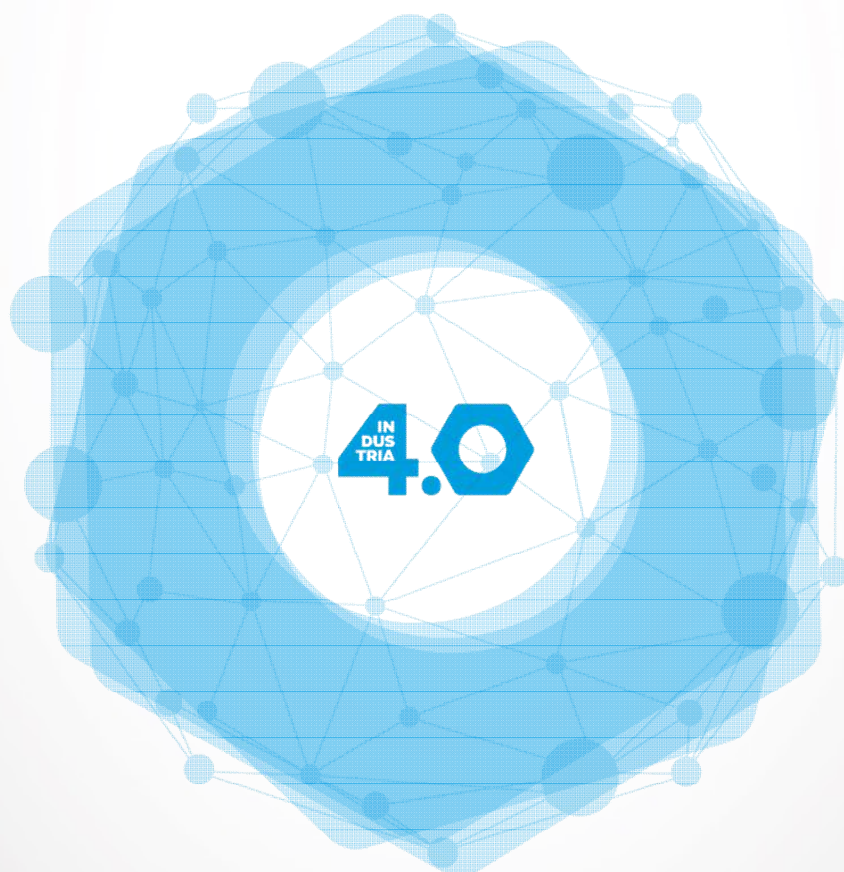




Oportunidades Industria 4.0 en Galicia



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 METALMECÁNICO EN GALICIA	4
1.1. INTRODUCCIÓN	4
1.1.1 Tamaño del sector	5
1.1.2 Tipología de empresas	6
1.2. PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO	9
1.3. CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE	14
2. ANÁLISIS EXTERNO DEL SECTOR METALMECÁNICO	15
2.1. SITUACIÓN GLOBAL	15
2.1.1. Situación nacional del sector Metalmecánico	17
2.2. RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR	21
2.3. MEJORES PRÁCTICAS	22
2.3.1. Automatización avanzada y robótica colaborativa	23
2.3.2. HMI	24
2.3.3. Sistemas Ciberfísicos e IoT	25
2.3.4. Tecnología de materiales inteligentes	26
2.3.5. Fabricación Aditiva	28
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 and Security	31
3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL	33
3.1. FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0	35
3.2. NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL	38
3.2.1. Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes	39
3.2.2. Situación de los indicadores asociados a los Elementos Generadores de Valor	55
3.2.3 Problemas detectados	61
3.2.4 Restricciones o condicionantes identificados	63
3.3. GAP TECNOLÓGICO	64
3.3.1. Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas por tecnologías emergentes, y segmentación del GAP por tramos	68
4. OPORTUNIDADES DE MEJORA	75
4.1. ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0	75

4.1.1.	Matriz DAFO	77
4.2.	OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS	80
4.2.1.	Calidad.....	80
4.2.2.	Producción.....	80
4.2.3.	Personas	81
4.2.4.	Productos y servicios	81
4.3.	PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO.	82
5.	CONCLUSIONES	85
6.	ANEXO. CUESTIONARIO Y METOLOGÍA DE EJECUCIÓN	86
6.1	NÚMERO Y ESTRUCTURA DE LOS CUESTIONARIOS EMPLEADOS.....	86
6.2.	TIPO DE CUESTIONARIO Y TIPO DE ENTREVISTA.....	86
6.3.	NÚMERO DE ENCUESTAS PREVISTAS Y FINALMENTE REALIZADAS.....	87
6.4	REPRESENTATIVIDAD DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS:	87
6.5	PROCESO CONCERTACIÓN DE ENTREVISTAS:	87

1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR METALMECÁNICO EN GALICIA

1.1. INTRODUCCIÓN

No es sencillo encontrar una definición para el **Sector Metalmecánico**, ya que engloba a un conjunto de actividades económicas muy heterogéneas pero con un alto grado de integración entre todas ellas, que permite aprovechar sus sinergias. Esto permite a las empresas que forman este sector, beneficiarse del desarrollo de actividades y tecnologías innovadoras, pues todas ellas tienen en común la fabricación, reparación, instalación o comercialización de productos desarrollados con una misma materia prima: los metales. Desde el acero o el cobre hasta el oro pasando por el zinc o el aluminio.

El sector metalmecánico es un sector muy amplio, diversificado y heterogéneo, que incluye subsectores heterogéneos con características diferentes, agrupando estructuras y métodos de explotación propios (donde distinguimos industrias básicas e industrias de transformación). Destacan subsectores como:

- Siderurgia y metalurgia no férrea.
- Fabricación de maquinaria para la industria, incluyendo las máquinas herramienta.
- Fabricación de material de transporte y maquinaria para su elaboración. Maquinaria y componentes para la automoción, para el transporte ferroviario y para la industria aeronáutica, aeroespacial y militar.
- Maquinaria y aparatos eléctricos.
- Maquinaria y equipos electrónicos e informáticos

La industria manufacturera del sector metal es un sector estratégico en todos los países más avanzados, ya que contribuye al funcionamiento y al desarrollo de los diversos sectores industriales que requieren maquinaria específica para sus cadenas productivas; por ello, **el peso de este sector en la economía considera indicativo del nivel de desarrollo tecnológico, económico y social de una región**; además, es considerado como el eslabón que une la innovación tecnológica con el mercado.

Las Industrias del Metal son demandantes del sector primario y de servicios, y a su vez, suministradoras de bienes y servicios a toda la industria manufacturera.

- De la Industria del Metal dependen para su suministro: el sector energético, las industrias del sector primario, las redes de telecomunicaciones, la industria agroalimentaria, las principales industrias de proceso –incluyendo las industrias química, petroquímica y del plástico– y las propias industrias metalmecánicas y eléctricas.
- Asimismo, el Sector del Metal es suministrador del equipamiento y la tecnología para los sectores sanitarios, sociales y del ocio, así como, en el ámbito del medio ambiente, de los sectores del agua (abastecimiento y saneamiento) y el tratamiento del aire.
- Paralelamente, una gran parte de lo que produce la Industria del Metal se destina al mercado de consumo, como los artículos de hogar y electrodomésticos, lámparas, equipos de telecomunicaciones o los productos electrónicos.

Así pues, se puede considerar **el Sector Metalmecánico como la columna vertebral del tejido industrial**, ya que los demás sectores de producción y de servicios dependen en gran medida del equipamiento, la tecnología y la innovación de la Industria del Metal para su crecimiento y desarrollo.

Se trata de un actor clave en cualquier estrategia de crecimiento y de empleo. Todas las actuaciones que se realicen a favor de mejorar las condiciones en las que se desarrolla la actividad de la Industria del Metal, y el comercio y servicios ligados a ella, serán decisivas para contribuir a un futuro sostenible para la industria.

1.1.1 Tamaño del sector

Para determinar el tamaño del sector del metal en Galicia, es necesario definir las actividades incluidas de acuerdo con la Clasificación Nacional de Actividades Económicas – CNAE 2009, que son:

1. **La industria metalmecánica** que engloba diferentes subsectores industriales cuyo nexo de unión es la transformación de materiales metálicos en sus procesos productivos. El sector propiamente industrial lo integran aquellas empresas productivas que transforman esta materia prima en diversos productos de uso común y gran diversidad: productos metalúrgicos básicos, productos terminados intermedios o terminados, y bienes de equipo, así como maquinaria, herramientas, material o equipos eléctricos o electrónicos, sector del automóvil, aeroespacial y sus componentes, y un largo etc.:

Código CNAE	Descripción
24	Metalurgia; fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones
25	Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo
26	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos
27	Fabricación de material y equipo eléctrico
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p.
29	Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques
30	Fabricación de otro material de transporte
32.2 y 32.5	Fabricación de Joyería bisutería; de instrumentos y de suministros médicos
33	Reparación e Instalación de maquinaria y equipo
71	Servicios técnicos de ingeniería

2. **Las Instalaciones del metal** engloban los subsectores de construcción afectos al metal, esto es las instalaciones eléctricas, de fontanería, calefacción, frío y todas las instalaciones en obras de construcción:

Código CNAE	Descripción
43.2	Instalaciones eléctricas, de fontanería, gas, frío, climatización, protección contra incendios, ascensores, y otras instalaciones en obras

3. **La Venta y reparación de vehículos**, que engloba a tres subsectores: la venta de vehículos, los talleres de reparación y la distribución de los recambios y accesorios.

Código CNAE	Descripción
45	Venta y reparación de vehículos a motor

4. **El Comercio del metal**, que engloba los subsectores tanto de comercio al por mayor como el comercio al menor:

Código CNAE	Descripción
46.5 y 46.6	Comercio mayor de equipos TIC; de maquinaria, equipos y suministros
46.7	Comercio mayor de metales; de ferretería y fontanería
47.52, 47.54, 47.59 y 95	Comercio menor de ferretería: de electrodomésticos; de iluminación, de relojería y joyería, así como su reparación

En Galicia, con datos del año 2015¹, **la industria metalmeccánica** tiene el siguiente tamaño (únicamente teniendo en cuenta las empresas con los CNAE que mayor peso tienen dentro del metalmeccánico):

- El subsector de **Industria metalúrgica** (CNAE 24) estaba formado por 172 empresas, con 4.368 empleos asociados y un peso en el conjunto de España de un 5,72% (actividad de relevancia media en la industria gallega).
- El subsector de **Fabricación de productos metálicos** (CNAE 25) estaba formado por 4.668 empresas, con 13.501 afiliados en marzo de 2015 (segunda rama de actividad industrial en Galicia)
- El subsector de **Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos** (CNAE 26) englobaba 224 empresas, 695 empleos con un peso en el conjunto de España de un 2,24% y una relevancia baja.
- El subsector de **Fabricación de material, equipamiento eléctrico y maquinaria y equipamiento n.c.o.p** (CNAE 27 y 28), estaban representados por 798 empresas, con algo más de 5000 afiliados.
- El subsector de **Fabricación de otro material de transporte** (CNAE 30), formado por 300 empresas y 5.946 empleos y un peso en el conjunto de España de un 12,02%. Galicia está muy especializada en esta actividad, en concreto en la construcción naval.

Esto supone un total de 6.163 empresas y un empleo de 29.510 personas vinculadas al sector de manera directa, y con una generación de empleo indirecto que asciende a los 63.000 trabajadores. Se trata de un sector estratégico para la economía gallega, que genera empleo de calidad basado en el conocimiento y necesario para la reindustrialización de Galicia en todas sus actividades.

Sus principales mercados son en Galicia:

- **Sector automoción**, con PSA y sus empresas auxiliares, con buenos números y un incremento de la facturación superior al 10%. Aunque con la fuerte amenaza de la deslocalización a países de mano de obra barata.
- **Sector naval**, que se encuentra en un momento de baja facturación, pero que tiene como objetivo llegar a los 17.000 empleos directos. A lo largo del año 2017 se han observado signos de recuperación, con un aumento de la contratación y ostentando el primer puesto a nivel nacional.
- **Estructuras metálicas**, que cerró el año 2016 con una recuperación de la facturación superior al 5%, pero con volúmenes todavía muy alejados a los previos a la crisis.

Casi todas las empresas del sector están asociadas a **clústeres**, destacando **ASIME** (Asociación de Industriales Metalúrgicos de Galicia) con más de 700 empresas asociadas representativas de las actividades de Automoción, metalmeccánica y transporte; Naval, marítima y energías marinas; Construcciones y estructuras metálicas; Aeronáutica; Aluminio: extrusión, carpintería y cerramientos; Ascensores y elevadores; Servicios complementarios: logística, sistemas de información y comunicación; etc. Además, al tratarse de un sector transversal a muchos sectores de actividad, las empresas se encuentran asociadas a los clústeres relacionados con su cadena de valor, esto es **CEAGA** (Fundación Cluster de Empresas de Automoción de Galicia), **ACLUNAGA** (Asociación Clúster del Naval Gallego), etc.

1.1.2 Tipología de empresas

El sector metalmeccánico en Galicia está formado mayoritariamente por pymes, asociadas a los diferentes sectores industriales (naval, automoción, aeronáutico, construcción, alimentación, etc.). Su nivel de desarrollo tecnológico viene marcado por el tipo de sector del que forma parte su cadena de valor, ya que necesitan adecuar sus sistemas productivos y modelos de gestión al modelo de la empresa tractora.

¹Industria4.0MAPASINDUSTRIA

Un claro ejemplo de la importancia del sector para el que trabaja la empresa metalmeccánica se da en el Sector textil. Existen en Galicia empresas del sector metalmeccánico, que fabrican componentes metálicos para el grupo Inditex. Estas empresas, al ser proveedoras del gigante textil, tienen implementados sistemas TIC que permiten el control en tiempo real de la producción, en toda la cadena de valor. Este dato no refleja la situación real del conjunto del sector metalmeccánico, sino que constata la importancia del efecto tractor del sector destino para el que trabajan.

Para la realización de este estudio, debido al peso que tiene la cadena de valor, **muchas empresas del metalmeccánico se han incluido dentro de sus sectores de actividad** (Naval, Automoción, Aeronáutica, TICs y Energías Renovables), **y sólo se han tenido en cuenta para determinar la madurez tecnológica del sector.**

El total de empresas relacionadas con el METALMECÁNICO consideradas en el estudio, se divide en:

- **111 empresas incluidas en otros sectores** (naval, automoción, aeronáutico, renovables y TICs)
- **40 empresas consideradas únicamente en el Sector Metalmeccánico**, relacionadas con la fabricación de componentes metálicos para la industria.

Más en detalle, la muestra seleccionada se corresponde con las siguientes actividades o subsectores dentro del sector metalmeccánico:

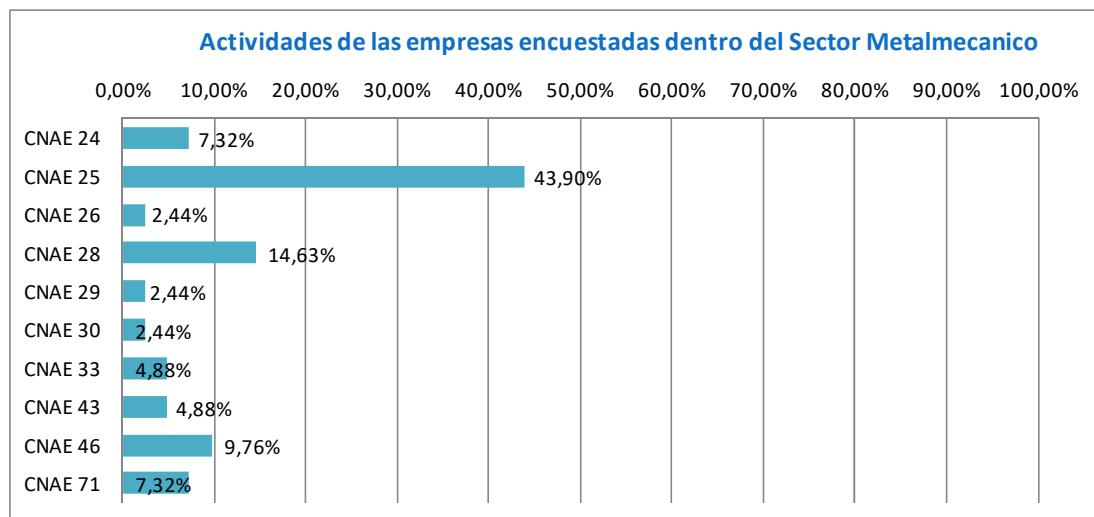


ILUSTRACIÓN1: ACTIVIDADES DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS DENTRO DEL SECTOR METALMECÁNICO

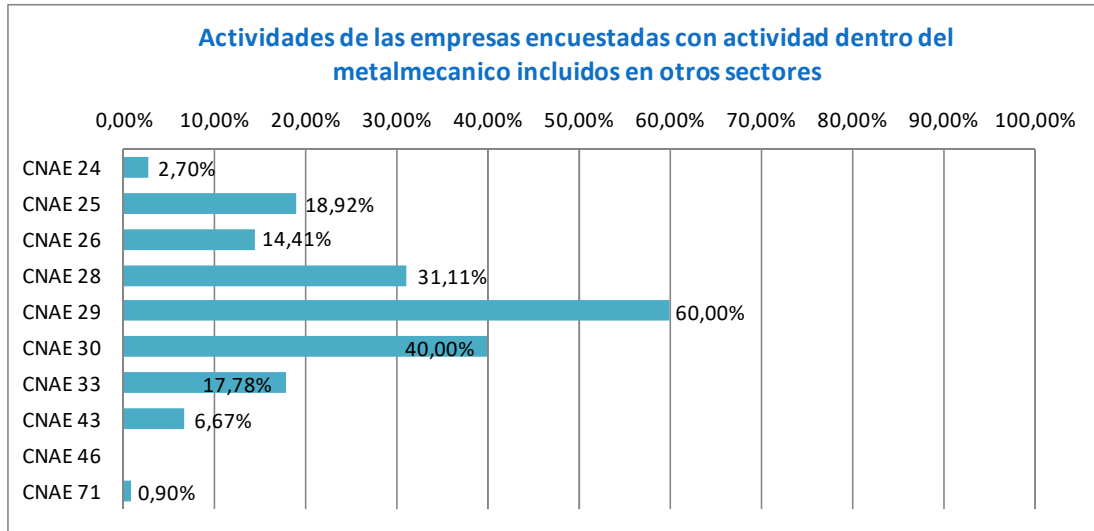


ILUSTRACIÓN 2: EMPRESAS ENCUESTADAS EN EL SECTOR NAVAL, AERONÁUTICO, AUTOMOCIÓN, ENERGÍAS RENOVABLES Y TICS, CON ACTIVIDADES DENTRO DEL SECTOR METALMECÁNICO

1.2. PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO

La industria metalmeccánica, comprende el aprovisionamiento de maquinaria industrial y herramientas a las demás industrias metálicas, siendo su insumo básico el metal y las aleaciones de hierro. **Se caracteriza por sus efectos dinamizadores sobre el desarrollo industrial**, en particular, por el impulso que confiere a la I+D+i, tanto en el desarrollo de los productos finales, como en los procesos productivos de las diferentes actividades industriales.

Entre las **actividades del sector** destacan:

- **Construcción aeronáutica y espacial y su maquinaria.** Fabricación de componentes. Se excluye la fabricación final de aeronaves. La patronal del sector se agrupa en TEDAE (Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Aeronáutica y Espacio). Es un sector bien posicionado en España y ha generado diversas empresas a su alrededor. Contribuye de forma importante al PIB.

Las buenas perspectivas de esta actividad se centran no sólo en el empleo directo, sino también en el que se genera de forma indirecta a través de las empresas auxiliares. En general las grandes empresas trabajan por proyectos, lo que conlleva que la subcontratación de parte del empleo sea una práctica habitual, a través de empresas auxiliares, tanto para el empleo muy cualificado, como el menos cualificado.

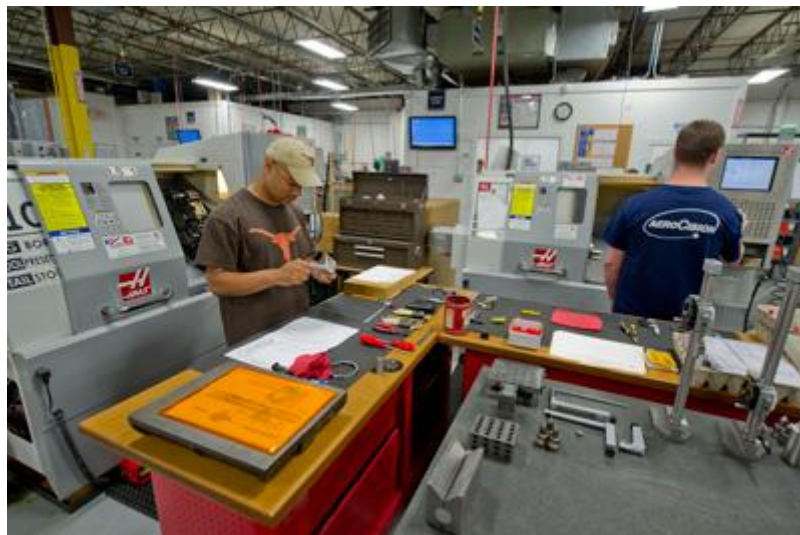


ILUSTRACIÓN 3: MAQUINARIA CNC PARA FABRICACIÓN DE COMPONENTES AERONÁUTICOS

Esta actividad está muy concentrada geográficamente, destacando en España: Andalucía, Madrid y Castilla-La Mancha. Galicia ha apostado también por el sector aeronáutico, como sector estratégico para el desarrollo productivo de la comunidad, con numerosas empresas que han diversificado su actividad hacia la fabricación de componentes aeronáuticos.

Se caracteriza por el peso que tiene la tecnología en el empleo, la mayor parte cualificado, tanto universitario, como de formación profesional. La formación continuada es imprescindible, especialmente en el área de la innovación de materiales (fibra de carbono principalmente) e impresión 3D. En consecuencia, conlleva un empleo de calidad, cualificado, de mucho valor y prestigio.

El sector de construcción aeronáutica y su maquinaria es altamente innovador y presenta una estructura asociativa a modo de clúster, o de colaboraciones empresariales en la fabricación de

componentes, que constituyen los diferentes niveles de TIER para el suministro final de piezas a los constructores finales de aeronaves.

- **Material ferroviario.** La Maquinaria y los elementos ferroviarios tienen buenas perspectivas, aunque en los últimos meses su comportamiento es negativo. Son mejores las previsiones para el área de mantenimiento, pues tiene elevadas barreras de acceso por su complejidad (en maquinaria, software, ingeniería, etc.). Adolece de cierta desregulación laboral.
- **Fabricación de maquinaria electrónica;** maquinaria para TIC. Las telecomunicaciones están creciendo muy notablemente (un 1,8% en empleo en 2015, según expertos del sector).



ILUSTRACIÓN 2: PLANTA DE FABRICACIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

- **Fabricación de máquinas herramienta.** La máquina herramienta tiene como función esencial la fabricación de piezas. Están presentes en todas las ramas industriales, a las que confieren productividad y competitividad. Tradicionalmente son de dos tipos: arranque de viruta y deformación. Está despuntando la maquinaria para fabricación de aditiva (crear piezas mediante fases de adición de material).

Es un sector estratégico en sí mismo y está ligado a todos los segmentos estratégicos de la industria, pues está en la base de todos ellos, así como en la producción de cualquier producto de consumo. Los principales sectores destinatarios de la maquinaria y piezas elaboradas con las máquinas herramienta son la automoción, las instalaciones de energías renovables y el aeronáutico.

España es el tercer productor y exportador de la Unión Europea y el noveno del mundo, en máquinas herramienta, siendo China y EEUU clientes importantes. Italia es un país puntero en la fabricación de máquinas-herramienta, factura en torno a 6.000 millones de euros, claramente por encima de los 1.400 millones de España. El 75% de la producción nacional está en Euskadi y está concentrado en forma de clúster.

La facturación mundial del sector de máquinas herramienta se sitúa en 90.000 millones de dólares, de los cuales los componentes de automoción representan 27.000 millones, cerca de la tercera parte. En el País Vasco hay un polo de competitividad que asocia a fabricantes de máquinas herramienta, a los proveedores de las mismas, a centros tecnológicos, universidades y al propio gobierno de la comunidad autónoma.



ILUSTRACIÓN 5: MÁQUINA HERRAMIENTA PARA LA FABRICACIÓN DE EJES

La Asociación Española de Fabricantes de Máquinas-herramienta, Accesorios, componentes y Herramientas (AFM) agrupa al 90% de este subsector en España, el cual supone aproximadamente 1.500 millones de facturación y emplea directamente a unos 7.000 trabajadores.

Asimismo, las expectativas de empleo son positivas y se espera un pequeño crecimiento. Además, conlleva sueldos altos con respecto a la media y también alta cualificación. Ha perdido poco empleo, relativamente, durante la crisis, en comparación con otras actividades del sector industria y genera servicios cualificados asociados a la exportación y comercialización.

- **Fabricación de maquinaria para la industria agroalimentaria, bebidas y tabaco.**
- **Fabricación de instrumentos y suministros médicos y odontológicos.**
- **Fabricación de material y equipo eléctrico.** Es un sector en crecimiento y que continuamente se está preparando para afrontar nuevos retos. No obstante, actualmente adolece de falta de demanda interna; de manera que, junto a los acuerdos con las compañías eléctricas y la paralización de la inversión pública a nivel nacional, la actividad está algo ralentizada.

Dentro de esta actividad destaca la fabricación de motores, generadores, grupos electrógenos y transformadores eléctricos, así como la fabricación de aparatos de distribución y control eléctrico. En este aspecto, son muy importantes los transformadores para centrales nucleares y térmicas. La transición entre la producción de electricidad proveniente de monopolios tradicionales, como el carbón, hacia el despliegue de las energías renovables potenciará estas actividades. Actualmente el sector de las renovables está ralentizado por los cambios normativos, pero se espera una aceleración en su desarrollo. Y ello impulsará la tecnología requerida. Las plantas marinas de energía eólica van a crecer, aunque, todavía, son muy dependientes de las subvenciones.



ILUSTRACIÓN3: SISTEMA DE DES NITRIFICACIÓN DE CENTRAL TÉRMICA

La fabricación de grupos electrógenos, en concreto, presenta buenas previsiones, ya que son diversos los sectores destinatarios de los mismos y la demanda es alta. Se producen para el sector sanitario (hospitales), hostelería, ocio, industria en general –para asegurar el suministro eléctrico de plantas o áreas que deben estar siempre activas-, así como la construcción (viviendas y obra pública).

Conlleva una primera fase de mecanizado, matricería y moldeo; a continuación se efectúa un plegado, que puede ser en una máquina paneladora o en una plegadora. A continuación se procede a la soldadura de la pieza, al pintado y a la insonorización interna de la misma, que se puede hacer con lana de roca. La crisis de la construcción afectó a esta producción, pues, si bien son variadas las actividades destinatarias de estos generadores, la construcción absorbía muchas unidades, de modo que tuvo una caída notable. La competencia nacional es fuerte y obliga a ajustar costes continuamente, pero esta dificultad constituye un estímulo y lleva a invertir en mejora de procesos y productos. La economía de escala son muy relevante; es decir, cuanto mayor es el tamaño de las empresas, mayor es la capacidad de negociación. Se necesita una adaptación del producto muy ajustada a la aplicación final, lo que implica que la fabricación ha de tener una precisión muy elevada.

Otro subapartado relevante es el de la fabricación de pilas y acumuladores eléctricos, principalmente por la fabricación de baterías (de automóviles, camiones e industriales). Sus perspectivas están muy ligadas a las de la automoción en España, con perspectivas positivas.

- **Fabricación de generadores de vapor**, excepto calderas de calefacción central.
- **Ingeniería mecánica por cuenta de terceros**. Absorbe poco empleo pero tiene previsión de aumento.
- **Fabricación de ascensores y aparatos de elevación**, en general. Es importante, tanto en cuanto a la fabricación como al montaje y mantenimiento. Es relevante no sólo en lo relativo a ascensores y escaleras mecánicas, sino como sistemas de elevación en almacenes, plataformas logísticas, etc.



ILUSTRACIÓN 4: ASCENSORES FABRICADOS POR EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO EN GALICIA

- **Fabricación de instrumentos y aparatos de medida**, verificación y navegación, tiene buenas perspectivas; sobre todo en cuanto a contadores de luz y agua. Además, se beneficia de la creciente implantación de la domótica.
- **Fabricación de equipos de radiación**, electromédicos y electroterapéuticos.
- **Fabricación de maquinaria de ventilación y refrigeración** no doméstica. Su situación es favorable, aunque está sufriendo cierta deslocalización. Es una actividad que implica alta especificidad en la formación.



ILUSTRACIÓN 5: FABRICACIÓN DE VENTILADOR INDUSTRIAL

- **Fabricación de maquinaria agraria y forestal**. Muestra buenas perspectivas de crecimiento. Se están incorporando innovaciones en distintos campos (impresión en 3D, sustitución de aceros por plásticos técnicos y aluminios, tecnología de superplásticos: unión de piezas a altas temperaturas).
- **Tratamiento y revestimiento de metales**, sobre todo en lo relativo a la matricería y moldes.
- **El mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo**, en su conjunto, tiene mucho peso en el sector. Presenta importantes previsiones de crecimiento en general, y destaca la reparación de equipos electrónicos y ópticos, la de equipos eléctricos, así como la reparación y mantenimiento aeronáutico y espacial.

1.3. CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE

A su vez, **la cadena de valor de la industria metalmeccánica** depende en gran medida de las empresas tractoras de los sectores vinculados a su actividad (automoción, naval o aeronáutico, entre otros), lo cual supone un cierto riesgo en su actividad. Se divide en industrias metalúrgicas básicas e industrias de transformación.

Se consideran **industrias metalúrgicas básicas**:

- Obtención de hierro.
- Aceros especiales.
- Semiproductos y primeros laminados.

Y se denominan **industrias metalúrgicas de transformación** las que se dedican al procesado del metal para la obtención de productos intermedios o productos finales, incluyendo procesos como:

- Laminación (partiendo de laminados fabrican flejes, chapas y bandas)
- Embutición
- Forja y estampación
- Extrusión
- Mecanizado
- Corte y Soldadura.
- Tratamientos superficiales

Estas industrias forman parte de la cadena de valor de sus sectores destino, normalmente como industrias auxiliares, como proveedores de materia prima, maquinaria o componentes claves en su proceso productivo. Este hecho determina sus procesos clave, su nivel de automatización y su implantación de tecnologías de la información. En general, y a excepción de las empresas auxiliares del sector del automóvil, las empresas metalmeccánicas no fabrican productos seriados, sino que responden a las demandas concretas de sus empresas cliente. En Galicia, en muchos casos son pequeños talleres de mecanizado con poca capacidad tecnológica.

A modo de ejemplo, el sector naval con astilleros y auxiliares, que incorporan metal para ser procesado como materia prima, componentes metálicos, tratamiento de metales, etc. en toda su cadena de valor en la fabricación de un barco.

2. ANÁLISIS EXTERNO DEL SECTOR METALMECANICO

2.1. SITUACIÓN GLOBAL

La EuropeanEngineering Industries Association (ORGALIME) agrupa a 42 entidades asociativas de 24 países que representan unas 135.000 empresas de los sectores de fabricantes de equipos metálicos; maquinaria y equipos mecánicos; equipos electrotécnicos; equipos electrónicos y de control y regulación, correspondientes básicamente a los capítulos 25 a 28 de la clasificación NACE rev. 2 así como el capítulo 33 de instalación y reparación, en las actividades ligadas a las antes citadas.

Estos sectores suponen en la UE, del orden de un 28% de la industria manufacturera y más de un tercio de sus exportaciones, con una facturación en 2015 de 1,9 billones de euros, un empleo directo de 10 millones y hasta 20 millones de indirecto. En el 2016, la Facturación de la Industria Europea de Bienes de Equipo aumento un1,0%, y las previsiones de crecimiento de la industria metalmecánica europea son de un 1.3 % en el año 2017².

La economía europea ha experimentado un escaso crecimiento y, también a nivel mundial, la recuperación resulta débil. Tanto la facturación de la industria europea, así como de la construcción, responden a esa situación que igualmente alcanza a las correspondientes inversiones. Básicamente ha sido la industria de automoción, la que ha contribuido a las limitadas mejoras conseguidas en Europa.

La industria europea de Bienes de Equipo tiene una fuerte dependencia de sus exportaciones y estas se han visto comprometidas porque países productores de materias primas y, destino de nuestras exportaciones, han tenido dificultades derivadas del bajo precio de tales materias, así como de sus problemas sociales y políticos. La situación de fuerte crecimiento en China parece haberse aflojado y Rusia ha sido otro mercado con evidentes problemas. La depreciación sustancial de la libra esterlina durante 2016 hizo que las exportaciones al Reino Unido fueran más caras, y además, la apreciación del dólar estadounidense también llegó a su fin en 2016. El mercado estadounidense fue uno de los impulsores del crecimiento en el período 2014-2015.

En relación al empleo, la industria europea del metalmecánico ha incrementado mucho los valores de empleo, con una evolución muy positiva hasta el año 2014, como se ve en la ILUSTRACIÓN 6.

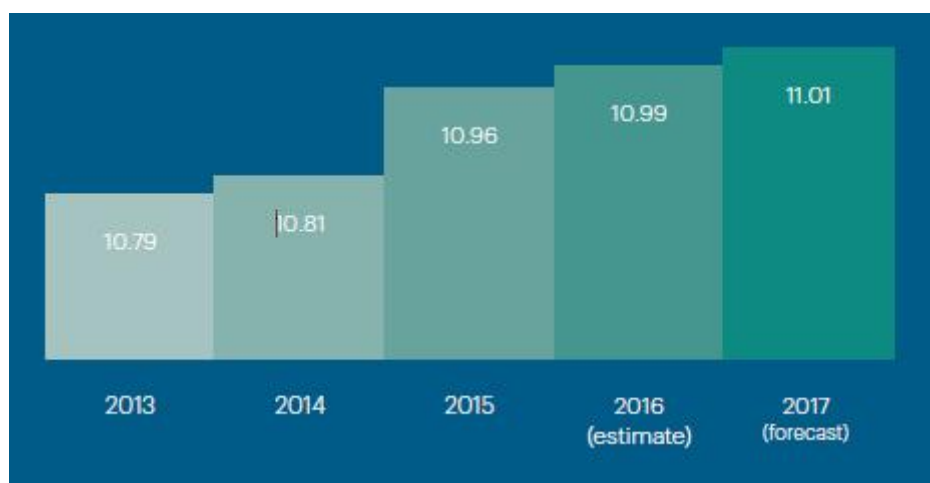


ILUSTRACIÓN 6: EVOLUCIÓN EMPLEO EN EUROPA EN EL SECTOR METALMECÁNICO, EN MILLONES DE PERSONAS
FUENTE: ORGALIME 2017

²<http://www.orgalime.org/sites/default/files/Annual%20Report%202016-2017.pdf>

Analizando la situación en función de los principales subsectores que constituyen el sector metalmeccánico, se observa:

- La **ingeniería mecánica** europea representó un volumen de negocios anual en 2015 de alrededor de 650.000 millones €. El empleo se estima en más de 2,9 millones de personas. En 2016, la producción creció en promedio en un 1% y en 2017 se espera que la ingeniería mecánica crezca nuevamente por encima del promedio (2,1%), convirtiéndose en el sector de mayor crecimiento en la industria de la ingeniería. El sector de la ingeniería mecánica se está beneficiando de la pequeña recuperación de la industria europea desde principios de 2013. Las cifras europeas de producción e inversión industrial están subiendo lenta pero constantemente.
- Las **industrias eléctrica, electrónica y de instrumentos** emplean a más de 3 millones de personas (incluidas las industrias médicas y dentales). Esta rama de la industria de la ingeniería representó una facturación anual en 2015 de alrededor de 675.000 mil millones. En 2016 y 2017, habrá un crecimiento algo bajo en este sector (0,1% en 2016 y 0,4% en 2017). Un desafío para este sector es lidiar con la disminución de la evolución de los precios en el sector de las telecomunicaciones, y otro es retomar las evoluciones tecnológicas y comerciales en el sector de la energía. Sin duda, este sector puede beneficiarse de la digitalización de la industria europea y la evolución global hacia la Industria 4.0, en particular si el marco regulador de la UE lo permite.
- Se estima que la facturación de **la industria de metales y productos metálicos elaborados**, en 2015, fue de alrededor de 482.000 millones. En términos de empleo, este es el sector más grande de la industria de la ingeniería europea, que emplea a 3,66 millones de personas. Este sector produce, en gran medida, insumos y productos utilizados en la industria de la construcción y en otros sectores de la ingeniería como la maquinaria y el automóvil. En 2017, se espera que el sector crezca más rápido que el promedio de la industria de ingeniería europea (1,9% de crecimiento en 2016 y 1,7% de crecimiento en 2017). El sector de productos metálicos fabricados está creciendo más rápido, porque se está beneficiando de las pequeñas recuperaciones en el sector de la ingeniería mecánica y la industria de la construcción y de las espectaculares cifras de crecimiento en la industria del automóvil.



