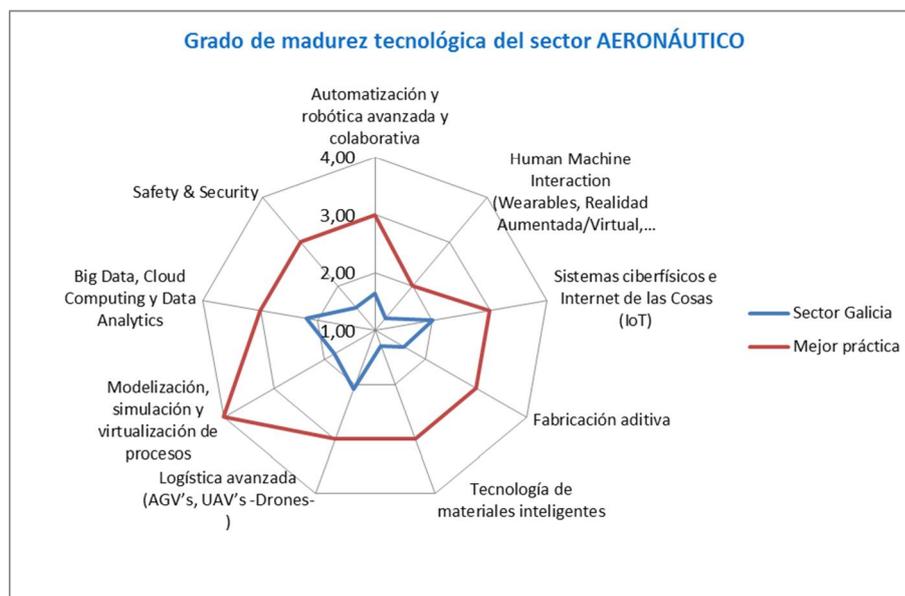


ILUSTRACIÓN 59: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DEL SECTOR AERONÁUTICO GALLEGO

Para obtener una mayor granularidad de este GAP tecnológico, se ha dividido a las empresas encuestadas en **tres categorías**:

- Empresas **líderes** del sector en Galicia
- Empresas **intermedias**
- Empresas **menos avanzadas**

Las siguientes figuras representan el GAP tecnológico para cada uno de estas categorías, comparándolo en cada uno de los casos con la mejor práctica a nivel internacional.

En el caso de las **empresas líderes** (ilustración 60), se puede ver que en media las empresas líderes en Industria 4.0 **superan en algunos casos las mejores prácticas del sector, en particular para las tecnologías de IoT, Big Data, Cloud Computing y Data Analytics, y Safety & Security**. Este hecho se debe al reducido número de empresas consideradas como líderes en el sector que participaron en la encuesta y a que varias de ellas son empresas TIC, para las que estas tecnologías son claves. Este mismo hecho provoca una distorsión en lo que debería ser el GAP tecnológico con respecto a la automatización avanzada.

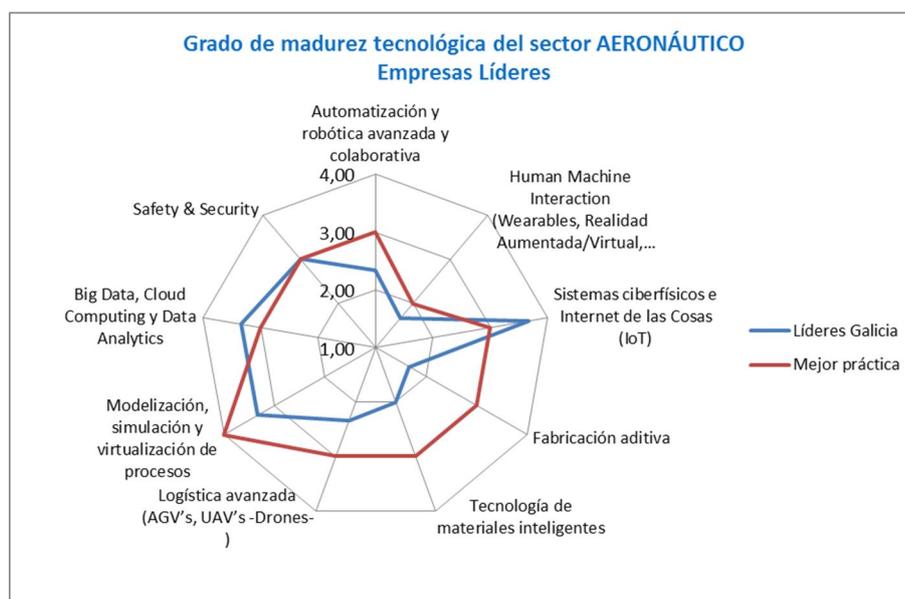


ILUSTRACIÓN 60: GRADO DE MADUREZ DE LAS EMPRESAS LÍDERES DEL SECTOR AERONÁUTICO

A nivel de las **empresas intermedias**, existe, como era de esperar, un mayor **GAP tecnológico con respecto a las mejores prácticas a nivel internacional**. Al igual que se comentó anteriormente, la participación en la muestra de empresas del segmento UAS hace que exista un **significativo GAP con una de las tecnologías importantes en el sector, como es la automatización y robótica avanzada y colaborativa**. Es remarcable que las empresas están en un **nivel de madurez relativamente bueno para las tecnologías de IoT, Big Data y Logística avanzada** (sobre todo por la parte de UAS). Sin embargo, existe un **profundo GAP a nivel de Safety & Security**, debido principalmente a las deficiencias en la parte de seguridad digital y al hecho de que en Safety las empresas suelen estar centradas en cumplir la normativa de seguridad industrial aplicable, pero en general carecen de implementaciones de seguridad industrial activa.

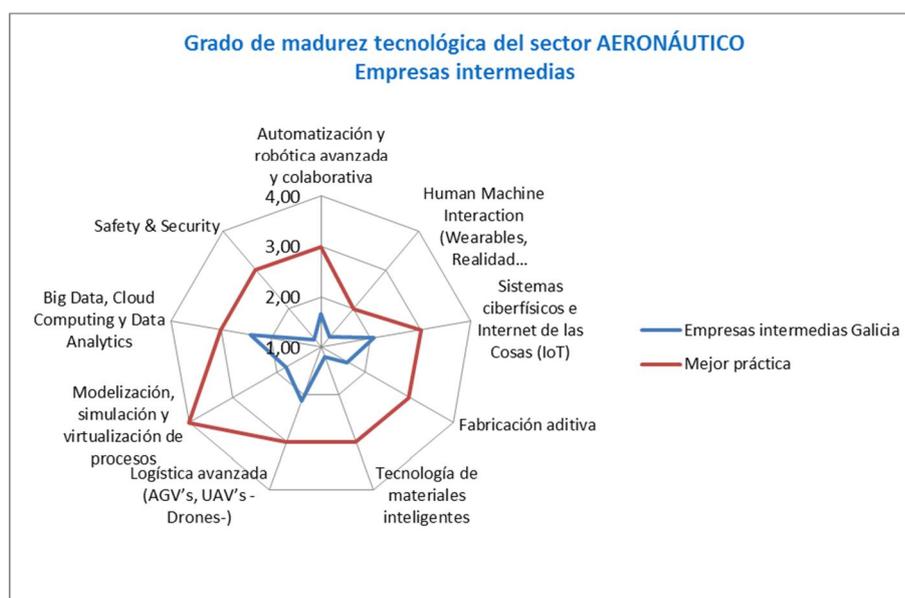


ILUSTRACIÓN 61: GRADO DE MADUREZ DE LAS EMPRESAS INTERMEDIAS DEL SECTOR AERONÁUTICO

La ilustración 62 muestra el GAP tecnológico para las **empresas consideradas como “menos avanzadas”** en la implantación de la Industria 4.0 en Galicia. En general se trata de **pequeñas empresas o micropymes que están empezando a utilizar algunas de las tecnologías**, pero que en general tienen un **amplio margen de mejora**. En esta situación están muchas las micropymes del segmento de UAS, lo que explica una **puntuación ligeramente superior en la tecnología de Logística avanzada**, por el uso que actualmente ya están haciendo de los UAS, no tanto para procesos de logística, sino sobre todo como una parte de sus productos o servicios.

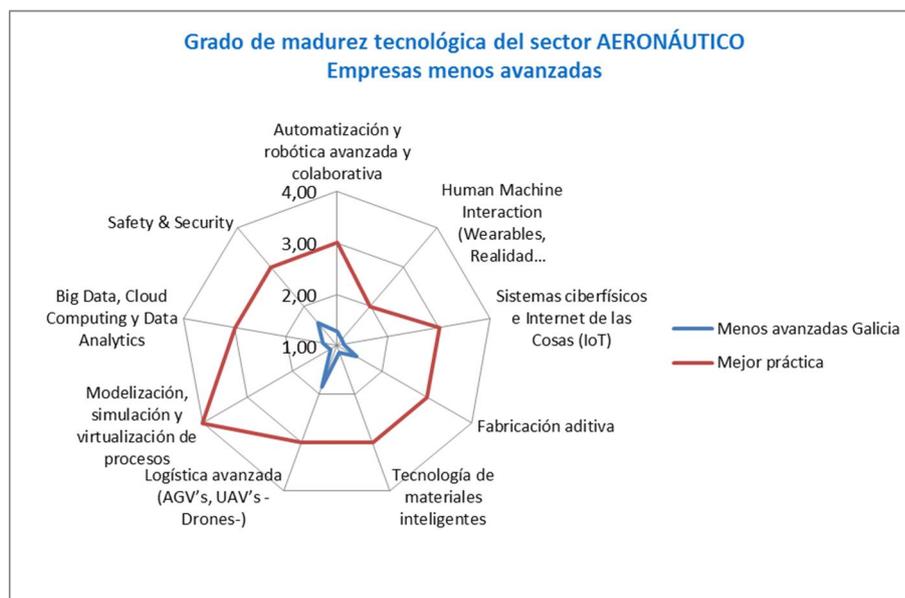


ILUSTRACIÓN 62: GRADO DE MADUREZ DE LAS EMPRESAS MENOS AVANZADAS DEL SECTOR AERONÁUTICO

COMPARATIVA DE LAS EMPRESAS POR SEGMENTO

Las siguientes figuras muestran los **grados de madurez para el sector** aeronáutico, dividiendo esta vez las empresas encuestadas en los dos principales **segmentos de actividad**:

