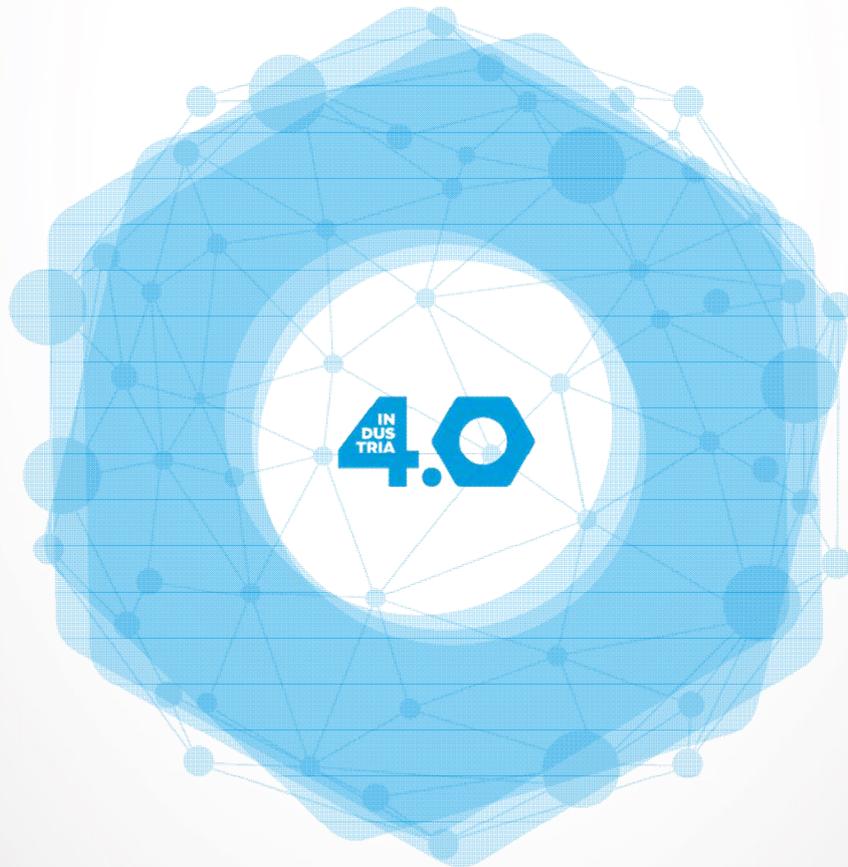




# Oportunidades Industria 4.0 en Galicia



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

<b>1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR NAVAL EN GALICIA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1.1 Tamaño del sector .....	5
1.1.2 Tipología de empresas.....	5
<b>1.2. PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE.....</b>	<b>8</b>
<b>2. ANÁLISIS EXTERNO DEL SECTOR NAVAL.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. SITUACIÓN GLOBAL .....</b>	<b>11</b>
2.1.1. Situación europea del sector de la construcción Naval.....	17
2.1.2. Situación nacional del sector de la construcción Naval .....	19
2.1.3. Magnitud, complejidad y diversidad del Sector de Reparación y Transformación naval ..	22
<b>2.2. RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR.....</b>	<b>27</b>
2.2.1 Evolución de las técnicas y sistemas de construcción en los astilleros.....	27
2.2.2 Evolución de los sistemas de gestión en los astilleros.....	30
2.2.3 Astillero referente en Industria 4.0: Astillero Meyer Werft (Alemania).....	32
<b>2.3. MEJORES PRÁCTICAS .....</b>	<b>35</b>
2.3.1. Automatización avanzada y robótica colaborativa.....	36
2.3.2. HMI .....	38
2.3.3. Sistemas Ciberfísicos e IoT .....	41
2.3.4. Tecnología de materiales inteligentes .....	43
2.3.5. Fabricación Aditiva .....	43
2.3.7. Modelización, simulación y virtualización de procesos .....	44
2.3.8. Big Data, Cloud Computing y Data Analytics.....	46
2.3.9. Safety and Security.....	47
<b>3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1. FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2. NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL .....</b>	<b>56</b>
3.2.1. Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes.....	57
3.2.2. Situación de los principales indicadores asociados a los Elementos Generadores de Valor ..	74
3.2.3 Problemas detectados .....	82
3.2.4 Restricciones o condicionantes identificados .....	85
<b>3.3. GAP TECNOLÓGICO.....</b>	<b>86</b>
3.3.1. Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas .....	89

<b>4. OPORTUNIDADES DE MEJORA .....</b>	<b>94</b>
<b>4.1. ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0.....</b>	<b>94</b>
4.1.1 Matriz DAFO.....	96
<b>4.2. OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS .....</b>	<b>99</b>
4.2.1. Calidad.....	99
4.2.2. Producción.....	99
4.2.3. Personas .....	100
4.2.4. Productos y servicios .....	100
<b>4.3. PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO .....</b>	<b>101</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>105</b>
<b>6. ANEXO. CUESTIONARIO Y METOLOGÍA DE EJECUCIÓN .....</b>	<b>107</b>

## 1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR NAVAL EN GALICIA

### 1.1. INTRODUCCIÓN

El sector de construcción naval se define como una **industria de síntesis**, que fabrica un producto singular, rara vez en serie, de elevado valor unitario (que generalmente supera la capacidad financiera de las empresas constructoras), largos períodos de fabricación, muy sensible a los ciclos económicos, con exceso de capacidad mundial casi permanente, y fuertemente sometido a competencia internacional. El sector tiene una gran importancia estratégica en las economías nacionales, teniendo en cuenta su alto contenido tecnológico, su papel de suministrador de medios esenciales de transporte en el comercio internacional, de investigación, prospección y extracción de productos energéticos, así como su papel como suministrador de buques militares.

Galicia es una comunidad marítima por excelencia, líder en sectores como la pesca, la acuicultura, la defensa marítima, la náutica deportiva, la biotecnología marina y el sector de la construcción y reparación naval, que se configura como el nexo común a todos ellos y que ha sido declarado estratégico tanto por los puestos de trabajo que genera y su nivel de facturación, como por su carácter tractor, con gran repercusión en el entorno socioeconómico regional.

Tal y como manifiesta la Xunta de Galicia<sup>1</sup>, el naval gallego constituye un **sector estratégico** de la economía de Galicia, no sólo por el número de puestos de trabajo directos e indirectos que genera, sino también por su importante repercusión sobre el conjunto del entorno socioeconómico, así como por su condición de verdadera cantera de profesionales de las más diversas especialidades.

El sector naval supone el **5% del PIB de Galicia** y presenta un **elevado carácter internacional**, con un 90% de los buques construidos en la última década en los astilleros gallegos destinados a la exportación. El naval gallego presentó una facturación media, en la última década, de 2.500 millones de euros, lo que ha convertido a Galicia en la primera comunidad española en construcción y reparación naval<sup>2</sup>. Actualmente, los astilleros gallegos cuentan con contratos que suman más de 1.400 millones de euros, lo que refleja la importancia del sector, a pesar de la profunda crisis vivida en los últimos años.



ILUSTRACIÓN 1: EJEMPLOS DE DIFERENTES APLICACIONES DEL SECTOR NAVAL

<sup>1</sup> [http://www.xunta.es/dog/Publicados/2010/20100705/Anuncio213AE\\_es.html](http://www.xunta.es/dog/Publicados/2010/20100705/Anuncio213AE_es.html)

<sup>2</sup> <http://sectornavalgallego.com/presentacion.php>

### 1.1.1 Tamaño del sector

El sector de la construcción naval incluye tanto las empresas de construcción, reparación y conversión de buques, comerciales y militares (**astilleros**), como a empresas que proveen productos o servicios asociados (**industria auxiliar**). En la actualidad, el 45% de los astilleros existentes en el Estado Español son gallegos<sup>3</sup>, localizados en torno a dos áreas, en el norte el sector gira en torno al astillero público de Navantia y a sus proveedores, y en el sur, en las rías de Vigo y Pontevedra, se concentran 10 astilleros de pequeño/mediano tamaño – todos ellos privados - y el resto de industrias auxiliares (70% del total de Galicia, con más de 200 empresas).

La industria de la construcción naval en Galicia ha realizado un importante esfuerzo de **reindustrialización** en las últimas décadas para ajustar su capacidad productiva a las necesidades del mercado, creando una industria auxiliar hacia la que los astilleros externalizan parte de sus actividades.