ILUSTRACIÓN 7: VENTILADORES Y MAQUINARIA INDUSTRIAL

Previsiones para el año 2017

Dentro de un contexto internacional complejo, se espera que la industria europea de Bienes de Equipo consiga en 2017 un incremento de su Facturación de un 1,4%. Para los países más industrializados se estima un crecimiento moderado de su PIB, y para los mercados emergentes el IFM predice una tasa algo mayor que en 2016.

Crecimiento positivo pero reducido de las inversiones de la industria europea, que ha atravesado un período de escasa inversión desde la crisis económica 2008-2009. Se mantienen los problemas y las incertidumbres tantas veces citadas: Precios de las materias primas con repercusión en países como China, Rusia, Brasil y México; las tensiones derivadas del terrorismo y la emigración; la influencia negativa del BREXIT en la integración europea y los cambios políticos en la UE y en EEUU.

2.1.1. Situación nacional del sector Metalmecánico

En España, la industria de bienes de equipo ostenta el primer puesto como sector más exportador de nuestra economía; tiene un peso considerable en el VAB y los valores de su producción están en alza. Dentro del sector destacan las actividades de la industria aeronáutica y la fabricación de máquinas herramienta por su presencia internacional. Sin embargo, el sector en conjunto tiene que afrontar retos importantes; muchos de ellos están relacionados con la estructura empresarial caracterizada por la atomización y la excesiva presencia de PYMEs, lo que dificulta el acceso a una adecuada financiación para realizar las importantes innovaciones que están apareciendo.

El Sector del Metal está formado en su mayoría por pequeñas o medianas empresas (el 98 % tiene menos de 50 asalariados). Es responsable del 7 % del PIB español, del 31 % de la formación bruta de capital, del 42 % del total de las exportaciones de bienes y del 24 % del gasto en I+D+i de nuestro país. El sector metalmecánico, transversal en muchos casos a otros sectores productivos, es muy sensible a las oscilaciones de la demanda, sobre todo en periodos de crisis. Y a pesar de que se observa cierta recuperación, todavía no se alcanzan los niveles previos a la crisis (ILUSTRACIÓN 8). Se cree que se tardará tiempo en alcanzar esos niveles, debido al exceso de instalación e inversión llevado a cabo (en maquinaria, ferrocarriles, construcción naval, instalaciones portuarias, buques de contenedores...), muy superiores a los necesarios, ya que se preveía una expansión continuada.

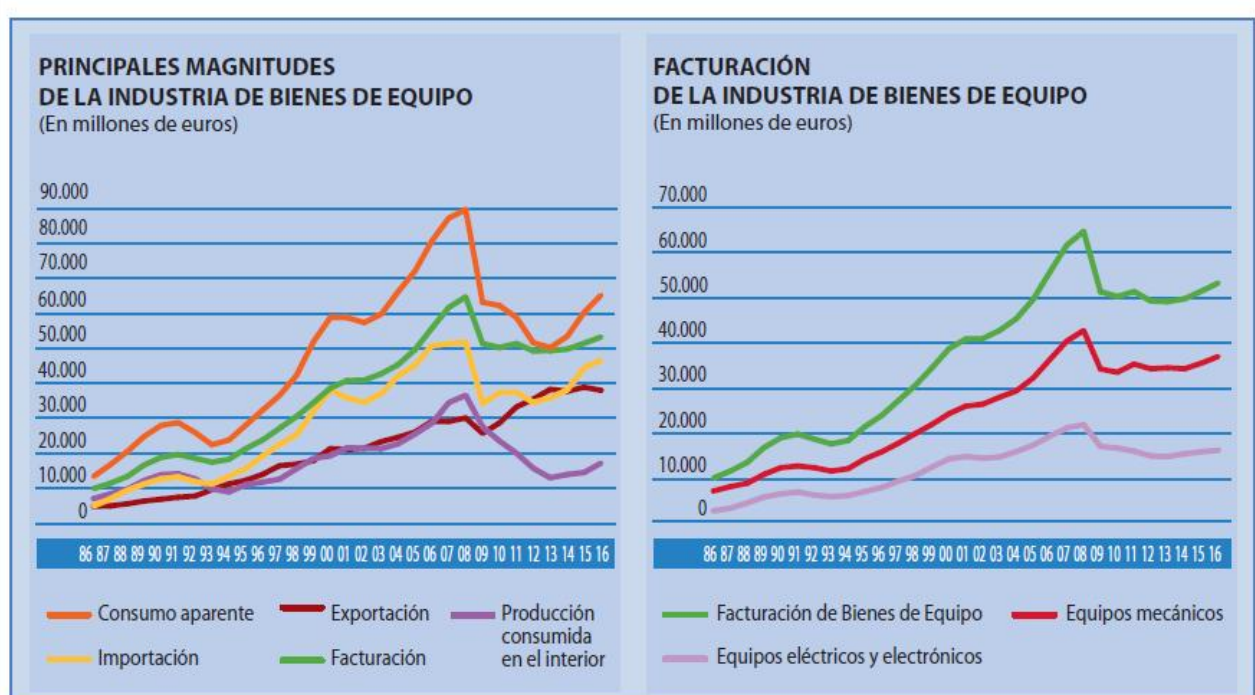


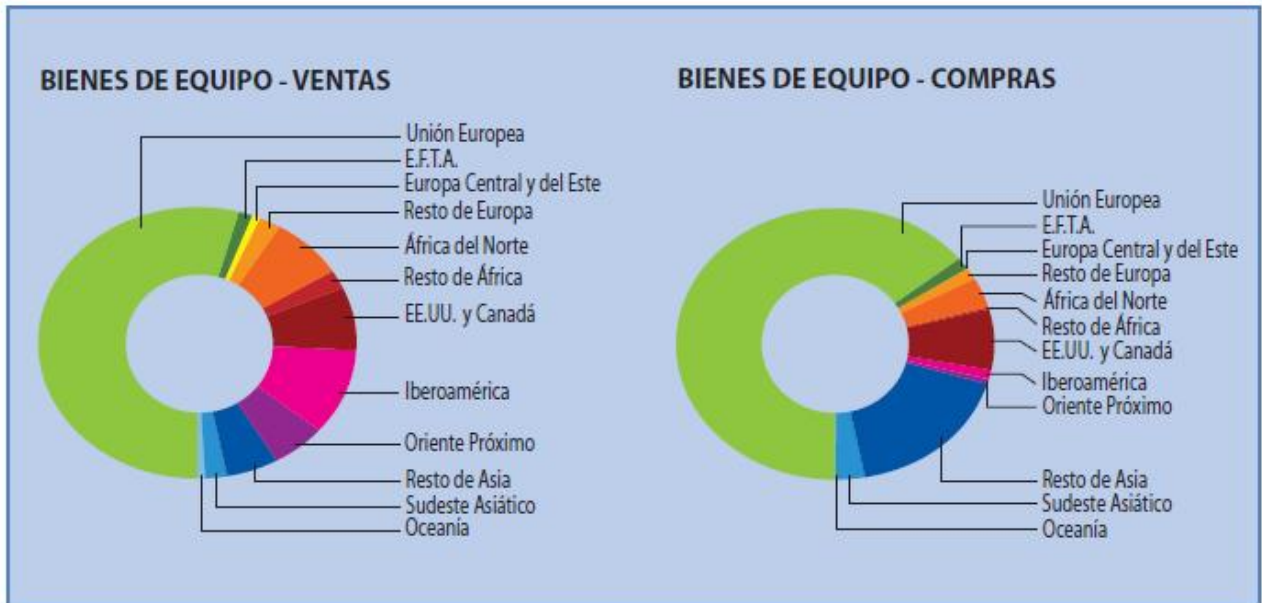
ILUSTRACIÓN 8: EVOLUCIÓN DEL SECTOR METALMECÁNICO EN ESPAÑA

España es la quinta potencia en la Industria Metalmeccánica de la Unión Europea, en la que los productos metálicos suponen más de la cuarta parte de la producción industrial y un tercio de las exportaciones de productos manufacturados. La Industria del Metal supone el 44 % de la producción industrial en España y el 40 % del empleo industrial.

La **facturación** de las empresas fabricantes del sector metalmeccánicos superó los 53.000 millones de euros.

La **importación** se incrementó un 5,8%, hasta alcanzar 46.700 millones en 2016, lo que refleja un aumento de la demanda interna.

La **exportación** de bienes de equipo, que había caído un 1,2%, hasta los 35.642 millones de euros en 2014, creció un 6,2% en 2016; porcentaje que supera al del comercio exterior total, que ha sido de 4,3%, lo que indica el carácter estratégico del sector que, además, es el principal exportador, con el 20,1% del conjunto de las ventas al exterior de mercancías españolas. La mayoría de las ventas al exterior van a los mercados más competitivos del mundo. Un 70% se dirigen a los países más desarrollados de la Unión Europea, a Estados Unidos y Canadá, donde tecnología, calidad, fiabilidad y precios son los únicos argumentos.



	VENTAS			COMPRAS		
	Miles euros	% Var. 16/15	% sobre el total	Miles euros	% Var. 16/15	% sobre el total
UNIÓN EUROPEA	19.484.818	-0,4%	54,3	30.042.117	2,7%	64,3
RESTO DEL MUNDO						
E.F.T.A.	443.355	35,1	1,2	554.973	-8,4	1,2
Europa Central y del Este	343.585	-15,6	1,0	107.553	8,8	0,2
Resto de Europa	828.043	-7,7	2,3	545.031	35,9	1,2
África del Norte	2.689.786	16,4	7,5	1.696.912	18,9	3,6
Resto de África	727.073	-10,9	2,0	153.032	-10,8	0,3
EEUU + Canadá	2.738.714	5,9	7,6	3.400.704	46,3	7,3
Iberoamérica	3.671.485	-15,9	10,2	549.131	-3,9	1,2
Oriente Próximo	2.014.393	-15,4	5,6	204.514	-20,1	0,4
Resto de Asia	1.950.316	10,6	5,4	8.142.332	0,8	17,4
Sudeste Asiático	722.461	-19,1	2,0	1.272.578	4,3	2,7
Oceanía	279.937	-39,8	0,8	50.431	-6,8	0,1

ILUSTRACIÓN 9: COMERCIO EXTERIOR DE ESPAÑA DE BIENES DE EQUIPOS POR ÁREAS GEOGRÁFICAS

En 2015, el peso de la exportación sobre la facturación alcanzó un porcentaje del 73%, cuando en el año 2008 era un 57%. Esto es debido a que el sector facturaba 49.000 millones de euros en 2008 y 53.000 millones de euros en 2016, mientras que el incremento de las exportaciones ha sido considerablemente superior, al pasar de 28.000 millones a 35.900 en 2016. Esto da idea del esfuerzo realizado por las empresas del sector para adaptar su línea de negocios a la falta de oportunidades en el mercado nacional y buscar salida a sus productos en el exterior.

La **INVERSIÓN** en bienes de equipo tiene un elevado componente de anticipación del comportamiento de la economía y su efecto multiplicador es importante por el carácter transversal del sector. Para acometer cualquier proyecto de inversión, la empresa necesita tener expectativas solidas de crecimiento económico. Además del consumo privado, la inversión representa otro gran impulso al crecimiento del PIB; en 2013 y 2014 solamente creció la inversión en los bienes de equipo un 5,6% y un 12,2% respectivamente.

El **CONSUMO** aparente es otro indicador relevante que permite analizar el potencial de crecimiento del sector de bienes de equipo en España; en 2014, creció un 5,6% hasta los 52.328 millones de euros, y en 2015, al activarse la demanda del mercado interno, un 11,8%.

El inicio de 2016 ha estado marcado por la incertidumbre, aunque se espera que continúe la recuperación y los resultados al finalizar el año supongan un crecimiento del sector de bienes de equipo del 3%.

El dato disponible más actual de **EMPLEO** por actividades es la afiliación de trabajadores que, en diciembre de 2015, ascendía a 17.180.590 en España, de los cuales 2.061.056 correspondían al sector industrial y, dentro de éste, 578.662 pertenecían al sector metalmecánico, lo que supone el 28% de los afiliados en la industria.

A través de los años, se ha venido constatando que, en situaciones de crisis económica como las que han atravesado las economías occidentales, los países en los que el sector industrial tenía más peso en su estructura productiva, han soportado mejor los efectos de la recesión, mostrando mayor resiliencia, debido a que este sector genera riqueza, propicia el desarrollo de distintas actividades en otros sectores y tiene un alto nivel de estabilidad laboral.

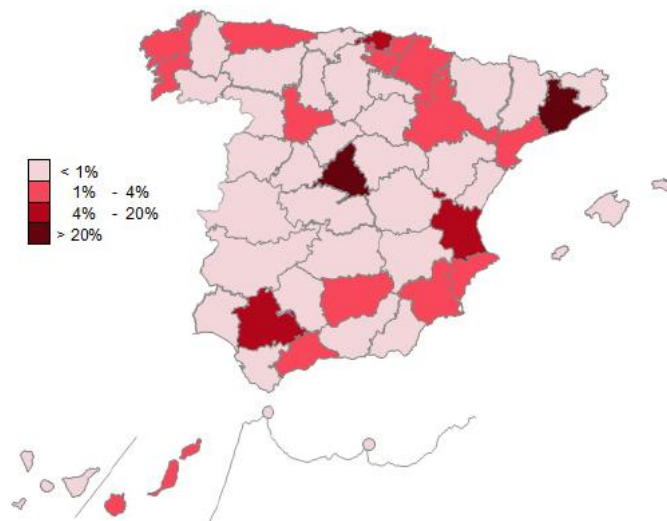


ILUSTRACIÓN 10: LOCALIZACIÓN DEL EMPLEO. FUENTE: SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE EMPLEO. DATOS 2015.

SERCOBE es la **Asociación Nacional de Fabricantes de Bienes de Equipo**, en la que están integradas actualmente **ciento treinta empresas y grupos industriales y cuatro asociaciones sectoriales**, representando además de **cuatrocientas empresas y agrupaciones** relacionadas con el diseño, la fabricación, el mantenimiento, el montaje y el reciclaje de bienes de equipo.

- Representa a la Industria de Bienes de Equipo ante las Administraciones Públicas, con las que colabora estrechamente, siendo miembro de diversos órganos consultivos vinculados al sector, así como de organizaciones empresariales nacionales y europeas.
- Promueve la exportación de bienes de equipo e instalaciones industriales, ofreciendo una probada capacidad de identificación y desarrollo de oportunidades de negocio en el mercado exterior y en la gestión y ejecución de proyectos internacionales.
- Incentiva y apoya la I+D+i, la calidad en la producción, la seguridad de los bienes de equipo y la protección del medio ambiente, impulsando la mejora de la competitividad empresarial del sector.

- Está a disposición de cualquier entidad, en cualquier parte del mundo para facilitar la información que sea requerida, sobre el Sector de Bienes de Equipo en España y su proyección internacional.

Destacar que desde la Administración Pública, se vienen desarrollando diversas medidas de apoyo que contribuyen a la mejora/modernización y crecimiento de la competitividad del sector Metalmeccánico. Además, se ha puesto en marcha la Agenda para el fortalecimiento del sector industrial en España, que comprende 97 medidas encaminadas a la financiación de proyectos industriales con el objetivo de conseguir que la industria alcance el 20% del PIB.

2.2. RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR

La llamada “*cuarta revolución industrial*” consistirá en la aplicación de sistemas automatizados (como los robots) al ámbito industrial, para mejorar los procesos productivos mediante sistemas ciber-físicos que permiten la interconexión de unidades productivas, a fin de conseguir crear redes de producción digitales que permiten acelerar la producción y utilizar los recursos de manera más eficiente. Los cambios que está propiciando la digitalización revolucionarán todos los sectores de la economía a través de palancas como la Automatización, Acceso digital al cliente, Conectividad e Información digital.

A determinada escala, ya ha comenzado a implantarse la Industria 4.0 en la industria manufacturera, así como a los servicios logísticos, el transporte público, a la agricultura, en el ámbito de la salud o los contadores eléctricos inteligentes.

Las tecnologías digitales brindan a la industria manufacturera la posibilidad de dar respuesta a las nuevas exigencias de los clientes en lo referente a productos, procesos y modelos de negocio. Lo que producirá un impacto determinante en la cadena de valor, aportando tanto beneficios como amenazas para los que se queden fuera. Al mismo tiempo que se generan nuevos actores y nuevos modelos de negocio. Afrontar estos desafíos con éxito permitirá generar un nuevo modelo industrial en el que la innovación sea colaborativa, los medios productivos estén conectados y sean completamente flexibles, las cadenas de suministro estén integradas y los canales de distribución y atención al cliente sean digitales.

Este proceso podría describirse como “la transformación de los procedimientos de fabricación mediante la introducción de tecnologías de producción avanzadas, que permitirán que todas las unidades de producción de una fábrica estén conectadas entre sí, lo cual, por un lado, permitirá dirigir los procesos de producción desde cualquier parte del mundo y controlar la evolución de cualquier producto concreto en un momento dado (fábricas inteligentes) y, por otro, la aplicación de procedimientos de automatización y de datos que se intercambiarán entre las unidades de producción dentro de una misma fábrica y también entre fábricas, almacenes o proveedores de servicios de la cadena de valor, además de la comunicación de tareas e instrucciones complejas entre máquinas”.

Para ello, lo más probable es que los empleos del futuro requieran habilidades y conocimientos diferentes a los que se obtienen a través de los sistemas educativos y la formación actuales.

Entre otras, las siguientes tecnologías están contribuyendo a la consecución de una industria más competitiva e innovadora, capaz de satisfacer las demandas de una sociedad altamente tecnológica:

- El **Big Data**, o la explotación inteligente de los datos, permite el análisis de los datos procedentes de diferentes fuentes (equipos de producción, gestión, consumidor) y convertir en estándar la toma de decisiones en tiempo real.
- Los **robots autónomos** capaces de interactuar y de ejecutar tomas de decisiones más complejas.
- La **realidad aumentada** permite poder tomar decisiones sobre la gestión de un almacén o sobre las órdenes de reparación de una máquina o un producto.

- Una nueva relación maquinaria –personas a través de la **robótica colaborativa**, y el uso de **materiales inteligentes** como sensores y actuadores en maquinas capaces de comunicarse de forma autónoma con el sistema de gestión, tomar decisiones, etc.
- La **simulación 3D** de los productos, los materiales y los procesos.
- La integración vertical y horizontal de los procesos entre proveedores y clientes y entre todos los departamentos de la empresa.
- El **internet de las cosas**, en el que irán añadiéndose sensores en todos los procesos y en los productos no terminados para que interactúen.
- La **ciberseguridad** reforzará las conexiones, estandarizando los protocolos de comunicación.
- La nube (**Cloud Computing**), que a través de plataformas compartidas de almacenamiento para acceder desde cualquier aplicación, permitirá el análisis de multitud de datos en tiempo real y la toma inmediata de decisiones.
- La **impresión 3D** servirá para hacer muestras de diseños complejos.

2.3. MEJORES PRÁCTICAS

El paradigma de la Industria 4.0 supone una gran oportunidad para que el sector metalmeccánico gane en competitividad y las empresas se conviertan en fábricas más inteligentes, conectadas, flexibles, automatizadas y sostenibles. Como ya se ha explicado anteriormente, el sector metalmeccánico se considera transversal al resto de sectores industriales, y las mejores prácticas dependen del sector del que empresas formen parte de su cadena de valor. Son numerosos los ejemplos de buenas prácticas analizados en el resto de sectores:

Así, mencionar el sector del automóvil, con empresas como PSA ejemplo de buenas prácticas en Industria 4.0, con empresas auxiliares transformadoras de productos metálicos y fabricantes de equipos, con agendas estratégicas alineadas con los conceptos de fábrica del Futuro.

Y el sector naval, con el nuevo concepto de **Astillero 4.0**, adaptado a este nuevo entorno, compactándose, optimizando los flujos y maximizando el alcance de los procesos a cubierto que se realizan durante la fabricación y armamento del buque previo a su flotadura, lo que permite reducir el binomio coste-plazo y aumentar la calidad del producto final.

Dentro de las **maquinas-herramientas**, FagorArrasatees un ejemplo de Industria 4.0 (especialista mundial en el diseño, fabricación y suministro de máquinas herramientas por deformación, desde prensas y sistemas de estampación completos hasta líneas para fabricar, procesar y cortar chapa metálica o líneas completas especiales para fabricar piezas complejas de chapa). FagorArrasate desarrolla máquinas inteligentes con gran capacidad de autonomía, automatización y productividad. Entre sus clientes se encuentran marcas como Volkswagen, Audi o Seat.

La decidida apuesta de FagorArrasate por la Industria 4.0, se traduce en una inversión continua en nuevas tecnologías que mejoren la competitividad de los equipos desde la innovación en los ámbitos de la eficiencia energética, la mejora de la productividad y el desarrollo de instalaciones inteligentes y plataformas de servicios de valor añadido, así como de productos y procesos para el tratamiento de nuevos materiales

En su implantación de las tecnologías 4.0, se ha enfocado en el producto, dado que “hay un ecosistema de datos en la máquina”. La aplicación de la industria 4.0 les ha facilitado una mejor oferta de sus productos, ya que mostrando el funcionamiento virtual de las máquinas se puede mejorar mucho la respuesta del cliente y reducir así el tiempo de presentación de la ofertas. De la intervención (en la reparación de fallos de las máquinas) a las llamadas de sus clientes han pasado a un modelo proactivo, con un reporte mensual del mantenimiento de las máquinas. Esto gracias el desarrollo de una plataforma digital que

parte desde la sensorización de los elementos críticos de la máquina hasta la monitorización remota del estado de las prensas.

Entre las novedosas Smart machines que integran el portfolio de Fagor Arrasaste está el programa de simulación Syncro 3D, un software que permite optimizar el proceso entre la prensa y el transfer electrónico o feeder de alimentación. Esta solución llave en mano permite al cliente calcular off-line en un modelo virtual las trayectorias y velocidades adecuadas de la prensa y el transfer para evitar posibles interferencias a partir de la simulación de todo el ciclo. De este modo, al planificar y controlar la ejecución, se logra una optimización de cadencias y una mejora de la producción.

El sistema de control de esfuerzos en prensa Visual Stamp permite la monitorización, control y diagnóstico del proceso de estampado y/o corte de la prensa en tiempo real a través de un sistema ciber-físico autónomo integrado en el control de la prensa, de modo que el cliente se asegura que la prensa se encuentra trabajando en condiciones idóneas y puede identificar si las gráficas de fuerza incorrectas se deben a fallos en el ajuste de la prensa o el troquel.

Por su parte, el sistema de mantenimiento integral Smart Connect permite entre sus ventajas predecir las futuras necesidades de mantenimiento de la máquina con vistas a una planificación óptima sin interferir en la producción. Además, este sistema desarrollado por FagorArrasate garantiza la máxima confidencialidad, seguridad y fiabilidad en la gestión de la información, asegurando un intercambio de datos correcto.

Y por último, mencionar empresas de la **industria básica metalmeccánica**, como ArcelorMittal Europa, ejemplo de buenas prácticas en la implementación de Industria 4.0, líder del sector siderúrgico gracias a las inversiones en digitalización y a sus centros de excelencia para las nuevas tecnologías. En ArcelorMittal Gante, Bélgica, un equipo de más de 100 ingenieros está investigando cómo acelerar los proyectos de automatización de la planta y cómo aplicar los nuevos avances tecnológicos en todo el Grupo. Además, se ha creado un equipo de 70 ingenieros expertos en sistemas y modelado que provienen de todas las plantas de Productos Planos de ArcelorMittal Europa.

En función de la revisión del Estado del Arte de **las tecnologías emergentes de Industria 4.0, a continuación se resumen las mejores prácticas a nivel internacional de cada una de ellas:**

2.3.1. Automatización avanzada y robótica colaborativa

Dentro del sector metalmeccánico, la industria del automóvil es pionera en el empleo de soluciones de automatización avanzadas. En Galicia, la planta de **PSA** en Vigo fue la primera del grupo en probar *cobots* para automatizar la lectura de códigos de barras. A partir de ese primer caso de éxito, el grupo de automoción ha ido incrementando el número de cobots en sus plantas con otros propósitos, por ejemplo, en el montaje de motores.

Plantas como las de **GKN Driveline** Vigo, **Faurecia Asientos de Galicia** y **Benteler**, entre otras, han introducido los *cobots* para realizar aquellos procesos más duros para el personal humano o automatizar ciertas tareas³.

También es de destacar la industria alimentaria, donde empresas del sector metalmeccánico diseñan y fabrican máquinas con un alto contenido tecnológico.

Investigadores japoneses han desarrollado una máquina herramienta inteligente⁴ que puede decidir por sí misma la mejor manera de fabricar un componente. Esta máquina podría acelerar la producción de objetos hechos a medida, como implantes dentales y huesos artificiales. La máquina herramienta puede acortar el tiempo de producción y reducir el coste de fabricación de componentes personalizados.

³ <http://www.farodevigo.es/economia/2017/04/16/vigo-capital-industria-40/1661234.html>

⁴ <https://www.theengineer.co.uk/machine-tool-plots-best-path-to-finished-part/>



ILUSTRACIÓN 11: PROTOTIPO DE MÁQUINA-HERRAMIENTA INTELIGENTE QUE TRABAJA COMO UNA IMPRESORA 3D

2.3.2. HMI

La realidad aumentada es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a tiempo real. Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, añadir una parte sintética virtual a lo real.

Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que sobreimprime los datos informáticos al mundo real. En el siguiente ejemplo (Fig. 15) se puede ver una ficha de producto con órdenes de fabricación de dicho producto, que mediante la lectura de un código asociado y la RA, el producto final, en este caso una silla, se muestra en 3D al operario para que tenga una visión global del producto.



ILUSTRACIÓN 12: EJEMPLO DE UNA ORDEN DE TRABAJO INTEGRANDO LA RA DEL PRODUCTO A TRATAR Y LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS, ASÍ COMO LOS PASOS A SEGUIR. FUENTE: AIDIMME.

Esto se puede trasladar a cualquier proceso, material, etc. Podemos así definir la realidad aumentada como el entorno real mezclado con lo virtual, y puede ser usada en varios dispositivos desde ordenadores o tablets, hasta dispositivos móviles, o incluso con tecnologías integradas en la ropa industrial o gafas especiales.

La RA no es una tecnología que requiera ser un experto; de hecho, cualquier usuario puede interactuar con ella creando así una nueva vía de trabajar o comunicar. El uso de las capacidades de cada dispositivo

en particular (por ejemplo, multitáctil de tabletas, inmersión con gafas, etc.), es un reto que tienen que superar los operarios en las plantas de fabricación o de mantenimiento. Es necesario, además, analizar continuamente los espacios (en tiempo real, así como históricamente), reaccionando cuando y según proceda (de forma síncrona), u ofrecer información al usuario, bajo petición (de forma asíncrona).

En Galicia, ya hay empresas del sector naval y sector automoción que emplean la realidad aumentada como sistema de apoyo a su proceso productivo.

A nivel de **exoesqueletos** se han desarrollado soluciones para aplicaciones metal-mecánicas, orientadas la mayor parte de ellas para el sector de la construcción. Algunos ejemplos de exoesqueletos para aplicaciones de construcción son: Eksobionics, FORTIS, US Bionics, etc.



ILUSTRACIÓN 13: APLICACIÓN DE EXOSQUELETO EN SECTOR METALMECÁNICA. FUENTE: EKSOBIONICS.

2.3.3. Sistemas Ciberfísicos e IoT

El sector metalmecánico puede beneficiarse de varias de las innovaciones IoT mencionadas para el resto de sectores analizados pues, en la mayoría de los casos, éste forma parte de la propia cadena de valor de sectores como el de automoción, aeronáutico o naval. No obstante, dentro de esta sección se incluyen algunos casos de uso detectados de aplicación específica en compañías de este sector.

Gestamp, empresa dedicada al diseño y fabricación de componentes metálicos para la industria del automóvil, se ha aliado con Siemens para **reducir el consumo energético en sus plantas de producción**⁵. Para ello, se monitorizan en tiempo real las necesidades de consumo existentes en las plantas de producción de la empresa y estos datos son enviados a una plataforma en la nube para su procesamiento. En dicha plataforma, de tipo Big Data, se aplican una serie de algoritmos no sólo para optimizar el consumo de la maquinaria en planta sino también para analizar sus patrones de consumo con la finalidad de detectar posibles problemas y realizar tareas de mantenimiento antes de la aparición de errores críticos. Con esta solución Gestamp espera reducir en un 15% el consumo energético en varias plantas de producción.

Hitachi, en su vertiente industrial, también ha visualizado un futuro para el sector en el que tiene cabida la extracción de la información de la maquinaria empleada para el procesamiento del acero y su posterior tratamiento a través de algoritmos para extraer conocimiento⁶. De manera general, se plantea el uso de la información extraída de la maquinaria de procesamiento para el diagnóstico de fallos y recuperación de los mismos, optimización de los tiempos de trabajo, detección de posibles paradas de la producción con antelación y simulación de los procesos. La ILUSTRACIÓN 14 contiene una representación de los diversos procesos de tratamiento del metal con el tipo de información extraída en cada uno de ellos, para qué se emplea y la relación con diversos actores dentro de la cadena de valor.

⁵<http://www.gestamp.com/prensa/comunicados-de-prensa?NewID=2528>

⁶http://www.hitachi.com/rev/pdf/2016/r2016_05_105.pdf

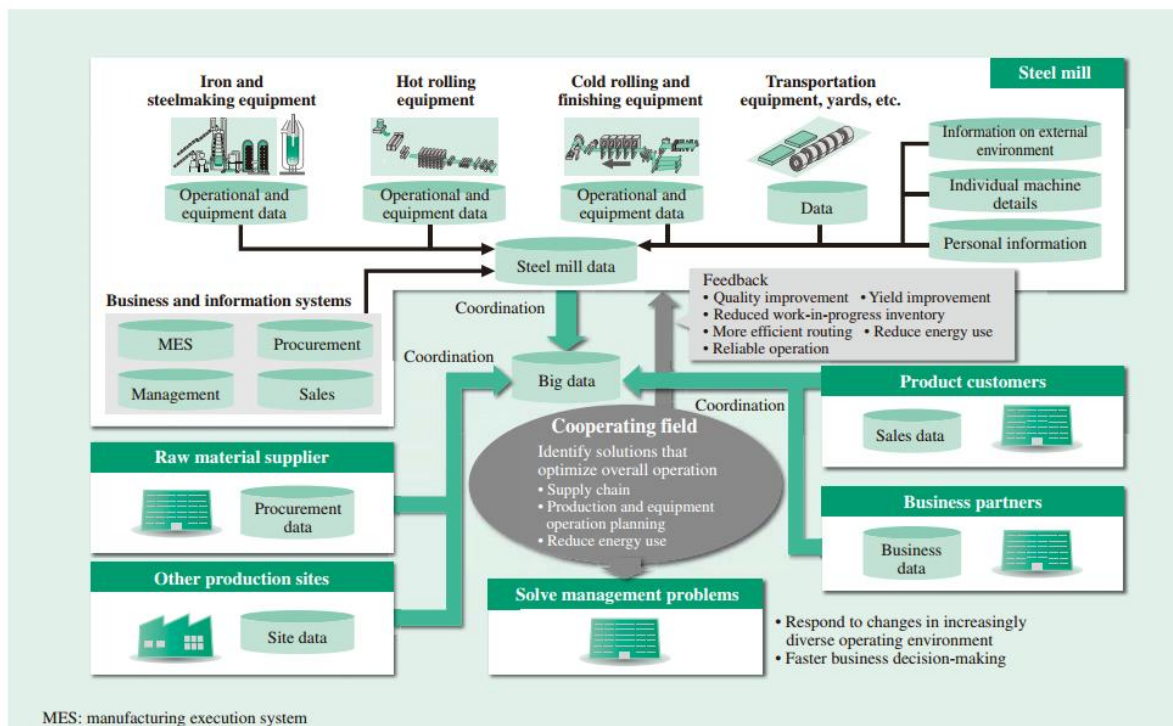


ILUSTRACIÓN 14: VISIÓN DE HITACHI DE LA CADENA DE VALOR DE PROCESADO DEL ACERO. FUENTE: HITACHI

Cabe mencionar también el caso del productor de acero brasileño Gerdau, que ha llegado a un acuerdo con General Electric para la implantación de tecnologías de monitorización de sus activos y detectar fallos en el equipamiento y actuar de manera proactiva ante los mismos.

El **proyecto europeo Power-OM** ha desarrollado un **innovador sistema de mantenimiento predictivo a partir del monitorizado del consumo de corriente de la máquina**. El nuevo sistema consigue una reducción en el número de fallos imprevistos de un 75% a un 5% de consumo e incrementa en un 25% la confiabilidad de los equipos. Power-OM ha estado liderado por el centro tecnológico IK4-TEKNIKER y ha contado con la participación de dos empresas vascas, Goratu y FagorAutomation, lo que evidencia la posición de Euskadi como referente en innovación en el sector de la máquina herramienta. Completan el consorcio las empresas Artis (Alemania), Predict (Francia), Monition Limited (Reino Unido) y la Universidad Técnica de Lulea (Suecia).

2.3.4. Tecnología de materiales inteligentes

En el sector metalmecánico, existe una gran necesidad de contar con materiales de alto rendimiento con resistencia elevada y aplicaciones en la macroescala.

Los recubrimientos se utilizan en toda la industria para mejorar el rendimiento proporcionando mayor resistencia y un menor desgaste al reducir los ataques por corrosión que pueden abrir grietas y reducir la humectación (dispersión de un líquido sobre una superficie, como el agua sobre un parabrisas).

Las **aleaciones de metal complejo (CMA)** son la base de una nueva clase de recubrimiento cuyo potencial todavía está pendiente de explotar. Las CMA son una familia amplia de compuestos que consiste en elementos metálicos o mezclas de metales con otros elementos. Forman estructuras cristalinas con un número de átomos por unidad cristalina extraordinariamente elevado. A diferencia de la sal, que solo tiene dos átomos por celda unitaria (cloruro sódico), las CMA pueden tener hasta miles de átomos por unidad, lo cual les confiere propiedades físicas inusuales. De hecho, la CMA de boruro de magnesio y

aluminio (AlMgB14), que consiste en dieciséis átomos por unidad, tiene propiedades de dureza solo comparables con el diamante.

Un grupo de científicos europeos trabajó en el desarrollo de procesos de recubrimiento que permiten aprovechar las posibilidades de las CMA como base de recubrimiento para equipos NIPO: 088-17-031-1 de mecanización, moldes y recubrimientos resistentes a la humectación para trenes de aterrizaje de aviones. La financiación de la Unión Europea para el proyecto APPLICMA (Development of wearresistantcoatingsbasedoncomplexmetallicalloysforfunctionalapplications) ha permitido a los científicos romper la barrera del procesamiento asociada al uso de las CMA como recubrimiento.

Los científicos empezaron por probar muestras de CMA, tras lo cual se centraron en las CMA más prometedoras desde el punto de vista del proceso de depósito (depósito físico en fase vapor). Después de optimizar el proceso, los científicos prepararon demostradores, los recubrieron y realizaron ensayos para comparar las herramientas recubiertas por métodos convencionales y herramientas no recubiertas. Entre los elementos para demostración se encontraban brocas de taladro, fresas, elementos de corte, matrices de estampación, moldes, tornillos y una pieza original de un tren de aterrizaje de avión.

Otro ejemplo de iniciativas en busca de recubrimientos especiales, es la startup danesa SiOx, que ha sido nombrada como finalista en la Climate-KIC's Venture Competition 2016 por su trabajo sobre una tecnología que permite fabricar **revestimientos flexibles de vidrio-metal**. La startup danesa ha presentado un recubrimiento de cuarzo fundido de metal basado en su tecnología patentada NANOMel. Una vez aplicado, la película proporciona un revestimiento denso y flexible de vidrio-metal que protege el sustrato metálico de la corrosión.

SiOx anticipa aplicaciones en entornos de proceso, incluyendo intercambiadores de calor donde la suciedad puede reducir la eficiencia energética e impedir el flujo de líquidos aumentando la caída de presión. En consecuencia, los intercambiadores de calor están sobredimensionados, las líneas de producción se paran para la limpieza, y aumenta el consumo de energía. El coste estimado de la suciedad en los países industrializados es de 0,25 % del PIB. El revestimiento de sílice NANOMel de SiOx puede reducir la suciedad en más de 50 %, sin reducir la eficiencia térmica del intercambiador de calor.