- Segmento **industria aeronáutica** (ilustración 63)
- Segmento **UAS** (ilustración 64)

En este caso, se puede comprobar que las empresas de la **industria aeronáutica**, aunque aún tienen campo de mejora en la tecnología de automatización avanzada, sí **tienen en media un nivel de madurez significativo**. Tal y como se comentó en el apartado de tecnologías, este segmento está también bastante interesado en la tecnología y con un grado de madurez relativamente buena en la tecnología de Modelización, y simulación y virtualización de procesos. Además, la implantación de nuevas máquinas de producción automática, la necesidad de unir los sistemas de información de los procesos de diseño y logística y la necesidad de optimizar los procesos productivos hacen que la industria aeronáutica esté alcanzando un aceptable grado de implantación en las tecnologías de IoT y *Big Data, Cloud Computing y Data Analytics*. **Como una de los principales gaps con respecto a las mejores prácticas se puede señalar tal vez el uso de materiales inteligentes**; esto se debe en parte al hecho de que, aunque para esta

industria es una tecnología con un importante potencial, en muchos casos parte de la responsabilidad de la introducción de este tipo de tecnologías en la cadena de valor va a venir en el sector de la mano de los OEMs y Tiers de nivel superior.

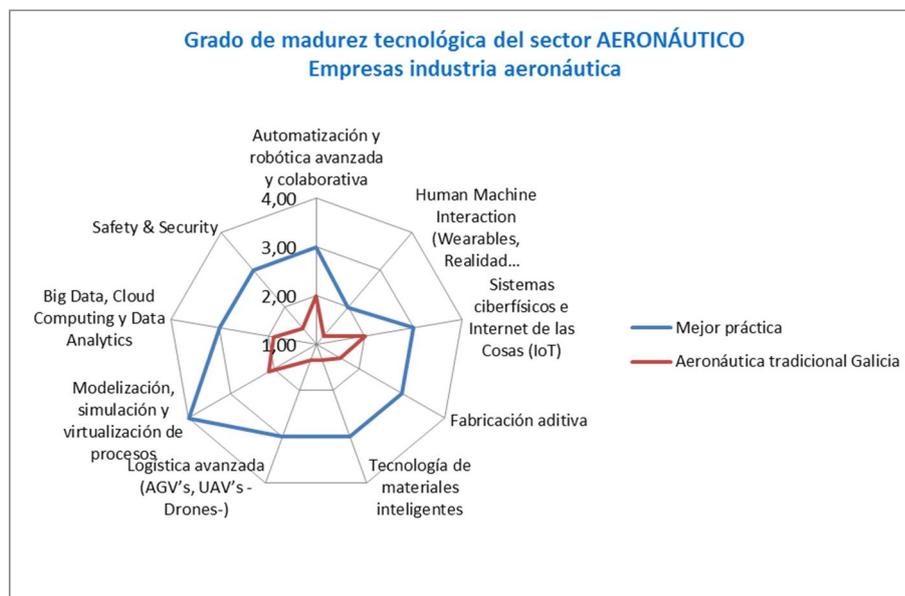


ILUSTRACIÓN 63: GRADO DE MADUREZ DE LAS EMPRESAS DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA

La siguiente gráfica muestra el GAP de madurez tecnológica para el **segmento de UAS**. Por las características de este segmento, se puede ver que **en media están bastante avanzados en la implantación de tecnologías de IoT, Big Data, Cloud Computing y Data Analytics, y Logística avanzada**, mientras muestran un mayor GAP con respecto a otras tecnologías de fabricación avanzada.

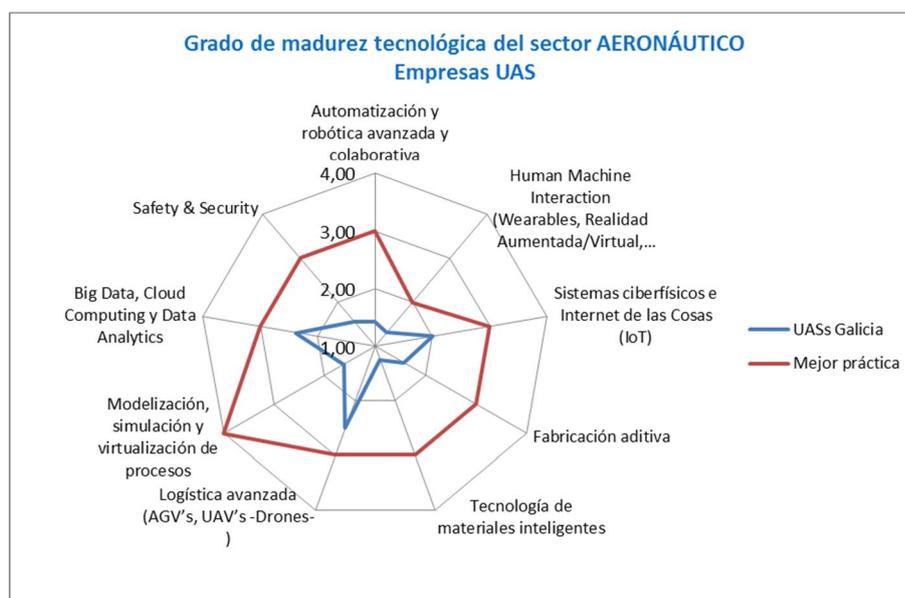


ILUSTRACIÓN 64: GRADO DE MADUREZ DE LAS EMPRESAS DEL SEGMENTO UAS

OPORTUNIDADES DE MEJORA

ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0

Entre las principales **motivaciones para el despliegue de la Industria 4.0**, una amplia mayoría manifestó el incremento de la **eficiencia de los sistemas productivos** y el **incremento de los beneficios** de la empresa como dos factores clave, con un 75% y un 54% respectivamente de las respuestas.

Es destacable que, a diferencia de otros sectores industriales, las empresas del sector aeronáutico también señalaron de un modo significativo el potencial **impacto de la Industria 4.0 no sólo en su modelo productivo, sino también en sus productos y servicios**, identificando como motivaciones:

- La generación de nuevos modelos de negocio: 46%
- Generar nuevos productos: 38%
- Incrementar las ventas: 21%

Las motivaciones asociadas a productos y servicios están muy ligadas al segmento UAS y a las empresas que ofrecen productos a la industria aeronáutica (software o maquinaria de producción).



ILUSTRACIÓN 65: PRINCIPALES MOTIVACIONES PARA EL DESPLIEGUE DE LA INDUSTRIA 4.0

En cuanto a la implantación de la Industria 4.0 en el sector se pidió a las empresas que se situasen en alguna de las siguientes **fases de implantación**:

- Fase 0 – No hemos realizado ninguna acción
- Fase 1 – Somos conscientes de la importancia, pero no se ha iniciado ninguna acción
- Fase 2 – Se han empezado a realizar algunas acciones
- Fase 3 – Se ha definido un roadmap
- Fase 4 – Se ha desarrollado un plan de negocio
- Fase 5 – Se está implantando el roadmap según el plan de negocio

Un 48% de las empresas indicaron que se encuentran en la Fase 2, en la que ya han empezado a hacer algunas acciones. Es significativo que un 20% de los encuestados declare estar en la Fase 5, lo cual se

corresponde con las empresas manufactureras más avanzadas en la implantación y empresas TIC que ofrecen servicios avanzados al sector aeronáutico o que están dentro del segmento de UAS.

En todo caso, sólo un 16% de los encuestados indicaron que no se había realizado ninguna acción (Fase 0 y Fase 1), lo cual indica que **se trata de un sector bastante concienciado con la importancia que la Industria 4.0** puede tener para su futura competitividad y que ya ha empezado a hacer algunas actividades.

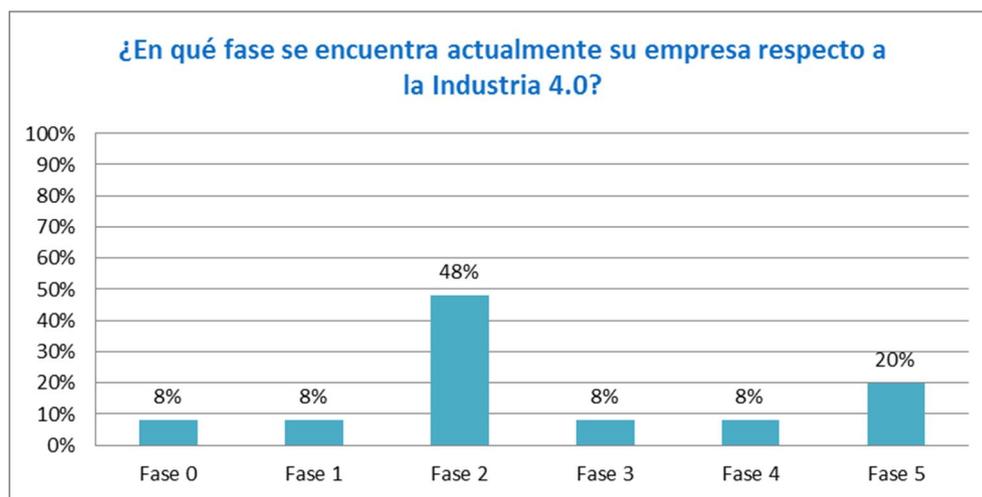


ILUSTRACIÓN 66: ¿EN QUÉ FASE SE ENCUENTRA ACTUALMENTE SU EMPRESA RESPECTO A LA INDUSTRIA 4.0?