Así el sector se ha convertido en una industria de síntesis en la que los astilleros se han ido especializando para convertirse en **plantas de ensamblaje** en las que se construye el casco, las estructuras básicas y se integran los componentes suministrados por la industria auxiliar. El astillero progresivamente se ha convertido en el coordinador de un proyecto global, responsable de planificar y coordinar la actividad de un gran número de empresas involucradas en el diseño, construcción, reparación y mantenimiento o conversión de un buque.

De este modo, los astilleros son tractores de una **importante industria auxiliar**. Es importante resaltar que dentro del valor de un buque, los equipos instalados (motores, sistemas de depuración, equipos electrónicos...) pueden suponer hasta el 65% del valor total del buque, mientras que la mano de obra en la construcción representa hasta el 35% del esfuerzo productivo.

### 1.1.2 Tipología de empresas

En Galicia se ubican **10 astilleros de relevancia** y con una gran proyección internacional. El 90% de los buques construidos por estos astilleros se destinan a la exportación. También forman parte del sector naval gallego alrededor de 200 empresas auxiliares que prestan sus servicios o venden sus productos a los astilleros, cubriendo toda la cadena de valor.

Según datos facilitados por **Aclunaga**, las empresas auxiliares del sector naval presentaron de manera individual una facturación inferior a 1 millón de euros en el año 2016, con una plantilla media inferior a 10 empleados. Esta dimensión de la industria auxiliar supone una importante limitación a su competitividad, ya que se necesitan estructuras más sólidas para abordar proyectos de mayor complejidad.

De entre las **actividades auxiliares** llevadas a cabo por este tejido de empresas destacan:

- Servicios de construcción y reparación
- Estructura
- Equipo y accesorios de casco y cubierta
- Instalaciones eléctricas, electrónicas y automatización
- Habilitación y carpintería de gradas
- Maquinaria auxiliar
- Protección y tratamiento de superficies
- Sociedades de clasificación
- Sistemas de energía y propulsión
- Servicios propios del buque
- Suministradores

A lo largo de los años, además del tejido industrial, se ha desarrollado en Galicia un entorno favorable para la construcción y reparación naval a través de la implantación de **instituciones de apoyo**

<sup>3</sup> <http://www.empreganav.com/es/contenido/sector-naval-y-empleo>

**especializadas**, tales como escuelas universitarias, centros tecnológicos, centros de formación, fundaciones de apoyo y asociaciones. Se puede decir que el sector naval en Galicia está totalmente desarrollado y tiene capacidad para asumir cualquier proyecto de construcción naval por complejo que sea, con la única limitación del tamaño de las gradas.

Galicia cuenta con la siguiente **infraestructura** para la construcción naval:

- Gradas: 16
- Diques: 5
- Varaderos: 13
- Muelles: 10

Con ello, en Galicia es posible construir buques de **hasta 346 metros de eslora**, 60 metros de manga y 395.000 toneladas y reparar barcos de hasta 330 metros de eslora, 50 metros de manga y 230.000 toneladas. A modo ejemplo, en la última década se han construido en Galicia los siguientes **tipos de buques**:

- Buques para la industria offshore
- Buques de investigación y oceanográficos
- Ferries, Ro-ro's, buques de transporte mixto
- Remolcadores
- Dragas
- Buques de pesca
- Quimiqueros
- Portacontenedores
- Megayates y barcos de recreo
- Buques militares

## 1.2. PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO

La industria naval europea, y en particular, la española y gallega, se han visto muy afectadas por la elevada **automatización de los astilleros asiáticos** (Corea del Sur, Japón, China) y de Europa del este, junto con el bajo coste de mano de obra y las políticas de subsidio en esos países (*Ver datos de mercado en el apartado 2.1 Situación Global-situación europea*).

Además de la enorme competencia, el sector se enfrenta a una notable **disminución del tamaño del mercado**: no se contratan tantos barcos, siendo mayor el trabajo asociado a la reparación y reutilización de barcos para otros usos. Clarkson estima que, en 2017, la demanda de buques nuevos mejorará ligeramente, pero no se espera una recuperación significativa a corto plazo. La cartera de pedidos se seguirá reduciendo y los astilleros se enfrentarán a la falta de trabajo, lo que les llevará a cerrar o reducir el tamaño de sus instalaciones o bien mantenerlas inactivas, principalmente en China y Corea del Sur. *“Ha habido una notable desaceleración en el ritmo de crecimiento de la flota mundial. Hoy en día, la actividad de reciclaje es fuerte, las entregas parece que van a disminuir y los niveles de contratación se encuentran en su nivel más bajo en más de 30 años”,* menciona Clarkson.

El sector naval gallego, caracterizado por la presencia de astilleros de tamaño pequeño y medio y una industria auxiliar formada principalmente por PYMEs, se enfrenta además a las siguientes **dificultades**:

- **Limitada capacidad de inversión**, que dificulta el acceso a nuevas tecnologías que permitirían mejorar la productividad de la industria naval. A ello se unen las dificultades de financiación experimentadas con la supresión en 2011 del tax lease (beneficios fiscales concedidos a la financiación privada de los astilleros).

- **Capacidad de innovación escasa:** la gran mayoría de las empresas que constituyen el tejido empresarial naval son Pymes. Por este motivo, tradicionalmente este sector no ha participado en Proyectos de Investigación, al carecer estas Pymes de los medios o la financiación necesaria para acceder a programas de I+D+i.
- **Altos costes laborales:** las condiciones de trabajo, por lo general duras y que requieren de trabajadores con una alta habilidad y experiencia, unidas al gran número de operaciones no productivas en las que necesariamente se incurre (como es el caso de reparaciones de distorsiones y errores de conformado), dan como resultado unos costes laborales muy altos.

Ante estas características del mercado y las dificultades del propio sector, se está llevando a cabo un **importante esfuerzo** por parte de los astilleros locales, tanto en el contexto estratégico, como tecnológico y de organización, para:

1. Buscar la especialización mediante la fabricación de buques especiales no seriados de **alto valor añadido**, como es el caso de los buques offshore, dragas, oceanográficos, sísmicos, etc. Es la llamada **Especialización Dinámica:** fabricación bajo demanda y con requerimientos cambiantes por parte del armador, incluso durante la fase de construcción. Un claro ejemplo de esta situación ha venido dada por el drástico descenso del precio del petróleo, lo que ha propiciado la paralización de los pedidos de buques para prospecciones petrolíferas offshore y buques flotel de apoyo a plataformas de extracción del crudo, y la reconversión forzada hacia otras aplicaciones de alguno de los buques que estaban siendo construidos para dichas aplicaciones.
1. Tratar de **reducir los costes productivos**, principalmente, mediante la incorporación de nuevas tecnologías de fabricación de alta flexibilidad que reduzcan los tiempos de operación y agilicen los ciclos productivos.
2. Mejorar la **calidad** de los buques fabricados y la **competitividad** de estas empresas mediante la formación del personal tanto de los astilleros como de las empresas integradas en su cadena de valor.

Esta Especialización Dinámica requiere de recursos, tecnologías de fabricación avanzadas y mano de obra cualificada que permitan desarrollar barcos complejos manteniendo y/o mejorando la productividad y competitividad del sector.

Y en base a lo anterior, puede afirmarse que para que pueda producirse el despegue del naval gallego y su diferenciación de producto frente a los competidores extranjeros, será fundamental que las empresas puedan acceder a los **desarrollos tecnológicos de bajo coste** que les permitan producir con mayor calidad y menores costes, reduciendo al mínimo las actividades que no aportan valor.

Un ejemplo de esta tendencia lo constituye la iniciativa **Shipbuilding 4.0** fruto del convenio de colaboración entre la Agencia gallega de Innovación, el Instituto Gallego de Promoción Económica, el Cluster Naval Gallego (Aclunaga) y AIMEN centro tecnológico, con la finalidad de **dinamizar la capacidad innovadora de la industria naval gallega**, mediante el desarrollo de tecnologías avanzadas de bajo coste que faciliten la tecnificación y evolución tecnológica del sector. Esta iniciativa se alinea con las prioridades definidas por la RIS 3 Galicia y las marcadas en la Agenda de Competitividad Industrial Galicia: Industria 4.0.

El objetivo del presente estudio es analizar el estado tecnológico del sector naval en Galicia, tomando como referencia la Industria 4.0. Se ha llevado a cabo visitando **40 empresas del sector naval**, que cubren toda la cadena de valor, con el objetivo de cuantificar las necesidades de las empresas respecto a sus principales generadores de valor así como sus oportunidades de mejora.