Los intercambiadores de calor son a menudo operados en medios agresivos, donde el titanio se usa para alargar la vida útil de los equipos. La compañía está participando en un proyecto de colaboración utilizando el recubrimiento NANOMel en materiales como el acero inoxidable, que es 3-4 veces más barato que el titanio. Mediante la sustitución de titanio con acero inoxidable, un cliente de SiOx podría ahorrar 25 millones de € al año.

Una capa de nanohilos de plata podría revolucionar los wearables. Los investigadores en nanomateriales afirman que han hecho un gran avance que podría permitir fabricar pantallas táctiles enrollables y células solares flexibles. La capa ultrafina, que es transparente y altamente conductora de la corriente eléctrica, se ha obtenido a través de un método ideado por un equipo internacional de la Universidad de Illinois en Chicago y la Universidad de Corea. Sus resultados se presentan en *AdvancedFunctionalMaterials*.

La nueva capa, que se puede doblar y estirar, se fabrica a partir de nanohilos de plata fundidos y se obtiene pulverizando los nanohilos a velocidad supersónica a través de una pequeña boquilla. El resultado es una película con casi la conductividad eléctrica de la plata y la transparencia del vidrio.

Aleaciones con memoria de forma (SMA) que podrían cambiar las reglas de la industria de construcción. Investigadores de los Laboratorios Federales Suizos para la Ciencia de los Materiales y Tecnología (EMPA), han estado trabajando en el desarrollo de una aleación SMA de hierro-manganesosilicio que se activa a sólo 160°C, una temperatura mucho más adecuada para su uso con hormigón. Este nuevo material se podría utilizar en la fabricación de varillas de refuerzo para vigas de hormigón. De esta manera el proceso de pretensado es más simple y por lo tanto más barato que las técnicas convencionales. Además, permitiría a los ingenieros crear estructuras pretensadas, que son imposibles o muy difíciles de lograr con las técnicas convencionales.

2.3.5. Fabricación Aditiva

De las distintas posibilidades de fabricación aditiva, la impresión 3D de metal es la que está experimentando en los últimos años un ascenso más sólido. Las ventajas que las impresoras 3D de metal están aportando respecto a la fabricación tradicional son tan significativas que no han tardado en llamar la atención de industrias tan exigentes y punteras como la aeroespacial o la aeronáutica.

Uno de los principales motivos para que esté ocurriendo así, especialmente con la impresión 3D en metal, es porque nos permite poder fabricar productos finales con un menor coste, reduciendo al mínimo la cantidad de residuos y deshechos derivados del proceso de fabricación; ahorrando energía para su elaboración; consiguiendo piezas hasta un 60% más ligeras y más resistentes en comparación con la fabricación tradicional; y pudiendo fabricar y diseñar formas y estructuras que serían absolutamente imposibles de fabricar mediante la producción en masa mecanizada.

Teniendo en cuenta tales ventajas, no es de sorprender que grandes compañías aeronáuticas como Airbus, o la división aeroespacial SpaceX de ElonMusk, sean de las que mayores esfuerzos están invirtiendo para investigar y aprovechar el máximo potencial de las impresoras 3D de metal.

Tan sólo el ahorro que supone, tanto por la reducción del material empleado como por el menor combustible necesario para mover aviones o cohetes, que son mucho más ligeros gracias a los componentes impresos en 3D, se cuenta en miles de millones de dólares. Y aún queda mucho por descubrir acerca de todas sus posibilidades.

Pero no sólo la aeronáutica y la aeroespacial son las únicas industrias que están explotando y descubriendo las posibilidades que nos puede llegar a ofrecer la fabricación aditiva de metal. Cada vez son más los sectores que se van animando a introducir impresoras 3D de metal en sus procesos de fabricación y desarrollo de productos. Y, sin embargo, a pesar del sorprendente ascenso que está experimentando este método de fabricación, también podemos comprobar que aún no logra acercarse del todo a la generalización de su uso en la industria metalúrgica.

Debido a los precios de las impresoras 3D de metal existentes, que oscilan entre los 100.000€ y los 2.000.000€, a menos que se adquiera para un negocio basado exclusivamente en impresión 3D o para imprimir a diario una gran cantidad de piezas, hasta la fecha no resulta una inversión que asegure un retorno rápido ni seguro. Si lo que se necesita es la reposición de ciertos componentes metálicos para reparaciones, la fabricación de herramientas personalizadas, o cualquier otro uso concreto en el que no se base la fabricación del producto a comercializar, entonces lo más rentable es recurrir a los servicios de impresión bajo demanda que ya incorporen esta tecnología entre sus opciones.

Sin embargo, si la adquisición de impresoras 3D de metal industriales se efectúa en negocios basados en la producción bajo demanda de piezas de metal, tanto de productos finales como de piezas o componentes que serán ensamblados, la buena noticia es que la demanda de este tipo de servicios está experimentando un crecimiento importante y estable, en parte debido a todas esas ventajas que adelantábamos al principio de este artículo. En estos casos, sí que está suponiendo una inversión con alta probabilidad de rentabilidad. La impresión 3D en metal, actualmente, se está volviendo de uso común en gran parte de las industrias y sectores profesionales.

Mercedes-Benz Trucks, la división de camiones de Mercedes-Benz, ha anunciado que va a realizar su primera pieza de recambio en metal mediante impresión 3D. Este hecho marca un hito en la carrera por incorporar la impresión 3D en la fabricación de recambios bajo demanda. La pieza, una cubierta de termostato para camiones y furgonetas, ha pasado todas las pruebas y fases del control de calidad.

La pieza ha sido realizada mediante tecnología SLM (fusión selectiva por láser) utilizando una aleación de aluminio, silicio y magnesio, AlSi10Mg.

La fabricación de piezas de recambio por impresión 3D permite fabricar a demanda, evitando grandes almacenes y largos transportes desde los centros de producción hasta los usuarios finales. Con el uso de impresoras 3D, es posible disponer de centros de fabricación distribuidos que fabriquen sólo las piezas necesarias, cuando son requeridas y más cerca del usuario final. Además, también permite fabricar piezas antiguas que ya no se fabrican y que no están disponibles en los almacenes.

El grupo francés PSA ha iniciado una colaboración con la empresa Divergent 3D, una empresa estadounidense que ha inventado un método totalmente diferente de imprimir y montar el chasis de un automóvil a gran escala.

El año pasado, la empresa americana ya presentó el BladeSupercar, un demostrador tecnológico que mostraba las capacidades de esta nueva técnica de impresión.

La tecnología de impresión de Divergent 3D, ayudará al grupo francés a lograr el objetivo de liderar la senda hacia una fabricación de piezas de automoción más eficiente. El método de impresión es capaz de producir chasis más baratos, reduciendo hasta diez veces el coste inicial en útiles y maquinaria de estampación, así como los costes de planta asociados. A nivel de vehículo, se reduce el peso del vehículo en más del 50% y el número de piezas estructurales en un 75%.

La tecnología combina nodos (o conectores) de aluminio fabricados mediante un proceso de sinterizado directo de metal por láser (DMLS) con un método de ensamblaje en el que los nodos se unen manualmente, a tubos de fibra de carbono cortados con láser, formando una estructura ligera y resistente. Dichos conectores están fabricados con polvo de aluminio 4046, hasta un 15% más ligero que el aluminio T6 usado en procesos de colada y con la misma rigidez.

Otra de las ventajas que se puede destacar, es el potencial de la técnica para reducir drásticamente el tamaño y el alcance del impacto ambiental del proceso de fabricación de los chasis.

2.3.6. Logística Avanzada (AGV's y Drones)

El sector metalmecánico en Galicia emplea herramientas de logística avanzada (AGV's) en diferentes fases de sus sistema productivo, fundamentalmente para movimiento de piezas entre maquinas, gestión de almacenes, robots autónomos en labores de agricultura, etc.



ILUSTRACIÓN 15: EQUIPOS AUTÓNOMOS EMPLEADOS EN AGRICULTURA

Otro ejemplo es la incorporación de unidades **AGV** a la línea de producción de Vigo del **Grupo PSA**. Se trata de vehículos autónomos que acercan a los trabajadores los equipos de piezas seleccionadas ya listos para instalar en el coche. Sustituye a los cestones de piezas que antes se ponían al lado del trabajador y supone un cambio notable en la forma de trabajar.



ILUSTRACIÓN 16: AVGs EN LA PLANTA DE PSA VIGO. FUENTE: FARO DE VIGO

2.3.7. Modelización, simulación y virtualización de procesos

El proyecto financiado con fondos de la Unión Europea **CLOUDSME** ha facilitado a las pymes el **acceso a tecnologías de simulación con las que aumentar su eficacia operativa**.

Los programas informáticos de simulación se han popularizado en los ámbitos de la fabricación y la ingeniería gracias a su capacidad para analizar procesos químicos, sistemas de fabricación, logística y cadenas de simulación. Sin embargo, hasta ahora pocas pymes han podido aprovechar sus virtudes debido a factores como el precio de los equipos, los costes de las licencias y los conocimientos técnicos, circunstancia que puede situar en una posición de desventaja competitiva a las pymes europeas.

El proyecto CLOUDSME finalizó en marzo de 2016 tras crear una plataforma en la nube. En ella, las pymes cuentan con acceso a aplicaciones nuevas de simulación de procesos diseñadas con las pequeñas empresas en mente y de utilidad en sectores muy diversos. La plataforma también genera oportunidades comerciales relevantes para los desarrolladores de aplicaciones, los cuales suelen tener dificultades para dar con pymes que precisen de sus servicios.

La plataforma diseñada por el proyecto ofrece ejemplos de empresas que ya emplean la tecnología de CLOUDSME para aumentar su eficacia operativa en la actividad a la que se dedican y proporciona los medios para descubrir y probar las primeras herramientas disponibles para pymes. Las actualizaciones y la inclusión de aplicaciones nuevas son constantes en el sitio web. La plataforma de CLOUDSME también permite a las empresas conformar en la nube aplicaciones acordes con sus intereses. La plataforma seguirá en marcha tras la finalización del proyecto y garantizará que las pymes dedicadas a la fabricación y la ingeniería (fundamentales para la economía europea) tengan acceso a herramientas de simulación y puedan aumentar su eficacia y competitividad. La plataforma generará oportunidades comerciales también para proveedores de software de simulación y de servicios en la nube.

2.3.8. Big Data, Cloud Computing y Data Analytics

El sector metalmecánico puede beneficiarse de la mayor parte de las aplicaciones mencionadas para el resto de sectores analizados pues, en la mayoría de los casos, éste forma parte de la propia cadena de valor de sectores como los de automoción, aeronáutico, renovable o naval. Como por ejemplo:

- Extracción de patrones de comportamiento de la instalación. Mantenimiento predictivo. Reducción de tiempos de parada, etc.
- Planificación y asignación óptima de recursos de producción

- Predicción de fallos en cadenas de producción
- Optimización logística de suministro y distribución
- Pronóstico de la demanda
- Eficiencia energética en producción
- Despliegue óptimo de bienes y cadenas de producción (lay-outs)
- Seguridad en la planta
- Análisis de riesgos y predicción de fallos
- Optimización del stock
- Customización del producto: nuevos acabados y formas más ajustados a las necesidades del cliente

Como ejemplos de la utilización de esta tecnología, podemos destacar:

GESTAMP. La plataforma Siemens de Big Data monitoriza las necesidades de consumo energético de Gestamp y conecta sus infraestructuras a una solución cloud. Este sistema permite definir algoritmos basados en los patrones de consumo para identificar y advertir sobre posibles fallos de los equipos. Los datos del consumo energético pueden ser procesados a través de técnicas de análisis de datos para definir de forma predictiva el mantenimiento, así como gestionar los procesos de producción o las previsiones de consumo energético en base a las necesidades de producción futuras.

Proyecto MC-SUITE - ICT PoweredMachining Software Suite MC-SUITE quiere aumentar la productividad de la industria manufacturera, mejorando el desempeño de la simulación y el mecanizado, al correlacionar el modelado de procesos utilizando computación de alto rendimiento, y la monitorización de las máquinas.

2.3.9. Safety and Security

El sector metalmecánico engloba a un heterogéneo conjunto de empresas que trabajan en torno a la producción y el procesado del metal y que a su vez trabajan en actividades de automoción, naval, marítimo, energías renovables, construcciones y estructuras metálicas, carpintería de metal, etc.

Por el tipo de operaciones que se realizan y por los equipos y maquinaria con los que se trabaja en las empresas del sector metalmecánico, en los conceptos de Safety & Security tienen una gran relevancia todos los aspectos relacionados con la seguridad de las personas, ya que la actividad productiva expone a los trabajadores a actividades que, si no se ejecutan de un modo adecuado, pueden suponer un riesgo importante para su salud. Las empresas del sector son muy conscientes de la importancia de la prevención de riesgos laborales y las soluciones para reducir el riesgo de sus trabajadores tienen gran importancia para ellos.

Los accidentes típicos en estos sectores son aquellos producidos fundamentalmente por golpes con objetos y herramientas, sobreesfuerzos y proyecciones de fragmentos o partículas. Otra fuente importante de riesgos para la salud en el trabajo en este sector son el ruido generado por el funcionamiento de la maquinaria o de las herramientas manuales y los gases y partículas generadas en las operaciones de producción. En aquellas industrias en las que existan procesos de soldadura, las radiaciones no ionizantes pueden producir quemaduras o lesiones a nivel ocular.

Las nuevas tecnologías están impulsando mejoras efectivas en la gestión de la seguridad laboral. Los wearables y redes de sensores automatizados son algunas de las soluciones más comunes y que facilitan el seguimiento y monitorización de los operarios, de sus actividades y del entorno en el que trabajan. Así por ejemplo, se despliegan redes de sensores que detectan y alertan de situaciones peligrosas, como los nuevos sistemas de robótica colaborativa que pueden trabajar detectar la presencia de trabajadores o de otros equipos en su entorno y actuar en consecuencia. Es común el uso de sensores para detección de gases o sustancias peligrosas o dañinas en el ambiente de trabajo; con la evolución de las tecnologías de

sensado y de comunicaciones inalámbricas, la tendencia es que estos sensores se instalen lo más cerca posible del operario, integrados en el propio puesto de trabajo o en los equipos de protección individual.

A continuación se muestran algunos ejemplos de soluciones que se están implantando en el sector metalmeccánico para mejorar la seguridad de sus operaciones:

- **Solución wearable de Intel y Honeywell⁷**: Intel y Honeywell han creado una prueba de concepto genérica para cualquier tipo de trabajador que use diversas tecnologías como la detección de actividad, detección de gestos o monitorización de variables ambientales, entre otras. Estos dispositivos se conectan con un servicio en la nube en el que se analizan los datos obtenidos. Es una solución que está en el estado de prueba de concepto y que sirve para monitorización del estado de operarios, detección de parámetros ambientales peligrosos (p. ej. gases tóxicos), además de para la obtención en tiempo real de tiempos de actividad para optimización de operaciones.
- **WearKinetic⁸**: Wearable orientado a monitorizar si los operarios realizan correctamente actividades de carácter físico en cuanto a las posturas que adoptan, peso que levantan, etc. Dispone de interfaces de visualización para detectar aquellos trabajadores con un mayor riesgo de lesión. Por ejemplo, han implementado un caso de uso en CraneWorldwideLogistics. Esta solución persigue la reducción de riesgos laborales a través de la monitorización de los operarios con trabajos físicos intensos.
- **Daqri Smart Helmet⁹**: Casco diseñado para presentar a los trabajadores información a través de una interfaz de realidad aumentada en su visor. Puede presentar información de diversos sensores en tiempo real (monitorización de concentración de gases, estado de la maquinaria, etc.), actuar como sensor empleando las cámaras térmicas y de infrarrojos incorporadas, o para el apoyo remoto de expertos en tiempo real y comunicación con los trabajadores. Esta solución presenta información de sensores y estado de los procesos, monitorización de actividad a través de sensores en el casco.

⁷<http://www.intel.es/content/www/es/es/industrial-automation/industrial-applications/honeywell-industrial-wearables-solution-brief.html>

⁸<http://wearkinetic.com/>

⁹<https://daqri.com/products/smart-helmet.html>

3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL

Con el objetivo de analizar la visión del sector metalmeccánico gallego y su posicionamiento con respecto a la denominada Industria 4.0, se realizaron reuniones con **40 empresas del sector distribuidas por la geografía gallega, que incluyesen diferentes subsectores y productos, y que no hubiesen sido tenidas en cuenta en la cadena de valor de los otros sectores estudiados**, 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

La heterogeneidad del sector metalmeccánico gallego se ve reflejado 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 dentro de la cadena de valor.

En este apartado se recogen los resultados obtenidos de estas encuestas. En el **Anexo 6** se recoge una breve descripción de los criterios que se utilizaron para la selección de empresas que participaron en este proceso.

El sector metalmeccánico en Galicia está formado mayoritariamente por Pymes. La muestra seleccionada en el presente estudio coincide con las características del sector y de la industria gallega en general, con un 64% de medianas empresas y un 24% de pequeñas empresas. Se trata de empresas de carácter familiar, en las que la dirección del negocio siempre ha estado en manos de la familia, y que ya ha sufrido algún cambio generacional.

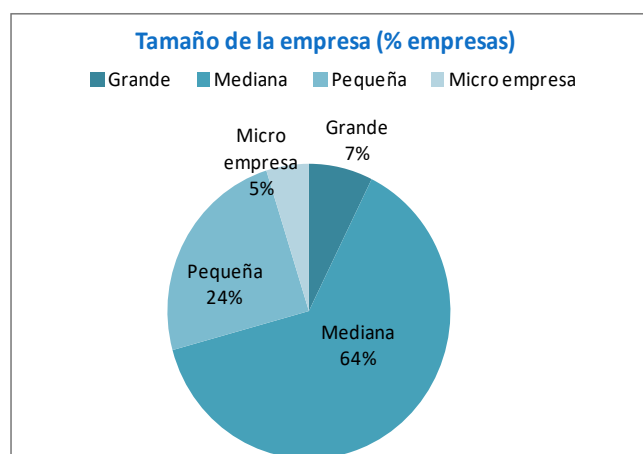


ILUSTRACIÓN 17: TAMAÑO DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS

Al analizar la antigüedad de la empresa, se ve que se trata de un sector bastante consolidado en la industria, con solo un 39% de las empresas creadas a partir del año 2009. Es un sector tradicional en Galicia, con empresas referentes en mecanizado (moldistas) y fabricación de equipamiento de alto nivel tecnológico (para conserveras, automoción, aeronáutica y renovables)

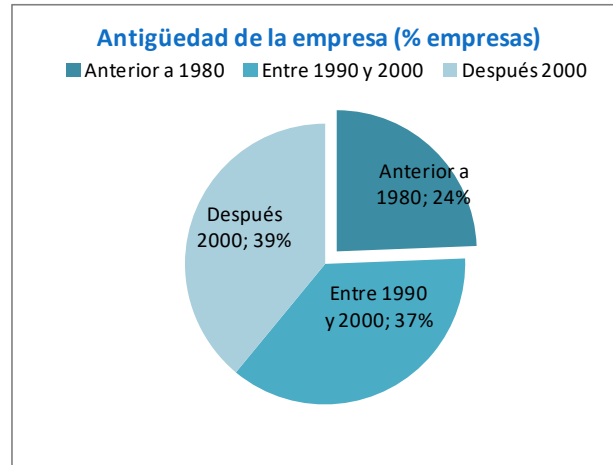


ILUSTRACIÓN 18: ANTIGÜEDAD MEDIA DE LAS EMPRESAS ENTREVISTADAS

Casi todas las empresas disponen de departamento de Ingeniería o departamento técnico, que en alguno de los casos asume los trabajos de I+D, pero no lo consideran una actividad central a la que dedicar recursos. Si bien se aprecia la innovación incremental como de interés para la empresa, en su producto o proceso, la I+D se ve más lejana a su actividad en su día a día.

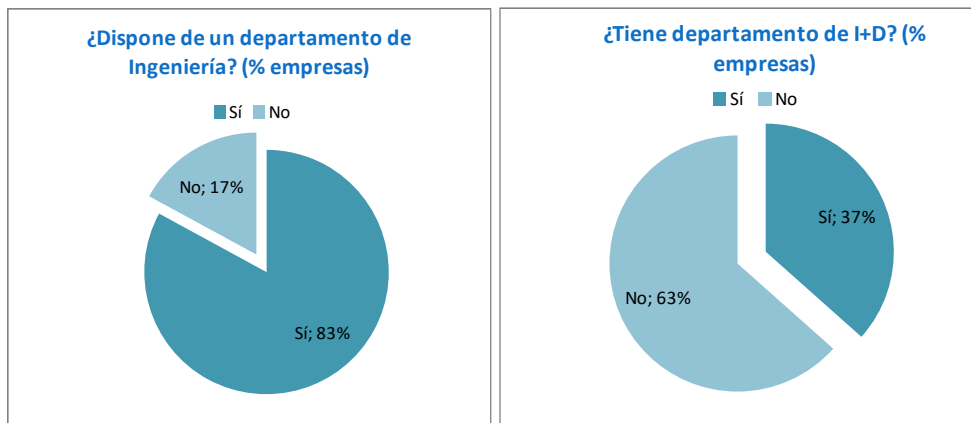


ILUSTRACIÓN 19: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA E I+D EN LAS EMPRESAS ENCUESTADAS

Las empresas no disponen de departamento TIC, que pasa a ser un servicio subcontratado. Esto puede suponer una debilidad a la hora de afrontar la digitalización del sector, porque, por un lado, las empresas no cuentan con recursos internos, y por otro, existe una falta de personal formado en TIC en el sector.

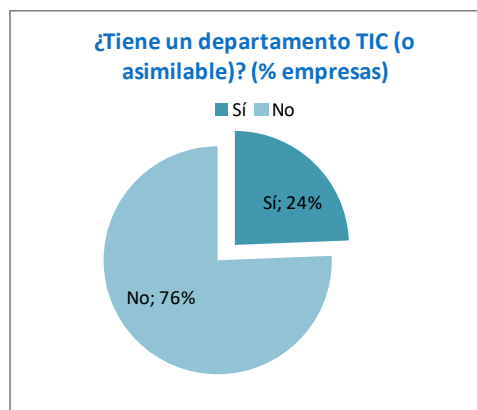


ILUSTRACIÓN 20: % DE EMPRESAS QUE DISPONEN DE DEPARTAMENTO TIC

Por último, al analizar el % de ingenieros en plantilla en el sector, se observa que el número de titulados es muy bajo (un 70% de las empresas no alcanza el 25% de titulados). Es este un dato muy relevante y crítico para el sector, ya que la formación especializada aporta empleos de mayor cualificación, y permite asumir retos tecnológicos como la Industria 4.0, que claramente apuesta por esta especialización de los trabajadores como herramienta para evitar la pérdida de puestos de trabajo.

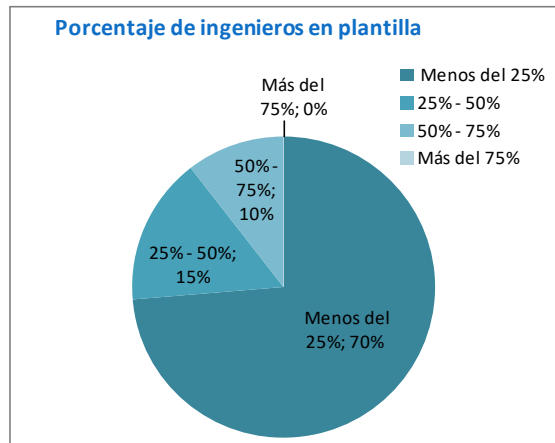


ILUSTRACIÓN 21: % DE INGENIEROS EN PLANTILLA

3.1. FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0

Las siguientes gráficas muestran la familiaridad de las empresas encuestadas con el concepto de Industria 4.0. De manera general, las empresas reciben información a través de los clústeres (66% pertenecen a Asime) y la prensa, pero apenas se han formado sobre estos conceptos y no los conocen en profundidad en la mayoría de los casos.

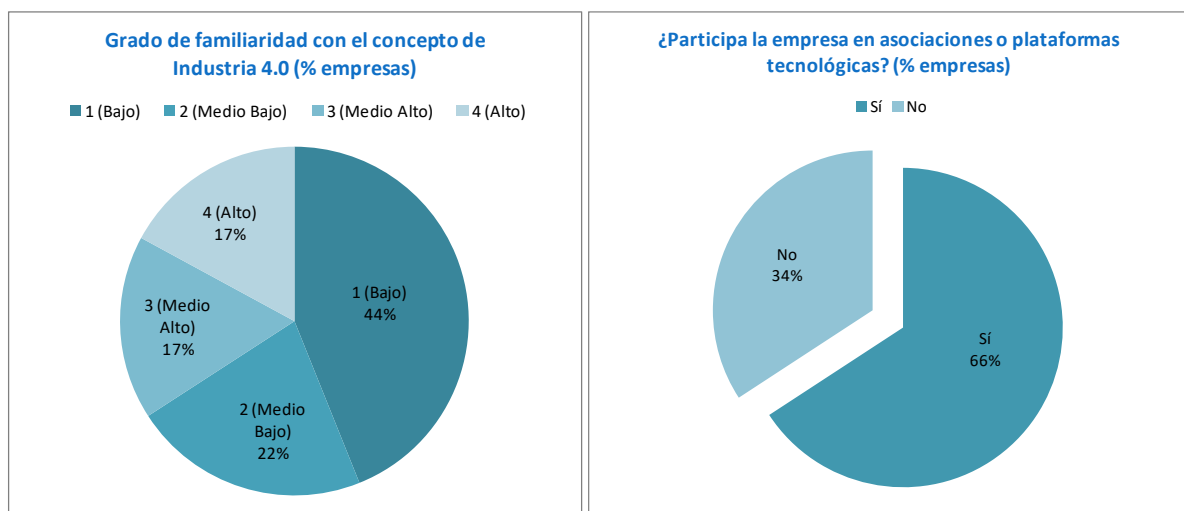


ILUSTRACIÓN 22: FAMILIARIDAD CON INDUSTRIA 4.0

ILUSTRACIÓN: 23% DE PARTICIPACIÓN EN PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS

El concepto de industria 4.0 se entiende muchas veces ligado a la robotización de los procesos, y el carácter de empresa pequeña familiar de la industria metalmeccánica (salvo en el caso de las empresas ligadas a automoción, no consideradas en este apartado de Diagnóstico Sectorial), hace que al no fabricar en serie, no se amortice el elevado coste que supone la adquisición de un sistema robotizado, y se apueste más por líneas automatizadas (no robotizadas).

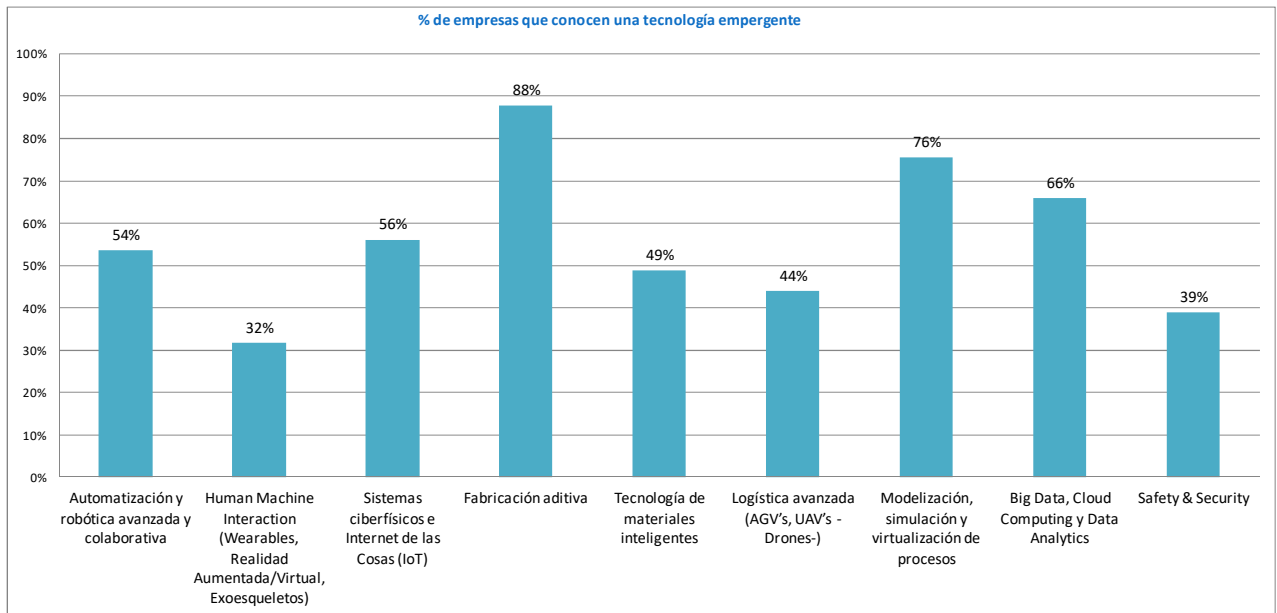


ILUSTRACIÓN 24: % DE EMPRESAS QUE CONOCEN LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Como se ve en la ILUSTRACIÓN 24, existe un gran desconocimiento sobre las tecnologías emergentes asociadas con la Industria 4.0, siendo la fabricación aditiva la tecnología más conocida.

Como se considera que la Industria 4.0 es otra revolución industrial, que favorecerá el desarrollo tecnológico de las empresas, los aspectos que consideran objetivo de la Industria 4.0 en el sector metalmeccánico son:

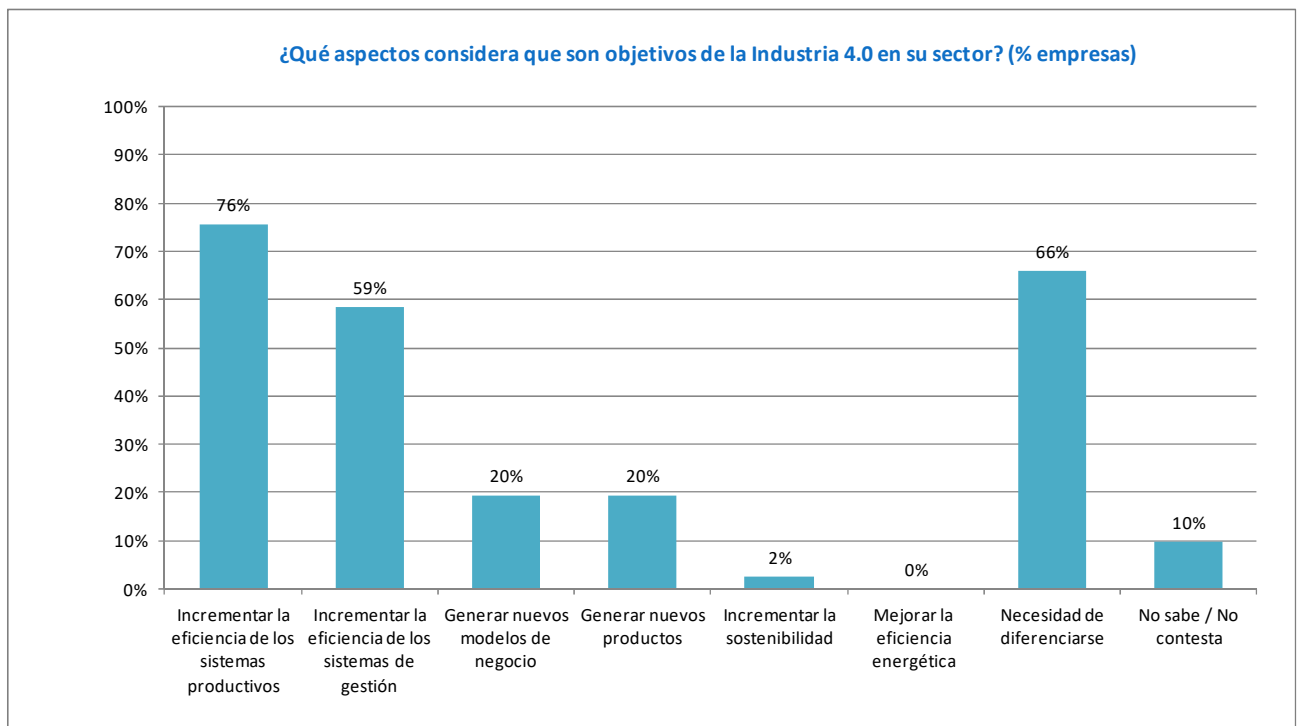


ILUSTRACIÓN 25: ASPECTOS CONSIDERADOS OBJETIVOS DE LA INDUSTRIA 4.0

En un alto %, las empresas consideran que la transformación hacia el 4.0 potenciará la competitividad del sector, aunque tendrá un impacto significativo a largo plazo, ya que es necesario tomar medidas previas que ayuden a mejorar la competitividad de las empresas.

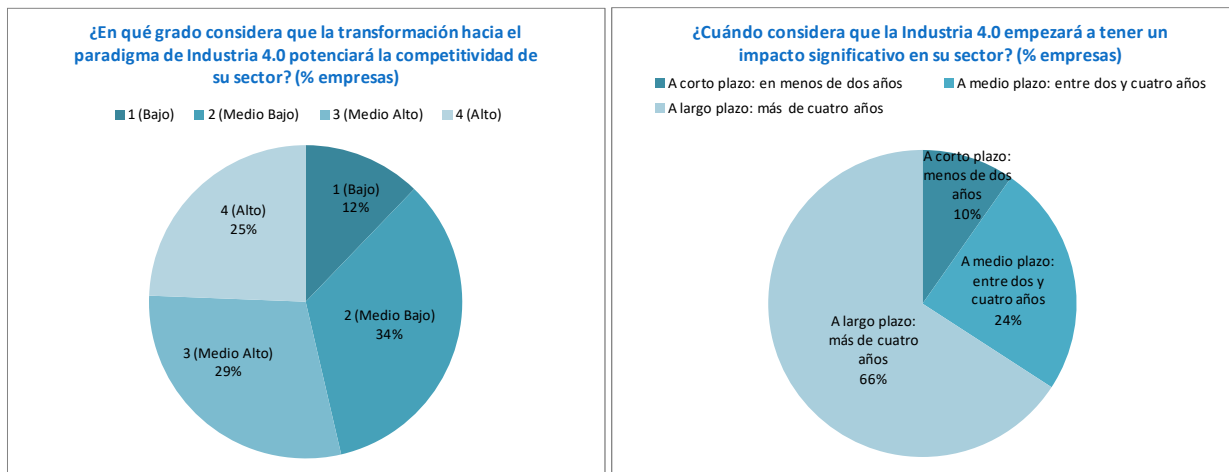


ILUSTRACIÓN 26: GRADO EN QUE LA INDUSTRIA 4.0 MEJORARÁ LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR Y PERIODO EN EL QUE LA INDUSTRIA 4.0 TENDRÁ IMPACTO SIGNIFICATIVO EN EL SECTOR

Con respecto a la deslocalización, la mayor parte de las empresas considera que la deslocalización se produce en grandes grupos empresariales, que mueven sus plantas a países de mano de obra más baratas. Las empresas familiares que se encuentran ubicadas en nuestra comunidad, con clientes estables, buscan mejorar su productividad para poder competir en un mercado global, pero no se plantean mover sus instalaciones.

Por el contrario, las grandes empresas sí que consideran que la industria 4.0 puede ayudar a disminuir la deslocalización, ya que aumentará la competitividad de las mismas.

En un porcentaje del 17% las empresas no supieron que contestar a esta pregunta.

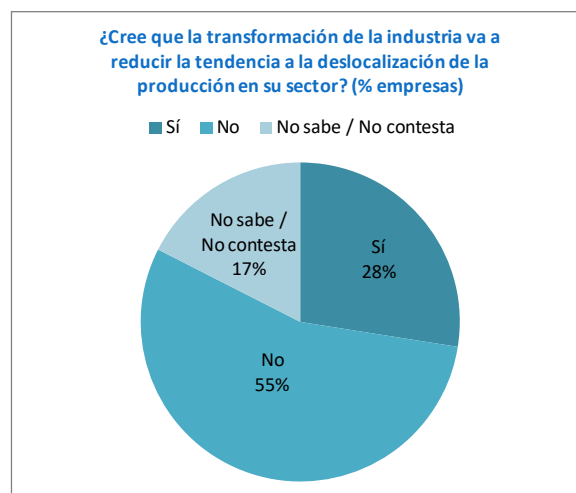


ILUSTRACIÓN 27: INFLUENCIA DE LA INDUSTRIA 4.0 EN REDUCIR LA DESLOCALIZACIÓN

En un 88% de las empresas, ningún trabajador ha recibido formación específica sobre Industria 4.0. Este dato coincide con el mostrado en la ILUSTRACIÓN 24, sobre el gran desconocimiento que tiene el sector sobre las tecnologías asociadas a Industria 4.0 y la aplicabilidad de las mismas en su actividad.