Tal y como se comentó con anterioridad, **en la industria aeronáutica la innovación y la mejora continua del proceso productivo son factores clave** para la competitividad en el sector, en el que la tendencia es cada vez más a que los OEMs repartan el riesgo de innovar con la cadena de valor. **En el segmento de UAS la innovación en productos y servicios es también fundamental** en un sector en constante desarrollo tecnológico para mantenerse competitivo y diferenciarse de la competencia. Esto refleja que **un 44% de las empresas se identifica con una estrategia de innovador** (Líder tecnológico) para afrontar la implantación de la Industria 4.0.

Otro grupo importante de empresas está siguiendo una estrategia de racionalización (39%) para la implantación de la Industria 4.0, seleccionando tecnologías específicas clave para mantener la posición competitiva y eliminar aquellas otras no defendibles. En cierta medida esta estrategia se debe a la **incertidumbre** que existe sobre la aplicabilidad y el retorno de la inversión de muchas de las tecnologías habilitadoras de Industria 4.0



ILUSTRACIÓN 67: ESTRATEGIA PARA LA INDUSTRIA 4.0

Matriz DAFO

A partir de toda la información recopilada o generada a lo largo de la iniciativa (análisis de la documentación disponible, explotación de la información recabada a través del trabajo de campo) se presenta a continuación un **diagnóstico sintético** sobre la situación del sector de la aeronáutica en Galicia a los efectos de aprovechar las posibles oportunidades ofrecidas por las tecnologías asociadas a la Industria 4.0.

En concreto, el resultado de dicho ejercicio de análisis se sintetiza a continuación siguiendo un esquema **DAFO** (análisis de las Oportunidades, Amenazas, puntos Fuertes y puntos Débiles). DAFO es una herramienta simple pero tremendamente útil y práctica que consiste en la clasificación de los distintos problemas y virtudes vinculadas con este sector de actividad desde dos puntos de vista: el externo (oportunidades y amenazas), compuesto por todos aquellos elementos no controlables por las empresas del sector, y el interno (puntos fuertes y débiles), aquello que sí es posible controlar o que es intrínseco, los cuales se presentan a través de una **matriz** cuadrada cuya confección permite buscar y analizar, de forma proactiva y sistemática, todas las variables que intervienen, con el fin de disponer de más y mejor información en el momento de tomar decisiones y formular recomendaciones de actuación.

Además, dadas las significativas diferencias existentes entre los dos grandes segmentos del sector con presencia en Galicia, **se presentan también por separado los DAFO para cada uno de ellos: Aeronáutica Tradicional y UAS.**

INDUSTRIA AERONÁUTICA

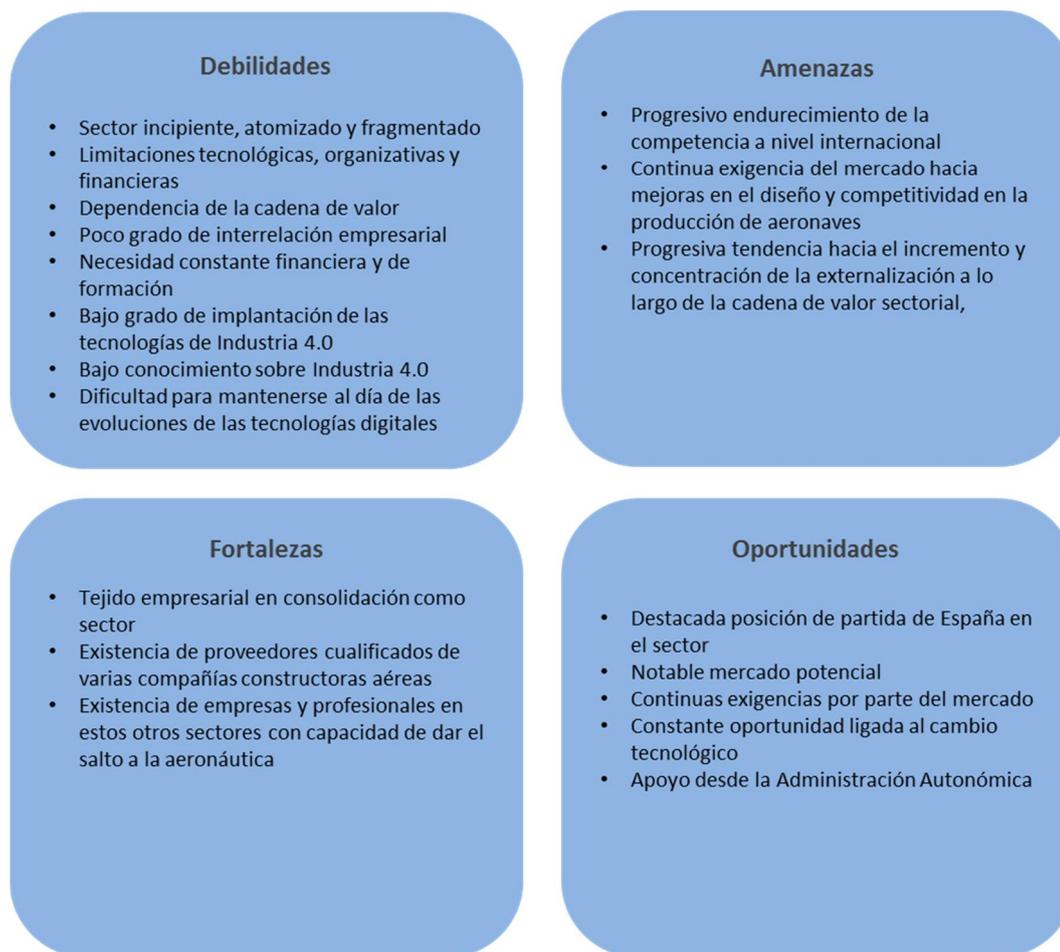


ILUSTRACIÓN 68: DAFO INDUSTRIA AERONÁUTICA

DEBILIDADES

- **Sector incipiente y por lo tanto todavía atomizado y fragmentado**, en el que está operando un reducido número de empresas (algunas de ellas especializadas y otras diversificadas desde otros sectores) y donde la mayor parte son PYMEs.
- Dicha dimensión y caracterización les genera importantes **limitaciones tecnológicas, organizativas y financieras**.
- En consecuencia, existe un **limitado número de TIER 1** y, por lo tanto, su **dependencia de las empresas tractoras** es elevada, ya que también **su cartera de clientes está poco diversificada**.
- Mantienen un **escaso grado de interrelación y articulación** entre ellas, por lo que también se encuentran con muchos **problemas para internacionalizarse**.
- El **acceso a la financiación** y las **constantes necesidades de formación** son factores críticos para su desarrollo.
- Todavía existe en media un **bajo grado de implantación de las tecnologías de Industria 4.0** en el sector, siendo particularmente significativa en la tecnología de automatización y robótica avanzada y colaborativa. Un porcentaje todavía relevante de las empresas reconocen no haber realizado por el momento **ninguna acción en materia de Industria 4.0**.

- Existe todavía un porcentaje relevante de empresas que manifiestan disponer de un **bajo conocimiento sobre el nuevo paradigma industrial de la Industria 4.0**. De hecho, entre las barreras para un correcto aprovechamiento de las tecnologías 4.0 se mencionan el desconocimiento del impacto de la Industria 4.0 por parte de la dirección de las compañías, la incertidumbre sobre el retorno de la inversión y la falta de recursos internos capacitados para la implantación de dichos procesos. Además, la mayoría de las empresas consultadas reconocen no haber realizado formación específica a sus empleados en materia de Industria 4.0.
- Para muchas compañías, y especialmente las pymes resulta especialmente **difícil mantenerse al día de las evoluciones de las tecnologías digitales** y decidir en qué momento invertir en ellas.

AMENAZAS

- **Progresivo endurecimiento de la competencia a nivel internacional**, debido a la existencia de países con fuerte tradición al máximo nivel (Reino Unido, Francia, Alemania, Estados Unidos...) o a un segundo nivel (Polonia, República Checa...), entrada de las economías emergentes (China, Rusia, India, Golfo Pérsico, América Latina...), limitado grado de protección del mercado europeo, negativo comportamiento del tipo de cambio euro/dólar, propensión creciente hacia la multideslocalización de actividades por parte de los fabricantes...
- **Continua exigencia del mercado hacia mejoras en el diseño y competitividad en la producción de aeronaves**, presión de las compañías aéreas low cost sobre el precio de las unidades, progresiva exigencia para la reducción del coste del ciclo de vida de las aeronaves...
- **Progresiva tendencia hacia el incremento y concentración de la externalización a lo largo de la cadena de valor sectorial**, lo cual conduce a una especialización de los fabricantes, a una concentración de la externalización en un reducido número de proveedores de primer nivel los cuales deben asumir también cada vez más una parte de la fuerte carga financiera existente e incluso las empresas situadas en los niveles más bajos de la cadena de suministro están comenzando a participar ya de forma coordinada en la concepción y desarrollo de programas y productos desde las primeras fases del diseño, lo que está demandando de los suministradores capacidades crecientes en términos tecnológicos, productivos, financieros, etc., especialmente por los largos retornos de las inversiones acometidas que caracterizan al sector.