### 1.3. CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE

La **construcción de un buque** es un proceso complicado y sumamente técnico, que exige la coordinación de numerosos trabajadores fijos y eventuales bajo el control del contratista principal, el astillero.

La construcción tradicional experimentó una importante evolución cuando cambió el sistema de construcción chapa a chapa en grada por la **prefabricación en bloques**, que después se montaban formando un puzzle en la grada, y dio otro paso también importante cuando a los bloques de acero de la estructura se le incorporaron algunos elementos de armamento como tuberías, soportes, y algunos equipos.

Ya en los años 90 se dio el salto a la **construcción por módulos**. Los módulos son componentes complejos del buque, estructuralmente independientes de la estructura principal, y que incluyen servicios completos o casi completos, y se pueden construir en los talleres mientras se construye el casco del barco. Incluyen, por lo tanto, toda la tubería, cableado, soportes, equipos, y sus interconexiones así como el tratamiento superficial, ya que se fabrican sobre estructuras autoportantes en talleres y una vez terminados y probados se llevan a la grada con vehículos especiales de gran capacidad (hasta 250 toneladas), y se izan a bordo e incorporan al buque como grandes piezas de un mecano. Ello permite simultanear el trabajo de las estructuras de acero del barco con el trabajo de lo que se conoce como armamento del buque, y que implica a los sistemas de propulsión, de generación de energía, de control, de carga, de habilitación, cocina, aire acondicionado, vapor, comunicaciones, etc.

Se trata, por lo tanto, de planificar todas las operaciones de fabricación del barco en el punto más alejado posible de la entrega, y para ello tiene que cambiar de nuevo la filosofía de diseño, ya que además de proyectar un barco adecuado para el cliente, y de bajo coste, hay que diseñar el despiece en módulos de todo el barco, con el criterio de simultanear en el tiempo todas las operaciones posibles para acortar el ciclo total de fabricación.

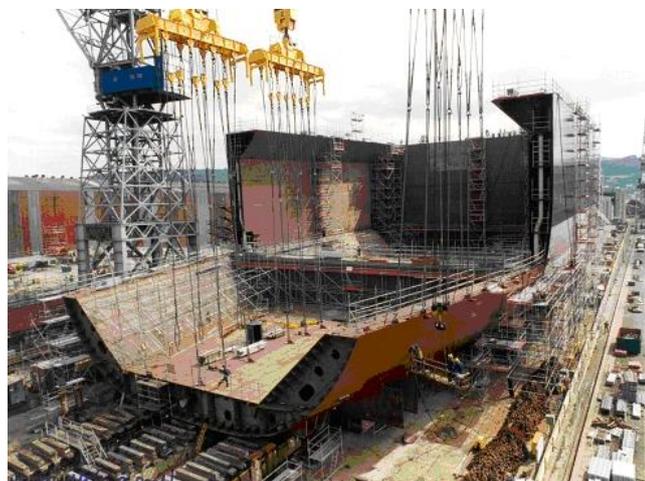


ILUSTRACIÓN 2: CONSTRUCCIÓN NAVAL EN GRADAS, INTEGRACIÓN DE DIFERENTES MÓDULOS

La **fabricación por módulos** tiene otro rédito también positivo en cuanto a costes, ya que, por ejemplo, montar un tubo en la grada por el procedimiento tradicional, con necesidad de grandes medios de izada, andamiajes, accesos a veces complicados, trabajo incómodo, y con recursos limitados, a veces a la intemperie, es mucho más caro que montar ese mismo tubo en un taller cubierto, con acceso a nivel del suelo, con recursos de taller. Entre los diferentes tipos de módulos destacan: Módulos de tubería, módulos de equipo, módulos de falsos pisos, módulos de habilitación (cabines modulares y aseos modulares), módulos de sistemas completos (ascensores y montacargas, hélices de proa, aletas estabilizadoras, puertas/rampas para vehículos, etc.), etc.

Hoy en día, el método de construcción utilizado en la mayoría de los grandes se denominada **construcción integrada**, la cual define la partición del buque y la clasificación de todas las tareas de producción en zonas y etapas. En líneas generales, esta metodología se fundamenta en dos principios básicos:

1. El **diseño** está orientado a la fabricación del producto.
2. La **construcción** está basada en zonas y etapas con un alto grado de prearmamento antes de subir los bloques a la grada, en una extensa aplicación de módulos y por último en la finalización de trabajos por zonas.

La **Estrategia Constructiva** define la división del buque en productos intermedios y la clasificación del trabajo de producción en zonas y etapas. La construcción de un buque puede verse como una sucesión de procesos, a través de los cuales pasan los productos intermedios (PI) hasta la completa finalización del buque.

La **cadena de valor** del sector se representa tradicionalmente por el Astillero, que actúa como agente tractor de la construcción, reparación y mantenimiento, alrededor del cual existe una amplia y variada industria auxiliar proveedora de productos y servicios. La industria auxiliar está formada principalmente por PYMES con un alto grado de especialización enfocada al trabajo que han de realizar para los astilleros, lo que las ha hecho muy dependientes de estos. Esta situación ha hecho si cabe todavía más compleja la cadena de valor del Sector Naval, tornando imprescindible el refuerzo de las interrelaciones Astillero - Industrias Auxiliares. Podría decirse entonces, que la Industria Auxiliar es como una extensión de los Astilleros que han externalizado actividades con el objetivo de reducir costes, aumentar la flexibilidad y suplir carencias externas, siendo una de sus actividades principales la de coordinar la industria auxiliar.

A continuación se describen los principales **procesos clave**, que pueden variar ligeramente de unos astilleros a otros en función de sus capacidades, modelo de producción, etc.:

1. **Elaboración de elementos simples.** La fabricación de elementos simples produce componentes para el buque que no pueden ser subdivididos en elementos de menor entidad. Las principales disciplinas que forman parte directamente del proceso, son:
  - Elaboración: corte y conformado de chapas y perfiles de acero.
  - Tubería: fabricación, instalación y realización de la prueba hidráulica de los diferentes sistemas de tuberías.
  - Módulos: fabricación de los diferentes tipos de módulos definidos para cada buque.
  - Chapa Fina: elaboración y montaje de cabinas modulares de habilitación, conductos de ventilación y todo tipo de trabajos diversos relacionados con la habilitación del buque.
  - Electricidad, Electrónica y Armas: instalación, puesta a punto y pruebas de los sistemas eléctricos, electrónicos y del Sistema de Combate (este último en el caso de que el buque sea de guerra).
  - Montaje a Flote: instalación de equipos principales del buque y realización de pruebas de funcionamiento de los sistemas de tuberías, ventilación, ascensores, motores, turbinas, etc.
  - Pintura: coordinación y ejecución de tratamientos de superficies, llevando a cabo todas las labores de chorreado y pintado.
  - Pruebas: preparación, coordinación y realización de los protocolos de pruebas.
2. **Construcción de bloques.** Incluye:
  - Prefabricación de bloques, unión y soldadura de las piezas simples de acero elaboradas en el proceso anterior.

- Pre-armamento llamado de fase P1, el cual incluye la integración de todos los elementos elaborados que requieren soldadura en los bloques prefabricados. Por ejemplo, tubería, conductos de ventilación, soportes de equipos eléctrico, módulos de tuberías, etc.
  - Chorreado y pintado de bloques, durante el cual tiene lugar la preparación de superficies y el pintado.
  - Pre-armamento de fase P2, definido por un alcance de los trabajos llevados a cabo que no necesiten ser soldados. Por ejemplo, montaje de equipos, tendido de cables, aislamiento, módulos de equipos, cabinas modulares de habilitación, etc.
3. **Montaje de bloques en grada o dique y armamento de zonas.** Los bloques son montados en la grada y se van formando las zonas del buque. Se definen para este momento la instalación de los equipos propulsores (turbina de gas, motor propulsor, engranaje reductor, etc.), tendido de cables principales, y en general instalación de todos los elementos que pueden ser instalados en este momento.
- Trabajos de armamento a flote por zonas. Una vez que el buque se encuentra a flote, se realiza el montaje del resto de elementos de armamento no instalados previamente y la progresiva entrega (finalización y entrega al cliente para su aceptación) de todos los locales y espacios del buque.
  - Realización de pruebas de instalación, de activación, de integración, pruebas de puerto y pruebas de mar, para confirmar el cumplimiento de todos los requisitos funcionales del buque.
  - La finalización de los procesos descritos da lugar al buque terminado. A partir de este momento se considera que el buque está listo para su entrega final al cliente.