En cambio, sí que es normal colaborar con Centros tecnológicos y Universidades en aspectos complementarios a su actividad, así como en proyectos de I+D+i.

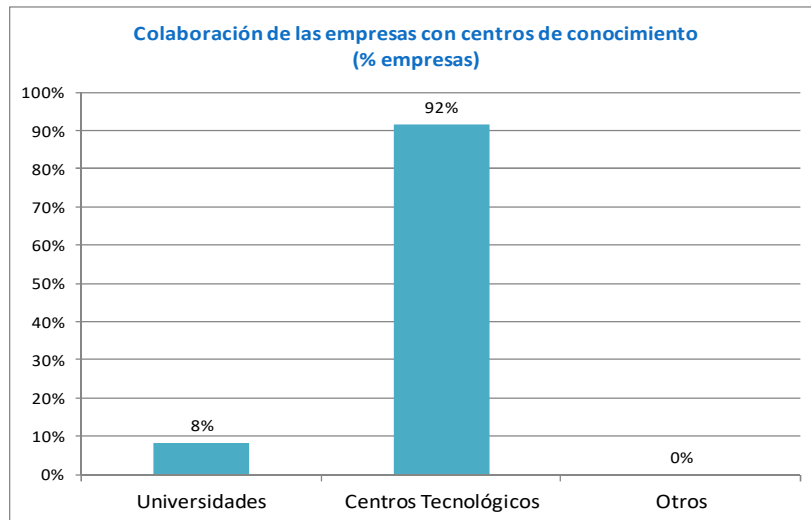


ILUSTRACIÓN 28: % DE EMPRESAS QUE COLABORAN CON CENTROS DE CONOCIMIENTO

3.2. NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL

Antes de comenzar con el análisis por cada tecnología emergente, es importante tener una visión del conjunto del sector. La ILUSTRACIÓN 29 y la ILUSTRACIÓN 30 muestran la poca implementación de las tecnologías habilitadoras Industria 4.0 en el Sector Metalmeccánico, junto con la poca previsión de implementación de las mismas. Esto se debe a que el sector, en Galicia, se encuentra todavía en un nivel de automatización muy bajo, con máquinas manuales no integradas en los sistemas de gestión. Es necesario dar pasos previos a la implementación de Industria 4.0, y las empresas deben estar preparadas para afrontar estos retos tecnológicos.

Destacar que en la actualidad, un 28% de las empresas encuestadas han implementado sistemas relacionados con el Big data, aunque todavía la parte Cloud es muy poco usada para el desarrollo de soluciones TIC (un 88% de las empresas solo trabajan con servidores propios ubicados en la propia planta).

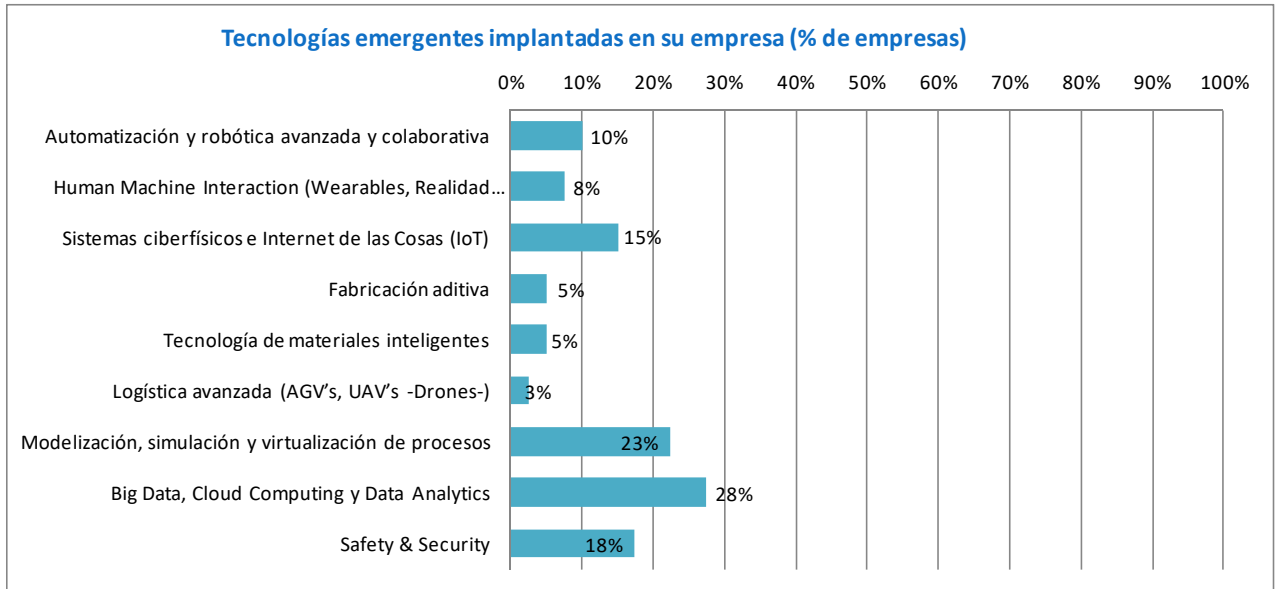


ILUSTRACIÓN 29: % DE EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO QUE HAN IMPLANTADO ALGUNA TECNOLOGÍA 4.0

Con objeto de disponer de una visión de mayor amplitud se estudia, de forma análoga, cuáles son aquellas tecnologías habilitadoras que las empresas tienen previsto implantar a futuro. Y ante la falta de capacidad de inversión de las empresas, y el desconocimiento de las tecnologías y su retorno de inversión, las TIC se ofrecen como las soluciones de mayor interés para las empresas con el objetivo de conseguir su transformación digital.

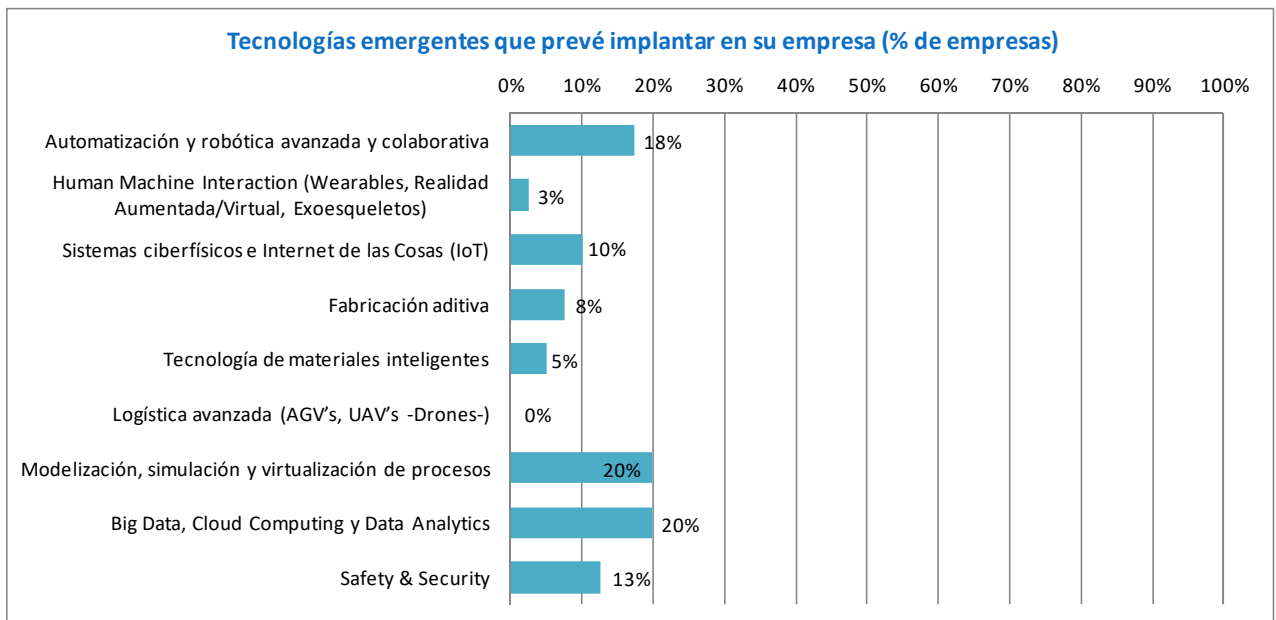


ILUSTRACIÓN 30: % DE EMPRESAS QUE TIENEN PREVISTO IMPLEMENTAR ALGUNA TECNOLOGÍA 4.0

3.2.1. Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes

A continuación, se muestra el resultado de la visita a las 40 empresas visitadas dentro del SectorMetalmeccánico, teniendo en cuenta que en el presente estudio, se han considerado como tecnologías emergentes:

- Automatización y Robótica colaborativa
- Human Machine Interaction
- Sistemas Ciberfísicos e Internet de las cosas
- Fabricación aditiva
- Tecnología de materiales inteligentes
- Logística avanzada (AGVs, UAVs y Drones)
- Modelización, simulación y virtualización de procesos.
- Big Data, Cloud Computing y Data analytics.
- Safety and Security

AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA COLABORATIVA

Como se ve en la ILUSTRACIÓN 31, el grado de automatización depende de la cadena de valor y el mercado al que se dirijan los productos del sector. Los pequeños talleres de mecanizado poseen un grado de automatización bajo y la información obtenida apenas se utiliza para la gestión de la producción. Las empresas que trabajan para sectores punteros tecnológicamente, han implementado procesos automatizados en alguna etapa del proceso productivo (24% empresas) o incluso poseen en todo el proceso un nivel de automatización avanzado (17% de las empresas).

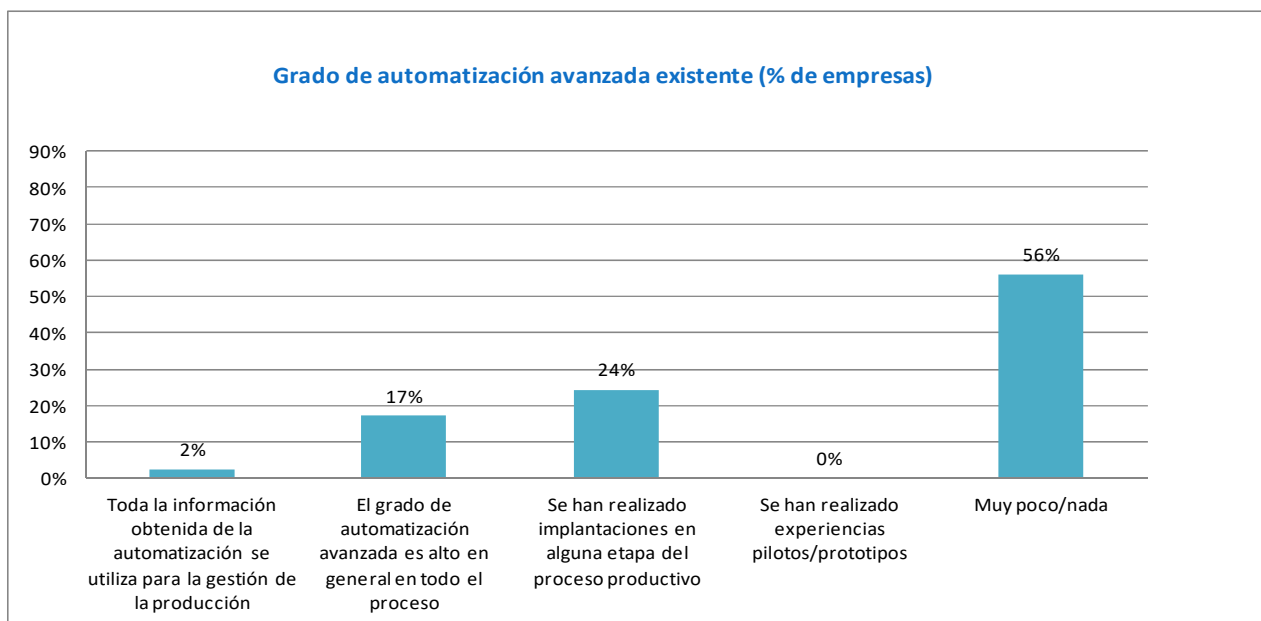


ILUSTRACIÓN 31: GRADO DE AUTOMATIZACIÓN EN LAS EMPRESAS

Y al analizar la aplicabilidad de la robótica colaborativa en las distintas áreas de actividad de las empresas, se ve como la mayoría de ellas no le ve a día de hoy potencial de aplicación, ya que en los casos en los que existe un alto nivel de automatización, es debido a máquinas muy automatizadas, pero no al uso de robótica.

¿En cuáles de las siguientes áreas de actividad piensa que tiene mayor potencial de aplicación la robótica colaborativa en su empresa?	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Almacén Materia Prima	87%	0%	10%	3%
Logística Interna	87%	5%	5%	3%
Producción	56%	10%	20%	15%
Control de Calidad	74%	5%	8%	13%
Almacén de Producto Terminado	92%	8%	0%	0%

ILUSTRACIÓN 35: ÁREAS DE ACTIVIDAD CON POTENCIAL APLICACIÓN DE LA ROBÓTICA COLABORATIVA

El uso de robots, en general, está muy ligado a la fabricación en serie, y en el sector metalmecánico, caracterizado por empresas con una fabricación muy flexible y tipología de pieza muy diferente, su uso no está muy extendido (incluso en países punteros como Alemania o Italia, las empresas líder del sector poseen equipos CNC muy automatizados).

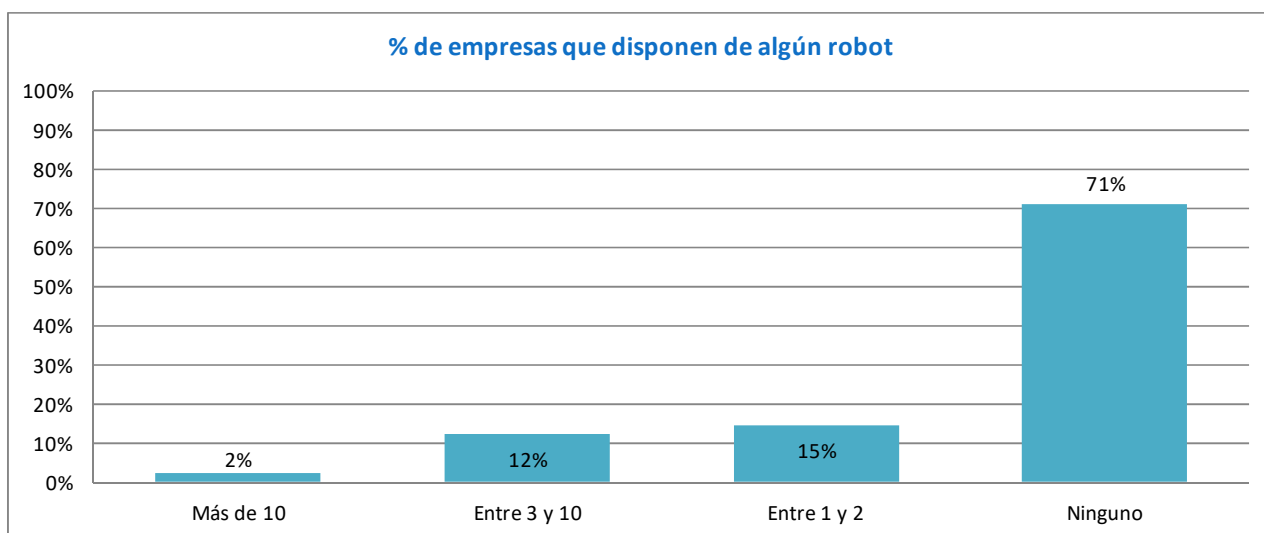


ILUSTRACIÓN 32: NÚMERO DE ROBOTS PRESENTES EN LAS EMPRESAS

Y el grado de integración de los procesos automatizados con los sistemas de gestión, varía, al igual que en los casos anteriores, en función del sector para el que trabaja la empresa. Al ser el metalmecánico un sector transversal al resto de sectores, existe esta disparidad de resultados, que tienen su explicación en el nivel de automatización exigido por las empresas tractoras (para poder ser proveedor en un sector, muchas veces es necesario implementar los estándares de gestión que obliga el propio sector).

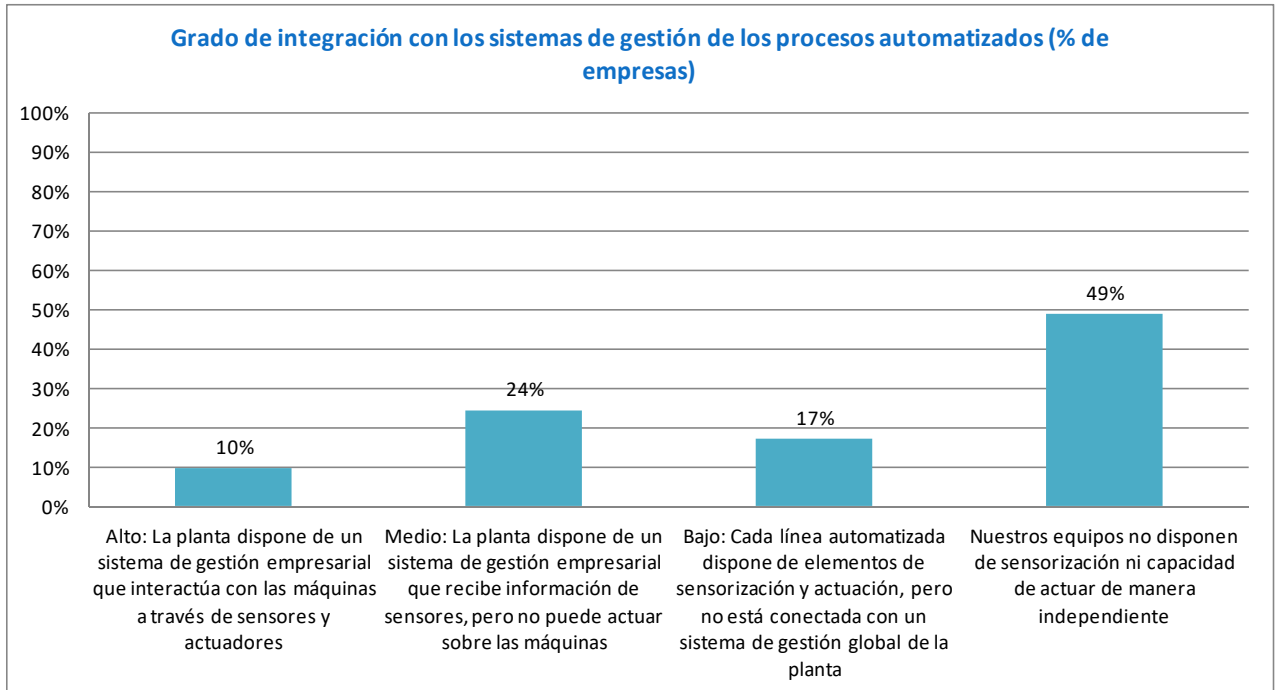


ILUSTRACIÓN 33: GRADO DE INTEGRACIÓN DE LOS EQUIPOS CON LOS SISTEMAS DE GESTIÓN

Y aquellas empresas que ven alguna aplicación a la automatización avanzada y la robótica colaborativa, creen que el principal beneficio que aportaría es la *Mejora de la productividad de las operaciones*.

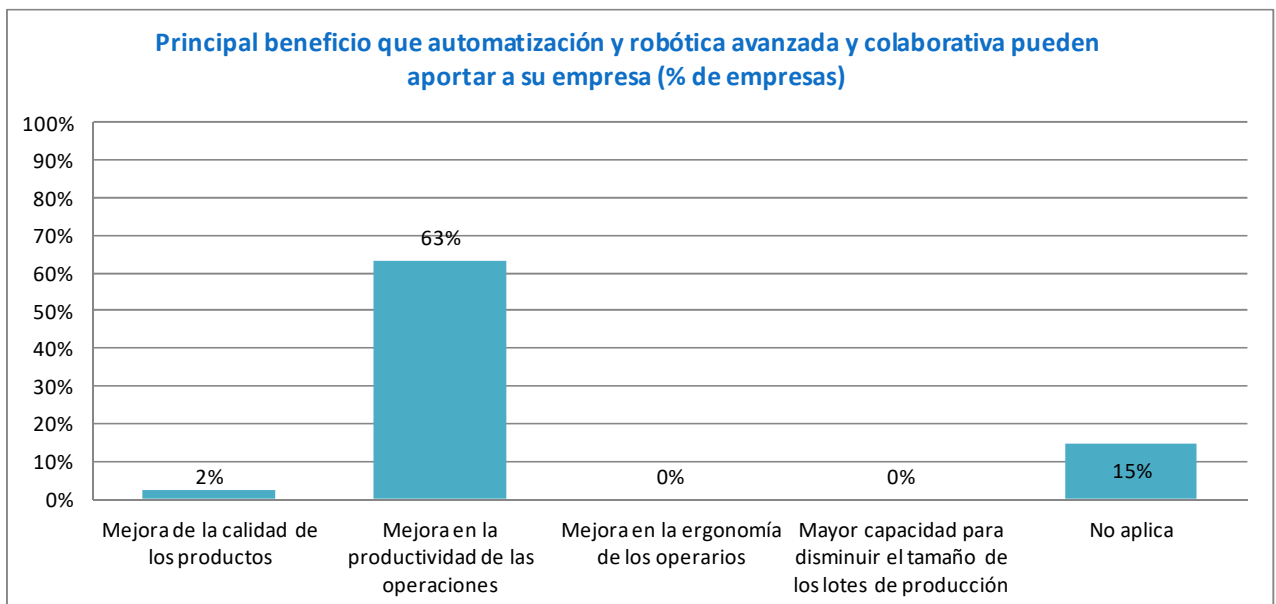


ILUSTRACIÓN 34: PRINCIPAL BENEFICIO DE LA AUTOMATIZACIÓN AVANZADA Y LA ROBÓTICA COLABORATIVA

HUMAN MACHINE INTERACTION

Actualmente, la industria empieza a incorporar tecnologías más avanzadas como los wearables o la realidad aumentada y virtual, que giran en torno al concepto de “Operario 4.0”. En la industria del futuro es necesario que la interacción humano - máquina sea más rápida, fácil y eficiente. Esta demanda de

nuevas tecnologías para la interacción humano - máquina, está siendo impulsada por la necesidad de una mayor eficiencia en las plantas de fabricación, garantizar la seguridad de la información, la movilidad de los operarios y los servicios remotos, todo ello debe ir acompañado de la fiabilidad del hardware.

Entre las principales tecnologías que están revolucionando el HMI en los entornos de producción se encuentran los wearables, objeto de estudio en este informe. Los wearables son, como se verá más adelante, una nueva generación de dispositivos electrónicos e inteligentes, que se incorporan en alguna parte del cuerpo humano en forma de prenda o complemento, e interactúan con el usuario.

La escasa automatización del sector metalmeccánico, constituido por un gran número de talleres de mecanizado, así como la falta de un sistema de gestión integrado con la producción, hace que **la aplicación a día de hoy de este tipo de dispositivos sea prácticamente nula**.

Existe un cierto interés en testear los relojes inteligentes (7%) y las gafas de realidad aumentada (44%) y realidad virtual (7%), aunque un 51% de las empresas no han mostrado interés en probar estos dispositivos, muy alejados de su día a día.

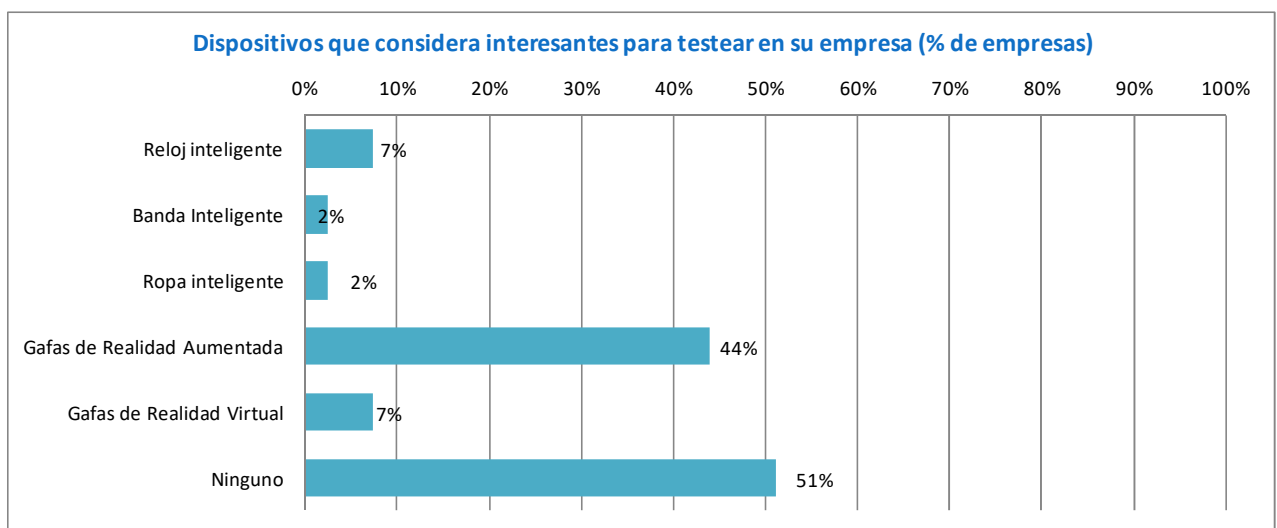


ILUSTRACIÓN 35: DISPOSITIVOS HMI QUE CONSIDERAN INTERESANTES DE TESTAR EN LAS EMPRESAS

En caso de apreciarse un beneficio debido al uso de estos dispositivos, en un 61% de los casos se considera que pueden ayudar aportando información de soporte al operario en tiempo real.

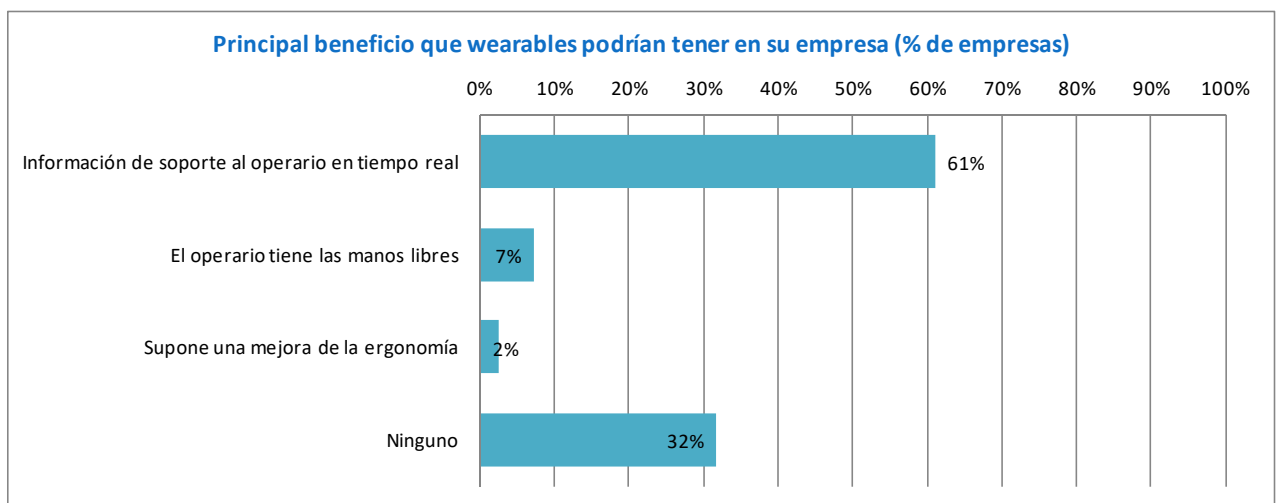


ILUSTRACIÓN 36: PRINCIPAL BENEFICIO DEL USO DE LOS WEREABLES EN LAS EMPRESAS

En cuanto a los procesos de mayor interés, el uso de wearables se entiende como una ayuda de instrucción al operario

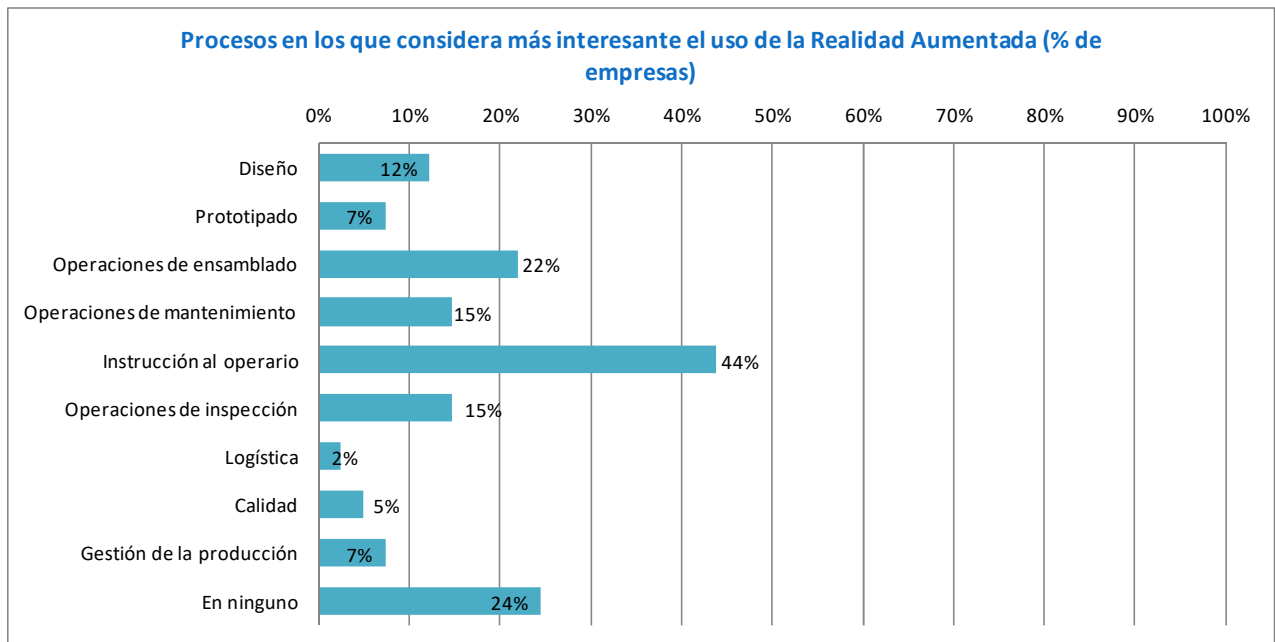


ILUSTRACIÓN 37: PROCESOS MÁS INTERESANTES PARA EL USO DE WEREABLES

SISTEMAS CIBERFÍSICOS (CPS) E INTERNET DE LAS COSAS

En la Industria 4.0 se busca digitalizar las líneas de producción para acceder de forma inmediata al estado actual, pasado y futuro de éstas. Los CPS deben ser la próxima generación de sistemas TIC integrados **que se interconectan y colaboran a través del Internet de las Cosas**, y que proporcionarán a las empresas un conjunto amplio de aplicaciones y servicios innovadores, dotándoles de inteligencia y de mayor eficiencia energética y facilidad de uso.

En el sector metalmecánico, como se ha visto en la ILUSTRACIÓN 29 y en la ILUSTRACIÓN 30, solo un 15 % de las empresas han implementado IoT, y un 10% tienen previsto implementarlo. Esto se debe a las características de la muestra de 40 empresas seleccionadas, ya que no se han incluido las empresas del metalmecánico vinculadas a sectores como automoción, punteros en la aplicación de IoT.

Las características de las Pymes encuestadas, fundamentalmente pequeños talleres de mecanizado (y no grandes empresas con mayor capacidad para acometer implantaciones TIC como IoT) muy alejados de Industria 4.0, explica como a pesar de conocer los beneficios de su implementación (un 56% de las empresas considera que IoT mejora la información disponible para la planificación de la producción), no lo consideran aplicable a su modelo de negocio.

Al preguntar por la primera implementación de IoT, la mayoría de las empresas considera que a largo plazo, será la conexión de los sistemas de planta con los sistemas de gestión.

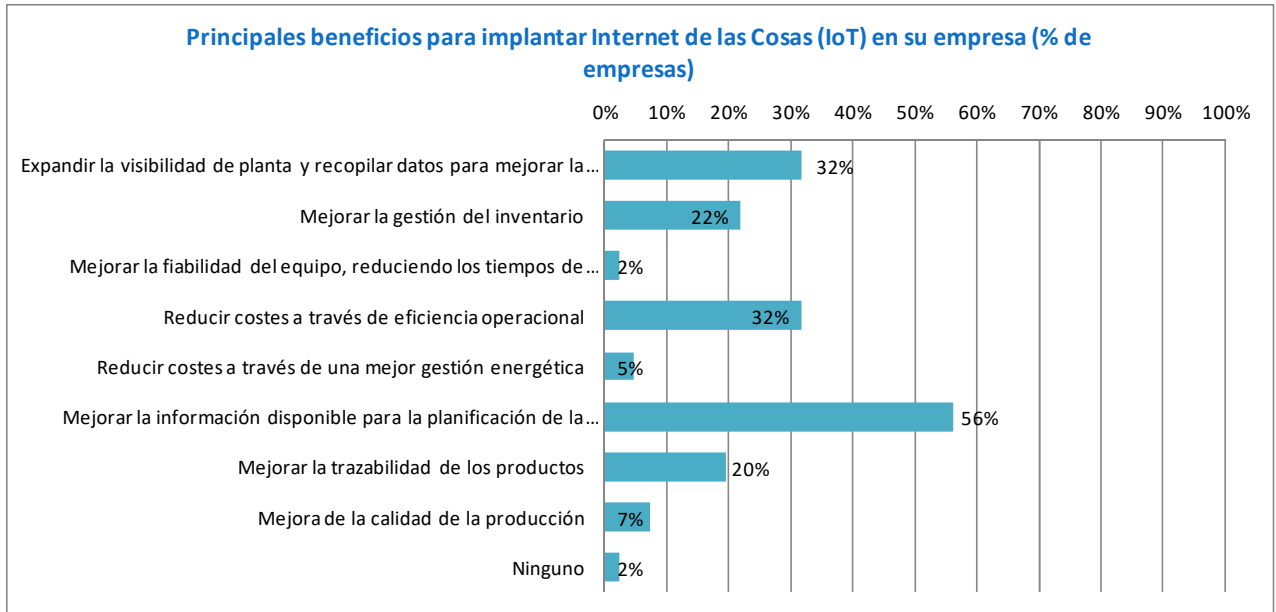


ILUSTRACIÓN 38: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE IOT EN EL SECTOR METALMECÁNICO

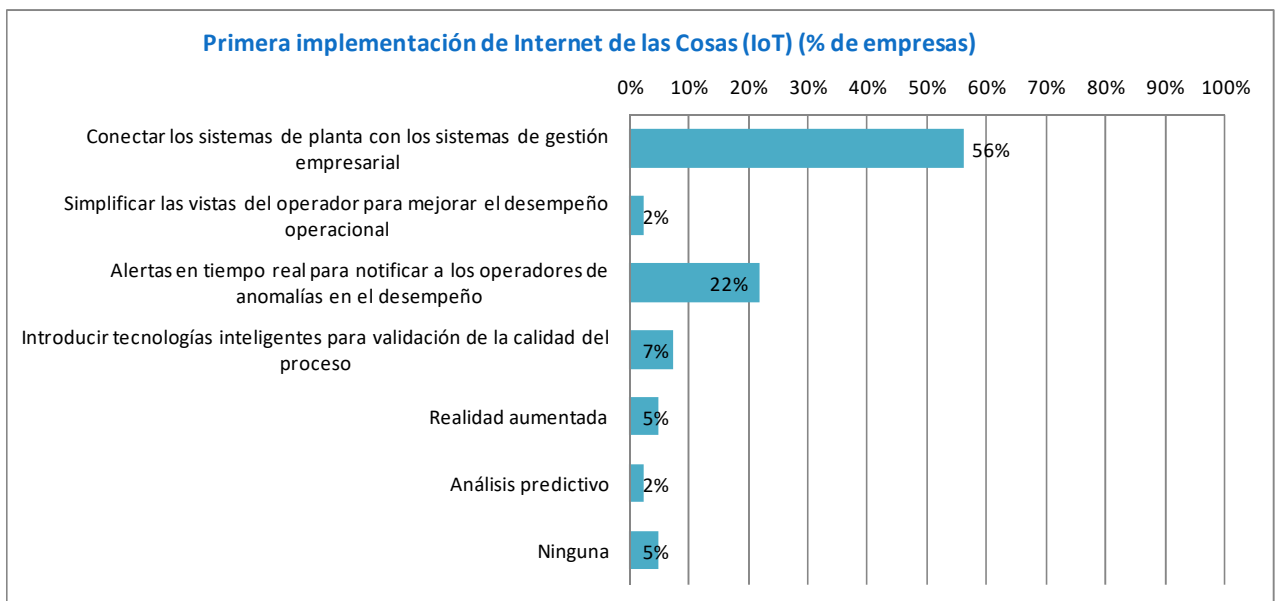


ILUSTRACIÓN 39: PRIMERA IMPLEMENTACIÓN DE IOT EN LAS EMPRESAS (PREVISIÓN A LARGO PLAZO)

FABRICACIÓN ADITIVA

La fabricación aditiva de materiales metálicos para la producción de componentes, no está tan estandarizada a día de hoy, como la de materiales poliméricos. Esto se debe al alto coste de los equipos, que necesitan de una fuente de energía de mucha potencia para poder fundir el metal y de esta forma depositarlo.