FORTALEZAS

- Existencia de un **tejido empresarial en consolidación como sector** a partir de un colectivo de cerca de 30 empresas (20 de ellas certificadas) algunas de las cuales son específicas del sector y otras se encuentran agrupadas en un consorcio formado por empresas con gran experiencia, tradición y capacidad previa en otros sectores (automoción, naval, maquinaria, ingeniería, TIC...), las cuales se apoyan a su vez en otras empresas de menor tamaño, tanto del sector metalmeccánico como del ámbito de la ingeniería constituyendo ya una primigenia cadena de valor sectorial. De hecho, también se están comenzando a materializar algunos movimientos de tipo asociativo (AGASINT...).
- Las empresas más especializadas han alcanzado ya la condición de **proveedoras cualificadas de varias compañías constructoras aéreas** (Airbus, Boeing, Embraer, Bombardier...) a los que ofrecen la gestión integral de paquetes aeronáuticos y, de hecho, el sector en Galicia disfruta de **contratos en vigor** con dichas compañías para los próximos años.
- En el ámbito de los RR.HH. y su capacitación, destaca tanto la **existencia de empresas y profesionales en estos otros sectores con capacidad de dar el salto a la aeronáutica** como la **progresiva ampliación de la oferta educativa** superior en el ámbito de la Ingeniería Aeronáutica y por lo tanto de un

progresivo **aumento del número de alumnos** que deciden estudiar esta especialidad y titularse como profesionales aeronáuticos.

OPORTUNIDADES

- **Destacada posición de partida de España en el sector** gracias a su participación el Consorcio Europeo AIRBUS y en la ESA, al hecho de ser uno de los principales sectores receptores de inversiones de la Administración del Estado y, sobre todo, al hecho de ser la quinta potencia aeronáutica a nivel europeo, de contar con integradores de primer nivel con capacidad de integración completa de aeronaves (ventaja diferencial frente a muchos países industrializados), de mantener una posición destacada en determinados nichos tecnológicos y de productos de alto valor añadido, en los que sus capacidades de servicio y tecnología son reconocidas a nivel mundial, de disfrutar de una sólida posición exportadora...
- **Notable mercado potencial** gracias a las positivas expectativas para el mercado aeronáutico civil en los próximos años ligadas al crecimiento esperado en el tráfico de pasajeros a nivel mundial (cifrado en una media del 4,7% anual en los próximos veinte años), al auge de las economías emergentes como mercado, a la existencia de mercados internacionales emergentes que ofrecen excelentes oportunidades en el campo de la aviación militar, especialmente en el ámbito del transporte (Oriente Medio, Sudeste Asiático, Indonesia, etc.) e incluso a la capacidad del sector aeroespacial para generar conocimiento y tecnologías de vanguardia aplicables hacia otros sectores de actividad (diversificación).
- **Continuas exigencias por parte del mercado** como las mejoras en el diseño y la competitividad en la producción de aeronaves, la oportunidad para orientarse hacia las actividades más innovadoras y de mayor valor añadido, la continua búsqueda de soluciones que disminuyan el consumo y las emisiones de los aviones (sobre todo por el encarecimiento del combustible y por requisitos normativos de carácter ambiental como la iniciativa Clean Sky o el propio Espacio Aéreo Europeo)...
- **Constante oportunidad ligada al cambio tecnológico**, tanto en lo derivado de la investigación sobre nuevos materiales con nuevas o mejoradas propiedades (“materiales inteligentes” con base en aplicaciones nanotecnológicas...), de la progresiva introducción de las tecnologías de “Industria 4.0” (robótica para la automatización de los procesos, la sensórica del contorno de las aeronaves para que estas interactúen de forma dinámica con su entorno, la realidad virtual/aumentada tanto para el testeo de nuevos productos y componentes como para la mejora de la productividad en la cadena de montaje, IoT, *Big Data*, *Cloud Computing*, fabricación aditiva, modelización/simulación/virtualización de procesos...) o incluso de la posible implementación de nuevos procesos, sistemas o tecnologías ya aplicables en otros sectores para su adaptación a la industria aeronáutica.
- **Apoyo desde la Administración Autonómica** para el desarrollo del sector, quien además lo considera uno de los sectores estratégicos para la región (RIS3) y cuyo esfuerzo se materializa a través de diferentes iniciativas que tienen por objeto potenciar el desarrollo del sector mediante la innovación, la generación de conocimiento y la atracción de inversión y tejido empresarial, así como mediante la adopción de un papel de “*early adopter*” de la tecnología UAS en diferentes áreas.

SEGMENTO UAS

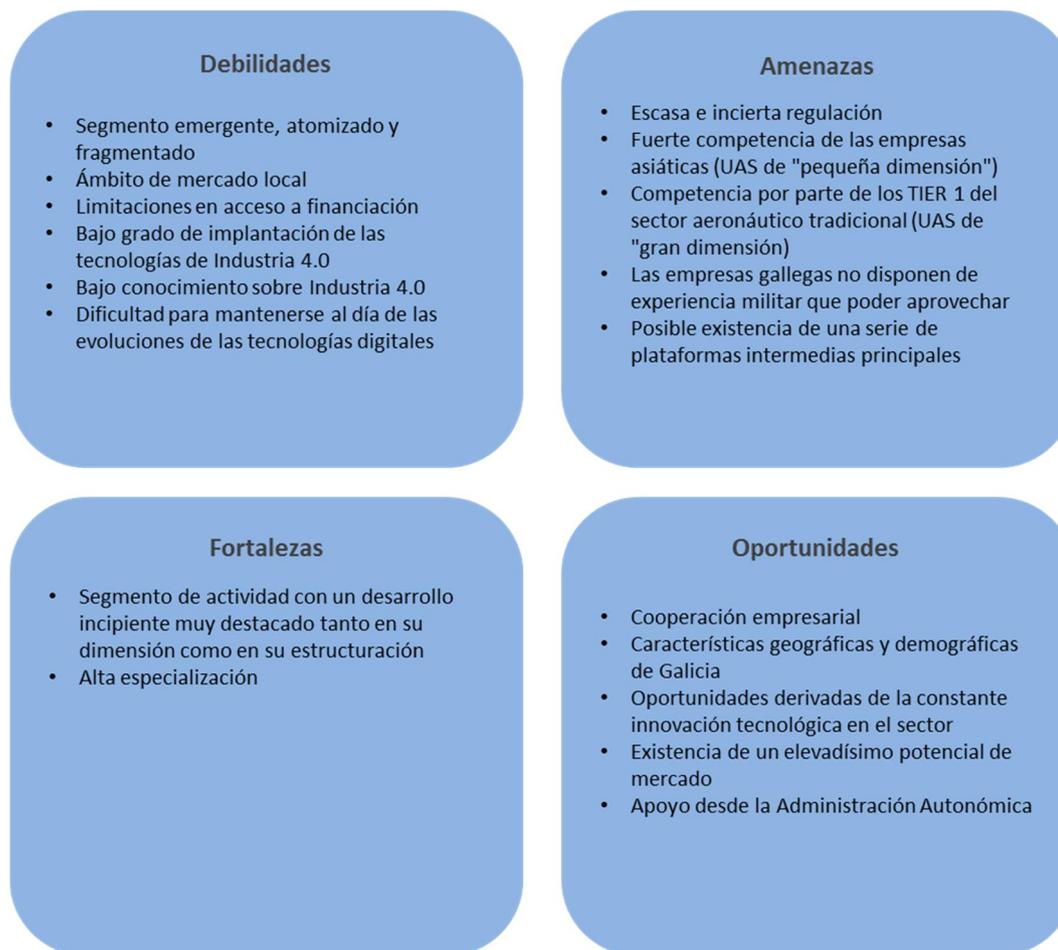


ILUSTRACIÓN 69: DAFO SEGMENTO UAS

DEBILIDADES

- Segmento todavía **emergente** y por lo tanto todavía más **atomizado y fragmentado**, constituido por un destacado número de jóvenes y pequeñas empresas (importante presencia de autónomos, especialmente entre los operadores).
- Dicha limitación de tamaño le condiciona también a la hora de abordar proyectos de cierta dimensión, por lo que **su ámbito de mercado suele reducirse al nivel local** o como mucho regional.
- El **acceso a la financiación** es un factor crítico para su desarrollo.
- Todavía existe en media un **bajo grado de implantación de las tecnologías de Industria 4.0** en el sector, siendo particularmente significativa en la tecnología de automatización y robótica avanzada y colaborativa. Un porcentaje todavía relevante de las empresas reconocen no haber realizado por el momento **ninguna acción en materia de Industria 4.0**.
- Existe todavía un porcentaje relevante de empresas que manifiestan disponer de un **bajo conocimiento** sobre el nuevo paradigma industrial de la Industria 4.0. De hecho, entre las barreras para un correcto aprovechamiento de las tecnologías 4.0 se mencionan el desconocimiento del impacto de la Industria 4.0 por parte de la dirección de las compañías, la incertidumbre sobre el retorno de la inversión y la falta de recursos internos capacitados para la implantación de dichos

procesos. Además, la mayoría de las empresas consultadas reconocen no haber realizado formación específica a sus empleados en materia de Industria 4.0.

- Para muchas compañías, y especialmente las pymes resulta especialmente difícil **mantenerse al día de las evoluciones de las tecnologías digitales** y decidir en qué momento invertir en ellas.