Debido a la gran cantidad de tareas que implica la construcción de un barco y las características peculiares del sistema de construcción, la **organización eficiente del proceso productivo** es el factor más determinante para un astillero, que determinará el beneficio económico de la contratación.

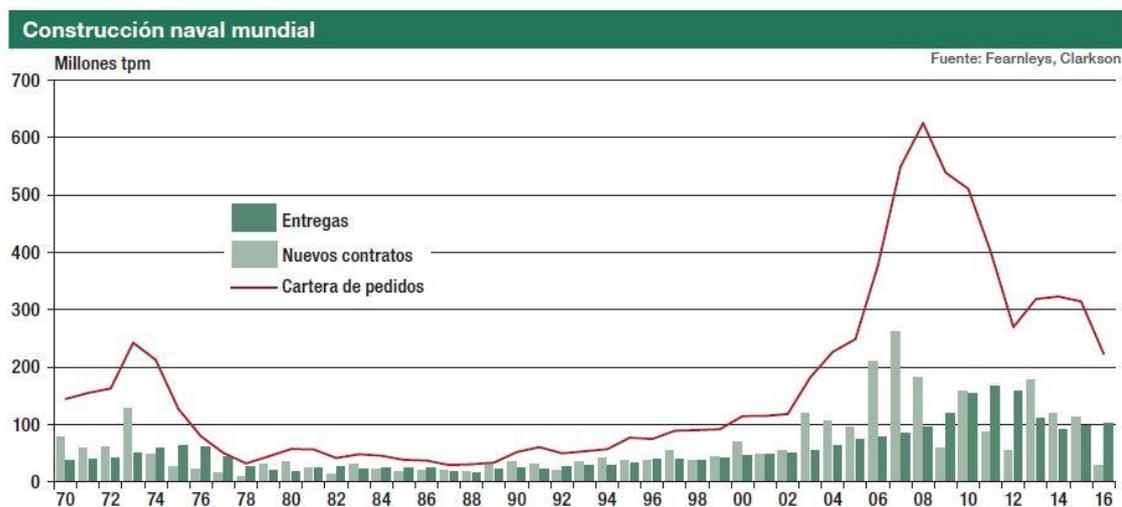
## 2. ANÁLISIS EXTERNO DEL SECTOR NAVAL

### 2.1. SITUACIÓN GLOBAL

A nivel mundial el sector naval se define en clave asiática: **China, Japón y Corea del Sur** siguen siendo los países con mayor cuota de mercado en el año 2016. Por primera vez en las dos últimas décadas, los astilleros japoneses han superado a sus competidores surcoreanos en cartera de pedidos. Pero los astilleros de todo el mundo se están viendo afectados por la crisis del sector marítimo. Los astilleros surcoreanos se han visto afectados los dos últimos años por la prolongada recesión en el sector naviero y offshore. Desde que comenzó la crisis, los tres grandes astilleros –Samsung, Daewoo y Hyundai– han despedido a más de 20.000 trabajadores. En 2015 registraron unas pérdidas totales de unos 6.400 millones de euros, primera vez en que los tres han incurrido en esta situación debido a los retrasos en la construcción de plataformas offshore y una fuerte caída en los nuevos pedidos.

Según Clarkson, durante 2016 se contrataron 587 buques de nueva construcción con 28,6 Mtpm (Mtpm, capacidad de toneladas de peso muerto de un buque en millones) un 74,4% menos que en 2015 y el menor valor registrado en los últimos 20 años. Según el ISL Bremen, en CGT (*Compensated Gross Tons*, Indicador de trabajo necesario para construir un buque), los encargos disminuyeron un 71,5%, totalizando 10,4 millones de CGT.

Los **nuevos contratos** se redujeron prácticamente en todos los segmentos de flota excepto en los **ferris y buques de crucero**, donde crecieron un 14,3%. Los encargos de petroleros descendieron un 81,0%, y los de graneleros disminuyeron por tercer año consecutivo hasta niveles mínimos, con solo 48 unidades.



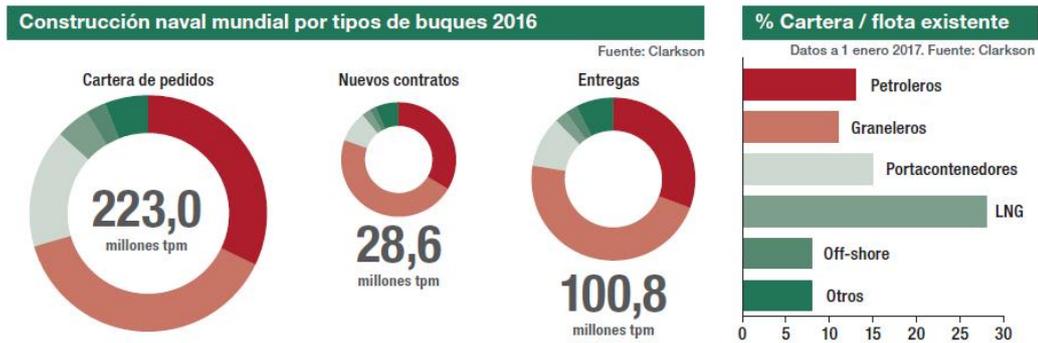


ILUSTRACIÓN 3: DATO DE LA CONSTRUCCIÓN NAVAL MUNDIAL. FUENTE: CLARKSON, AÑO 2016.

En CGT, **los pedidos** disminuyeron un 71% hasta 1,8 MCGT. Los nuevos contratos de portacontenedores se redujeron de 25,5 Mtpm en 2015 a 2,5 Mtpm en 2016 (1,4 MCGT).

POSICIÓN	PAÍS	UNIDADES	% UNIDADES	CGT	% CGT
1	República Popular China	277	25,0%	3.928.694	30,7%
2	Japón	190	17,1%	1.957.565	15,3%
3	Holanda <sup>A</sup>	110	9,9%	326.940	2,6%
4	Corea del Sur	89	8,0%	2.511.878	19,6%
5	Turquía	57	5,1%	158.752	1,2%
6	Indonesia	41	3,7%	76.606	0,6%
7	Noruega <sup>B</sup>	37	3,3%	360.126	2,8%
8	Estados Unidos De América	31	2,8%	154.371	1,2%
9	Vietnam	26	2,3%	104.241	0,8%
10	<b>España</b>	<b>24</b>	<b>2,2%</b>	<b>137.620</b>	<b>1,1%</b>
11	Australia	23	2,1%	66.461	0,5%
12	Taiwán	20	1,8%	64.271	0,5%
13	Italia	16	1,4%	1.128.499	8,8%
14	Dinamarca	16	1,4%	48.381	0,4%
15	Alemania	14	1,3%	696.501	5,4%
16	Rumania	13	1,2%	87.573	0,7%
17	Reino Unido	12	1,1%	26.531	0,2%
18	Hong Kong	12	1,1%	24.826	0,2%
19	Malasia	12	1,1%	20.893	0,2%
20	Croacia	10	0,9%	127.225	1,0%

ILUSTRACIÓN 4: RANKING DE PAÍSES CON MAYOR NÚMERO DE UNIDADES CONTRATADAS DURANTE 2016. FUENTE: PYMAR.

**Las entregas** aumentaron durante 2016 un 3,8%, hasta las 100,8 Mtpm, destacando la entrega de petroleros (76,9% más que al año anterior), mientras que se redujeron las de graneleros (-4,1%) y portacontenedores (-46,6%). Graneleros, con el 46,9% de las tpm entregadas, petroleros con el 30,7% y portacontenedores con el 10,0% sumaron el 88,3% del tonelaje entregado. Además, en 2016 se

entregaron 2,6 Mtpm de metaneros (el 6,9% de la flota existente de este tipo de buques), 3,2 Mtpm de gaseros LPG (14,4%) y 2,4 Mtpm de quimiqueros.

Debido a los bajos encargos, en 2016, **la cartera de pedidos se redujo un 29%** totalizando 223 Mtpm que suponen el 12% de la flota existente. En paralelo, y según datos BRS-Alphaliner, las cancelaciones sumaron 13,1 Mtpm, el valor más bajo desde 2008. El segmento de los graneleros fue el más afectado, con el 57% de las cancelaciones, seguido de los buques tanque con el 32%. Muchas de estas cancelaciones se debieron a que los astilleros, que están atravesando dificultades, no fueron capaces de entregar los buques a tiempo y tuvieron que permitir a los armadores ejercer su derecho de cancelación.