Pero la tecnología avanza en este campo a pasos agigantados, motivado por el interés de grandes empresas del sector aeronáutico y automoción, que apuestan por la tecnología de la fabricación aditiva para la fabricación de componentes finales.

A día de hoy, las empresas encuestadas del sector metalmeccánico en Galicia, apenas tienen implementada la fabricación aditiva en sus procesos (8%) ni tampoco la tienen previsto implementar (5%), debido fundamentalmente al alto coste del equipamiento, lo que hace difícil el justificar su inversión.

Respecto a los procesos en los que se considera más interesante el uso de la fabricación Aditiva, destaca el prototipado (un 51% de las empresas) y como herramienta de apoyo al diseño (20% de las empresas).

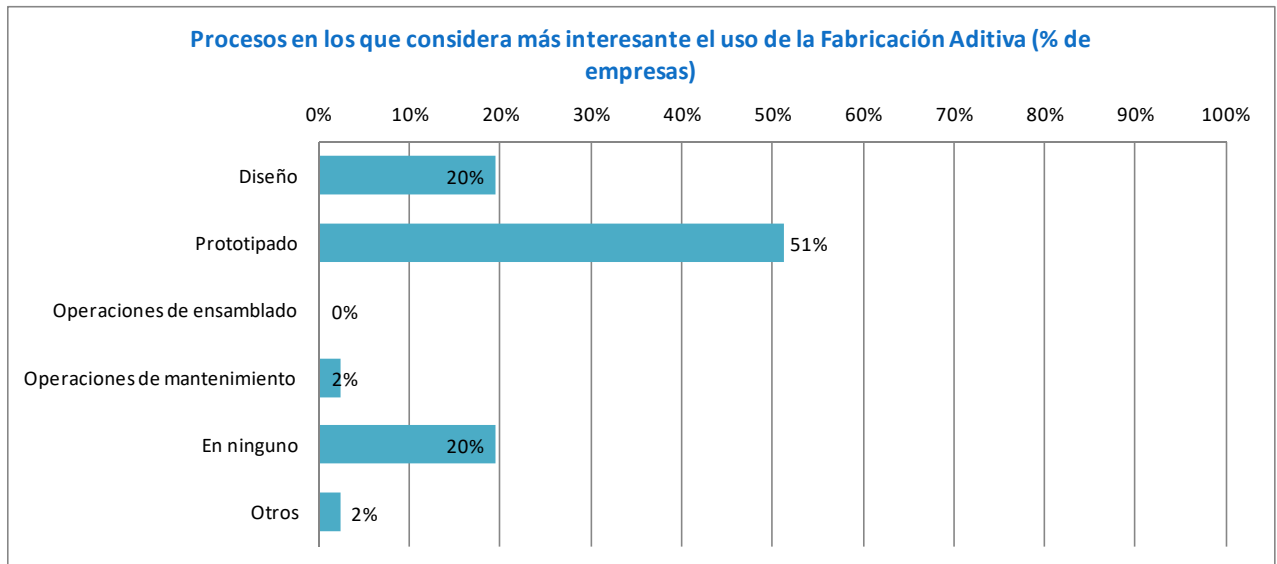


ILUSTRACIÓN 40: PROCESOS MÁS INTERESANTES PARA EL USO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA

Pero como se dijo anteriormente, muchas de las empresas no encuentran beneficio en la aplicación de la fabricación aditiva en sus productos. Y el resto, ven aplicación en nuevos diseños con una fabricación flexible, no condicionado por el proceso de fabricación (como ocurre con los sistemas de fabricación tradicionales).

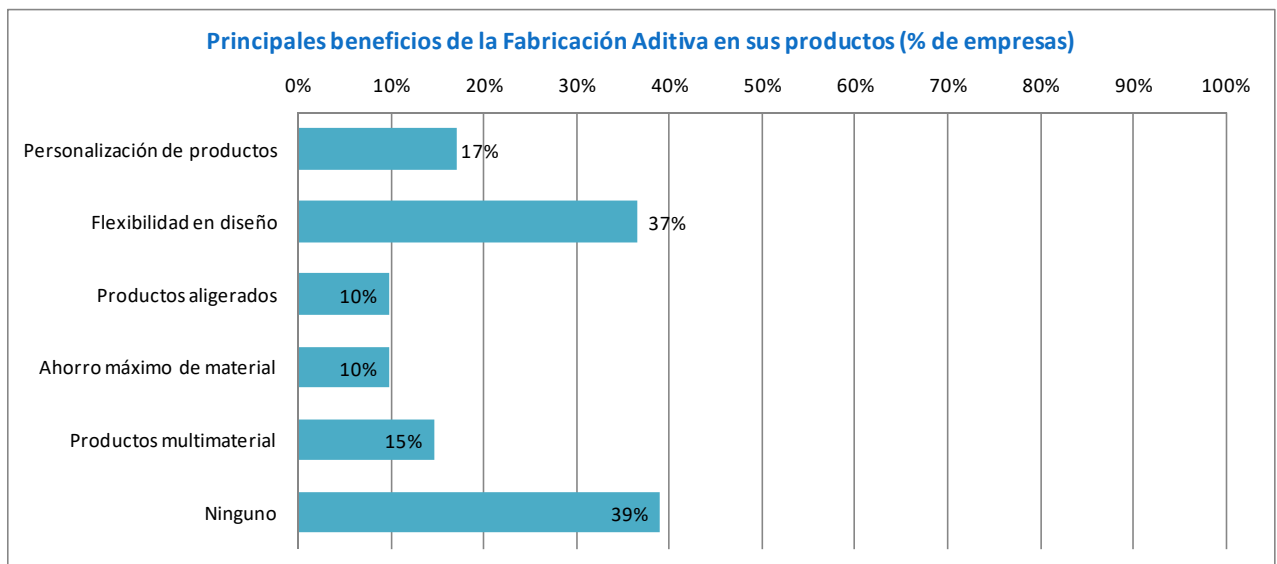


ILUSTRACIÓN 41: PRINCIPALES BENEFICIOS DEL USO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN LOS PRODUCTOS

MATERIALES INTELIGENTES

En el sector metalmeccánico, el uso de materiales inteligentes se centra en obtener nuevas funcionalidades en productos, aunque al igual que en el caso de la Fabricación Aditiva, son muy pocas las empresas que los emplean (5%), y lo mismo ocurre con las empresas que los tienen previsto introducir en su proceso productivo (solo un 5%).

Un 51% de las empresas considera que su principal uso sería en tratamientos superficiales de componentes, y un 37% considera que su principal ventaja sería la de actuar como sensores inteligentes en los equipos, ante estímulos externos.

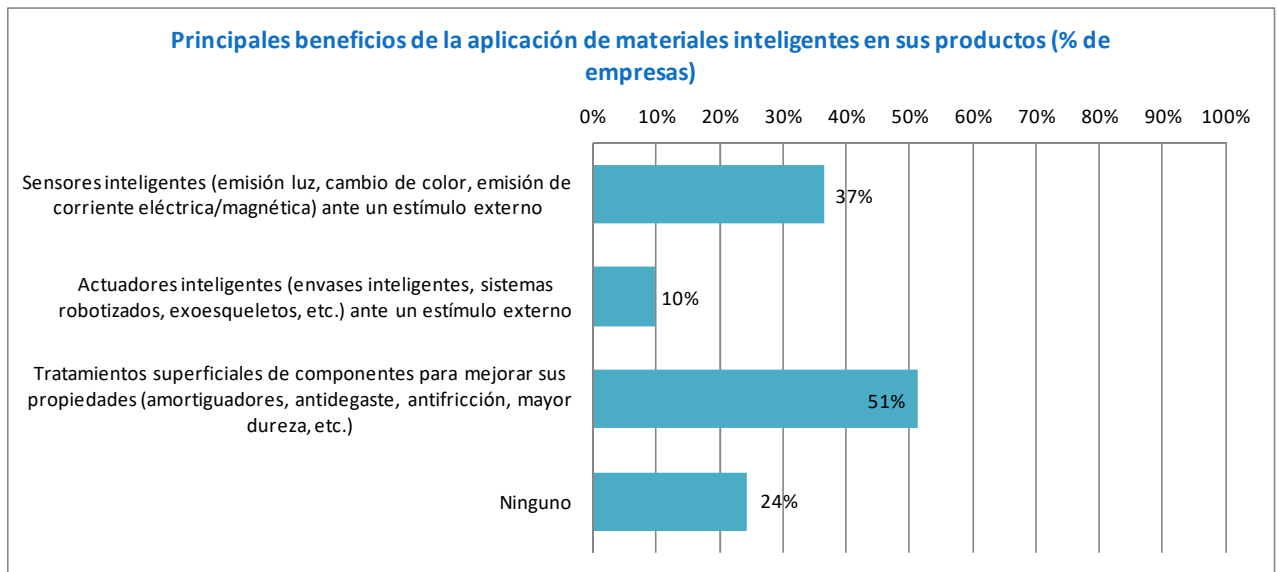


ILUSTRACIÓN 42: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE MATERIALES INTELIGENTES EN LOS PRODUCTOS DEL SECTOR METALMECÁNICO

En cuanto a los procesos productivos, un 46% de las empresas no le encuentra ninguna aplicación.

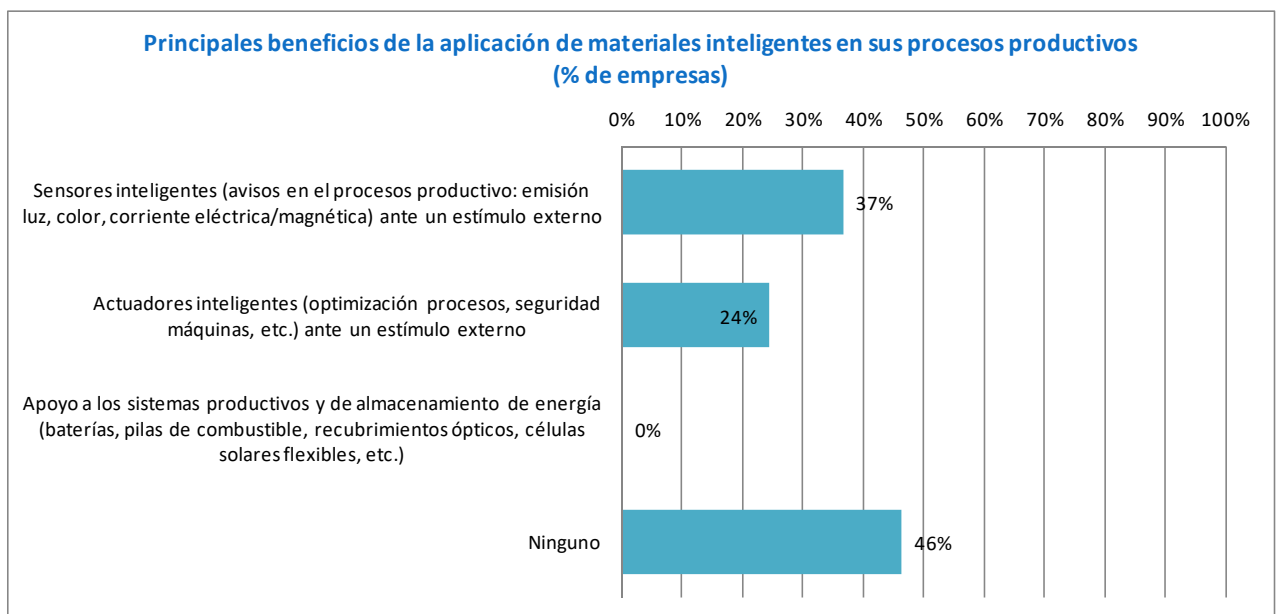


ILUSTRACIÓN 43: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE LOS MATERIALES INTELIGENTES EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DEL SECTOR METALMECÁNICO

LOGÍSTICA AVANZADA (AGVS, UAVS Y DRONES)

El uso de vehículos autónomos en las empresas del sector metalmeccánico entrevistadas es casi inexistente. Solo una de las empresas disponía de estos dispositivos, y ninguna los tenía previsto implementar.

Esto mismo se refleja en las siguientes gráficas, donde se observa como en la mayoría de los casos no se aprecian ventajas con el uso de **AGV's**, ni tampoco aplicaciones de interés.

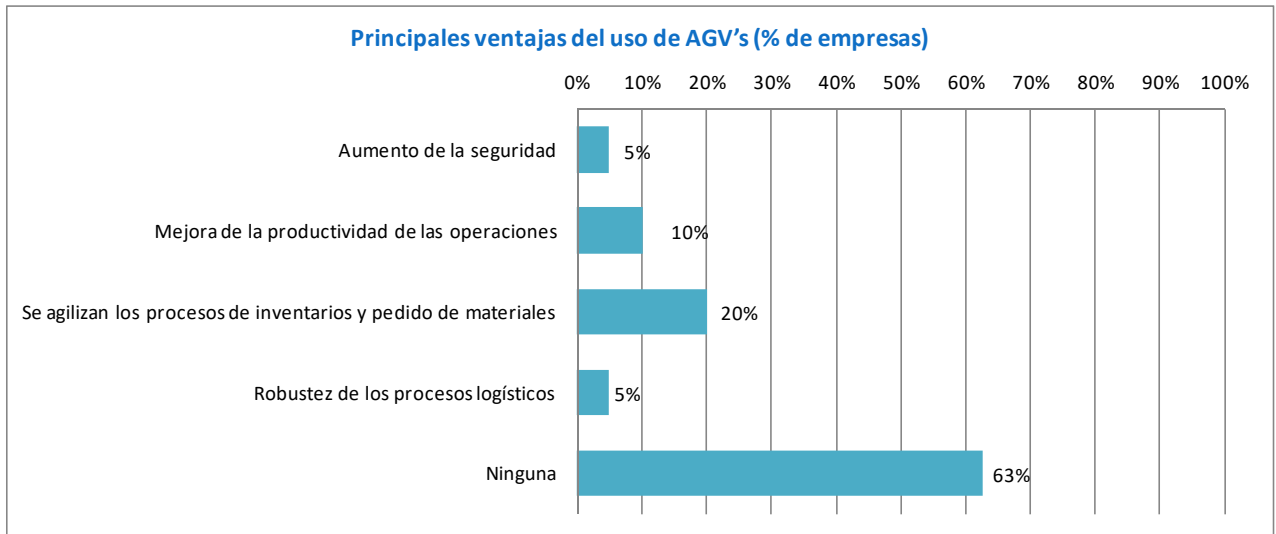


ILUSTRACIÓN 44: PRINCIPALES VENTAJAS DEL USO DE AGV'S EN LAS EMPRESAS

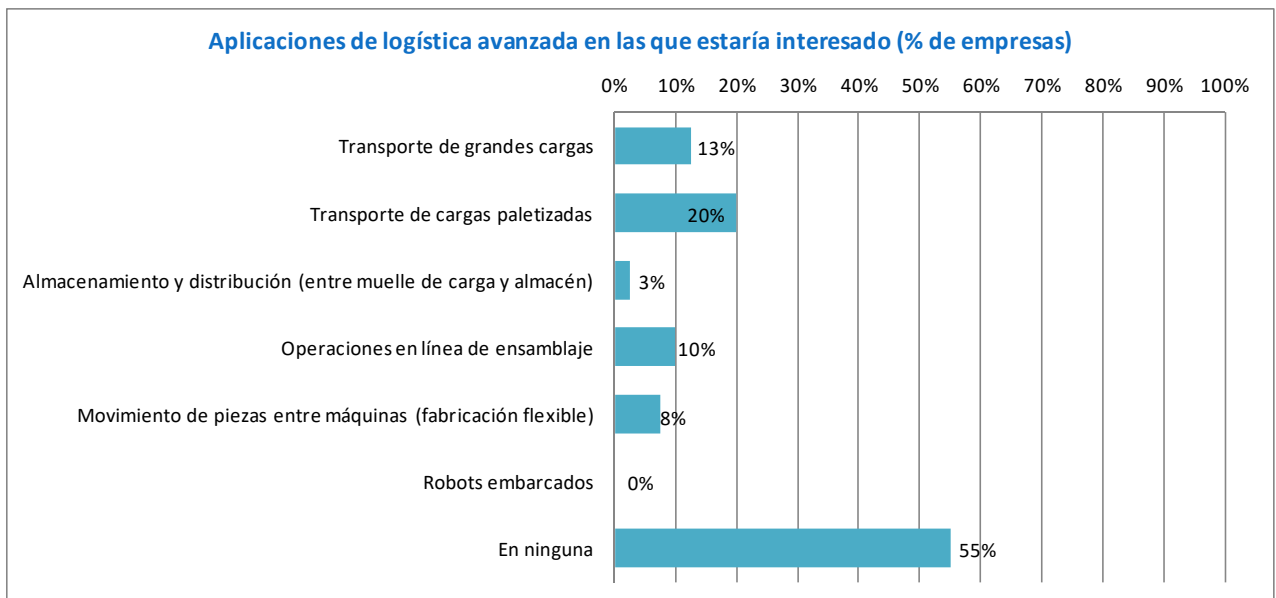


ILUSTRACIÓN 45: APLICACIONES DE LOGÍSTICA AVANZADA EN LAS QUE ESTARÍAN MÁS INTERESADAS LAS EMPRESAS

Si lo que se analiza es el uso de drones, se ve como claramente las empresas lo consideran muy alejado de su actividad.

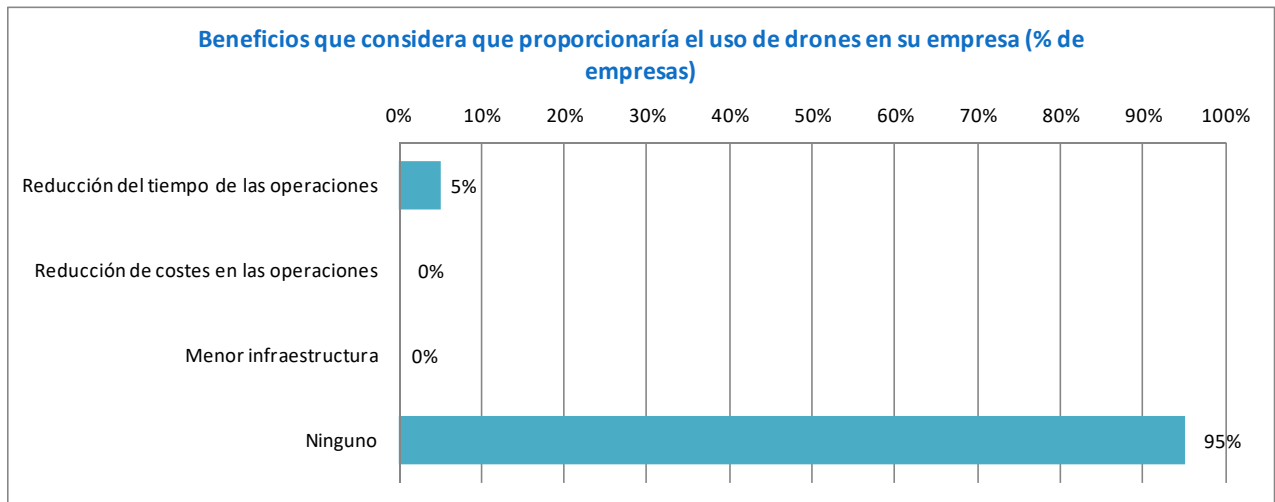


ILUSTRACIÓN 46: PRINCIPALES BENEFICIOS QUE PROPORCIONARÍA EL USO DE DRONES EN LAS EMPRESAS

MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS

Las técnicas de optimización se utilizan tradicionalmente para incrementar la eficiencia de determinados procesos y reducir los costes asociados. No obstante, existen sistemas demasiado complejos como para ser tratados analíticamente de forma global. Por este motivo, en los últimos años se ha propuesto el uso de técnicas de simulación para entornos que son difíciles de modelar utilizando métodos puramente analíticos. Un simulador con estas características predecirá el comportamiento del sistema bajo diferentes suposiciones para obtener estadísticas de utilidad del comportamiento y el uso de los recursos (tiempos de servicio, utilización de máquinas y personal, etc.).

Entendido este concepto, se observa cómo un 23% de las empresas tienen implementados sistemas de modelización, simulación o virtualización, en alguna etapa del proceso productivo, y un 51% de las empresas considera que sus principales ventajas son operativas, como sistema de soporte a la decisión.

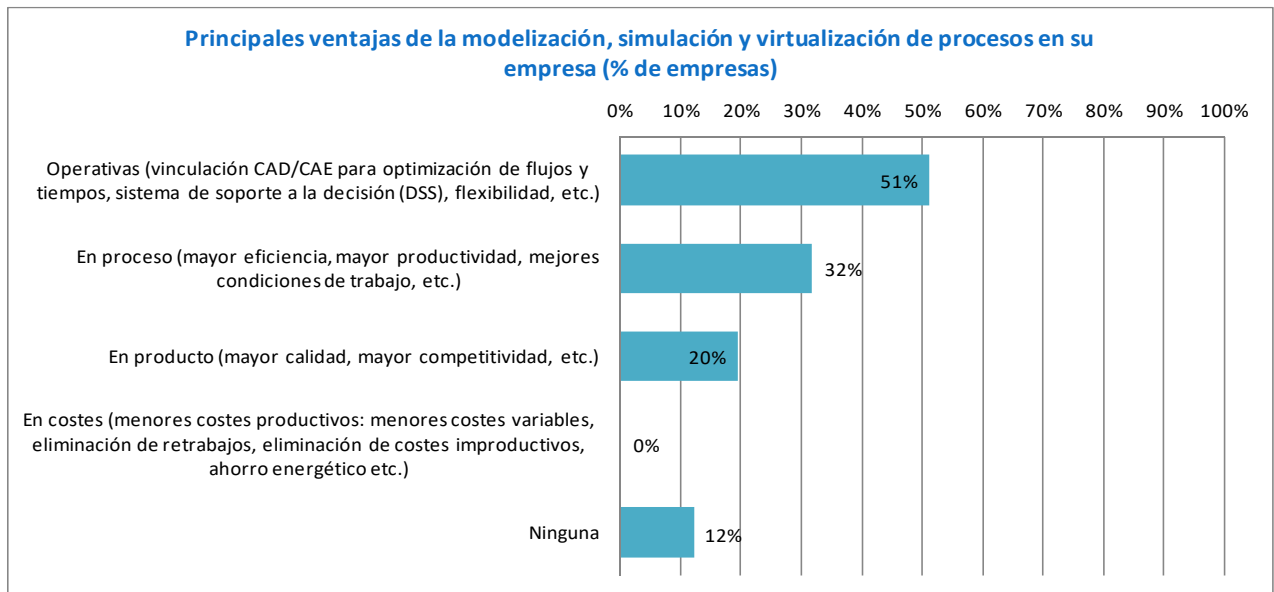


ILUSTRACIÓN 47: PRINCIPALES VENTAJAS DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS EN EL SECTOR METALMECÁNICO

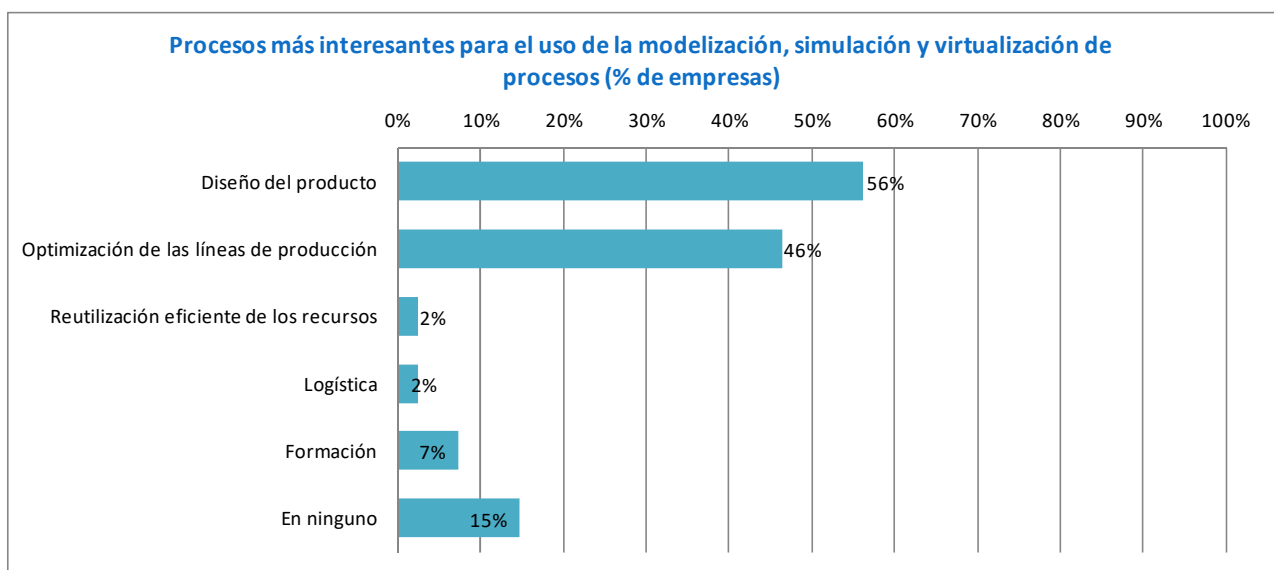


ILUSTRACIÓN 48: PROCESOS MÁS INTERESANTES PARA EL USO DE MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS

BIG DATA, CLOUD COMPUTING Y DATA ANALYTICS

Tradicionalmente se han almacenado grandes volúmenes de información en bases de datos relacionales de forma estructurada, en tablas con unos formatos definidos. Sin embargo, la mayor parte de los datos generados actualmente son de tipo no estructurado, esto es, que no se pueden introducir fácilmente en tablas, debido a la inexistencia de un modelo de datos para ello.

Mediante el Big Data, o empleo de algoritmos de análisis de datos con un gran volumen de información, las empresas tienen la posibilidad de aumentar el conocimiento para la toma de decisiones, detección de anomalías en el comportamiento de la maquinaria, para prevenir posibles fallos y paradas, o analizar los procesos en detalle para optimizarlos. Esto repercute en una mejora de la operativa de las empresas, con un menor coste asociado y predicciones de perspectivas futuras más exactas.

Y la gran cantidad de datos generada, se solventa utilizando tecnologías *Big Data* escalables, como por ejemplo bases de datos *NO-SQL*, soportadas por un modelo de despliegue *Cloud*, donde es posible analizar el flujo continuo de datos en tiempo real y no solo un subconjunto de medidas individuales.

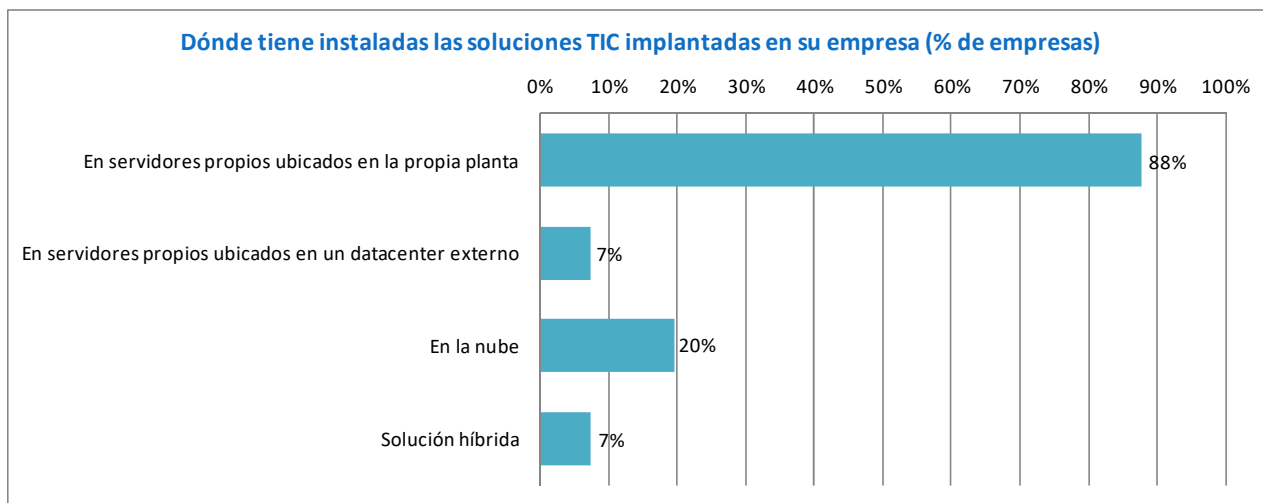


ILUSTRACIÓN 49: LUGAR DONDE SE ENCUENTRAN INSTALADAS LAS SOLUCIONES TIC DE LA EMPRESA

En la actualidad, un 28 % de las empresas encuestadas han implementado sistemas relacionados con el Big data, aunque todavía la Nube es poco usada para la implantación de las soluciones TIC.

Los procesos con mayor potencial de aplicación del Big data son fundamentalmente los relacionados con producción y logística, seguido de calidad.

¿En qué procesos considera más interesante la aplicación de Big Data o análisis de datos en su empresa?	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Adquisición de materias primas	33%	18%	23%	28%
Logística interna	5%	20%	20%	56%
Logística externa	5%	20%	29%	46%
Producción	3%	10%	18%	70%
Control de calidad	3%	13%	40%	45%
Mantenimiento	25%	30%	10%	35%
Servicio postventa	50%	35%	3%	13%
En ninguna	0%	0%	0%	0%

ILUSTRACIÓN 50: PROCESOS DONDE ES MÁS INTERESANTE EL USO DE BIG DATA

Pero las empresas todavía se encuentran en una fase poco automatizada para la obtención de datos, recogiéndose la mayoría de ellos de manera manual, aunque posteriormente se introduzcan en un sistema de gestión. Este hecho de introducir manualmente la información genera muchos errores debido a fallos humanos.

¿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 se recoge pero sería interesante	No se recoge y no es interesante
Inventario/Stock	58%	38%	3%	3%
Tiempos de actividad de las máquinas de producción	38%	45%	10%	8%
Tiempo de actividad de operarios	39%	59%	0%	2%
Residuos generados	63%	10%	13%	15%
Defectos generados	73%	18%	8%	3%
Variables de proceso (temperatura, presión, potencia, intensidad, tensión, humedad, etc.)	23%	30%	33%	15%
Datos externos que afectan al proceso (datos meteorológicos, energéticos, legales, otros)	6%	6%	44%	44%

ILUSTRACIÓN 51: DATOS QUE SE RECOGEN DE LAS MAQUINAS DE PRODUCCIÓN, PROCESOS Y PRODUCTOS

SAFETY AND SECURITY

Internet de las cosas (IoT) es un concepto que agrupa a una gran cantidad de dispositivos digitales, personas, servicios y objetos con el potencial para conectarse, interactuar e intercambiar información sobre sí mismos y su entorno de forma continua. Debido a la gran variedad de aspectos que engloba, la seguridad para IoT es un problema crítico que debe ser resuelto para permitir el uso de muchas aplicaciones. En concreto, este problema cobra una mayor importancia en un entorno industrial en el que se debe garantizar en todo momento la fiabilidad de la información a la vez que su confidencialidad y privacidad.

Las empresas, no conocen el impacto que tendrá la implementación de Industria 4.0 en la seguridad de los trabajadores (en un 61% de los casos).

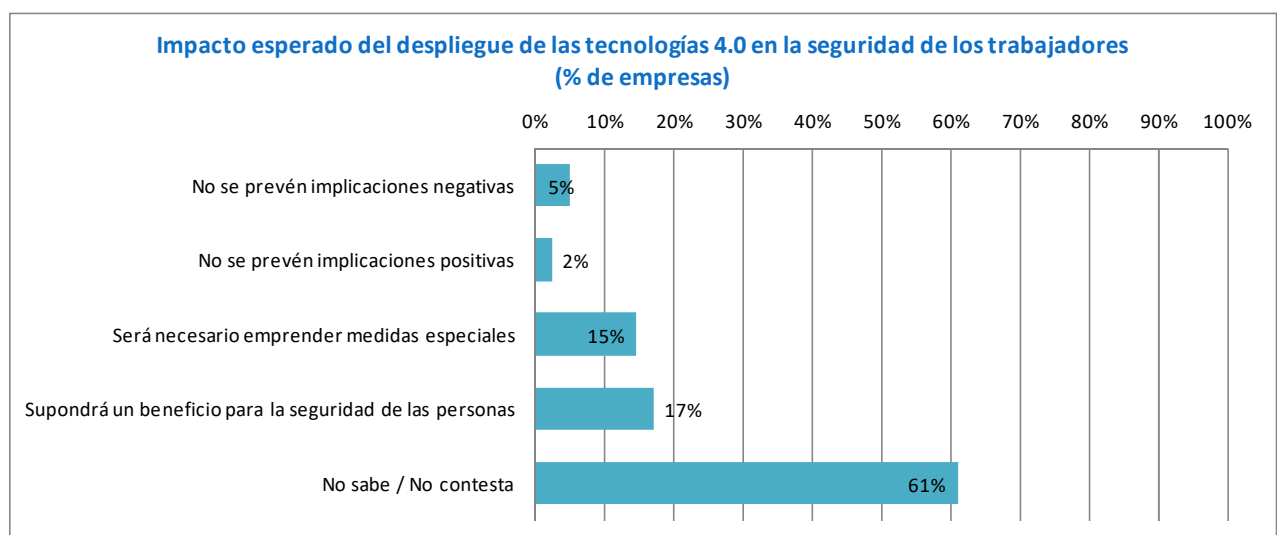


ILUSTRACIÓN 52: IMPACTO ESPERADO DEL DESPLIEGUE DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 EN LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES

Y lo que sí que creen, es que cuando la información se encuentra en la nube, existe un claro riesgo de ciberataques, y que la información confidencial de la empresa pueda ser obtenida de forma ilegal. Esto

justifica el hecho de que la mayoría de las empresas, como se vio en la ILUSTRACIÓN 49, apenas usen la nube y guarden toda la información en servidores propios.

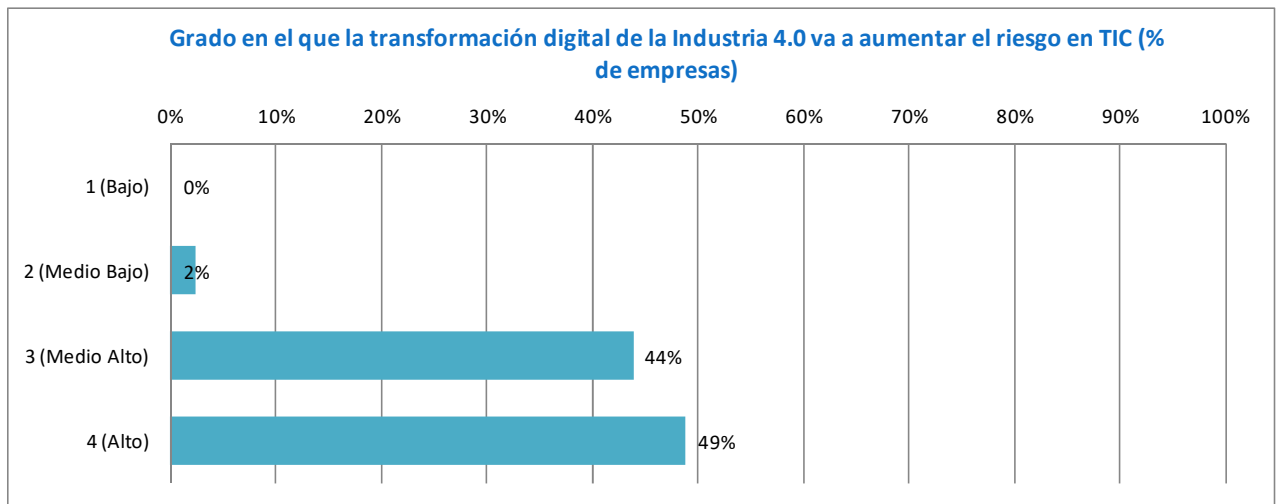


ILUSTRACIÓN 53: GRADO EN EL QUE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL VA A AUMENTAR EL RIESGO EN TIC

Y en la misma línea, apenas se han llevado a cabo acciones específicas para mitigar los riesgos en TIC, únicamente el asesoramiento con expertos externos, que suelen ser las propias empresas a las que tienen subcontratado el servicio TIC de la empresa.