AMENAZAS

- **Escasa e incierta regulación:** ausencia de un marco político y legal en determinadas actividades e incluso dudas en torno a su evolución futura, al igual que sobre lo que ocurrirá con el marco de normalización específico para el sector actualmente en desarrollo.
- **Fuerte competencia de las empresas asiáticas en el segmento de los UAV de “pequeña dimensión”,** con drones profesionales o cuasi profesionales a bajo coste.
- **Competencia por parte de los TIER 1 del sector aeronáutico tradicional en el segmento de los UAV de “gran dimensión”,** los cuales cuentan además con la ventaja de disfrutar de una extensa experiencia en el ámbito militar.
- La tecnología civil en el ámbito de los UAV es todavía incipiente y **las empresas gallegas no disponen de experiencia militar que poder aprovechar.**
- **Posible existencia de una serie de plataformas intermedias principales** sobre las que finalmente haya que llevar a cabo el desarrollo de las diferentes soluciones en materia de UAV.

FORTALEZAS

- Existencia también de un **segmento de actividad con un desarrollo incipiente muy destacado tanto en su dimensión** (165 operadores registrados por la AESA) **como en su estructuración**, ya que la cadena de valor de los UAS en Galicia cuenta con representantes en casi todos sus eslabones (fabricantes, accesorios/SW, distribuidores, operadores) e incluso se están empezando a visualizar operaciones corporativas en este ámbito.
- Destacada **especialización** en la prestación de servicios audiovisuales y de topografía, así como al desarrollo y comercialización de sistemas, principalmente, y dispositivos.

OPORTUNIDADES

- **Cooperación empresarial** como vía para minimizar las limitaciones de tamaño y de ámbito geográfico de operación.
- Por las **características geográficas y demográficas de Galicia** constituye un excelente campo de pruebas para nuevas soluciones tecnológicas en el ámbito de los sistemas aéreos no tripulados.
- **Oportunidades derivadas de la constante innovación tecnológica en el sector:** sistemas completamente autónomos, IoT, dispositivos tomando decisiones en base a datos de sensores y otras fuentes de datos ajenas (climatológicas...), tendencia hacia la incorporación de tecnología redundante que permita que los UAS sean más seguros y fáciles de pilotar, mayor automatización desde el despegue, pilotaje y captura de datos, hasta la capacidad de transmitir esos datos y su análisis, seguridad en la transmisión de la información, bases de datos, *Cloud Computing*, aprendizaje automático...
- **Existencia de un elevadísimo potencial de mercado** cifrado a nivel mundial en cerca de 130 mil millones de dólares y con fuerte previsión de crecimiento en los próximos años ante las múltiples aplicaciones de las tecnologías (monitorización de obras, la inspección de estructuras, pintado, limpieza y rehabilitación con impresión 3D, logística “de proximidad” y logística in situ en fábricas, la provisión de datos geoespaciales para medición de riesgos por parte de aseguradoras, fotografía

aérea y vídeo profesional, inspección de antenas de telecomunicaciones, planeamiento de despliegues de red, servicios de internet en áreas remotas, monitorización de cultivos, dispersión de pesticidas, vigilancia de zonas, planeamiento minero, gestión de explotaciones mineras, gestión forestal...). En concreto, los sectores de infraestructuras/minería y agricultura/medio ambiente parecen ser los segmentos en los que se detecta un mayor potencial a nivel español. Incluso existen notables oportunidades ligadas a su integración con las aeronaves tradicionales.

- **Apoyo desde la Administración Autonómica** para el desarrollo del sector, quien además lo considera uno de los sectores estratégicos para la región (RIS3) y cuyo esfuerzo se materializa a través de diferentes iniciativas que tienen por objeto potenciar el desarrollo del sector mediante la innovación, la generación de conocimiento y la atracción de inversión y tejido empresarial, así como mediante la adopción de un papel de “*early adopter*” de la tecnología UAS en diferentes áreas.

OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS

Al igual que en el caso de la identificación de principales problemas asociados al sector y susceptibles de ser solventados o paliados mediante el uso de tecnologías de Industria 4.0, se consultó a las empresas encuestadas las **alternativas de mejora de los problemas asociados** a los cuatro *value drivers* de la Industria 4.0:

- Calidad
- Producción
- Personas
- Productos y servicios

De nuevo, se trataba de una pregunta abierta en la que las empresas identificaron y describieron alternativas que están considerando. Se definió una categorización y se llevó a cabo una agrupación de las alternativas identificadas en estas categorías, tratando de identificar alternativas de mejora que pudiesen ser aplicables a diferentes empresas del sector.

Los subapartados siguientes describen las alternativas de mejora identificadas para estos cuatro *value drivers*.

Calidad

Las principales **alternativas** identificadas por las empresas para solucionar los problemas asociados a CALIDAD se pueden agrupar en cuatro:

1. Desarrollo de herramientas de automatización de pruebas de calidad
2. Desarrollo de herramientas de aseguramiento y predicción de la calidad mediante monitorización y técnicas de *machine learning*
3. Formación a los operarios para aseguramiento de la calidad
4. Producción automatizada

Las empresas plantean el desarrollado de elementos, tanto a nivel físico como de herramientas software, para facilitar y en la medida de lo posible automatizar el testeo de componentes y productos.

La introducción de herramientas TIC para apoyar al aseguramiento de la calidad y producción, de modo que se automaticen las operaciones de testeo de componentes y productos, reduciría mucho los costes

asociados a las pruebas y de aseguramiento de la calidad. Las **herramientas de aseguramiento de la calidad y de automatización de pruebas de calidad** deben estar unidas a las soluciones de gestión integral de la producción, de modo que se pueda hacer un seguimiento de la calidad, llevar un registro de pruebas que ha superado un determinado componente o producto, complementando la información de trazabilidad.

Por otro lado, a medida que se recoja y se centralice una mayor cantidad de la calidad de los productos y del proceso productivo, el uso de herramientas de analítica de datos permitirá generar información útil para optimizar la calidad y reducir el número de incidencias y de defectos. En este sentido será fundamental la combinación de la implantación de tecnologías de IoT que faciliten la captura de información del proceso productivo con herramientas de *Big Data* y *Data Analytics* que permitan el procesado de esos datos del proceso para obtener información útil para la toma de decisiones.

El **uso de herramientas de machine learning** para, a partir de la información generada en el proceso de producción y de testeo de los productos, información de trazabilidad, información de incidencias y averías de productos, etc. permitirá extraer patrones que faciliten la detección de anomalías en los productos durante su fabricación

La **formación** a los operarios y el desarrollo de soluciones que los empoderen, relacionada con el *value driver* de PERSONAS, permitirá que se reduzcan las incidencias asociadas a la falta de competencias del trabajador o a errores debidos a deficiencias en la información recibida por el operario durante la producción.

Por otro lado, en la medida en que sea susceptible de hacerse, la reducción de las operaciones manuales por **operaciones automatizadas o semiautomáticas** permitiría un nivel de calidad de los componentes o productos producidos con menor variabilidad y menos dependiente de las competencias del operario.

Producción

Para las empresas de manufactura, sobre todo las del segmento de industria aeronáutica, la parte productiva es el bloque central en torno al que gira la empresa, incluso la calidad. La fabricación inteligente tiene que buscar fabricar de forma eficiente y cumpliendo los requisitos del cliente. Asociado a la mejora de la producción se han identificado como potenciales **alternativas**:

1. Mejorar las herramientas de gestión de la producción
2. Integrar las herramientas de gestión empresarial con la cadena de valor
3. Mayor automatización de la producción
4. Mejora de las herramientas de apoyo al operario en producción
5. Formación al operario

Como uno de las herramientas de partida, para las empresas disponer de **aplicaciones de gestión de la producción** (MES, MOM o similares) eliminaría o reduciría una parte de los problemas asociados a la producción. Esto facilita la visibilidad del estado del proceso productivo y la toma de decisiones, su planificación, la trazabilidad de los productos y de los controles de calidad que han superado, etc.

La implantación de tecnologías de IoT facilitaría incrementar los datos que los sistemas de gestión de la producción capturan del proceso productivo y tener así una mayor visibilidad y control sobre el mismo. El

uso de herramientas de tratamiento de datos permitiría extraer información útil para la toma de decisiones de cara a la mejora del proceso productivo.

El desarrollo de interfaces y herramientas que permitiesen una mayor **integración de las aplicaciones de gestión de las empresas con la cadena de valor** permitiría una mayor eficiencia en la producción y una mayor agilidad en el servicio al cliente y en la resolución de problemas. A modo de ejemplo, AIRBUS utiliza un sistema de gestión del ciclo de vida (PLM) que permite la trazabilidad del producto en toda la cadena de valor; para los proveedores de AIRBUS tener sus sistemas de información integrados con el PLM del OEM no sólo permite mejorar el servicio ofrecido al cliente sino también la mejora de su proceso productivo.

En general, las operaciones manuales reducen la competitividad del producto final, debido a que incrementan los costes de producción para grandes volúmenes de producción. Existen operaciones realizadas por puestos con operaciones manuales o semiautomáticas que generan variabilidad en la producción y que en general incrementan las incidencias y la tasa de productos defectuosos producidos. Muchas de estas tareas podrían ser automatizadas, y en este sentido el uso de **sistemas de automatización avanzada y robótica colaborativa** permitiría crear puestos con un mayor grado de automatización y que mantuviesen un alto grado de flexibilidad en la producción.

Por otro lado, disponer de maquinaria de producción avanzada se considera un elemento fundamental para facilitar la integración con los sistemas de gestión de la producción de las empresas, porque con máquinas antiguas que no están preparadas para este tipo de conexión esta integración es más complicada, lo que reduce la capacidad de mejorar la competitividad del proceso productivo.

En las operaciones manuales, el desarrollo de **herramientas de apoyo al operario** permite mejorar su capacidad productiva y reducir las posibilidades de que cometa errores. El apoyo de herramientas software y de automatización reduce las posibilidades de error de los operarios, como en la asignación de productos a lotes de productos, facilitan la trazabilidad del producto y reducen la tasa de errores y defectos de producción. El uso de robótica colaborativa puede ayudar al operario en algunas operaciones, como ensamblado o embalaje.