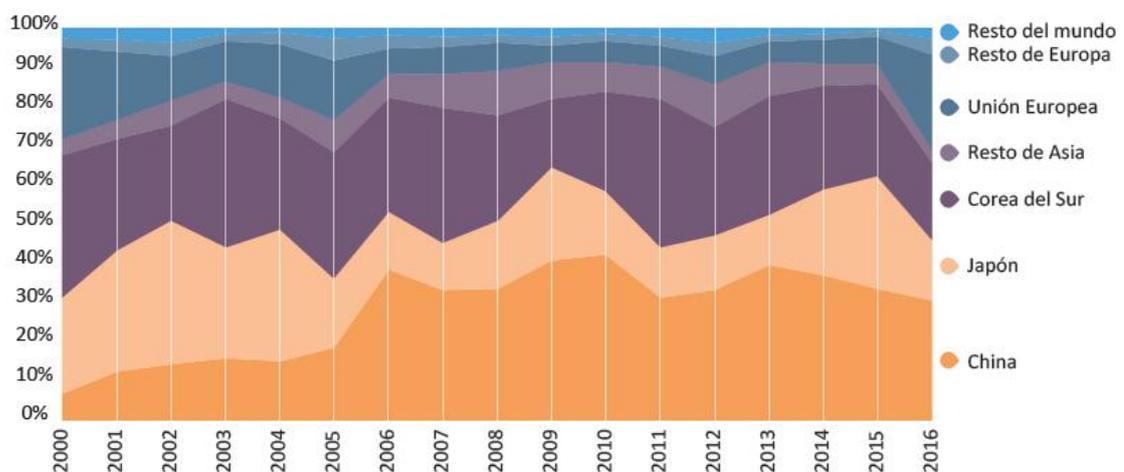
También han sido comunes los acuerdos entre las partes, sobre todo en los casos de encargos de series de buques, y la falta de financiación para afrontar los pagos antes de la entrega.

### PRINCIPALES POTENCIAS EN LA CONSTRUCCIÓN NAVAL

Un año más, **China** fue el país con mayores niveles de contratación a nivel global, gracias tanto a su agresiva política de precios como a la importante demanda interna generada con apoyo estatal, lo que llevó al país asiático a sumar 277 nuevas unidades equivalentes a 3,9 millones de CGT. Estos valores representan el 31% de todas las CGT contratadas en el mundo, casi 25 puntos por encima de los registros de 2000, año en que China “sólo” acaparaba el 7% de la contratación mundial.

A pesar del importante aumento en su cuota de mercado, los valores absolutos en CGT muestran importantes descensos, cercanos al 75% respecto al año anterior, y que rozan el 80% con respecto a la media de los últimos 10 años. Estas cifras se deben principalmente a la escasa demanda en el mercado internacional de buques *offshore*, graneleros y portacontenedores, segmentos en los que este país históricamente ha acaparado importantes volúmenes de contratación. No debemos olvidar, así mismo, que un alto porcentaje de los contratos firmados se debieron a incentivos en la demanda interna, estimándose que cerca de un 60% de las CGT anualmente contratadas correspondieron a armadores nacionales.

Por tipo de buque y en CGT, China registró el 73% de las contrataciones mundiales de buques *offshore*, el 66% tanto de buques LPG como de dragas, el 59% de graneleros, el 49% de ferris y el 36% de portacontenedores. Se debe destacar el importante aumento registrado en este país en la contratación de buques tanque, donde se ha pasado de apenas un 5% de cuota de mercado en el año 2000, al 28% registrado durante el año pasado.



**ILUSTRACIÓN 5: EVOLUCIÓN DE LAS CONTRATACIONES POR REGIONES. DATOS EXPRESADOS EN % SOBRE LAS CGT GLOBALMENTE CONTRATADAS. FUENTE PYMAR.**

## Corea del Sur

Corea del Sur se encuentra **sumida en un evidente retroceso** en términos de cuota de contratación mundial; si en el año 2011 este país sumaba casi el 40% de las CGT contratadas a nivel global, en el año 2016 no alcanzó el 20%, o lo que es lo mismo, 20 puntos de descenso acumulados en únicamente 5 años. Tanto es así que desde el citado año 2011 Corea no ha vuelto a ocupar la primera posición en el ranking de países con más CGT contratadas, y por la evolución que presentan sus cifras, podría ser cuestión de tiempo que Japón también acabe adelantándole de manera definitiva, cosa que ya sucedió puntualmente durante el año 2015.

En términos absolutos, Corea del Sur contrató un total de 89 buques equivalentes a 2,5 millones de CGT. Estas cifras representaron reducciones de cerca del 80% en esta última unidad con respecto a las registradas un año antes, y de casi un 85% respecto a la media de los últimos 10 años. Con estos datos, Corea ha sido de los países con un peor comportamiento en términos de contratación durante el año pasado, situación principalmente motivada por la profunda crisis que viven sus tres principales grupos (Daewoo, Hyundai y Samsung), con recortes muy importantes tanto en sus medios productivos como en sus recursos humanos, con el objetivo último de intentar controlar las abultadas pérdidas registradas en los últimos años.

Por tipo de buque y en CGT, Corea del Sur destacó en la contratación de buques LNG con el 100% de los contratos firmados a nivel mundial, seguido del 36% de los buques tanque, el 25% de los graneleros, el 16% de los portacontenedores y el 11% de los buques *offshore*.

## Japón

Japón cerró el año con 190 nuevos contratos equivalentes a 2,0 millones de CGT, cifras que representan, en esta última unidad, **descensos de cerca del 85% en términos interanuales**, que se suavizan hasta el 76% respecto a la media de los últimos 5 y 10 años. Con estos datos, Japón fue el país con mayores recortes en términos relativos de contratación durante el año pasado. No obstante, los astilleros nipones se encuentran en mejor situación que los coreanos o los chinos, situación debida a que durante el año 2015 sus astilleros obtuvieron unos buenos resultados de contratación, lo que ha permitido a un gran número de ellos no verse en la necesidad de aceptar contratos con dudoso margen de beneficio, cosa que sí ha sucedido por ejemplo en astilleros chinos y coreanos, los cuales se encuentran, en general, en una situación más necesitada.

Por tipo de buque y en CGT, Japón destacó en la contratación de buques portacontenedores con el 43% de las CGT globalmente contratadas dentro de este segmento. Así mismo, también sumó el 31% de la contratación de buques LPG, el 25% de buques tanque, el 22% de buques Ro-Ro y el 14% de buques graneleros.

Año	China	Japón	Corea del Sur	Resto de Asia	Europa	Unión Europea	Resto del mundo	Total
2007	28,9	10,3	29,8	7,6	8,2	6,0	1,9	86,6
2008	15,7	8,2	12,5	5,3	4,3	3,4	0,8	46,8
2009	7,8	4,5	3,3	1,8	1,2	0,8	0,4	19,0
2010	21,1	8,3	12,6	3,7	3,6	2,6	0,7	50,0
2011	12,3	5,0	14,8	3,2	2,9	2,0	0,9	39,2
2012	9,7	4,1	7,9	3,2	3,0	2,2	1,1	29,1
2013	24,8	8,1	18,9	5,5	4,1	3,3	1,3	62,7
2014	17,5	10,5	12,4	2,8	3,6	2,8	0,6	47,4
2015	16,5	14,0	11,6	2,6	4,0	3,2	0,4	49,0
2016	3,9	2,0	2,5	0,4	3,7	3,1	0,3	12,8

**ILUSTRACIÓN 6: DISTRIBUCIÓN DE LA CONTRATACIÓN POR REGIONES. DATOS EXPRESADOS EN MILLONES DE CGT. FUENTE PYMAR.**

### Resto del mundo

Los astilleros situados fuera de las zonas asiática y europea, acapararon únicamente 2,4 de cada 100 CGT contratadas a nivel global, o lo que es lo mismo, 78 buques de alrededor de 310.000 CGT. Estos valores representan, en esta última unidad, una reducción del 22% en términos interanuales, que se eleva hasta casi el 70% si la comparativa se realiza frente a la media de los últimos 10 años. Y es que unos registros de contratación tan bajos no se veían en esta zona en lo que llevamos de siglo, lo que da cuenta del mal año registrado en lo que a nuevas contrataciones se refiere.