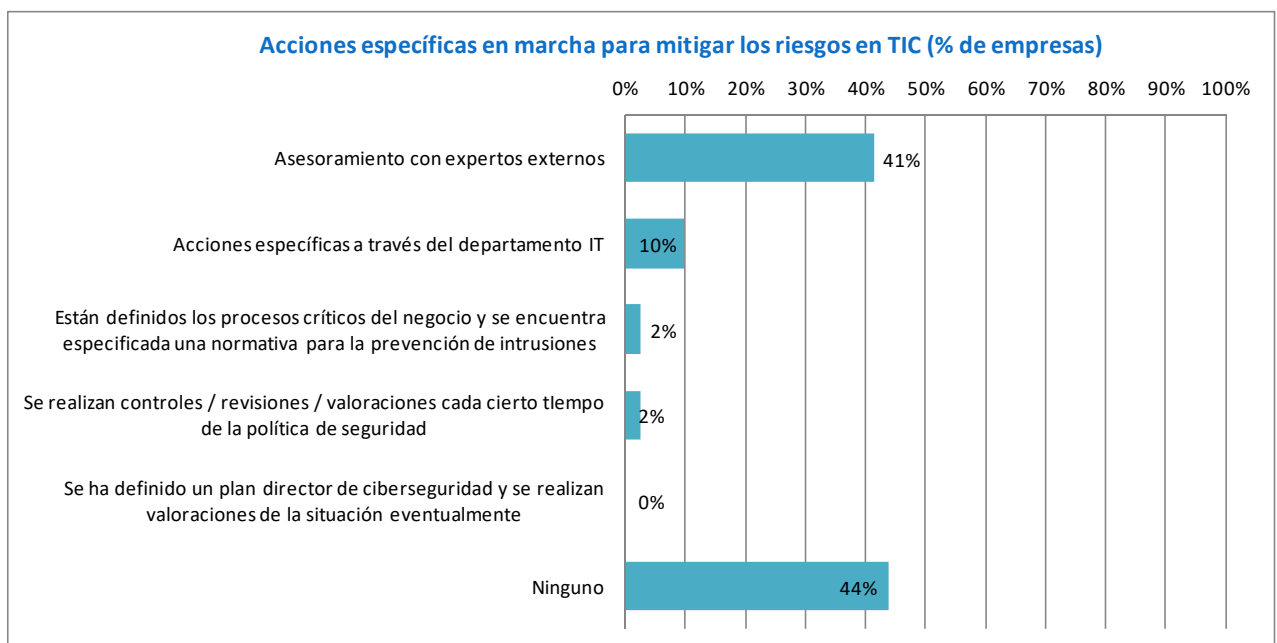


ILUSTRACIÓN 54: % DE EMPRESAS QUE HAN LLEVADO A CABO ACCIONES ESPECÍFICAS PARA MITIGAR LOS RIESGOS EN TIC

GESTIÓN DE LA ENERGÍA, INSUMOS Y RESIDUOS

El sector metalmeccánico, en su estructura de costes, no consideran el coste energético relevante ni prioritario, ya que son la mano de obra directa y las materias primas las que suponen más del 70% de los costes. Esto hace que no se hayan tomado medidas especiales para la disminución del consumo eléctrico, ni tampoco los insumos, que consideran poco relevantes. El único seguimiento que se lleva a cabo es el seguimiento de los históricos de consumos mediante control de facturas eléctricas.

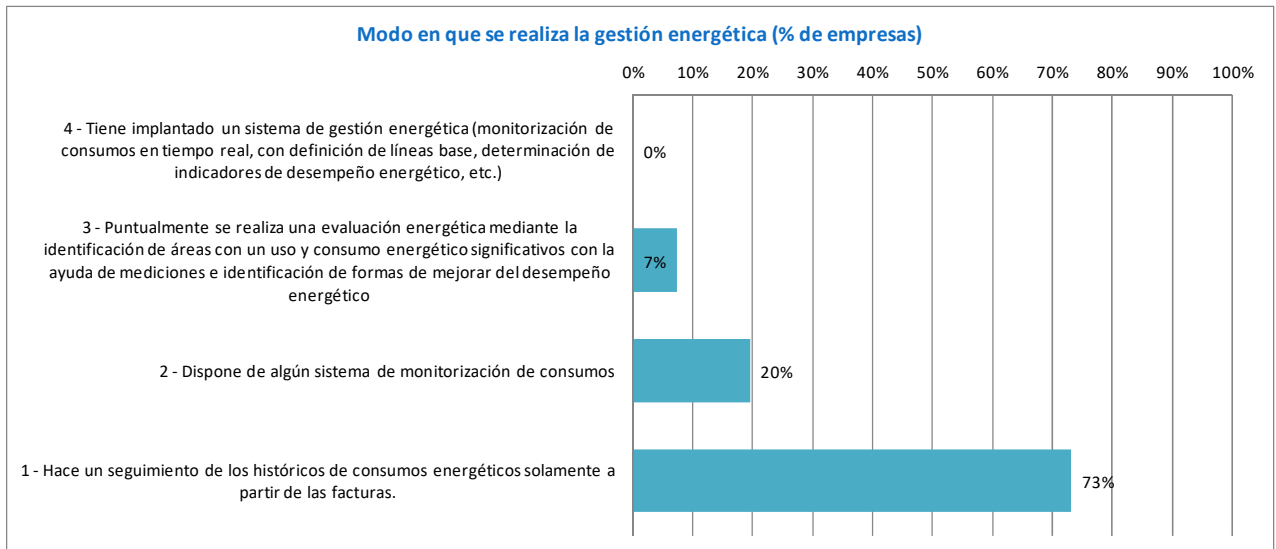


ILUSTRACIÓN 55: MODO EN EL QUE LAS EMPRESAS REALIZAN LA GESTIÓN ENERGÉTICA

Llama la atención la poca importancia que se le da en el sector a la generación de energía mediante renovables, y únicamente en las naves nuevas, debido a la imposición normativa parte de la generación es mediante fuentes renovables.

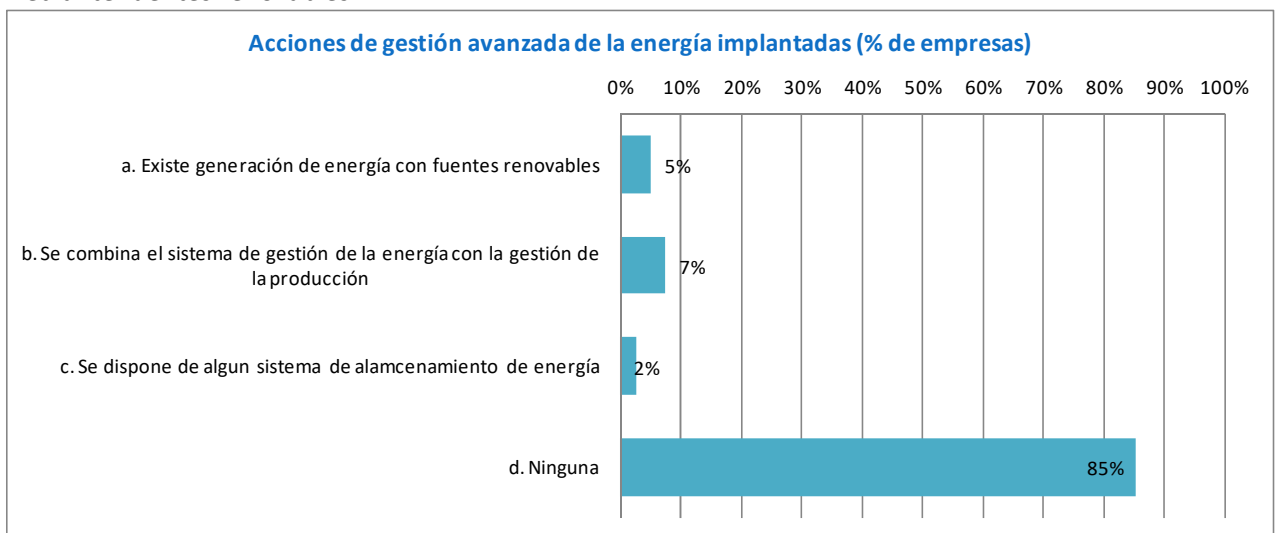


ILUSTRACIÓN 56: % DE EMPRESAS QUE HAN LLEVADO A CABO ACCIONES DE GESTIÓN AVANZADA DE LA ENERGÍA

Con respecto a los insumos, tampoco se considera de relevancia en la estructura de costes, y la mayor parte de las empresas no han llevado a cabo ninguna acción para disminuirlos.

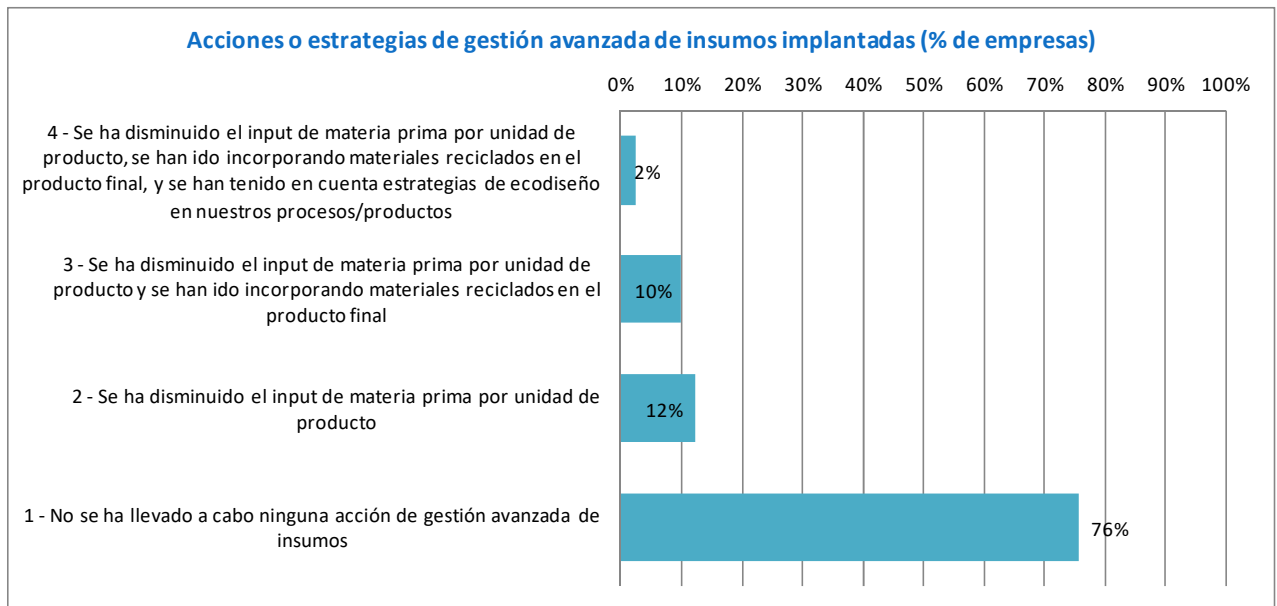


ILUSTRACIÓN 57: % DE EMPRESAS QUE HAN LLEVADO A CABO ACCIONES DE GESTIÓN DE INSUMOS

Y lo mismo ocurre con los residuos, las empresas tienen contratado el servicio de gestoras externas que se encargan de recoger el residuo generado.

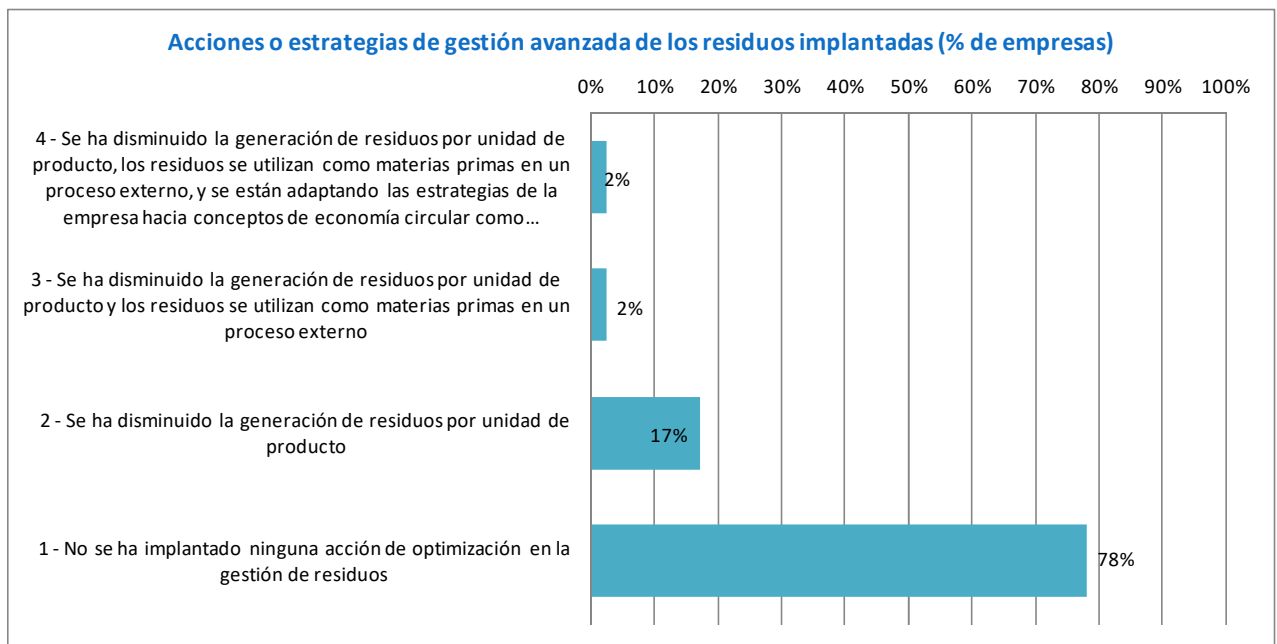


ILUSTRACIÓN 58: % DE EMPRESAS QUE HAN LLEVADO A CABO ACCIONES DE GESTIÓN AVANZADA DE RESIDUOS

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

Los principales generadores de valor, agrupados en los conceptos de **Calidad, Producción, Personas y Servicios**, han sido analizados en cada visita a las empresas.

CALIDAD

El concepto de calidad en el sector metalmeccánico está muy ligado a la calidad del producto, y en la mayoría de los casos se considera que tiene un alto potencial de mejora.

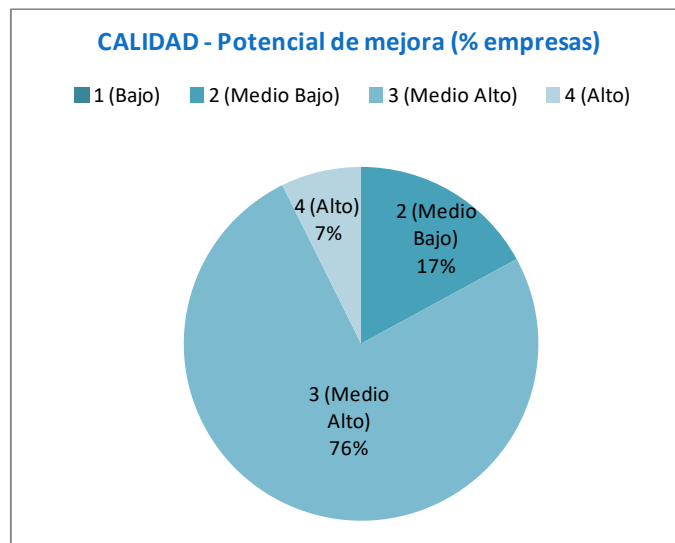


ILUSTRACIÓN 59: POTENCIAL DE MEJORA EN CALIDAD. SECTOR METALMECCÁNICO.

Las empresas del metalmeccánico se caracterizan por fabricar productos de muy alta calidad. Se trata de un sector tradicional en Galicia, con mucha experiencia y conocimiento de los procesos. La gestión de la calidad se considera la herramienta fundamental para mejorar la competitividad de las empresas, que les permitirá dar un salto cualitativo en su modelo de negocio para conseguir ser empresas proveedoras de grandes clústeres (como automoción).

Como se ve en la ILUSTRACIÓN 60, el grado de relevancia de todas las palancas tecnológicas asociadas a los procesos de calidad es muy alto, a excepción de Defectos/Despilfarros, considerado en muchos casos únicamente como despilfarros, y cuyo peso en la cadena de valor no es el más relevante. Las empresas achacan los defectos de fabricación a la falta de control del proceso.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Control de la calidad / Control de la producción	0%	2%	12%	85%
Planificación de calidad / Identificación y trazabilidad	2%	7%	17%	73%
Mejora continua (Producto, proceso, organización)	2%	5%	24%	68%
Defectos / Despilfarro	12%	12%	32%	44%

ILUSTRACIÓN 60: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS ASOCIADAS A CALIDAD

Por último, al analizar la aplicabilidad de las tecnologías emergentes asociadas a Industria 4.0, se observa como las empresas consideran que la industria 4.0 está muy alejada de sus necesidades, y en muchos casos es necesario dar pasos previos y tener la empresa preparada para poder afrontar la Industria 4.0 con garantías.

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	66%	5%	15%	15%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	73%	15%	10%	2%
Sistemas cyberfísicos e IoT	46%	17%	24%	12%
Fabricación Aditiva	59%	15%	20%	7%
Tecnología de Materiales Inteligentes	44%	12%	39%	5%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	80%	7%	7%	5%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	46%	22%	22%	10%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	12%	17%	39%	32%
Safety & Security	34%	24%	27%	15%

ILUSTRACIÓN 61: POSIBLE EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES COMO SOLUCIÓN A LAS NECESIDADES DE CALIDAD

PRODUCCIÓN

La producción es el generador de mayor peso en el sector metalmeccánico. Se caracteriza por trabajar bajo demanda, y en función del sector cliente, las características del proceso son muy diferentes de unas empresas a otras. Una vez no consideradas en este estudio las auxiliares del sector automoción, las empresas dedicadas a máquinas –herramientas, rara vez tienen una producción seriada, lo que dificulta en muchos casos su automatización y robotización. Además, la inversión necesaria para automatizar los procesos es tan elevada que en muchos casos no compensa económicamente.

La falta de planificación, debido a las características oscilantes del mercado, también dificulta la optimización de los recursos productivos. El potencial de mejora se considera en la mayoría de las empresas Medio-Alto.

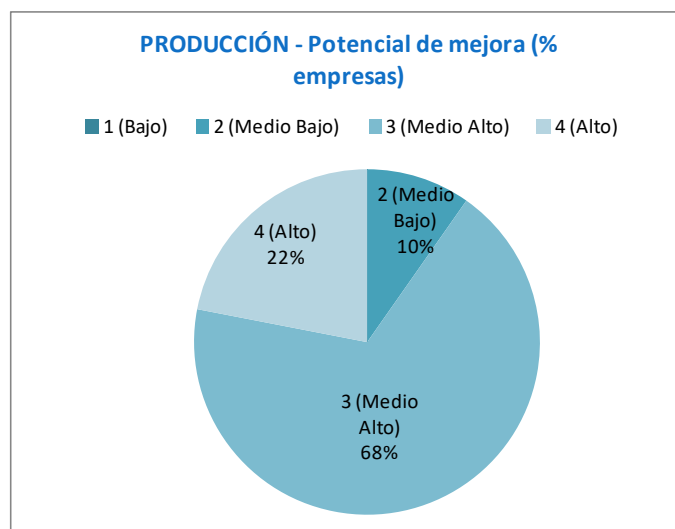


ILUSTRACIÓN 62: POTENCIAL DE MEJORA EN PRODUCCIÓN. SECTOR METALMECÁNICO.

Al analizar el grado de relevancia de las palancas tecnológicas, se observa como más importantes: **la mejora en la planificación de la producción, la rapidez en la toma de decisiones, y la optimización de los recursos (máquinas y operarios)**. Palancas como la reducción del tamaño de lote, no se consideran relevantes, y aunque depende de la cadena de valor, en general, es una característica inherente al sector

metalmecánico máquinas-herramientas. Como se vio en el apartado 3.2.1. Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes, el consumo energético tiene poco peso en la estructura de costes de las empresas, y por el momento, no resulta prioritario.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Mejora de la planificación de la producción	0%	0%	12%	88%
Rapidez en la toma de decisiones	2%	12%	5%	80%
Visión de la producción en tiempo real	22%	22%	24%	32%
Producción flexible	24%	12%	12%	51%
Optimización del uso de máquinas	2%	5%	10%	83%
Optimización de uso de operarios	0%	7%	10%	83%
Reducción del tamaño de lote	76%	10%	5%	10%
Mantenimiento predictivo	44%	15%	15%	27%
Reducción de inventarios	37%	17%	17%	29%
Gestión avanzada de la energía	41%	20%	22%	17%
Gestión avanzada de insumos (agua, etc.)	41%	32%	10%	17%
Reciclaje, reutilización y valoración de residuos	49%	32%	12%	7%

ILUSTRACIÓN 63: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS EN PRODUCCIÓN. SECTOR METALMECÁNICO.

Al igual que lo comentado en calidad, las tecnologías emergentes de industria 4.0 se consideran alejadas de la problemática de las empresas. La falta de capacidad inversora, unida al desconocimiento de las tecnologías, limita en muchos casos su posible implementación.

A pesar de ello, las empresas consideran más asequibles las soluciones TIC ligadas a Big Data., así como la fabricación aditiva.

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	54%	17%	20%	10%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	66%	20%	12%	2%
Sistemas cyberfísicos e IoT	49%	24%	20%	7%
Fabricación Aditiva	46%	12%	37%	5%
Tecnología de Materiales Inteligentes	56%	17%	20%	7%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	78%	10%	10%	2%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	37%	24%	29%	10%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	15%	15%	41%	29%
Safety & Security	34%	29%	27%	10%

ILUSTRACIÓN 64: POSIBLE EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES INDUSTRIA 4.0 EN PRODUCCIÓN

PERSONAS

El sector metalmecánico se caracteriza por un peso muy importante de la mano de obra en su estructura de costes. Las empresas tienen un bajo nivel de automatización, y demandan personal formado para el manejo de los diferentes equipos, en muchos casos manuales.

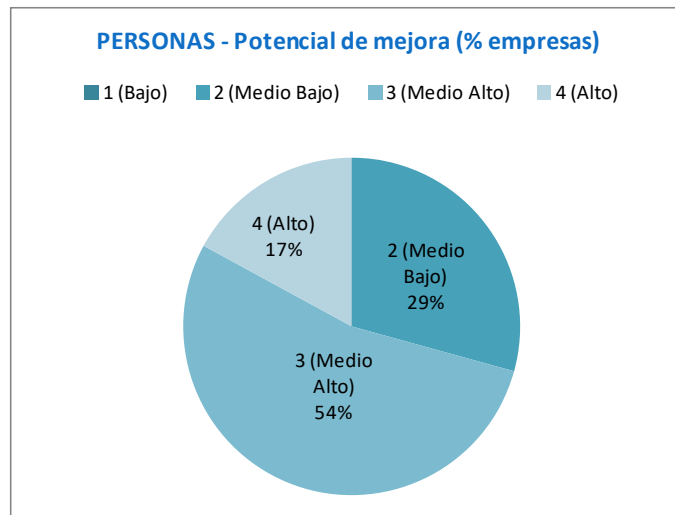


ILUSTRACIÓN 65: POTENCIAL DE MEJORA EN PERSONAS

Si analizamos el grado de relevancia de las palancas tecnológicas, se aprecia que lo que más preocupa a las empresas es el tiempo necesario para la formación del personal, debido a que la formación académica no se encuentra muy próxima a las necesidades de la industria, unido al hecho de que los procesos manuales poco automatizados requieren de mucha pericia del operario, muchas veces adquirida por la experiencia en el manejo de equipos.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Reducción de trabajos penosos	7%	10%	37%	46%
Ergonomía	5%	10%	37%	49%
Reducción de tiempos de aprendizaje	0%	7%	12%	80%
Empoderamiento del operario	2%	20%	24%	54%

ILUSTRACIÓN 66: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS EN PERSONAS. SECTOR METALMECÁNICO

En cuanto al empleo de tecnologías emergentes, las empresas no ven su aplicabilidad a la reducción de tiempos de aprendizaje, ya que el resto de palancas tecnológicas no las consideran tan relevantes. Los HMI como herramienta de ayuda al operario, no son muy conocidos y tampoco les ven aplicabilidad a sus procesos.

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	73%	5%	12%	10%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	68%	7%	15%	10%
Sistemas cyberfísicos e IoT	71%	12%	15%	2%
Fabricación Aditiva	68%	27%	0%	5%
Tecnología de Materiales Inteligentes	71%	15%	12%	2%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	80%	7%	7%	5%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	71%	12%	5%	12%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	54%	22%	12%	12%
Safety & Security	83%	7%	5%	5%

ILUSTRACIÓN 67: POSIBLE EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 EN PERSONAS. SECTOR METALMECÁNICO

PRODUCTOS Y SERVICIOS

Uno de los mayores problemas de las empresas son los plazos de entrega, derivados de la importancia de los otros tres generadores de valor (calidad, producción y personas). Las empresas no desarrollan productos propios, que después comercialicen, sino que trabajan bajo pedido, y en muchos casos no son capaces de influir en la fase de diseño, que viene impuesto.

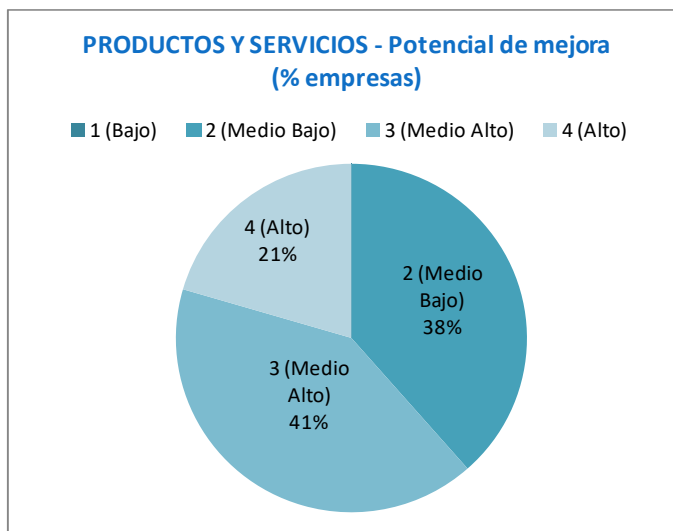


ILUSTRACIÓN 68: POTENCIAL DE MEJORA EN PRODUCTOS Y SERVICIOS

La falta de conocimiento del planning de las empresas para hacer los pedidos, hace que los tiempos de entrega sean críticos. Además, los proveedores tampoco tienen un tiempo de respuesta corto, lo que obliga en muchos casos a almacenar stock.

Todo lo anterior se refleja en la siguiente ilustración, que muestra el grado de relevancia de las palancas tecnológicas relacionadas con productos y servicios. La reducción del tiempo de industrialización y la reducción del tiempo de entrega tienen una importancia muy alta en el sector.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Co-creación de producto con el cliente	18%	20%	30%	33%
Predicción de la demanda	5%	13%	45%	38%
Nuevos servicios basados en datos	28%	20%	35%	18%
Seguridad producto	40%	5%	15%	40%
Personalización producto	44%	31%	15%	10%
Productos energéticamente eficientes	54%	21%	10%	15%
Nuevas funcionalidades en productos	55%	18%	20%	8%
Servicios avanzados al consumidor	75%	18%	8%	0%
Mantenimiento remoto del producto	68%	20%	3%	10%
Reducción del tiempo servicio postventa	70%	20%	10%	0%
Reducción del tiempo de diseño	28%	8%	33%	33%
Prototipado rápido de producto	28%	25%	28%	20%
Reducción del tiempo de industrialización	3%	13%	13%	73%
Reducción del tiempo de entrega	0%	3%	8%	90%

ILUSTRACIÓN 69: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS EN PRODUCTOS Y SERVICIOS. SECTOR METALMECÁNICO

Y al analizar el empleo de las tecnologías emergentes Industria 4.0, todas se consideran poco aplicables al sector, y únicamente se ve una oportunidad de mejora en la aplicación del Big data como herramienta de ayuda a la gestión.

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	83%	5%	3%	10%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	95%	3%	0%	3%
Sistemas cyberfísicos e IoT	83%	0%	13%	5%
Fabricación Aditiva	70%	3%	15%	13%
Tecnología de Materiales Inteligentes	67%	5%	26%	3%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	78%	5%	15%	3%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	69%	5%	18%	8%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	35%	3%	33%	30%
Safety & Security	53%	20%	18%	10%

ILUSTRACIÓN 70: POSIBLE EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN PRODUCTOS Y SERVICIOS. SECTOR METALMECÁNICO

3.2.3 Problemas detectados

A continuación se muestran agrupados los principales problemas en los elementos generadores de valor en el Sector metalmeccánico. Es importante destacar que a pesar de la heterogeneidad del sector y de la muestra, los problemas detectados en las empresas fueron prácticamente los mismos, independientemente del tamaño de la misma o su cadena de valor. Además, todos los problemas detectados en calidad, producción, personas y servicios están muy interrelacionados, y unos derivan en problemas en los otros.

Los principales **problemas de calidad** son debidos a errores humanos, consecuencia del importante peso de la mano de obra en el sector, la poca automatización de los procesos y la necesidad de formación del personal.

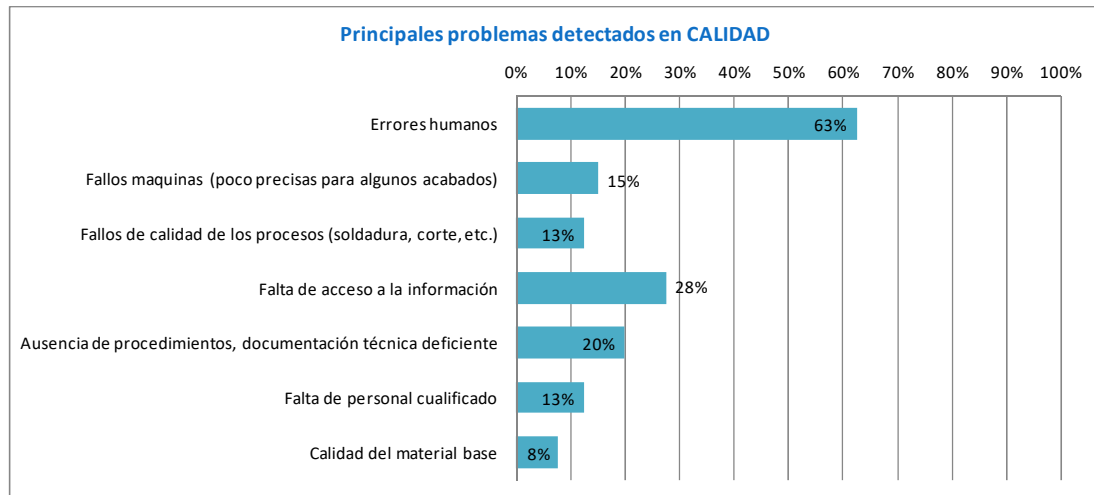


ILUSTRACIÓN 71: PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS EN CALIDAD. SECTOR METALMECÁNICO

Al analizar los **problemas de producción**, se observa la relación del proceso productivo con la calidad del producto obtenido. El hecho de que sea un sector con pocas inversiones en equipamiento tecnológico (los equipos antiguos suponen un 70% de los problemas detectados) y la poca planificación de los trabajos (73% de los problemas, causado en parte por las características oscilantes del mercado para el que trabajan), limitan mucho su competitividad y posibilidad de mejora y optimización del proceso productivo.

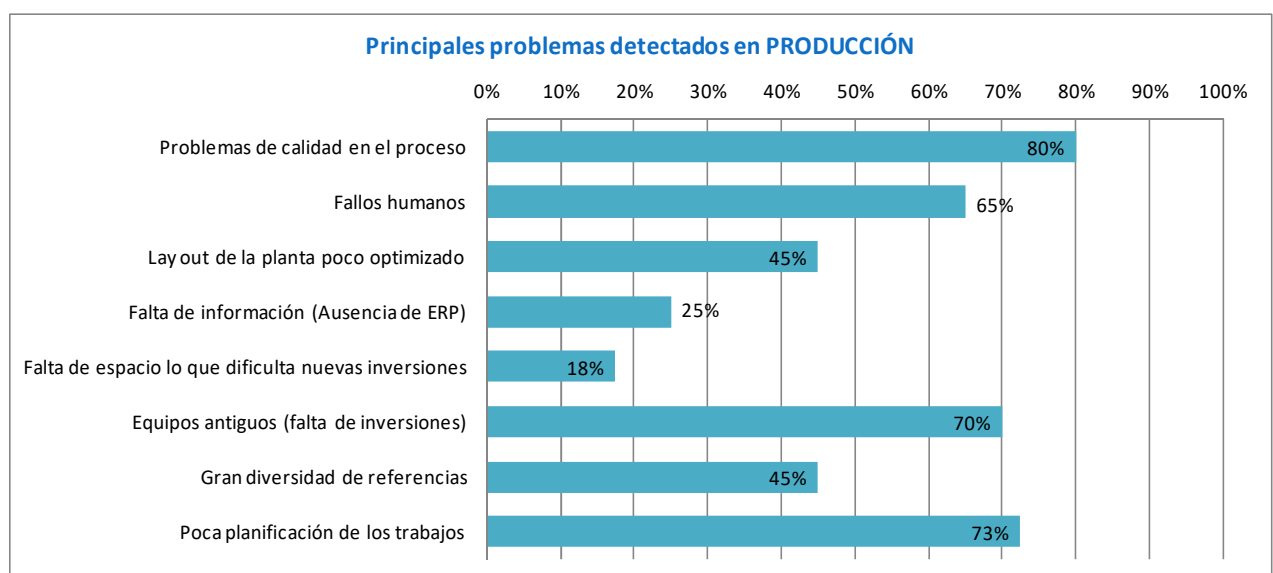


ILUSTRACIÓN 72: PRINCIPALES PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN. SECTOR METALMECÁNICO

Si analizamos los **problemas asociados a personas**, también aparecen claramente unificados ante la falta de personal cualificado con capacidad para cubrir la demanda cuando existen picos de trabajo. Esto obliga a las empresas a sobredimensionar su plantilla, o bien, no ser capaces de cubrir la demanda.

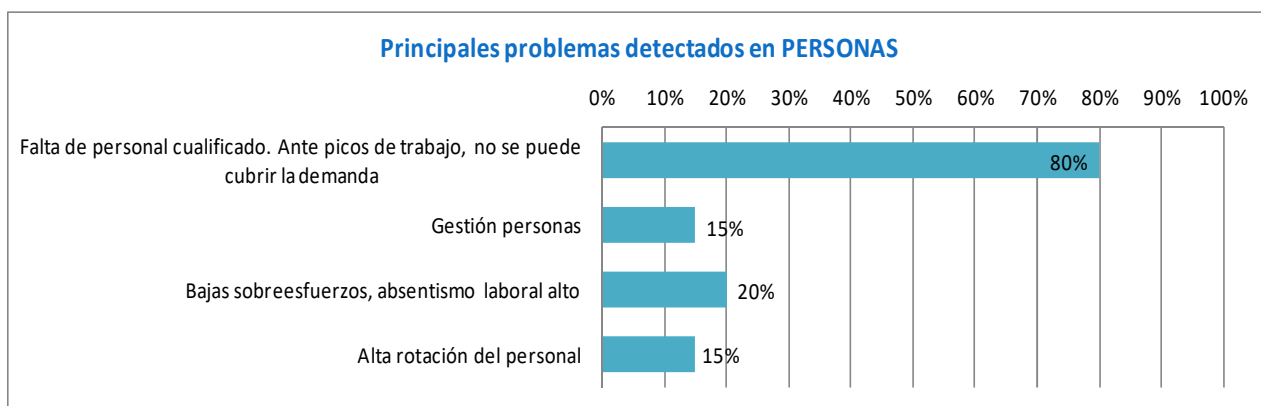


ILUSTRACIÓN 73: PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS A PERSONAS. SECTOR METALMECÁNICO

Por último, como se comentó anteriormente, los principales **problemas asociados a Productos y Servicios**, son los plazos, ocasionados tanto por problemas internos de producción, como por proveedores externos, incluso por los clientes que realizan los pedidos con los plazos muy difíciles de cumplir.