Por último, la **formación** al operario, es, de nuevo, considerado un elemento clave en un sector en el que la cualificación de los trabajadores se considera fundamental.

Personas

Las **alternativas** de mejora asociadas a las personas ya fueron identificadas y son comunes con los *value drivers* de CALIDAD y PRODUCCIÓN:

1. Desarrollo de herramientas de apoyo al operario
2. Automatización/semiautomatización de puestos de trabajo manuales
3. Formación al personal

Existe una necesidad de incrementar la automatización de los puestos de trabajo, reduciendo los trabajos penosos e incrementando la productividad. El objetivo es mantener la flexibilidad que dan los puestos manuales pero incrementando la eficiencia de los mismos. Las **herramientas de automatización avanzada**

y **robótica colaborativa** son claves a la hora de automatizar estos puestos, bien automatizando completamente la operación o bien dotando al operario de herramientas que le ayuden en la producción.

Existe una necesidad de **formación** técnica enfocada al aprendizaje continuo de los operarios y a la transferencia de conocimiento, para permitir que los trabajadores se adapten a las constantes innovaciones en el proceso productivo.

Las tecnologías de Realidad Aumentada y Realidad Virtual son vistas por las empresas como interesantes para crear **herramientas de apoyo al operario** (sobre todo RA) y formación (RA y RV), aunque en general la visión de las empresas del sector es que se trata de tecnologías aplicables a medio o largo plazo.

Productos y servicios

Asociados a los problemas identificados por las empresas en cuanto al *value driver* de PRODUCTOS Y SERVICIOS, las **alternativas** se pueden categorizar en:

1. Mejora de los sistemas de adquisición de datos (UAS): mejoras en la sensórica, en la automatización del proceso de captura, en la autonomía y en el tratamiento de datos en tierra
2. Incrementar la integración con cadena de valor
3. Incluir IoT en los productos para monitorizar el producto tras la venta y facilitar la oferta de nuevos servicios al cliente
4. Uso de impresión 3D para generación de diseños físicos a partir de modelos virtuales

Con respecto a la mejora de los **sistemas de adquisición de datos** (UAS), estas mejoras pasan tanto por mejoras en el propio UAS como en las herramientas de captura y procesado de datos. Desde el punto de vista del UAS, mejoras en sus baterías permitirían una mayor autonomía de vuelo. Por otro lado, la mayor automatización en el proceso de captura, en la que el operador del UAS cada vez tenga que actuar menos, reduciría el coste de la operación y a su vez mejoraría la fiabilidad de la captura. El uso de nuevos sensores para capturar nuevos tipos de datos y el desarrollo de herramientas de procesado de datos permitiría a las empresas ofrecer nuevos servicios. Por otro lado, el uso de herramientas de automatización del tratamiento de los datos capturados por el UAS mejora la calidad del servicio ofrecido y reduce el tiempo necesario para realizarlo.

Ofrecer servicios de operación y mantenimiento a los clientes puede suponer una ventaja competitiva importante para las empresas y reducir problemas a los clientes, asociados a máquinas que se desgastan y no se detecta el problema hasta que paran o dejan de funcionar correctamente, equipos que empiezan a consumir más energía y no se gestiona de forma adecuada, necesidad de contar con técnicos que realicen el mantenimiento de los equipos,...

Como ya se comentó en el *value driver* de PRODUCCIÓN, la **integración de los sistemas de gestión de la empresa con la cadena de valor** requeriría del desarrollo de interfaces (APIs) que permitan esa integración, de modo que la información fluya entre los sistemas de información de proveedores y clientes a lo largo de la cadena de valor.

Una mayor monitorización de los productos tras su venta permitiría a ofrecer servicios de valor a los clientes. Las **tecnologías de IoT** son un elemento clave en este aspecto, al facilitar la conexión remota con el producto y la captura de información y la actuación durante su ciclo de vida. Incrementar el número de

sensores y actuadores en los productos permitiría una mayor monitorización y control del comportamiento de los productos tras la venta. Ligado a esto, las herramientas de analítica de datos permitirían procesar los datos provenientes del producto para ofrecer servicios de valor, como mantenimiento preventivo, o detectar defectos o incidencias a corregir. Mejora de los sistemas de adquisición de datos (mejoras en la sensorica o en la precisión del sistema de adquisición embarcado).

El uso de tecnologías de fabricación aditiva, como **impresión 3D** plástica, permitiría generar diseños físicos de modelos virtuales. Esto resulta de utilidad en las fases de diseño y prototipado, para definir los requisitos del producto con el cliente. También puede utilizarse para, en el caso de UAS, para ofrecer al cliente un entregable físico que represente el modelo capturado con el UAS.

PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO

Tras un análisis de la situación actual del sector en Galicia, los principales problemas identificados por las empresas y las alternativas de mejora, se han identificado un **conjunto de acciones a corto plazo** que se recogen en este apartado. En cada una de esas acciones se han identificado las actividades asociadas a las propias **empresas** del sector y aquellas actividades que podrían realizar el **sector** o la **administración pública**. Las propuestas están **organizadas siguiendo el orden de acciones a realizar por las empresas para la implantación de la Industria 4.0** y qué apoyos podría dar el sector y la administración.

Nombre	Vigilancia tecnológica sobre Industria 4.0
Descripción	<p><u>Empresas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Participar en foros y eventos de presentación de tecnologías de Industria 4.0. • Hacer un seguimiento del mercado tecnológico para analizar posible interés en tecnologías • Ver demostraciones de tecnologías. • Ver qué se está implantando en otras empresas del sector o de sectores afines. <p><u>Administración o el sector:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilitar informes de vigilancia tecnológica, difusión del concepto de Industria 4.0, promoción de demostraciones tecnológicas, etc.
Razonamiento	<p><u>COSTE: bajo /BENEFICIO: medio</u></p> <p>Para muchas compañías, y especialmente las PYMES es especialmente difícil mantenerse al día de las evoluciones de las tecnologías digitales y decidir en qué momento decidir invertir en ellas. Además, entre las barreras se menciona también el desconocimiento del impacto de la Industria 4.0 por parte de la dirección de las compañías</p>

Nombre	Responsable de Industria 4.0
Descripción	<p><u>Empresas:</u></p> <p>Asignar responsabilidades de Industria 4.0. Crear un grupo de trabajo que analice el posible uso de tecnologías de Industria 4.0 en la empresa, establezca la estrategia y la</p>

	hoja de ruta de la implantación y asigne responsables. Crear la figura del Responsable de Industria 4.0 en la organización como figura que impulse el proceso de implantación.
Razonamiento	<u>COSTE: medio /BENEFICIO: alto</u> Existe un alto desconocimiento de las empresas de las tecnologías de Industria 4.0 y de su potencial uso en su empresa. Muchas empresas están empezando a hacer pruebas con tecnologías y pequeños pilotos, pero que en muchos casos no tienen una estrategia de implantación clara.

Nombre	Alianzas con socios tecnológicos estratégicos
Descripción	<u>Empresas:</u> Para garantizar una implantación con éxito las empresas deben también ir cambiando de un modelo de proveedores de tecnologías y proveedores de consultoría tecnológica y estratégica por modelos de alianza con socios tecnológicos estratégicos que ayuden a la empresa no con una visión a largo plazo.
Razonamiento	<u>COSTE: medio /BENEFICIO: alto</u> La implantación de tecnologías de Industria 4.0 no es un proyecto puntual, sino que las empresas deberán empezar a considerar la adopción de nuevas tecnologías como un proceso continuo de su organización.

Nombre	Incorporación de tecnología (Innovación/Tecnología)
Descripción	<u>Empresas:</u> <ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis de los actuales procesos de la empresas y ver cuáles son susceptibles de automatizar o con potencial de mejora mediante la incorporación de tecnologías. Revisión de la maquinaria y equipamiento de la empresa y establecimiento de un plan de modernización. Realizar un análisis de tecnologías potencialmente utilizables, analizar su retorno de inversión y desarrollar un plan de compra e incorporación de tecnologías. <u>Administración:</u> <ul style="list-style-type: none"> Facilitar herramientas para la incorporación de tecnología 4.0 o los procesos de innovación específica en proceso, producto o modelo de negocio. Proyectos sectoriales o individuales para la implantación de herramientas Industria 4.0 (posibles desarrollos colaborativos e implantación individualizada...).
Razonamiento	<u>COSTE: alto /BENEFICIO: alto</u> Un 16% de las empresas reconocen no haber realizado por el momento ninguna acción

	<p>en materia de Industria 4.0. Un 48% ha empezado con ciertas implantaciones. Todavía existe en media un bajo grado de implantación de las tecnologías de Industria 4.0 en el sector, lo cual es consistente con el pequeño tamaño de muchas de las empresas. En muchos casos es necesario abordar procesos de mejora o modernización previos a la adopción de tecnologías 4.0.</p> <p>Es particularmente significativa la poca madurez media en la tecnología de automatización y robótica avanzada y colaborativa. En todo caso, difiere según el tamaño y naturaleza de la empresa. Los líderes en Industria 4.0 superan incluso las mejores prácticas sectoriales, las intermedias presentan ciertos GAP (especialmente profundo en <i>Safety & Security</i> y las menos avanzadas donde el GAP es todavía relevante dado que todavía están empezando a utilizar dichas tecnologías.</p> <p>AERONÁUTICA: margen de mejora en automatización avanzada y materiales inteligentes. UAS: margen de mejora en tecnologías de fabricación avanzada.</p>
--	--