Por países, los **EEUU** lideraron la contratación en esta región, sumando un total de 31 buques y 154.000 CGT con el siguiente desglose (en CGT): el 36% fueron buques portacontenedores, el 31% remolcadores, 21% buques de carga general y el 11% buques *offshore*. Se hace notar que la gran mayoría de las nuevas contrataciones, por no decir la totalidad de las mismas, fueron motivadas por la demanda interna derivada de la normativa *Jones Act*.

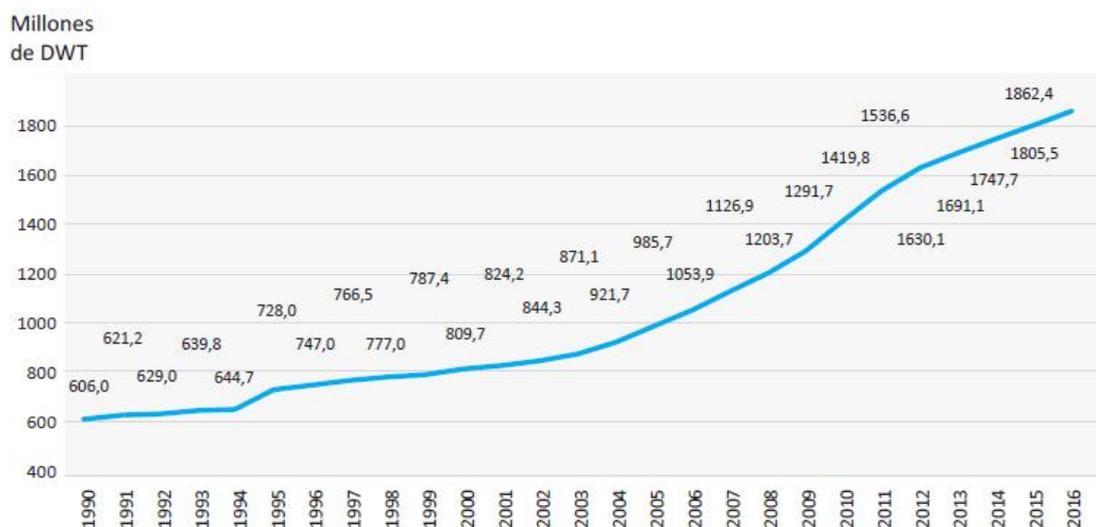
**Brasil**, por otro lado, tuvo un comportamiento menos destacable, registrando unos niveles de contratación que apenas superaron las 60.000 CGT entre los 7 buques contratados, la gran mayoría de los cuales fueron buques *offshore* y remolcadores (3 unidades de cada uno).

	China	Japón	Corea del Sur	Resto de Asia	Total Europa	Unión Europea	Resto del mundo
Tanques	27,7%	24,5%	36,2%	4,0%	6,6%	5,1%	1,0%
Graneleros	58,8%	13,8%	25,3%	0,0%	2,1%	2,1%	0,0%
Portacontenedores	35,7%	42,8%	15,9%	2,1%	0,0%	0,0%	3,5%
Carga General	43,6%	12,8%	3,2%	18,4%	16,7%	15,6%	5,3%
Ro-Ro	29,8%	21,6%	0,0%	0,0%	48,6%	48,6%	0,0%
Offshore	73,2%	2,0%	10,6%	1,4%	5,9%	3,9%	6,9%
Pesqueros	9,0%	8,4%	6,5%	9,9%	66,0%	35,3%	0,2%
LNG	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
LPG	65,5%	30,5%	0,0%	4,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cruceros	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	89,9%	0,0%
Ferris	48,6%	7,5%	7,2%	3,1%	27,8%	18,3%	5,8%
Oceanográficos	0,0%	0,0%	0,0%	33,4%	66,6%	66,6%	0,0%
Remolcadores	4,3%	5,1%	2,7%	27,9%	40,2%	28,0%	19,8%
Dragas	66,0%	0,0%	0,0%	0,0%	34,0%	34,0%	0,0%
Yates	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	94,2%	81,5%	5,8%

**ILUSTRACIÓN 7: CUOTAS DE CONTRATACIÓN POR NACIONALIDAD DEL ASTILLERO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE BUQUE. DATOS EXPRESADOS EN % SOBRE LAS CGT CONTRATADAS EN 2016. FUENTE: PYMAR.**

### EVOLUCIÓN DE LA FLOTA

Desde el inicio de los años 90, fecha en la que la flota mundial apenas sumaba 600 millones de DWT, la capacidad de la misma no ha hecho más que aumentar a un ritmo medio del 4,4% anual, con máximos durante el año 2011 de casi el 10%. Desde entonces, el crecimiento se ha ido moderando hasta el 3,2% registrado durante el año pasado, con previsiones para este año 2017 que difícilmente superarán el 3%.



**ILUSTRACIÓN 8: EVOLUCIÓN DE LA FLOTA MERCANTE MUNDIAL. DATOS EN MILLONES DE DWT. FUENTE: PYMAR.**

Por año de construcción de la flota, el 39% de las DWT registradas se construyeron después del año 2010, el 43% entre el 2001 y el 2010, el 13% entre el 1991 y 2000, y el restante 5% antes de esta última fecha, lo que refleja una **flota relativamente joven** con casi un 85% de la misma construida durante el presente siglo.

A finales del año 2016 y en términos absolutos, la flota mundial alcanzó las 93.576 unidades en servicio, equivalentes a 1.258 millones de GT y 1.862 millones de DWT. Por tipo de buque y en esta última unidad, el 43% de la flota correspondió a buques de carga seca a granel, el 31% a buques tanque, el 13% a buques portacontenedores, el 4% a buques *offshore*, correspondiendo el 9% restante a otro tipo de buques.

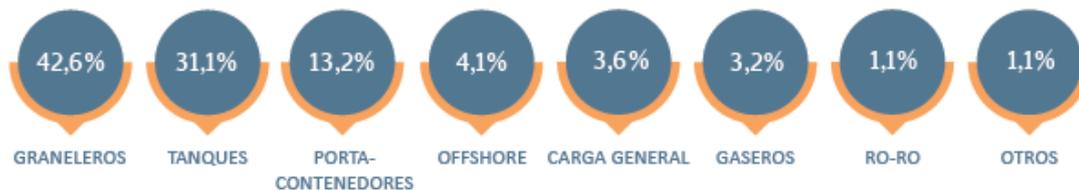


ILUSTRACIÓN 9: DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE BUQUE, AÑO 2016. FUENTE PYMAR.

### 1.1.3 Situación europea del sector de la construcción Naval

En las últimas décadas, el panorama de la construcción naval de la UE ha cambiado significativamente. La competencia global ha aumentado, especialmente de Asia, donde los países con salarios más bajos han copado la construcción de los buques de tipo más estándar y la fabricación de muchos componentes. Sin embargo, la UE ha logrado mantener una posición de liderazgo en buques altamente especializados y de excelencia cualitativa. La industria de la construcción naval de la UE es reconocida a nivel mundial por su capacidad para desarrollar y ofrecer nuevas soluciones de alta tecnología y procesos de producción innovadores tanto para los mercados tradicionales ya existentes como para nuevos nichos de mercado, que cumplen con los requisitos internacionales técnicos y de seguridad más rigurosos. Europa construye y suministra nuevos buques para una amplia gama de mercados especializados. La cartera de pedidos Europea por tipo de buque muestra la progresiva especialización de los astilleros europeos en buques de pasaje, buques offshore y otros buques no de carga.

La **industria europea** de la construcción naval y de reparación de buques está formada por unos 400 astilleros, de los cuales la mayoría son “*pequeños y medianos*” astilleros (buques de 60-150 toneladas), con una subcontratación que puede llegar hasta el 80% en términos de valor. Aproximadamente el 90% de la cartera de pedidos está destinada al mercado de exportación. Se trata de un sector fundamental en muchos países de la Unión Europea, entre ellos España. **Emplea a más de 500.000 personas** y tiene una **facturación media anual de alrededor de 72.000 millones de euros**. Con una tasa en el mercado internacional de aproximadamente un 29%, Europa compite por el liderazgo mundial de embarcaciones civiles con un alto valor añadido.