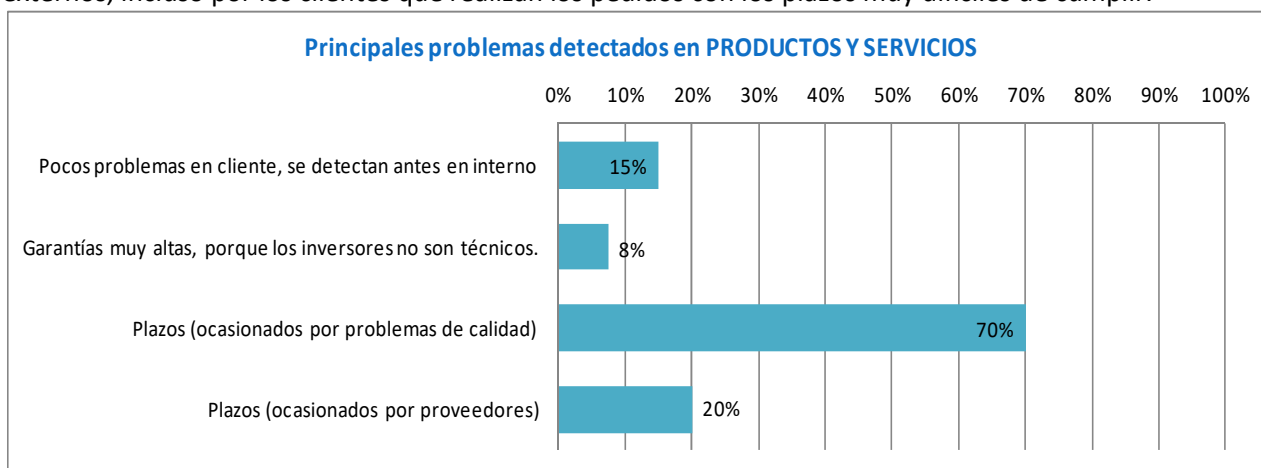


ILUSTRACIÓN 74: PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS A PRODUCTOS Y SERVICIOS. SECTOR METALMECÁNICO

3.2.4 Restricciones o condicionantes identificados

Una vez identificados los problemas, las principales limitaciones que detecta el sector metalmeccánico para la implementación de Industria 4.0 son:

- **Financiación (61%):** es la principal restricción de las empresas del sector metalmeccánico. Las empresas consideran que es necesario la sustitución de equipos antiguos por equipos más modernos, con sistemas de control de producto y proceso integrados, así como implementar sistemas de gestión que permitan reducir costes y plazos, ya si mejorar la productividad de las empresas.
- **Incertidumbre sobre el retorno de la inversión (49%):** el desconocimiento sobre las tecnologías y su posible implementación en las empresas, es general en el sector, que no ve claro el retorno de las inversiones.

- **Falta de estandarización de las tecnologías (37%):** es otra limitación importante del sector para la implementación de Industria 4.0, que lleva a cabo un gran número de procesos manuales y no los tiene estandarizados.

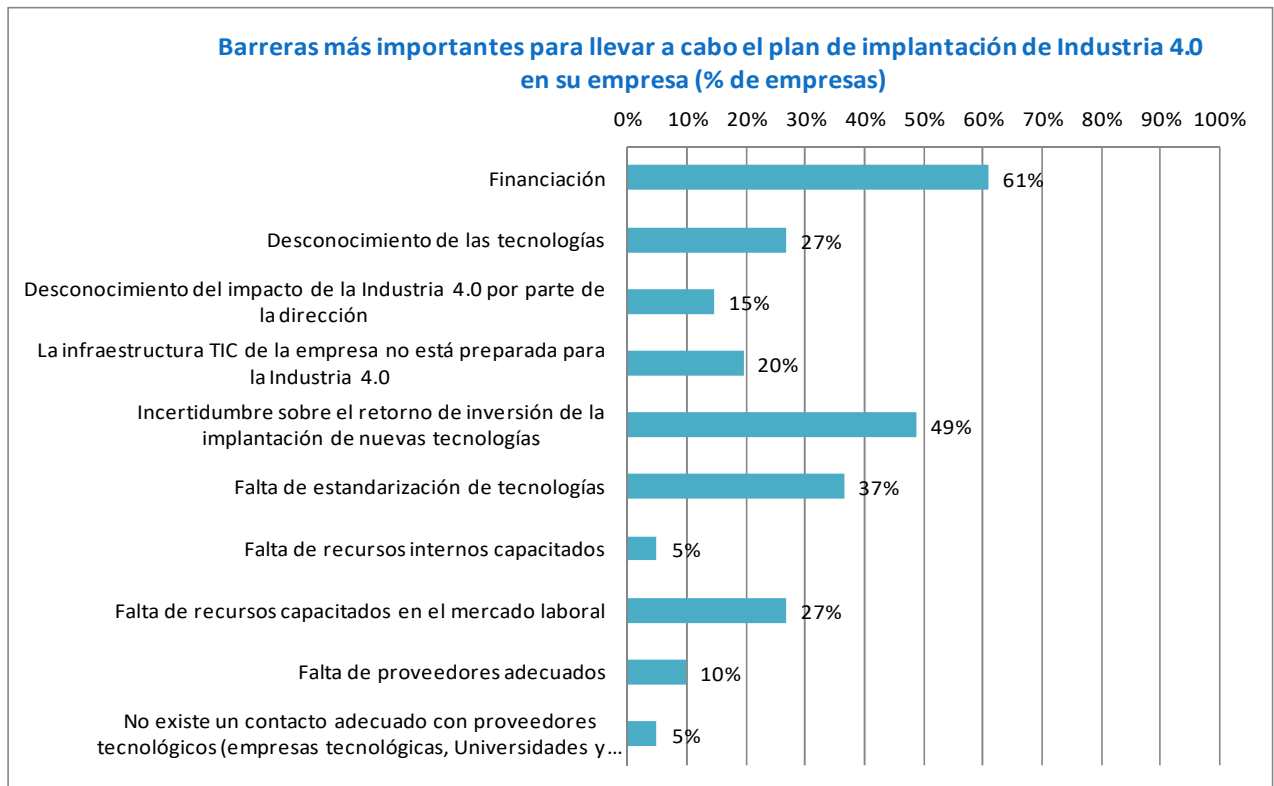


ILUSTRACIÓN 75: PRINCIPALES BARRERAS PARA LLEVAR A CABO LA IMPLEMENTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0

3.3. GAP TECNOLÓGICO

En este apartado, se mostrará el GAP tecnológico de las empresas visitadas del sector naval, en base a los siguientes criterios sobre el grado de madurez de las distintas tecnologías emergentes estudiadas:

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 (Medio Alto)	El grado de automatización es alto en general en toda la planta de producción, aunque no se obtiene información de forma automática de todos los procesos.
2 (Medio Bajo)	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 (wearables, realidad aumentada/virtual y exoesqueletos) en determinados puestos clave del proceso por aspectos como carga ergonómica, criticidad de la gama de operación, etc.
3 (Medio Alto)	Está implantado el uso habitual de una/dos de las tres herramientas HMI consideradas (wearables, realidad aumentada/virtual o exoesqueletos) en determinados puestos clave del proceso por aspectos como carga ergonómica, criticidad de la gama de operación, etc.
2 (Medio Bajo)	Se han realizado tests o pruebas piloto sobre la implantación de alguna de las herramientas HMI consideradas (wearables, 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 (Medio Alto)	<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 (Medio Bajo)	<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 (Medio Alto)	La fabricación aditiva permite llevar a cabo prototipos funcionales, sin necesidad de fabricar utillajes.
2 (Medio Bajo)	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 (Medio Alto)	Se emplean soluciones inteligentes en productos y/o procesos, pero no en un entorno interconectado
2 (Medio Bajo)	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 (Medio Alto)	Está implantado el empleo de AGV's en determinados procesos logísticos y/productivos
2 (Medio Bajo)	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 (Medio Alto)	Se emplea modelización, simulación y virtualización de procesos en: diseño de producto y optimización de las líneas de producción.
2 (Medio Bajo)	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 datacenters externos. Emplea técnicas de análisis de datos para adquirir información del proceso productivo a través de procesado en la nube.
3 (Medio Alto)	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 (Medio Bajo)	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 propios

Safety & Security	
Grado	Definición
4 (Alto)	<p>- Safety:</p> <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 <p>- Security:</p> <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 (Medio Alto)	<p>- Safety:</p> <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. Se dispone de sistema de alertas ante la detección de riesgo para los operarios en una zona de la planta <p>- Security:</p> <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 (Medio Bajo)	<p>- Safety:</p> <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 <p>- Security:</p> <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)	<p>- Safety:</p> <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 <p>- Security:</p> <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)

Gestión de la Energía	
Grado	Definición
4 (Alto)	Tiene implantado un sistema de gestión energética (monitorización de consumos en tiempo real, con definición de líneas base, determinación de indicadores de desempeño energético, etc.)
3 (Medio Alto)	Puntualmente se realiza una evaluación energética mediante la identificación de áreas con un uso y consumo energético significativos con la ayuda de mediciones e identificación de formas de mejorar el desempeño energético.
2 (Medio Bajo)	Dispone de algún sistema de monitorización de consumos.
1 (Bajo)	Hace un seguimiento de los históricos de consumos energéticos solamente a partir de las facturas.

Gestión de los Residuos	
Grado	Definición
4 (Alto)	Se ha disminuido la generación de residuos por unidad de producto, los residuos se utilizan como materias primas en un proceso externo, y se están adaptando las estrategias de la empresa hacia conceptos de economía circular como remanufactura.
3 (Medio Alto)	Se ha disminuido la generación de residuos por unidad de producto y los residuos se utilizan como materias primas en un proceso externo.
2 (Medio Bajo)	Se ha disminuido la generación de residuos por unidad de producto.
1 (Bajo)	No se ha implantado ninguna acción de optimización en la gestión de residuos.

3.3.1. Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas por tecnologías emergentes, y segmentación del GAP por tramos

A continuación, se muestra el resultado de valorar con los criterios anteriores la madurez tecnológica de las empresas entrevistadas respecto a las mejores prácticas de las tecnologías emergentes, con los criterios definidos en el apartado anterior. Estos valores se compararán con el grado de madurez internacional de las tecnologías, obtenido del estado del arte tecnológico y sectorial.

Si se analiza **la media del sector** de las empresas entrevistadas, se ve que en general, se encuentra muy alejado de Industria 4.0, y salvo excepciones de empresas puntuales, que más adelante comentaremos, el grado de madurez medio de las empresas es muy incipiente.

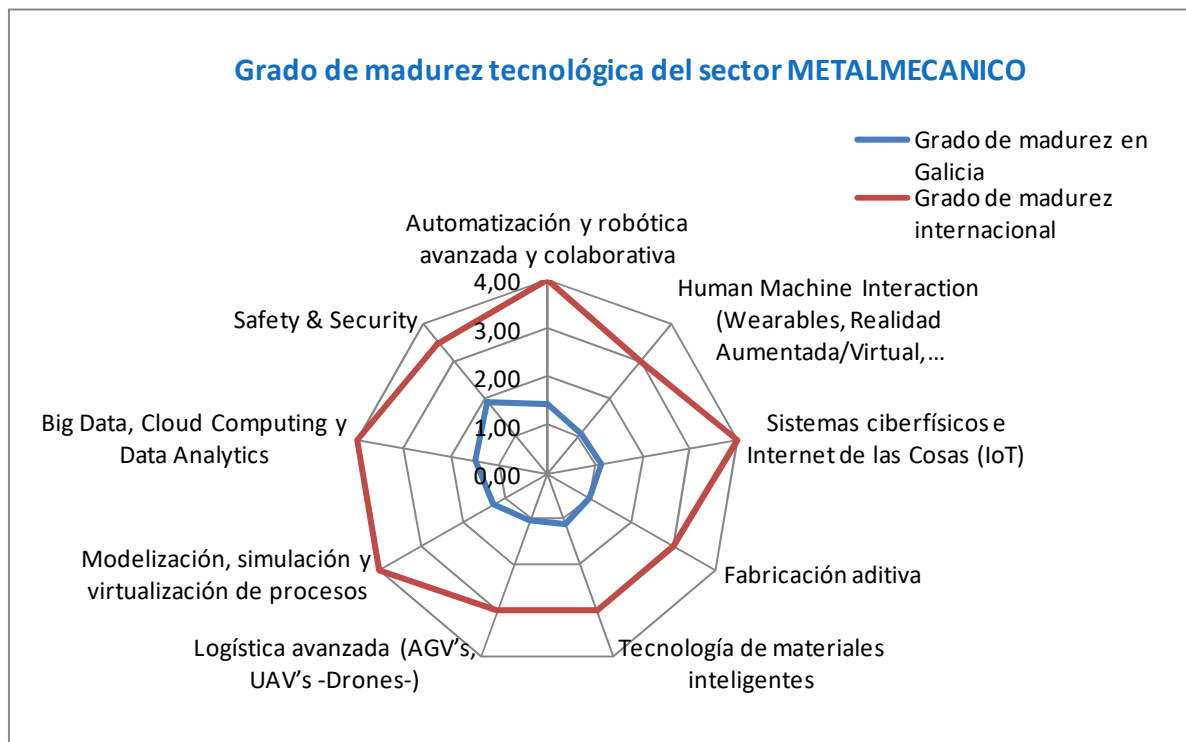


ILUSTRACIÓN 76: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA MEDIO DEL SECTOR METALMECÁNICO

A pesar de este nivel incipiente, también es cierto que dentro del sector, existen empresas líderes en alguna de las tecnologías emergentes consideradas, y que esta percepción se pierde al analizar únicamente los valores medios de las 40 empresas. Por este motivo, y tras la visita a las empresas, se han clasificado las empresas visitadas en líderes, intermedias y menos avanzadas, con el criterio de que si:

- En una tecnología emergente, la empresa tiene una valoración de 4, o bien, en tres (o más) de las tecnologías emergentes tiene la valoración de 3, la empresa se considera líder.
- En varias de las tecnologías emergentes, presente una valoración de tres y/o dos, la empresa se considera intermedia.
- Si en la mayoría de las tecnologías emergentes, la valoración es de 1, la empresa se considera menos avanzada.

Según este criterio, la muestra de empresas entrevistadas se clasifica en:

- Un 3% de las empresas son líderes en tecnologías emergentes.
- Un 20 % de las empresas son intermedias, con un nivel medio de implementación de tecnologías emergentes.
- Un 78% de las empresas se consideran menos avanzadas respecto a Industria 4.0

En la siguiente gráfica se muestra el gap tecnológico entre las empresas líderes en Galicia, y las líderes a nivel internacional. Se observa la proximidad en tecnologías como la Automatización avanzada, Safety and

security y Big data. Por el contrario, aspectos como HMI, Logística avanzada, Fabricación aditiva, IoT y Materiales inteligentes se encuentra en niveles incipientes.

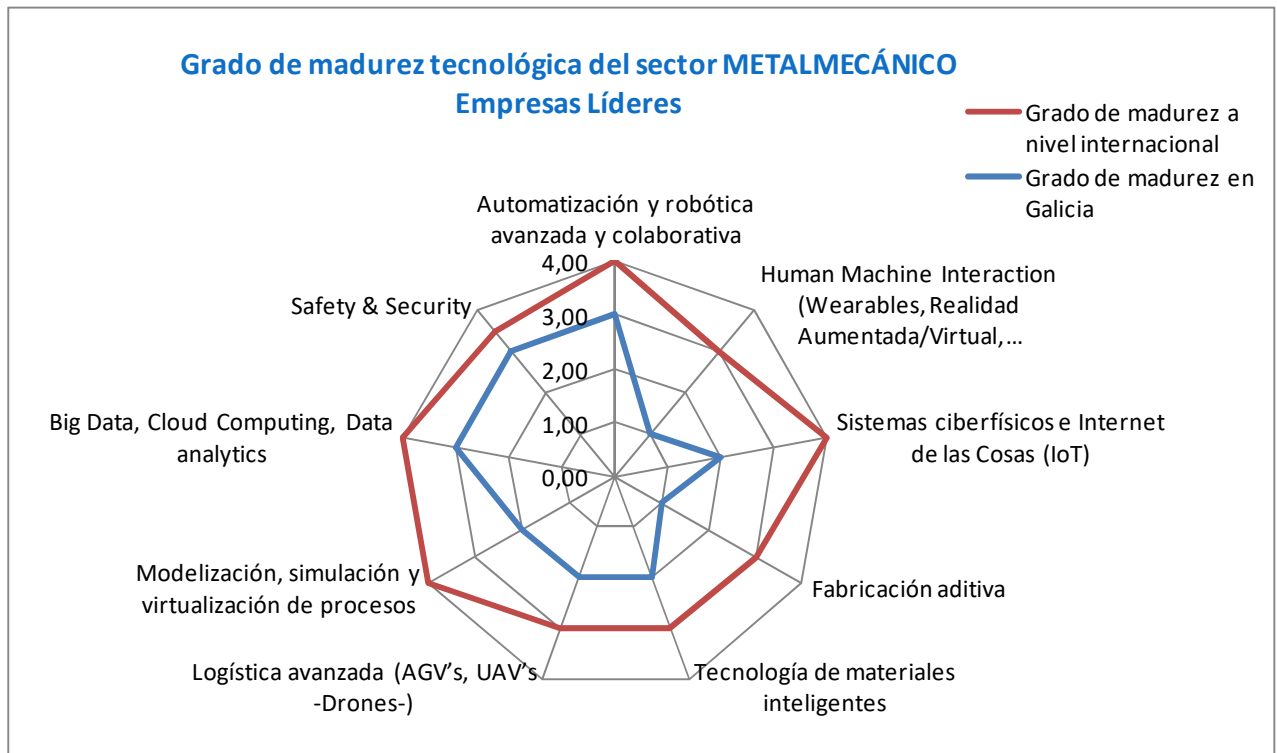


ILUSTRACIÓN 77: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE LAS EMPRESAS LÍDERES EN GALICIA DEL SECTOR METALMECÁNICO, FRENTE A LAS MEJORES PRÁCTICAS INTERNACIONALES

Si analizamos las empresas consideradas con un nivel tecnológico intermedio (con un % más representativo), se observa la misma tendencia que las empresas líderes en cuanto a tecnologías habilitadoras, pero con un nivel tecnológico algo inferior.

Los valores por encima de 2, se encuentran en Automatización Avanzada, Safety and Security y Biga data. La logística avanzada (AGV's y Drones) es la de menor implementación.

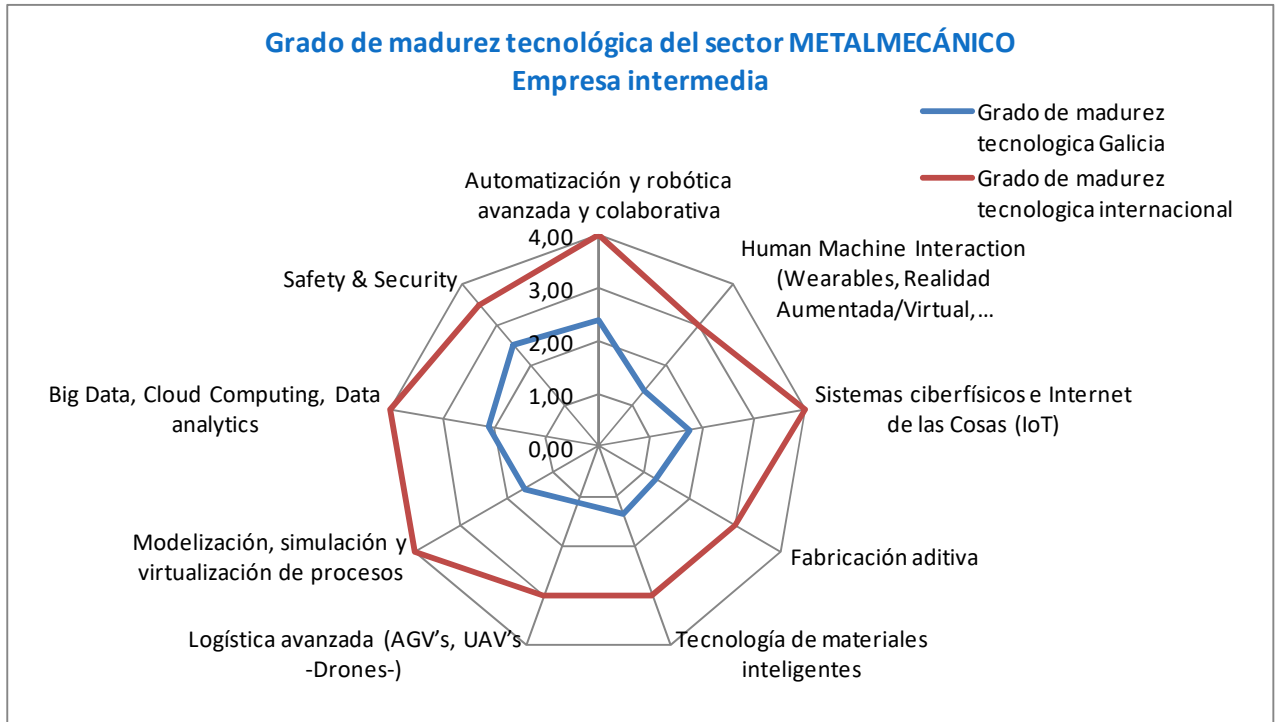


ILUSTRACIÓN 78: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE LAS EMPRESAS INTERMEDIAS EN GALICIA DEL SECTOR METALMECÁNICO, FRENTE A LAS MEJORES PRÁCTICAS INTERNACIONALES

Las empresas menos avanzadas han desarrollado más el Big Data, Safety & Security y Modelización, Simulación y virtualización de procesos.

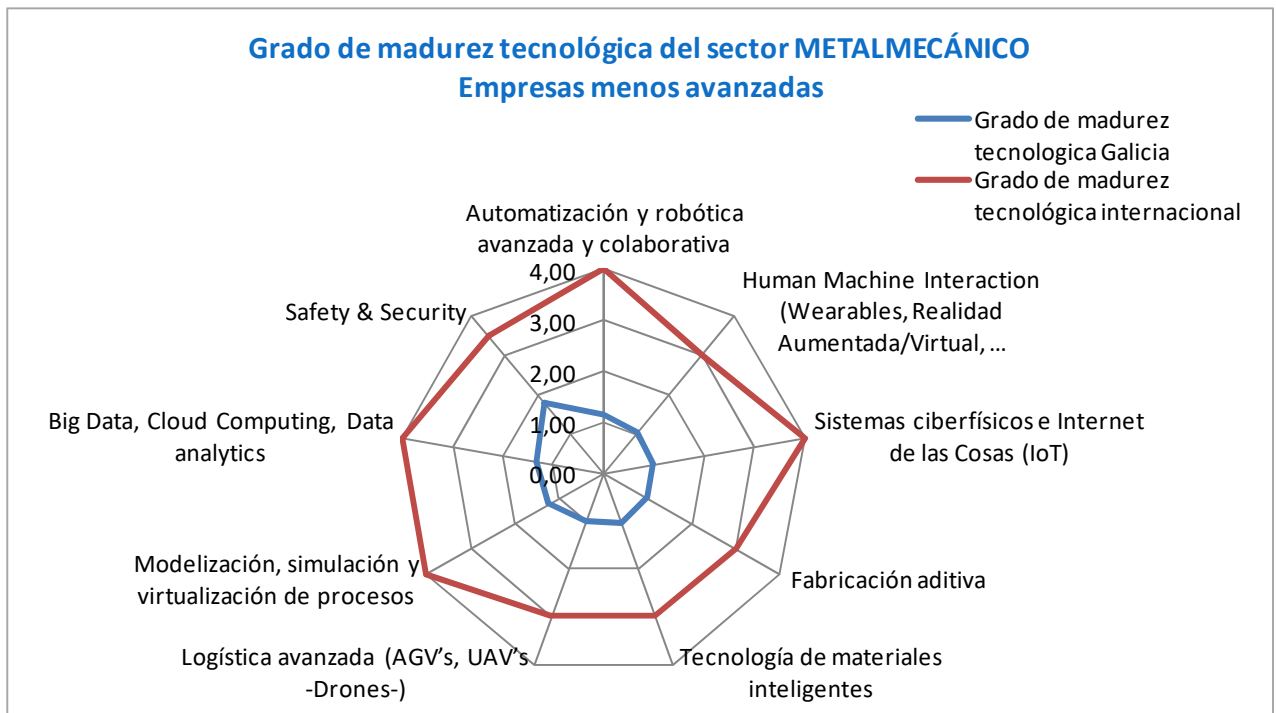


ILUSTRACIÓN 79: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE LAS EMPRESAS MENOS AVANZADAS EN GALICIA DEL SECTOR METALMECÁNICO, FRENTE A LAS MEJORES PRÁCTICAS INTERNACIONALES

Pero como el sector metalmeccánico es muy heterogéneo, y la cadena de valor tiene mucho peso en el nivel tecnológico de las empresas, para tener datos más representativos del Grado de madurez tecnológico del sector metalmeccánico, **se han seleccionado las empresas metalmeccánicas estudiadas en los sectores de Automoción, Naval, Energías Renovables y Aeronáutico**, analizadas de forma individual en estos sectores por su importancia en la cadena de valor.

No se han tenido en cuenta los CNAES 29 (Industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico, propio de automoción) y 30 (Fabricación de otro material de transporte, 301, construcción naval). Por lo tanto, el número de empresas analizadas que tienen CNAES metalmeccánicos son:

- Empresas metalmeccánicas incluidas en el Sector Automoción: 13
- Empresas metalmeccánicas incluidas en el Sector Aeronáutico: 6
- Empresas metalmeccánicas incluidas en el Sector Energías Renovables: 8
- Empresas metalmeccánicas incluidas en el Sector TIC: 3
- Empresas metalmeccánicas incluidas en el Sector Naval: 27
- Empresas del sector metalmeccánico: 40 (correspondiente a este informe)

Al analizar el nivel tecnológico de la media de las empresas de cada sector, se obtienen las siguientes gráficas. Se observa como las empresas del sector TIC cuyos CNAEs son metalmeccánicos, presentan los grados de madurez más altos, aproximándose a las mejores prácticas del sector en alguna tecnología emergente.

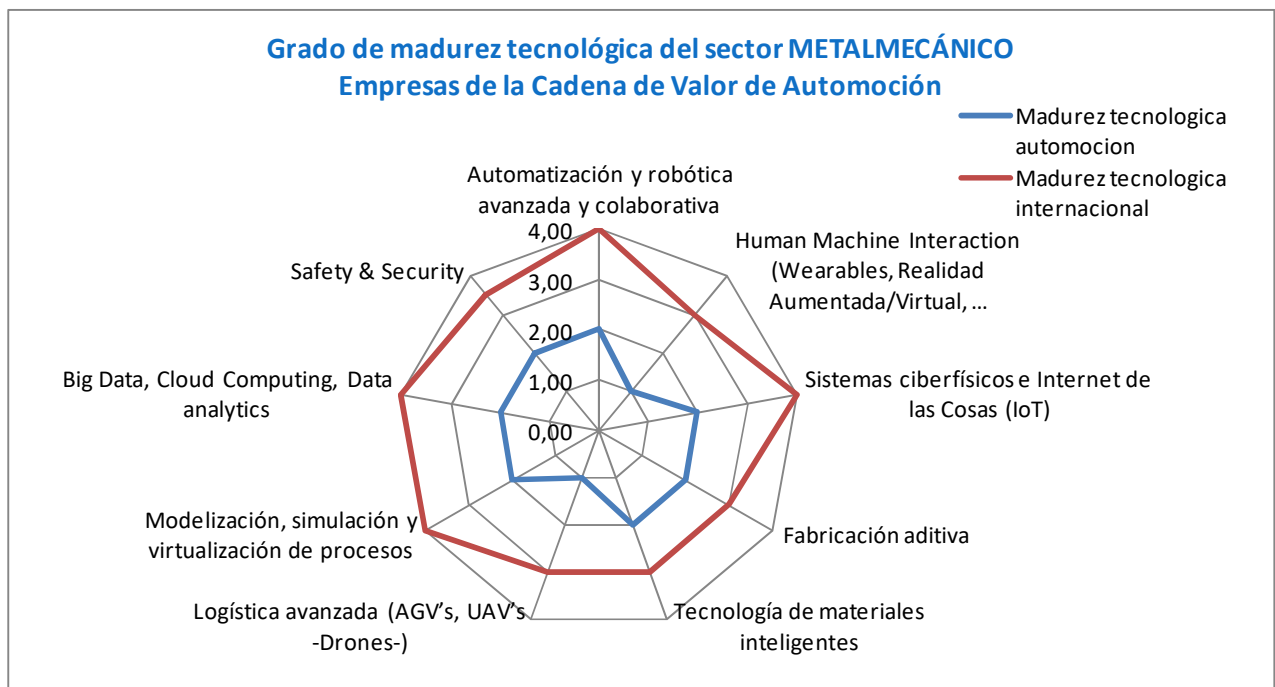


ILUSTRACIÓN 80: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE EMPRESAS DE LA CADENA DE VALOR DEL SECTOR AUTOMOCIÓN (CNAES METALMECÁNICOS)

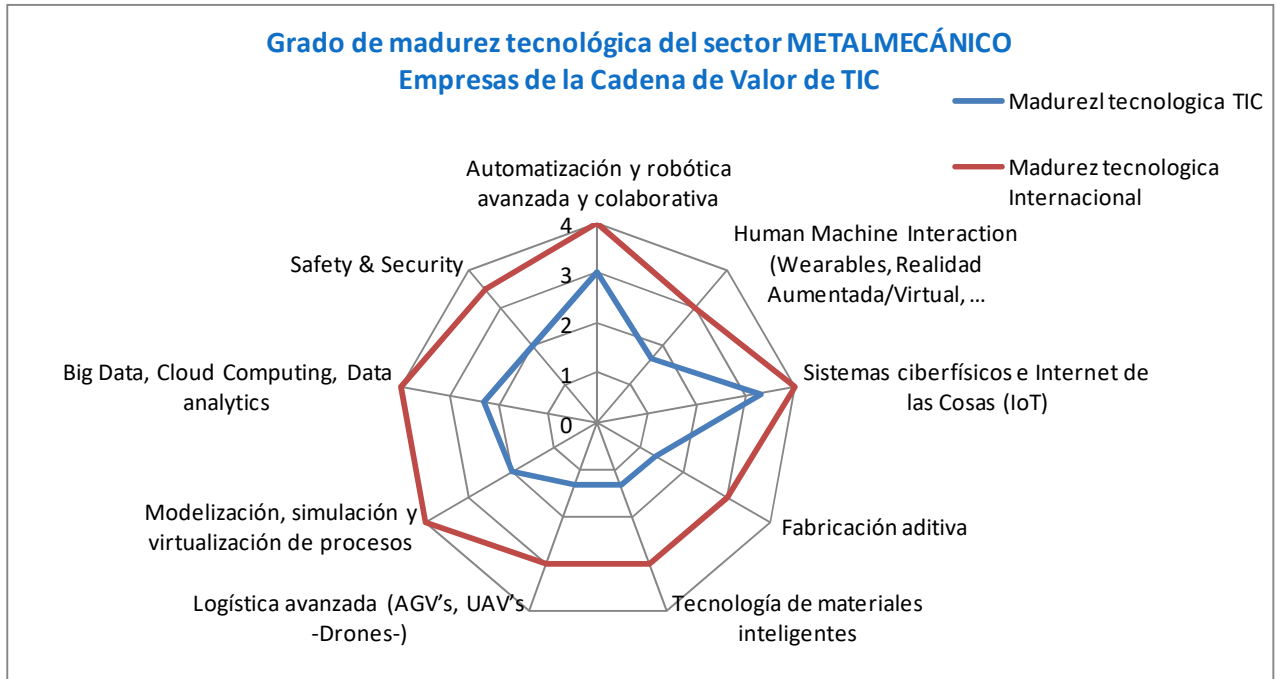


ILUSTRACIÓN 81: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE EMPRESAS DE LA CADENA DE VALOR DEL SECTOR TIC (CNAES METALMECÁNICOS)

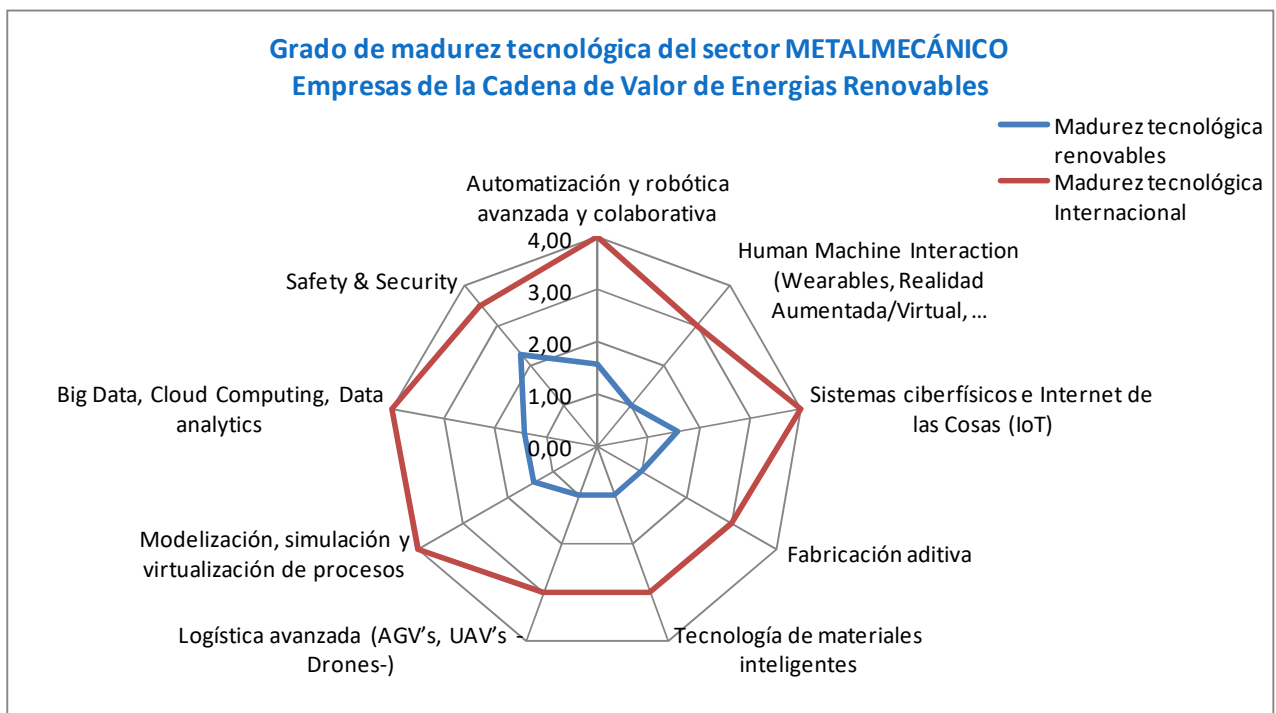


ILUSTRACIÓN 82: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE EMPRESAS DE LA CADENA DE VALOR DEL SECTOR ENERGÍAS RENOVABLES (CNAES METALMECÁNICOS)

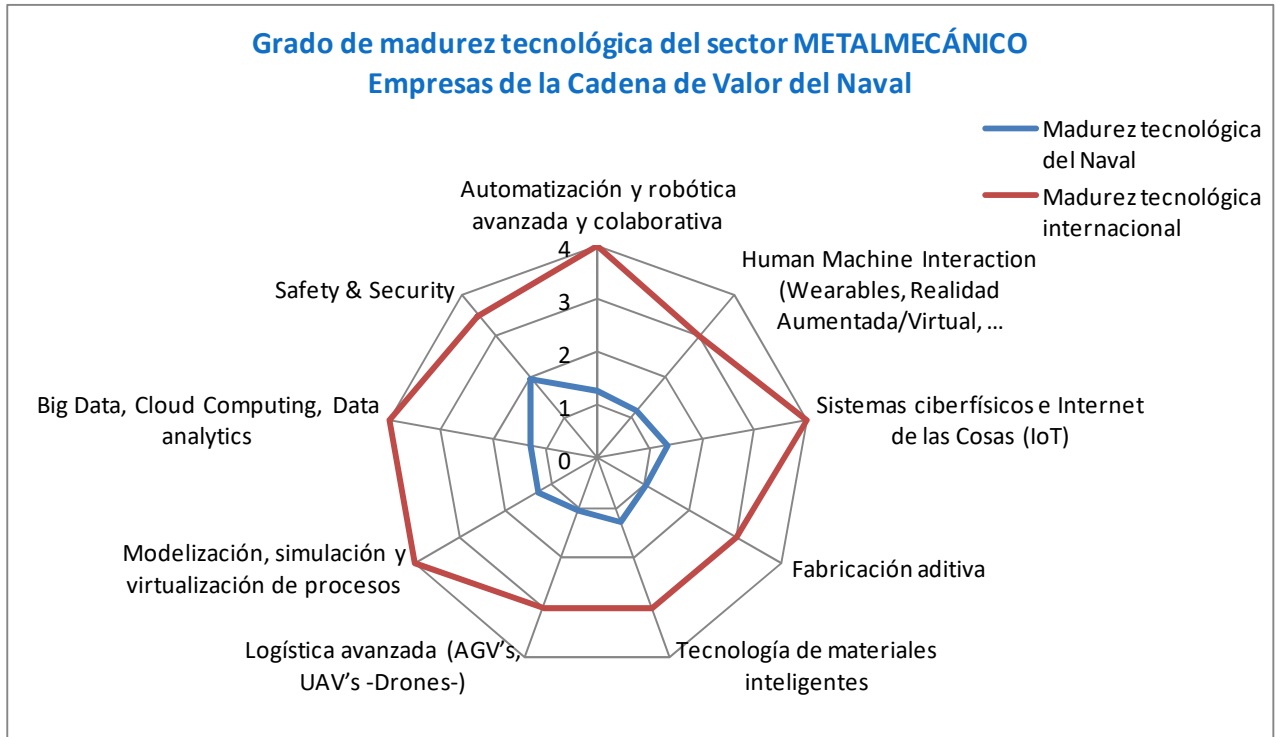


ILUSTRACIÓN 83: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE EMPRESAS DE LA CADENA DE VALOR DEL SECTOR NAVAL (CNAES METALMECÁNICOS)

Y el grado de madurez media de todo el Sector metalmecánico (incluyendo las aportaciones de los diferentes sectores), es ya una buena aproximación a su nivel tecnológico medio en Galicia.