Nombre	Mejora en las herramientas de acceso a financiación para implantar Industria 4.0
Descripción	<p><u>Administración y sector:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Promover la creación y utilización de instrumentos de financiación para la innovación en producción en el sector: Medidas de soporte a la innovación y Ayudas para inversiones en infraestructura y soluciones TIC. • Formación y asesoramiento específico en materia de vías de financiación. • Apoyo financiero al impulso de la Industria 4.0 en el sector.
Razonamiento	<p><u>COSTE: alto /BENEFICIO: alto</u></p> <p>Dificultades para acceder a la financiación necesaria para llevar a cabo el proceso. Es, además, uno de los dos tipos de apoyo más solicitados junto a la formación. Difícil para las PYMES en muchas ocasiones acceder a financiación para la adquisición o renovación de maquinaria industrial o para la implantación de tecnologías innovadoras.</p> <p>También es necesario que las empresas adquieran un conocimiento más amplio acerca de los distintos tipos de financiación existentes, su coste y su disponibilidad.</p>

Nombre	Participación en proyectos de I+D+i en Industria 4.0
Descripción	<p><u>Empresas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la colaboración con socios tecnológicos (empresas, centros tecnológicos, universidades) para el desarrollo de soluciones innovadoras de Industria 4.0. • Participar en proyectos de I+D+i de Industria 4.0 en colaboración con socios tecnológicos y otros usuarios finales, tanto a nivel nacional como internacional. • Participar en foros y plataformas de innovación sobre Industria 4.0 y

	<p>fabricación avanzada, tanto a nivel nacional como internacional.</p> <p><u>Administración y sector:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer herramientas de apoyo a la creación de proyectos colaborativos de I+D y de innovación en Industria 4.0. • Establecer herramientas para dar a conocer los resultados de proyectos de innovación en Industria 4.0 a los usuarios finales (ferias, demostradores, ...) y promover la transferencia de tecnología.
Razonamiento	<p><u>COSTE: alto /BENEFICIO: alto</u></p> <p>Industria 4.0 es una nueva revolución industrial en ciernes y en los que aún existe un elevado potencial de desarrollo de tecnologías habilitadoras de Industria 4.0. Para las empresas participar en proyectos de I+D+i de Industria 4.0 e involucrarse en su ecosistema de innovación es una forma muy efectiva de estar al tanto de la evolución tecnológica y mantener a la empresas tecnológicamente actualizada, además de ser una vía de identificar y entrar en contacto con nuevos socios tecnológicos.</p>

Nombre	Herramientas de apoyo a la formación
Descripción	<p><u>Administración y sector:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan de formación en Industria 4.0 para el sector: diseño y desarrollo de programas de formación especializada, práctica, útil y adaptada a las necesidades tecnológicas del sector, progresiva adecuación de la oferta de formación reglada orientada al sector, diseño de instrumentos para facilitar la conexión entre el entorno educativo y el sector... • Oferta formativa que debe cubrir las diferentes necesidades: <ul style="list-style-type: none"> ○ Formación a directivos en Industria 4.0. ○ Formación a tecnólogos en Industria 4.0. ○ Formación a operarios para el uso de tecnologías de Industria 4.0.
Razonamiento	<p><u>COSTE: medio /BENEFICIO: medio</u></p> <p>Existe un porcentaje relevante de empresas que manifiestan poco conocimiento sobre el nuevo paradigma industrial, lo que señala un potencial de mejora en este sector (32% conocimiento medio-bajo). Entre las barreras se menciona también la falta de recursos internos capacitados para la implantación de procesos 4.0. Es, además, uno de los dos tipos de apoyo más solicitados junto a la financiación. En concreto, el 72% de los casos no se ha realizado formación específica a los empleados en Industria 4.0</p>

Nombre	Cooperación
Descripción	<p><u>Administración y sector:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Promover relaciones de colaboración entre las empresas del sector como vía para minimizar sus limitaciones de tamaño: asociacionismo, alianzas, consorcios, colaboraciones, fusiones...

	<ul style="list-style-type: none"> • Visión del sector tecnológico como socio estratégico.
Razonamiento	<p><u>COSTE: medio /BENEFICIO: alto</u></p> <p>Pequeño tamaño de las empresas del sector. Se han de acometer acciones de racionalización del tejido auxiliar, favoreciendo acuerdos y alianzas entre las empresas Tier 2 y Tier 3, incluyendo la creación de grupos empresariales más grandes. Es necesario que se desarrolle una industria auxiliar de segundo y tercer nivel más moderna, con tamaños críticos mínimos que permita competir en los mercados internacionales y donde primen la excelencia tecnológica y de costes.</p> <p>Dentro de la cadena de suministro se deben mejorar internamente la comunicación, la logística y el alineamiento estratégico, haciendo posible que a lo largo de la cadena las empresas formen alianzas, se integren y compartan cada vez más la información, el conocimiento, las herramientas y la tecnología aplicada.</p>

Nombre	Apoyo público
Descripción	<p><u>Administración y sector:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe mantener una política pública de apoyo a la industria aeronáutica a largo plazo, que reconozca su papel clave y su carácter estratégico. • Es necesario garantizar una colaboración estratégica y estable a largo plazo entre el sector y las AA.PP. que ayude a disipar las incertidumbres sobre el mantenimiento de las ayudas financieras que se ofrecen para la investigación y el desarrollo tecnológico. • Se deben mantener y promover programas dirigidos específicamente a fomentar las capacidades propias, las actividades de I+D+i, la creación de empleo en el sector aeronáutico, así como el establecimiento de líneas de financiación para nuevos programas a riesgo cada vez de mayor tamaño. • Asegurar una política de compras pública clara y previsible.
Razonamiento	<p><u>COSTE: alto /BENEFICIO: alto</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Importante desconocimiento de varias líneas de financiación pública a la I+D+i. Problemas específicos con los plazos de solicitud, la inexistencia de anticipos, la complejidad del propio proceso de solicitud... • Necesidad de abordar procesos de mejora y modernización incluso previos a la Industria 4.0.

CONCLUSIONES

Las tecnologías de fabricación avanzada están desarrollándose a gran velocidad y su impacto es cada vez mayor en la industria, desde el propio proceso de manufactura, en los productos y en los propios modelos de negocio de las compañías. Para muchas compañías, y especialmente las PYMES, **es especialmente difícil mantenerse al día de las evoluciones de las tecnologías digitales y decidir en qué momento decidir invertir en ellas.**

La Industria 4.0 permitirá optimizar los procesos industriales fundamentales, desde el diseño, producción, logística y servicio. Pero su desarrollo tendrá un **impacto mucho mayor en la industria que la mejora de los procesos industriales** ya que en muchos casos introducirá **cambios en el propio paradigma de fabricación**, en el modo en el que se genera valor y el modelo de negocio con el que se captura ese valor.

El desarrollo de la industria 4.0 está en sus albores y su capacidad transformadora de la industria se irá poniendo de manifiesto a medida que se consolide su implantación. Se espera que el impacto económico de esta nueva revolución industrial sea muy elevado, ya que se considera **que traerá consigo un incremento significativo de la eficiencia operacional así como el desarrollo de nuevos modelos de negocio, servicios y productos.**

La **Industria 4.0 va a suponer un cambio radical en el propio paradigma de producción:** va a afectar al modo en el que se produce, el modo en el que se vende, el modo en el que se relacionan los agentes de la cadena de valor, al propio producto y al modelo de negocio de muchas compañías.

El grado de adopción y el impacto de la industria 4.0 va a depender fuertemente del sector. En una encuesta de PwC de 2015 entre más de 2.000 empresas de nueve sectores industriales y 26 países en diferentes sectores de producción industrial un tercio de los encuestados manifestó que su compañía ya había alcanzado niveles avanzados de integración y digitalización y el 72 por ciento esperaba llegar a ese punto en 2020. En la ilustración 70 se muestra el grado de adopción de la industria 4.0 por sector y el valor esperado para 2020 para los distintos sectores en los que se realizó la encuesta.

El desarrollo de determinadas tecnologías y ciertas tendencias permiten vislumbrar importantes cambios que se van a producir en la industria a corto y medio plazo. La Industria 4.0 se refiere a una revolución industrial que aún no se ha producido. Por primera vez, una revolución industrial se predice a priori y no es observada ex-post. Esto genera importantes oportunidades para aquellas entidades que se adelanten y modelen el futuro.

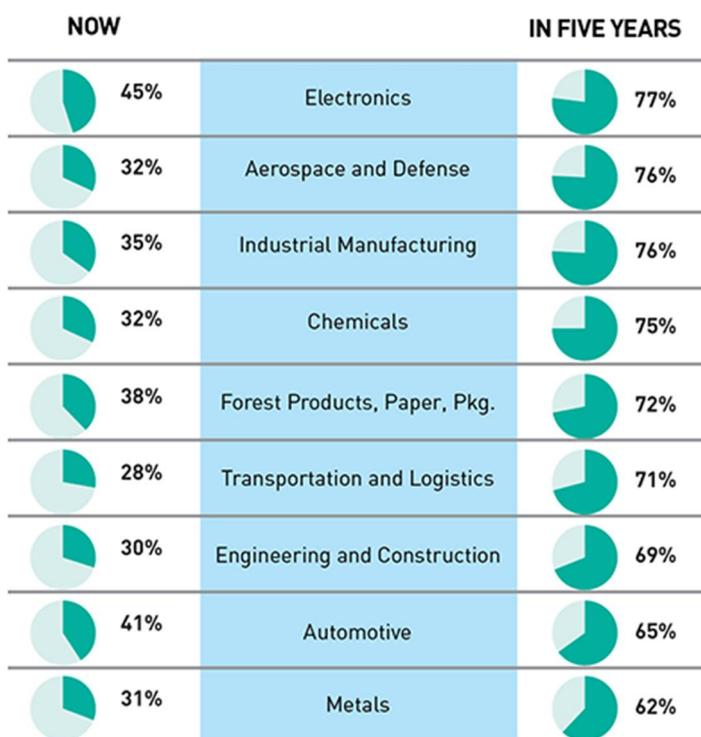
Para las empresas es importante entender qué está posibilitando esta nueva revolución industrial y en qué consiste, para **identificar las oportunidades y amenazas que trae consigo y establecer una estrategia para aprovecharla lo mejor posible.**

La industria está tomando conciencia del impacto que la Industria 4.0 va a tener en sus negocios. Así, por ejemplo, una reciente encuesta de McKinsey⁵ señala que el 89% espera que la Industria 4.0 impacte su efectividad operativa y el 80% prevé que la Industria 4.0 tenga un impacto en su modelo de negocio.