La **iniciativa LeaderSHIP de la Comisión Europea** establece la visión y la estrategia del sector naval para asegurar la “prosperidad a largo plazo en un mercado creciente y dinámico”. La iniciativa LeaderSHIP 2020, continuación de la iniciativa LeaderSHIP 2015, fue adoptada en 2013, en respuesta a los efectos de la crisis económica en el sector de la construcción naval. El informe describe una visión estratégica para la industria que es:

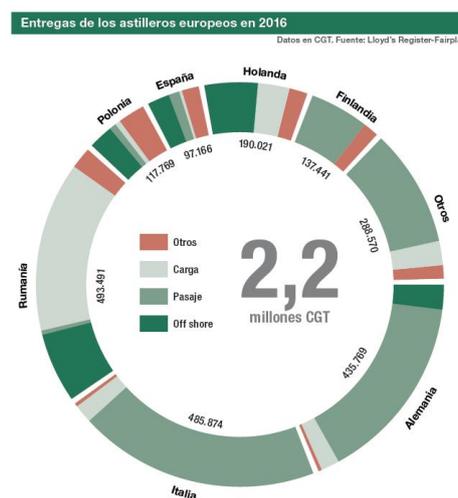
- Innovador.
- Verde.
- Especializado en mercados de alta tecnología.
- Eficiente energéticamente.
- Capaz de diversificarse en nuevos mercados.

La industria de construcción naval es un **sector dinámico y competitivo**, estratégico para Europa por su dimensión económica y social. Históricamente, la industria ha sufrido la ausencia de reglas globales y una tendencia de exceso de inversión, principalmente en regiones en vías de desarrollo que ven en este sector una oportunidad de progreso y avance económico y social.

La reciente **crisis económica**, el aumento de la **presión regulatoria** y la demanda de productos y servicios de transporte **sostenible y respetuoso con el medio ambiente** generan nuevos desafíos y oportunidades para la industria de la construcción y reparación naval de la UE (incluyendo en ésta, el sector de mantenimiento, conversión y transformación de buques).

Los astilleros europeos elevaron notablemente su cuota de CGT contratadas en el año 2016, del 5,3% registrado en 2015 al 29,3% el pasado año, el mejor registro en su historia reciente, gracias al repunte de las contrataciones de buques de crucero. Cerraron 97 contratos, de ellos 31 de cruceros.

Pero solo 133 astilleros consiguieron cerrar en 2016 algún contrato de un buque de más de 1.000 GT, frente a 244 en 2015 o 600 en 2008, por lo que el número de astilleros activos (con al menos un buque de más de 1.000 GT encargado) se redujo de 476 a comienzos de 2016 a 371 en marzo de 2017.



**ILUSTRACIÓN 10: ENTREGAS DE LOS ASTILLEROS EUROPEOS EN 2016**

## ENTREGAS

En 2016 se contabilizaron en Europa un total de **464 buques entregados** equivalentes a 3,2 millones de CGT, lo que supone en esta última unidad un notable incremento del 24% frente a los valores registrados el año anterior. Estos datos elevaron la cuota de mercado continental hasta el 9% del total de las CGT globalmente entregadas, 2 puntos por encima de los valores registrados un año antes.

Los astilleros europeos destacaron en la entrega de **buques crucero**, segmento donde sumaron casi el 90% del total de las CGT a nivel mundial, así como en yates con el 84% y ferris con el 40%.

Dentro de la Unión Europea, **España se situó en 3ª posición** con más unidades entregadas durante el año pasado, sumando cerca del 10% del total.

## CARTERA DE PEDIDOS

En contra de la tendencia general del mercado, el continente europeo incrementó su cartera de pedidos por cuarto año consecutivo, alcanzando las **925 unidades en construcción** equivalentes a 10,7 millones de CGT, lo que representa un 3% de incremento frente a las CGT contabilizadas un año antes, así como un destacable 21% por encima de la media de los últimos 5 años.

El continente lideró el mercado de construcción de **buques crucero** con el 98% de las CGT en cartera a nivel mundial. También destacó en la construcción de yates con el 92% de las mismas, así como en buques pesqueros con el 73% y dragas con el 57%.

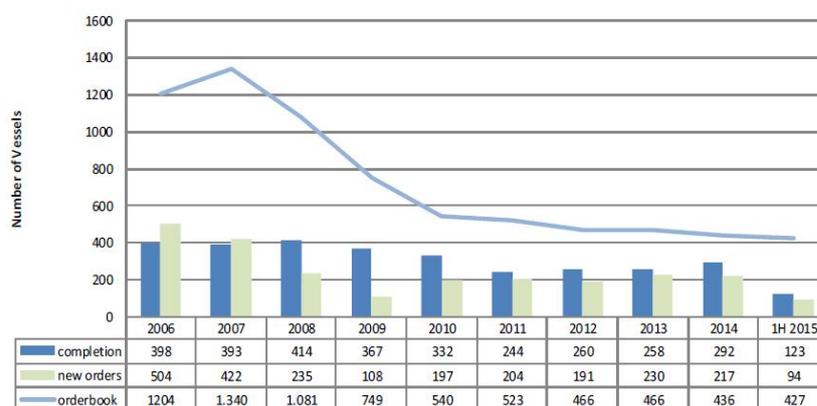
**España ocupó la 2ª posición** con más unidades en cartera dentro de la Unión Europea, sumando el 10% del total, y por delante de importantes potencias como Italia, Alemania o Francia. Sin embargo, si sólo se tuviesen en cuenta los buques a construir al 100% en el país contratante, esto es, sin subcontratación de partes del buque o cascos enteros en terceros países, España pasaría a ocupar la 1ª posición de la Unión, con casi el 20% del total.

### 1.1.4 Situación nacional del sector de la construcción Naval

El sector español de la construcción naval constituye un referente internacional en el diseño y elaboración de buques multifuncionales. El sector de la construcción naval en España se caracteriza por una presencia importante de **astilleros de tamaño pequeño-medio** y en general especializados en la construcción de **buques de alto valor en pequeñas tiradas**. Al igual que ocurre a nivel europeo, en España la tipología de buques que se construyen en las instalaciones de sus astilleros tiene un carácter completamente dinámico.

En España, en el año 2016, la **facturación** de las empresas de construcción naval fue de **4.000 millones de euros** y **empleó directamente a unas 8.000 personas** y a otras **17.000 en la industria auxiliar**.

A nivel nacional, el sector de la construcción naval se encuentra dividido principalmente en dos grandes actividades centralizadas en astilleros: **la construcción** de buques civiles (mercante y recreo), estructuras flotantes y buques militares por un lado y por otro lado la **reparación** y renovación de buques ya fletados. Adicionalmente, existe una industria externa a los astilleros que da soporte a dichas actividades (materiales de construcción, equipamiento auxiliar, etc.).



**ILUSTRACIÓN 11: ACTIVIDAD COMERCIAL NAVAL (EN NÚMERO DE BARCOS) EN LOS 28 ESTADOS DE LA UNIÓN EUROPEA Y NORUEGA. FUENTE: SHIPBUILDING MARKET MONITORING4**

Según datos del Ministerio de Industria, el número de **empresas del sector** ascendía a 282 en el año 2014<sup>5</sup>. Por otro lado, según datos de Pymar<sup>6</sup> de junio de 2016, los astilleros españoles de carácter privado reúnen una cantidad de 1.282 millones de euros en 51 pedidos, con una carga de trabajo equivalente a siete millones y medio de horas de trabajo, lo que supondría un aumento del 24% sobre las actividades realizadas en el año 2015.

En los astilleros españoles se construyen desde los **buques militares** más sofisticados –portaaviones, fragatas y submarinos-, buques para el transporte de productos químicos y combustibles, hasta plataformas flotantes para la regasificación mediante gas natural licuado y naves destinadas a la investigación oceanográfica. Junto a esos llamativos formatos convive la construcción tradicional de barcos de pasajeros, de pesca, lanchas patrulleras y yates de recreo.

Las empresas agrupadas en **PYMAR** (sociedad anónima constituida por los pequeños y medianos astilleros privados españoles), Navantia y SENER son tres de los pilares de la industria naval española.



**ILUSTRACIÓN 12: EJEMPLOS DE DIFERENTES CONSTRUCCIONES NAVALES**

España cuenta con **astilleros competitivos** que, en los picos de demanda, han logrado captar cerca del 20% de los pedidos internacionales conseguidos por los astilleros europeos y han llegado a alcanzar un alto volumen de exportaciones. Entre los largos períodos de reestructuración acometidos desde la década de los ochenta del pasado siglo la capacidad de nuevas construcciones ha disminuido un 60% en los últimos 30 años. Al mismo tiempo, se ha pasado de una producción superior a la capacidad existente, a principios del año 2008, a la existencia de un **exceso de capacidad** preocupante en la actualidad.