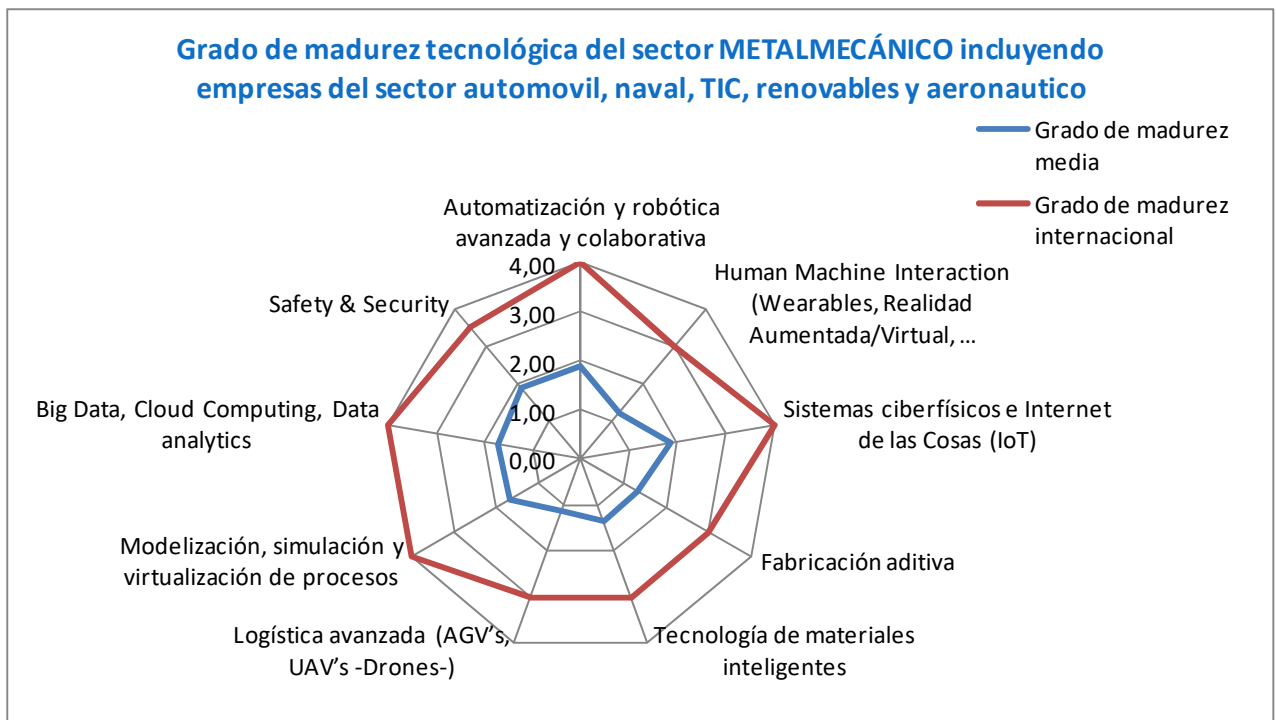


ILUSTRACIÓN 84: GRADO DE MADUREZ MEDIO DE TODAS LAS EMPRESAS CORRESPONDIENTES A CNAES METALMECÁNICOS RESPECTO A LAS MEJORES PRÁCTICAS INTERNACIONALES

4. OPORTUNIDADES DE MEJORA

4.1. ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0.

Como hemos visto a lo largo del presente informe, las principales motivaciones del Sector metalmeccánico para la implementación de Industria 4.0, son **Incrementar la eficiencia de los sistemas productivos (68% de las empresas)** y **los sistemas de gestión (56% de las empresas)**. La consecuencia directa de estas mejoras creen que es Incrementar las ventas (los beneficios de la empresa se sobreentienden).

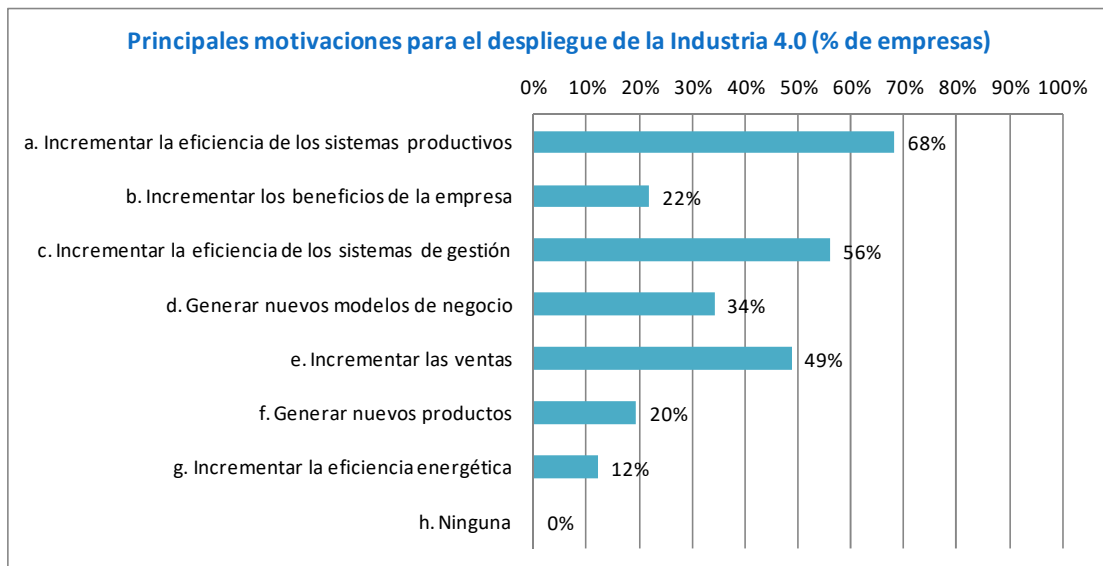


ILUSTRACIÓN85: PRINCIPALES MOTIVACIONES DE LAS EMPRESAS PARA EL DESPLIEGUE DE INDUSTRIA 4.0

Pero la mejora de los sistemas productivos y de gestión requiere de pasos previos a la industria 4.0. Los procesos son manuales y de carácter artesanal, dependen de la pericia del operario e implican una productividad baja. Por tanto, el primer paso será reorganizar la producción, unificar procesos repetitivos y tratar en muchos casos de semiautomatizarlos.

Además, es necesario el desarrollo de productos y tecnología como clave de la diferenciación, para poder diversificar clientes y no tener tanta dependencia con el mercado, por lo general muy local y concentrado en muy pocos clientes.

En esta línea, las empresas se posicionan en fases incipientes respecto a la implementación de Industria 4.0, ya que en muchos casos son conscientes de su importancia, y han comenzado a implementar algunas acciones. Destaca la ausencia en el estudio de empresas que hayan establecido

El criterio seguido para la clasificación de las fases de implementación de Industria 4.0 fue:

- 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

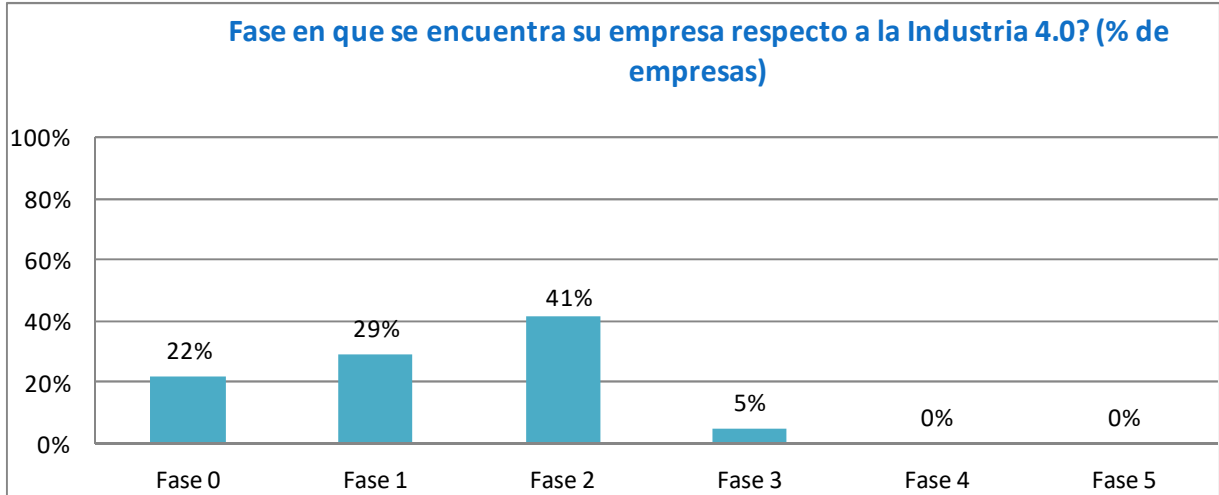


ILUSTRACIÓN 86: FASE EN LA QUE SE ENCUENTRAN LAS EMPRESAS RESPECTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0

Y la estrategia para su implementación se basa en la mayor parte de las empresas en la cooperación tecnológica (53% de las empresas) y la racionalización, consistente en seleccionar tecnologías específicas clave para mantener la posición competitiva y eliminar aquellas otras no defendibles (30%).

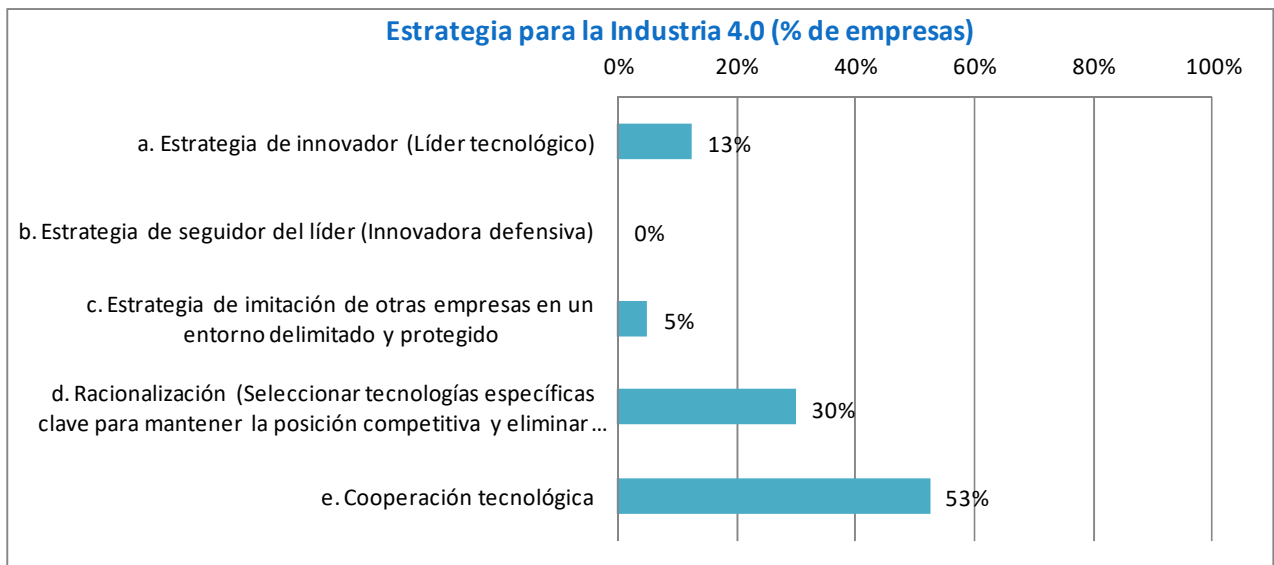


ILUSTRACIÓN 87: ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0

Los Apoyos demandados a la administración para hacer frente a este cambio tecnológico, son fundamentalmente **Ayudas para infraestructuras y soluciones TIC(83%)** junto con **Medidas de Apoyo a la innovación** (a través de convocatorias de proyectos de I+D):

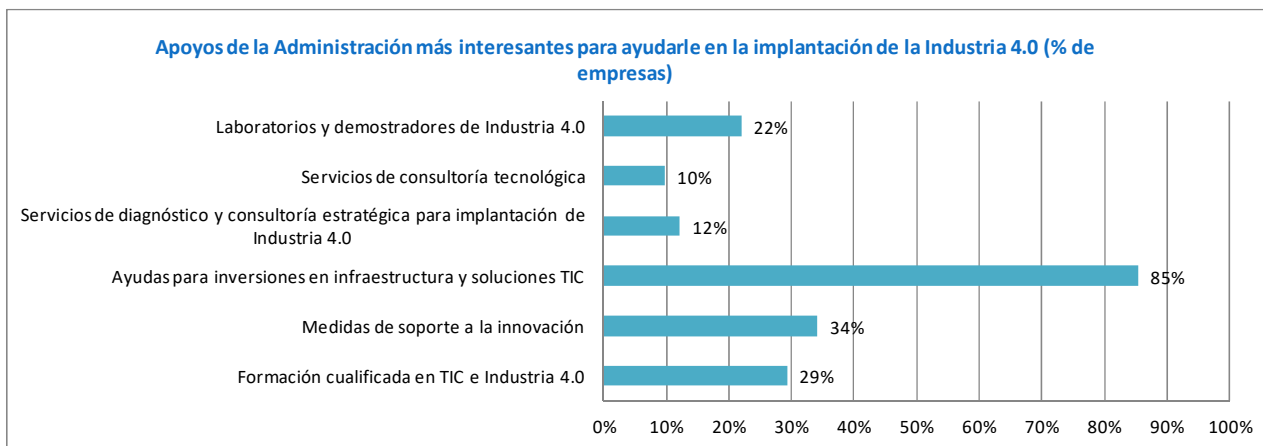


ILUSTRACIÓN 88: APOYOS DEMANDADOS A LA ADMINISTRACIÓN PARA AYUDAR A LA IMPLEMENTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0

4.1.1. Matriz DAFO

El análisis interno de la evolución y situación del sector metalmeccánico en Galicia determina una serie de fortalezas y debilidades que, junto con las oportunidades y amenazas derivadas del análisis de la evolución y expectativas del entorno, permite destacar una serie de aspectos clave, que se recogen en la siguiente matriz DAFO.

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> - Knowhow en tecnología de producto: ciertos subsectores de actividad (automoción, aeroespacial, etc.) poseen tecnología propia desarrollada por las unidades de I+D de las empresas y una completa red de centros tecnológicos. - Estructuras organizativas flexibles: cuenta con procesos de producción y gestión competitivos y flexibles que se adaptan a las exigencias y especificaciones del mercado. - Nichos de mercado de valor añadido elevado. - Importancia de la existencia de organismos asociativos de gran representatividad en el tejido empresarial de la cadena (ASIME) para incrementar la capacidad de coordinación, negociación y diálogo de la industria metalmecánica, internamente y con las administraciones públicas y demás agentes sociales. - Clientes en sectores de futuro: el sector dota de medios productivos y soluciones a la industria aeroespacial, equipos para generación de energía, alimentación, automoción, sector TIC, etc., contribuyendo a mejorar su competitividad. - Ser uno de los sectores con mayor peso dentro de la producción industrial. - Empleo de alta cualificación: en especial, el relacionado con ingeniería y con ciertos subsectores (automoción, aeroespacial y, energías renovables). 	<ul style="list-style-type: none"> - Pequeño tamaño de las empresas: con excepción de algún grupo empresarial, la estructura empresarial del sector está formada por pymes cuyo tamaño medio es inferior a la media nacional y europea. - Escaso nivel de automatización. - Poca integración de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). - Insuficiente base exportadora en mercados emergentes; aunque se exporta más del 70% de lo que se produce, las exportaciones de bienes de equipo se concentran en la UE, que es el principal cliente, donde se compite en calidad y precio. - Falta de personal cualificado, debido a la poca comunicación entre el sistema educativo y las asociaciones empresariales.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de alianzas estratégicas para potenciar la competitividad de las pymes - Crecimiento de la automatización y de la integración de TIC aplicadas a los equipos productivos. - Consolidación del esfuerzo inversor en innovación en tecnologías y la integración de las tecnologías de la información en nuevas líneas de negocio (ecodiseño, eficiencia energética, etc.). - Plataforma de internacionalización hacia mercados exteriores 	<ul style="list-style-type: none"> - Competencia de países europeos con mano de obra más barata que están apostando por la Industria 4.0 para conseguir nuevas contrataciones, unido a los países asiáticos, supone un entorno muy competitivo. - Brusca caída de la demanda - Dificultades de financiación. - Requisitos de homologación en terceros países. - Normativa en materia de seguridad y medio ambiente cada vez más

<p>- Los bienes de equipo constituyen los activos productivos de toda la industria manufacturera y de proceso y son una parte sustancial de las instalaciones que suministran los servicios esenciales (agua, energía, transportes y comunicaciones), teniendo por tanto una influencia fundamental en la competitividad general de la economía de un país.</p>	<p>exigente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Irrupción de productos más estandarizados, con fuerte competencia en costes, provenientes de otros países con mano de obra más barata que están apostando por la Industria 4.0 para conseguir nuevas contrataciones, unido a los países asiáticos, supone un entorno muy competitivo. - Sector muy influenciado por los ciclos económicos.
---	--

4.2. 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 las diferentes empresas del sector. Los subapartados siguientes describen las alternativas de mejora identificadas para estos cuatro *value drivers*.

4.2.1. Calidad

Las principales alternativas identificadas por las empresas para solucionar los problemas asociados a CALIDAD se pueden agrupar en cinco categorías, muy relacionadas entre sí:

- Mejoras en los sistemas de detección y control de calidad
- Mejoras en equipamiento y maquinaria, instalaciones y tecnología
- Mayor automatización en los procesos minimizando fallos humanos
- Mayor automatización en revisión de calidad con ayudas técnicas a responsables
- Mejora de la eficiencia del proceso productivo

Mencionar que en alguno de los casos, las empresas no sabían cómo afrontar los problemas de calidad, muchas veces derivados de problemas de producción, debido a la falta de estandarización de los procesos y el desconocimiento de tecnologías alternativas a las que disponen.

Los problemas de calidad del sector se encuentran muy ligados al proceso productivo, y la falta de automatización del mismo conlleva a una importante dependencia con la habilidad de los operarios, lo que supone en muchos casos problemas de calidad. Por tanto, la sustitución de las operaciones manuales por operaciones automatizadas o semiautomáticas permitiría alcanzar un nivel de calidad de los componentes o productos producidos con menor variabilidad y menos dependiente de las competencias del operario.

Para conseguirlo, es necesario hacer inversiones en equipamiento nuevo, tanto en producción como en sistemas de inspección de calidad, que permitan la detección temprana de errores y su posible subsanación antes de su llegada al cliente.

4.2.2. Producción

En el sector metalmeccánico, la producción es el eje fundamental sobre el que gira todo el modelo de negocio. 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:

- Mejora de la eficiencia del proceso productivo
- Mejoras en la gestión
- Inversión y mejora continua en infraestructura productiva

- Mejorar las herramientas de gestión de la producción
- Formación de los operarios

Como se ve, todas las alternativas de mejora se centran en infraestructura productiva y herramientas de gestión, que permitan optimizar la producción, los plazos y por supuesto, los costes.

Las empresas son conscientes de que disponer de aplicaciones de gestión de la producción (MES, MOM o similares) eliminaría o reduciría una parte de los problemas asociados a la producción. Además, facilitaría 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.

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.

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.

4.2.3. Personas

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

- Formación del trabajador
- Nueva maquinaria y mejoras en máquinas
- Uso y disponibilidad de la información
- Automatización/semiautomatización de puestos de trabajo manuales

Existe una necesidad de incrementar la automatización de los puestos de trabajo, reduciendo los trabajos manuales, en muchos casos 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 son claves a la hora de automatizar los puestos, dotando al operario de herramientas que le ayuden en la producción, pero es necesario en primer lugar estandarizar los procesos, para que sean susceptibles de automatización.

Además, las empresas perciben la formación como una alternativa de mejora. Existe una necesidad de formación orientada al aprendizaje continuo de los operarios y a la transferencia de conocimiento, en la actualidad ocasionado por la enorme dependencia de los procesos con la habilidad del operario en procesos manuales, pero con la visión de que esta formación se enfoque en un futuro como una herramienta para permitir que los trabajadores se adapten a las constantes innovaciones en el proceso productivo.

4.2.4. 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:

- Sin problemas asociados
- Mayor automatización y procesos más flexibles. Menor dependencia de operarios.
- Incrementar la integración con cadena de valor

Destaca el hecho de que en un 65% de los casos, las empresas no perciben problemas importantes en Productos y servicios, y como consecuencia, tampoco plantean alternativas de mejora.

El resto de alternativas, van asociadas a los principales problemas de calidad y producción. La falta de información de la cadena de valor, en muchos casos, conlleva a retrasos en plazos. De ahí la necesidad de un sistema de gestión que integre proveedores y cliente final. Pero antes de esto, es necesario que la fábrica esté preparada para abordar las tecnologías Industria 4.0, lo que supone en la mayoría de los casos mejorar su nivel de automatización de los procesos productivos y sistemas de control de calidad.

4.3. PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO.

Una vez identificados los principales problemas del sector metalmeccánico respecto a los Elementos generadores de Valor, y teniendo en cuenta las alternativas de mejora propuestas por las empresas, se han identificado una serie de acciones a corto plazo, de gran impacto en el sector:

Acción	Formación del personal
<p>Descripción</p>	<p>La formación en este sector corre en muchos casos de parte de las empresas, bien porque se trata de maquinaria muy costosa y no resulta operativo en formación profesional; por tratarse de necesidades formativas específicas de cada empresa; o bien por falta de interacción del mundo empresarial con la formación reglada.</p> <p>Debería haber mayor participación de las empresas en los ciclos formativos, participando en cursos específicos, asignaturas concretas, etc. Y, por supuesto, favorecer más la realización de prácticas en empresas. Los alumnos de formación profesional son deficitarios en conocimientos prácticos del sector. Aun siendo adecuados los contenidos formativos, la impartición es deficiente por falta de prácticas, principalmente.</p> <p>Es preciso acometer una revisión y actualización de los contenidos formativos de la formación profesional. Se podrían favorecer programas piloto con políticas más ágiles sobre especialización y revisión de contenidos.</p> <p>También es necesaria una vinculación permanente con la universidad para la actualización de los programas formativos, fundamentada en la experiencia y conocimientos derivados de la actividad de las empresas.</p> <p>La Formación Dual podría contribuir a paliar estas deficiencias, por lo que es necesario potenciarla. No obstante, su implantación presenta dificultades estructurales, como es la inadecuación entre los horarios laborales y formativos, así como la ausencia de tutores en las empresas.</p>
<p>Valoración Coste / Beneficio o Dificultad</p>	<p>El coste de su implantación es medio-bajo, y el impacto en el sector es muy alto.</p>

Acción	Gestión del conocimiento
Descripción	<p>La gestión del conocimiento se plantea como una herramienta clave para la mejora de la capacidad de las personas en el desempeño de su puesto de trabajo, que ayuda a la resolución de problemas y tiene consecuencias directas en la productividad y mejora de la calidad.</p> <p>En sectores donde la componente manual tiene una gran importancia sobre el producto y sobre el proceso, como es el sector metalmeccánico enfocado a máquinas-herramientas, la gestión del conocimiento aporta la información necesaria para el uso eficiente de recursos. Además, destacar que este conocimiento está basado en la experiencia, y no se transmite de generación en generación, de manera que la eficacia del proceso productivo acaba por depender del grado de conocimiento de uno o más operarios.</p> <p>En la actualidad, las tecnologías de información permiten contar con herramientas que apoyan la gestión del conocimiento en las empresas, apoyando en la recolección, la transferencia, la seguridad y la administración sistemática de la información, junto con los sistemas diseñados para ayudar a hacer el mejor uso de ese conocimiento.</p> <p>El sector metalmeccánico debería aprender de sistemas de gestión del conocimiento implementados con éxito en otros sectores industriales, como la automoción. Se trata de un nuevo método de gestión empresarial: Información + Recursos Humanos, que aporte valor añadido a las actividades de la empresa y que generalice las buenas prácticas en toda su actividad.</p>
Valoración Coste / Beneficio o Dificultad	<p>La dificultad de encontrar personal formado en las actividades propias de las empresas, unido a la gran componente manual de los procesos, hace que se la gestión del conocimiento sea una medida prioritaria para el sector.</p> <p>El coste de su implantación es bajo, y el impacto en el sector es muy alto.</p>
Acción	Estandarización de los procesos
Descripción	<p>Antes de comenzar con la automatización o semiautomatización de los procesos productivos, es necesaria su estandarización. La estandarización de procesos, hoy en día es una herramienta que genera una ventaja competitiva para muchas organizaciones. Es adecuado para la fabricación en pequeños lotes, y empresas con una producción muy flexible, características propias del sector metalmeccánico.</p> <p>Permite unificar los procedimientos, documentarlos y que sirva de base para la gestión del conocimiento. Por ello es necesario definir estándares así como una estrategia de mejora continua de los mismos. Es una forma de fomentar el aprendizaje, y como resultado, conlleva una importante valorización de la mano de obra.</p> <p>En la actualidad, las tecnologías de información permiten contar con herramientas que apoyan la estandarización de los procesos en las empresas.</p>
Valoración Coste / Beneficio o Dificultad	El coste de su implantación es bajo, y el impacto en el sector es muy alto.

Acción	Inversión en maquinaria y sistemas de gestión
Descripción	<p>Si bien es cierto que el uso de la robótica industrial está muy ligado a la producción en serie de las empresas, también lo es que la automatización o semiautomatización de los procesos no seriados permite eliminar los errores, la variabilidad e incertidumbre derivadas de la componente manual.</p> <p>El sector metalmeccánico debe renovar su equipamiento, sustituyendo los equipos actuales (muy antiguos y manuales) por CNCs automatizados, equipos de corte y soldadura semiautomatizados y equipos automatizados de conformado de metal en frío y en caliente, que son los de mayor presencia e importancia en las pymes.</p> <p>Y debe a su vez implementar sistemas de gestión empresarial ligados al proceso productivo, para la optimización de recursos y disminución de gastos.</p>
Valoración Coste / Beneficio o Dificultad	El coste de su implantación es medio-alto, y el impacto en el sector es muy alto.

Acción	Potenciar las actividades de Innovación como elemento diferenciador
Descripción	<p>Es necesario impulsar la actividad innovadora del sector, definiendo estrategias diseñadas a la mejora de los procesos, al desarrollo de productos propios, así como a la mejor gestión de los recursos, como herramienta de diferenciación y competitividad de las empresas.</p> <p>La integración de las tecnologías de la información permitirá a las empresas abrir nuevas líneas de negocio, así como la internacionalización, que eliminen la dependencia actual con el mercado local.</p> <p>Las alianzas y proyectos conjuntos con proveedores de tecnología se consideran claves para el desarrollo de nuevos productos, así como equipos adhoc.</p>
Valoración Coste / Beneficio o Dificultad	El coste de su implantación es bajo, y el impacto en el sector es muy alto.

5. CONCLUSIONES

Como se ha mencionado anteriormente, la industria metalmecánica está considerada como un sector estratégico en todos los países con elevado nivel de desarrollo económico y social. No hay ningún país avanzado que no cuente con una industria de bienes de equipo adecuada a su dimensión y necesidades y, en gran parte de ellos, es la rama industrial más importante en la que concentran el interés y la atención preferente de las políticas industriales.

El sector metalmecánico en Galicia está integrado por un gran número de empresas muy heterogéneas en tamaño y cadena de valor en la que está integrada su actividad principal. En la mayoría de los casos, **la cadena de valor tiene mucho peso en el nivel tecnológico de las empresas**. Esto es, las empresas auxiliares del sector que desarrollan productos y maquinaria para el sector automoción, presentan mayor nivel tecnológico que las empresas que trabajan para otros sectores industriales.

Aun así, las tecnologías asociadas a Industria 4.0 todavía se encuentran en un nivel de madurez e implementación en las empresas muy bajo, y es necesario afrontar pasos previos para poder dar este salto tecnológico con garantías de éxito.

Las **bases para el desarrollo del sector metalmecánico en Galicia deben ser la Innovación, calidad y formación cualificada de los trabajadores**. Esto es,

- Cooperación entre los principales agentes del sector. El reducido tamaño de las pymes es un claro inconveniente a la hora de afrontar cambios tecnológicos. Por ello, es necesario propiciar y fomentar la cooperación empresarial, incluyendo a otros sectores industriales para aprovechar las sinergias existentes entre ellos. Además, es fundamental establecer **alianzas y proyectos conjuntos con proveedores de tecnología, así como apoyarse en centros de conocimiento y universidades**.
- **Innovación abierta**.
- **Gestión del conocimiento**, herramienta clave para la mejora de la capacidad de las personas en el desempeño de su puesto de trabajo, que ayuda a la resolución de problemas y tiene consecuencias directas en la productividad y mejora de la calidad.
- **Optimización de procesos**, mediante la adquisición de nueva maquinaria con un mayor nivel de automatización, y la integración de los procesos con los sistemas de gestión empresarial.
- **Diversificación de actividades**, como herramienta para superar las picos y valles del sector.
- **Nuevo modelo educativo**, que acerque el conocimiento a las fábricas. Es necesaria una formación actualizada que sirva para corregir las carencias formativas y adecuar la capacitación de los profesionales a lo que demanda el mercado laboral. En este proceso que va desde la detección de las necesidades hasta la programación de la formación deben estar involucradas todas las organizaciones relacionadas con la formación (en todos sus niveles) y con el empleo: Universidad, centros de Formación Profesional y de formación para el empleo, servicios públicos y privados de empleo, etc. Hay que poner especial énfasis en la conveniencia de que exista intercomunicación entre el mundo empresarial y el formativo; el modelo de la formación DUAL parece que se está acercando a este objetivo.
- Las **personas como “clave para la competitividad de las empresas”**, con conocimientos para poder afrontar la transformación digital. Es necesario aumentar la formación permanente de los técnicos y trabajadores del sector. La formación en este sector corre en muchos casos de parte de las empresas, bien porque se trata de maquinaria muy costosa y no resulta operativo en formación profesional; por tratarse de necesidades formativas específicas de cada empresa; o bien por falta de interacción del mundo empresarial con la formación reglada.

Y las principales barreras para cometer este tipo de actuaciones son la financiación, incertidumbre sobre el mercado, desconocimiento de las tecnologías, la falta de estandarización de los procesos así como la formación del personal.

6. ANEXO. CUESTIONARIO Y METOLOGÍA DE EJECUCIÓN

6.1 Número y estructura de los cuestionarios empleados

Como base para la ejecución del trabajo de campo (entrevistas con empresas) **se ha definido un cuestionario, común a todos los sectores incluidos en el estudio excepto TIC**(que dispuso de un cuestionario particular). Se han contemplado las 9 tecnologías consideradas 4.0 y como cuestión transversal la gestión de la energía y los residuos.

En el caso de las entrevistas con asociaciones empresariales y clústeres y dado el diferente perfil de estas entrevistas el cuestionario simplemente ha servido como referencia o apoyo a la hora de estructurar la reunión, de carácter más abierto y cualitativo.

En cuanto a su **estructura**, se presenta a continuación, por ser el de más amplio alcance, la del cuestionario general (para todos los sectores salvo TIC). Por cada bloque del mismo, se perfila el tipo de cuestiones que se abordan en él:

- **Bloque I: Análisis general de la empresa:** se recogen los datos básicos de caracterización de cada empresa (localización, persona contacto, actividad, estructura organizativa,...). En la medida de lo posible, cada encuestador ha tratado de preinformar estos datos generales con anterioridad a la propia entrevista.
- **Bloque II: Conocimiento general de la entidad respecto al concepto 4.0:** se recogen cuestiones sobre la cercanía y nivel de familiaridad con el concepto 4.0 y las tecnologías asociadas así como sobre su perspectiva sobre el impacto 4.0 en el mercado. También la participación en plataformas relacionadas y la formación en 4.0
- **Bloque III: Análisis del estado actual de la empresa con respecto a la industria 4.0:** se recogen distintas cuestiones sobre la implantación actual de las tecnologías y cierta perspectiva por cada una de las mismas sobre los intereses y beneficios para la empresa.

Adicionalmente, en un anexo denominado “III.I Madurez de los procesos de negocio” se ha preguntado para cada VALUE DRIVER / GENERADOR DE VALOR por los problemas, alternativas de mejora, posible empleo de tecnologías emergentes e inversiones previstas 4.0

- **Bloque IV: 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

6.2. Tipo de cuestionario y tipo de entrevista

El cuestionario ha sido administrado presencialmente por el experto entrevistador de cada centro tecnológico. Se ha celebrado una reunión o entrevista, previamente concertada con la empresa y en caso necesario se ha recogido algún dato o aclaración a posteriori de la entrevista.

La duración de la entrevista ha superado, en la mayor parte de los casos, las dos horas de duración. En muchas ocasiones la duración ha sido sensiblemente superior.

6.3. Número de encuestas previstas y finalmente realizadas

Las encuestas llevadas a cabo en cada uno de los sectores se muestran en la siguiente tabla:

Sector	Centro	Nº encuestas a realizar	Nº encuestas realizadas	Grado de avance
Aeronáutico	Gradient	25	25	100%
Agroalimentación y Bio	Anfaco-Cecopesca	40	40	100%
Automoción	Ctag	40	40	100%
EE.RR.	ITG	25	25	100%
Madera - Forestal	Energylab	40	40	100%
Metalmecánico	Aimen	40	40	100%
Naval	Aimen	40	40	100%
Piedra Natural	ITG	25	25	100%
Textil	Energylab	40	40	100%
TIC	Gradient	40	46	115%
TOTAL ACUMULADO		355	361	102%

6.4 Representatividad de las encuestas realizadas:

Se ha tratado de que la **muestra por sector fuese lo más representativa de la población objetivo del sector**. Los criterios concretos y condicionantes por sector a la hora de definir la población objetivo han sido explicados previamente en cada diagnóstico sectorial.

Al hablar de representatividad se ha tratado de obtener a nivel tamaño (pymes y grandes empresas, con especial foco en las pymes), a nivel territorial y en la medida de lo posible, teniendo en cuenta el sistema de valor existente.

No obstante es importante advertir que en **casos puntuales de sectores, hay que tener en cuenta la elevada heterogeneidad de las empresas incluidas en términos de actividad**.

6.5 Proceso concertación de entrevistas:

En general este proceso, una vez listadas y asignadas las empresas a un sector (o a varios en algunos casos) se ha desarrollado con los siguientes pasos:

Envío email o llamada invitación a participar >> proceso de confirmación de la cita >> entrevista (obtención de la información) >> (si necesario) contacto posterior para aclarar dudas o datos adicionales