⁵ "Industry 4.0 after the initial hype Where manufacturers are finding value and how they can best capture it", McKinsey, 2016

Exhibit 1: Adoption of Industry 4.0, by Sector

Respondents were asked: "How would you classify the current level of digitization and integration [in operations, supply chain, and related activities] in your company? What levels are you expecting in the next five years?"



Source: "Industry 4.0: Building the Digital Enterprise," PwC

ILUSTRACIÓN 70: GRADO DE ADOPCIÓN DE INDUSTRIA 4.0 POR SECTOR. FUENTE: A STRATEGIST'S GUIDE TO INDUSTRY 4.0

El **aeronáutico es un sector con un gran potencial para la comunidad**, tanto desde el punto de vista de la industria aeronáutica como desde el punto de vista de UAS; es un sector con gran capacidad de crear empleo de calidad y con capacidad exportadora que ofrece, además, una línea de trabajo alternativa para muchas empresas del sector automoción y naval.

La administración pública está potenciando el desarrollo del sector a través de importantes iniciativas como Civil UAVs, **pero las empresas reclaman de la administración un apoyo estratégico para ayudar a su consolidación**. El segmento UAS, por ejemplo, precisa de un mayor número de instalaciones y campos de vuelo para la realización de pruebas que permitan el desarrollo de tecnologías desde Galicia.

El sector aeronáutico gallego, al igual que el resto de sectores industriales, tendrá que enfrentarse a los retos y oportunidades que la Industria 4.0 traiga consigo y las decisiones que se tomen pueden llegar a tener un impacto significativo en la competitividad del sector. Aunque un diagnóstico obtenido a través de encuestas a un sector aporta siempre una foto parcial e imperfecta de su situación, sí que ofrece algunas indicaciones sobre sus debilidades y fortalezas.

En concreto, las empresas plantean como **principales riesgos** para abordar los restos de la Industria 4.0 las **limitaciones para la financiación** y la **incertidumbre sobre el retorno de inversión** en la implantación de

nuevas tecnologías. Y en esta línea, plantea como **principales líneas de apoyo de la administración** para ayudar al sector en la implantación de la Industria 4.0 la **formación cualificada en TIC e Industria 4.0**, las **medidas de soporte a la innovación** y **ayudas para inversiones en infraestructura y soluciones TIC**.

Un mensaje claro es que **no resulta posible dar el salto hacia la Industria 4.0 sin que la empresa disponga de un cierto grado de madurez a nivel de procesos y a nivel de tecnologías de soporte**. En este sentido, el sector de la aeronáutica gallega ha comenzado a realizar pilotos y a explorar el uso potencial de ciertas tecnologías en sus empresas, aunque todavía tiene ante sí un largo camino para la implantación de la Industria 4.0 en el sector.

Las empresas deben entender que **la implantación de la Industria 4.0 no se trata de un proyecto puntual**, sino que constituye un proceso continuo. La evolución del escenario competitivo, de nuevas tecnologías y de nuevos modelos de negocio será constante. Es necesario que las empresas se preparen para un escenario en el que el ritmo de cambios en el entorno competitivo se acelere. **Las empresas deberán ser ágiles y flexibles para adaptarse a estos cambios y sacarles el máximo partido**. Y la infraestructura TIC que utilicen deberá estar preparada para soportar esta evolución: estructura escalable de forma ágil, modular e interoperable.

La **implantación de la Industria 4.0** en las empresas debe ser visto como un **proceso estratégico**, estableciendo un plan para su implantación y constituyendo un equipo responsable de llevarlo a cabo. Ante la incertidumbre de los cambios que provocará la introducción de estas tecnologías, la **observación va a convertirse en algo fundamental**: las empresas deben abordar un análisis interno y externo que les permita identificar las fortalezas y debilidades de la empresa y las oportunidades y amenazas que se abren ante el nuevo escenario.

El éxito de la implantación dependerá en gran medida de dos factores: de las **personas** y de los **partners tecnológicos** en los que se apoye la empresa. Será necesario capacitar a las personas y llevar a cabo una adecuada gestión del cambio, así como apoyarse en los **partners tecnológicos** adecuados para la implantación de tecnologías en la empresa.

El tamaño medio de las empresas del sector es un factor limitante para su competitividad y también una barrera para la implantación de tecnologías de Industria 4.0. En este sentido, la cooperación entre empresas resulta fundamental, tanto a nivel de alianzas entre las empresas del sector como de su cooperación con socios tecnológicos como empresas, centros tecnológicos y universidades.

En este camino, **la administración pública va a desempeñar también un importante rol para favorecer la implantación de la Industria 4.0**. En concreto, el sector reclama instrumentos financieros que permitan a las empresas abordar la modernización de sus tecnologías, un marco de formación para la cualificación de los trabajadores de las empresas y medidas que fomenten la innovación en Industria 4.0.

ANEXO: CUESTIONARIO Y METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN

El sector aeronáutico gallego es un **sector incipiente y formado por un conjunto muy heterogéneo de empresas**. Por un lado, se pueden diferenciar dos segmentos principales de empresas, aquellas que pertenecen a la **industria aeronáutica tradicional** y que actúan como proveedores de distinto nivel dentro de la cadena de valor. Y, por otro lado, se encuentra el segmento de **UAS**, una categoría que está creciendo mucho en los últimos años y que se está convirtiendo en un segmento de alta importancia para Galicia, potenciado, entre otros factores, por iniciativas como Civil UAVs.

Así, dentro de las empresas del sector aeronáutico gallego se podrían categorizar en diferentes **grupos**:

- Usuarios finales.
- Desarrolladores de producto (principalmente UAS) y de tecnología asociada a producto (como desarrolladores de carga de pago).
- Proveedores de componentes para constructores aeronáuticos.
- Empresas de ingeniería y diseño y proveedores de tecnología para el proceso productivo aeronáutico.



Por otro lado, **muchas de las empresas del sector aeronáutico en Galicia no se dedican en exclusiva al sector**, sino que su actividad se reparte entre el sector aeronáutico y otros sectores (como metalmecánico, naval, automoción, TIC,...). De hecho, sólo 3 empresas aparecen en el listado ARDÁN categorizadas dentro del CNAE específico para el sector aeronáutico: *3030 - Construcción aeronáutica y espacial y su maquinaria*.

El resto de empresas asociadas al sector aeronáutico son empresas que dedican una parte significativa de su actividad al sector aeronáutico o que están teniendo un rol importante en el desarrollo del polo aeronáutico gallego. Esto hace que las respuestas de alguna de las empresas encuestadas para el sector aeronáutico se utilizasen en los diagnósticos de otros sectores, principalmente metalmecánico y TIC.

Teniendo en cuenta la **particularidad del sector TIC**, que está formado fundamentalmente por empresas proveedoras de soluciones de Industria 4.0 y no de empresas demandantes de soluciones de Industria 4.0, siguiendo el modelo del cuestionario para empresas industriales se elaboró un cuestionario específico para las empresas de este sector. De modo que **en este diagnóstico se fusionan datos provenientes de dos tipos de cuestionarios**:

- El cuestionario para empresas industriales.
- El cuestionario específico para el sector TIC.

Los cuestionarios a las empresas se organizaron en cuatro grandes bloques:

- **Bloque I - Análisis general:** Datos generales de la organización.
- **Bloque II - Conocimiento general en torno al concepto de Industria 4.0:** Familiaridad con el concepto 4.0 y expectativas asociadas a él, participación en asociaciones y plataformas relacionadas con 4.0, formación en tecnologías 4.0, conocimiento sobre programas de ayudas existentes
- **Bloque III - Análisis del estado actual de la empresa con respecto a Industria 4.0:** Madurez de los procesos de negocio (*Value Drivers* o Elementos Generadores de Valor) y nivel de interés e implantación con las tecnologías emergentes 4.0
- **Bloque IV - Estrategia de implantación de tecnologías:** Estrategia de implantación de tecnologías en industria 4.0: en este punto se consideran cuestiones para conocer las motivaciones, situación actual, barreras y estrategia prevista al respecto del 4.0

Para la realización del diagnóstico al sector aeronáutico se realizaron **reuniones con un total de 25 empresas**, una muestra significativa de un sector que aún es incipiente en la comunidad gallega. Tal y como se explica en el apartado de “Diagnóstico sectorial”, en la selección de las empresas para participar en este estudio se trató de que la muestra representase las características del sector en Galicia. De este modo, una gran mayoría de las firmas son empresas de **tamaño** pequeño (68% de microempresas o pequeñas empresas), frente a un grupo menos numeroso de empresas de tamaño mediano y grande (20% y 12% respectivamente).

En cuanto a la **distribución geográfica** de las empresas, la muestra refleja aproximadamente la distribución de las empresas en la Comunidad Gallega, con una gran concentración de las empresas en A Coruña y Pontevedra y una menor presencia en las provincias de Lugo y Orense:

- 9 empresas en A Coruña
- 2 empresas en Lugo
- 2 empresas en Ourense
- 12 empresas en Pontevedra