El informe PYMAR 2014<sup>7</sup> sobre el estado de la construcción naval señala que los astilleros españoles tienen una amplia variedad constructiva, destacando la hegemonía en construcciones offshore durante el periodo comprendido entre 2009 y 2013, el liderazgo en la fabricación de buques de pesca (siendo España uno de los principales constructores a nivel mundial) o su alta competitividad en diversos tipos de buques como oceanográficos, sísmicos, remolcadores, buques de transporte de pescado vivo, ferris, buques de carga general, buques de pasaje, etc.

Además de la **disminución del tamaño del mercado**, y la **caída del precio del petróleo**, la crisis del sector se ha visto acentuada por la paralización de la contratación producida desde el año 2011, consecuencia de

<sup>5</sup><http://www.minetur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/Presentaciones%20sectoriales/Construcci%C3%B3n%20naval.pdf>

<sup>6</sup><http://www.pymar.com/es/comunicacion/noticias/pymar-anuncia-que-los-astilleros-espa%C3%B1oles-logran-situarse-entre-las-tres-0>

<sup>7</sup> Informe de actividad del sector de construcción naval - Año 2014, PYMAR, 2015

la apertura de expediente por la Comisión Europea en relación con el **sistema de bonificaciones fiscales** a armadores aplicada en España desde el año 2002. La cartera de pedidos se mantuvo paralizada hasta el año 2013, porque, una vez corregida la incompatibilidad del tratamiento fiscal a la compra de buques y la implantación de un nuevo sistema, el sector no fue capaz de arrancar al retrasarse la decisión respecto a la posible devolución de las ventajas fiscales recibidas por aplicación del sistema considerado incompatible con la legislación europea (unos 2.600 millones de euros).

Durante el pasado año, las principales potencias mundiales acusaron la **bajada en la demanda de nuevas contrataciones**, principalmente en los segmentos de buques de carga y *offshore*, en los que países como China, Japón o Corea del Sur históricamente han acaparado importantes cuotas de mercado. Estos descensos provocaron caídas importantes en los niveles de contratación y cartera de pedidos mundial, alcanzando en muchos casos valores no vistos en los últimos 20 años.

Sin embargo, en España, los astilleros han sabido adaptarse a los cambios impuestos por el mercado, como los bajos precios del petróleo y las nuevas normativas medioambientales, diversificando su cartera hacia otro tipo de buques fuera del tradicional *offshore*, aunque también con un alto valor añadido, como los buques oceanográficos, los ferris, los pesqueros o las grandes dragas, además de buques duales de LNG o buques de suministro de LNG en los puertos.

### NUEVAS CONTRATACIONES

Durante el año 2016, en España entraron en vigor un total de **24 nuevos contratos** equivalentes a 137.620 CGT, lo que situó a nuestro país en la 10ª posición mundial y 2ª de la Unión Europea con más unidades contratadas, con un 2,2% y 10,3% respectivamente. Por comunidades autónomas, Galicia sumó 13 operaciones con un total de 55.600 CGT, Asturias 9 nuevos contratos y 23.600 CGT, y el País Vasco 2 unidades y 58.400 CGT.

Los buques más habituales fueron los destinados a la **industria pesquera**, con el 50% del total de las unidades contratadas, seguido de los remolcadores con el 25% y de los ferris con el 8%.

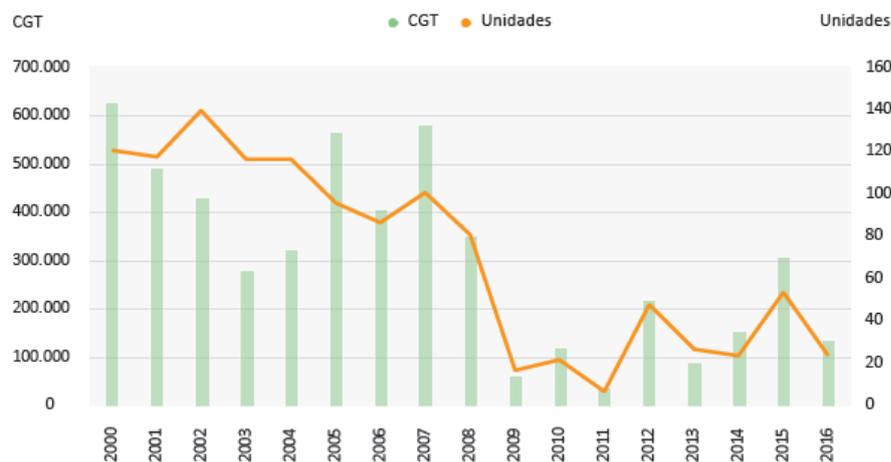


ILUSTRACIÓN 13: EVOLUCIÓN DE LAS CONTRATACIONES EN ESPAÑA. FUENTE: PYMAR.

Las **previsiones de contratación** para este año 2017 se mantienen optimistas, esperándose incrementos respecto a los niveles de contratación registrados en el último año, principalmente en el segmento de los buques pesqueros, buques de pasaje y oceanográficos, sectores en los que se estima continúen las inversiones y renovaciones de flota por parte de los armadores.

## ENTREGAS

Durante el año pasado se entregaron en España un total de **28 buques** equivalentes a 127.494 CGT, lo que representa un incremento interanual del 22% en esta última unidad. Las unidades más entregadas fueron de buques pesqueros, con 11 unidades y representando cerca del 40% del total. Le siguieron los buques remolcadores con 7 unidades, los buques *offshore* con 5 unidades, y los ferris con 2 unidades. También se entregaron un buque de carga general, un oceanográfico y un yate.

La industria naval española presenta un **carácter netamente exportador**, con cerca del 90% del valor estimado de las entregas de los últimos 5 años correspondiente a demanda extranjera, lo cual no hace más que resaltar la gran competitividad y buena imagen que se tiene del sector fuera de nuestras fronteras.

## CARTERA DE PEDIDOS

A finales de 2016, la cartera de pedidos nacional sumaba **65 unidades en construcción** equivalentes a 452.364 CGT, lo que representa en esta última unidad un incremento del 2,3% frente a los niveles registrados un año antes y de más de un 50% por encima de la media de los últimos 5 años. España se situó en el puesto 13º del mundo y 2º de la Unión Europea con más unidades en cartera, con el 1,2% y 9,5% respectivamente, y por delante de potencias como Italia, Alemania o Francia.

La cartera nacional se compuso principalmente de buques **remolcadores** (35% de las unidades), buques **pesqueros** (20%), buques **offshore** (11%), buques **tanque** (8%), **dragas** (5%), **oceanográficos** (5%) y **ferris** (3%). Mencionar el importante incremento experimentado en la construcción de buques pesqueros, hecho que ha posicionado a los astilleros nacionales en la 4ª posición mundial y 2ª de la Unión Europea con mayores porcentajes de CGT en construcción, con un 12% y 37% respectivamente.

Así mismo, los astilleros nacionales también destacaron en la construcción de buques oceanográficos y dragas. En cuanto a los primeros, España ocupó el 4º puesto mundial y 2º del continente europeo con mayor número de CGT en cartera, representando el 8,5% y 21,8% respectivamente. Referente a las dragas, los astilleros nacionales se situaron en el 3er puesto mundial y 2º del continente europeo, suponiendo el 14,1% y 24,6% de las CGT en cartera respectivamente.

### 1.1.5 Magnitud, complejidad y diversidad del Sector de Reparación y Transformación naval

Hasta el momento hemos visto la importancia del sector de la construcción naval como uno de los sectores fundamentales de la economía mundial con una importante contribución a otros muchos sectores como el transporte, la seguridad, la energía, la investigación y el medio ambiente. Es un sector dinámico y competitivo, importante, tanto desde el punto de vista económico como social.

Además, el sector de Construcción y Reparación Naval tiene una gran importancia estratégica en las economías nacionales, teniendo en cuenta su alto contenido tecnológico, su papel de suministrador de medios esenciales de transporte en el comercio internacional, de investigación, prospección y extracción de productos energéticos.

La flota requiere **una inspección y un mantenimiento regular** de sus equipos y maquinaria. Los barcos también se rigen generalmente por reparaciones periódicas programadas para las que la Sociedad de Clasificación y otros órganos estatutarios han formulado directrices de control periódico, tales como: inspección especial del casco y de maquinaria cada cinco años, dique seco cada dos años y medio, e inspección de casco y maquinaria con periodicidad anual.

Por tanto, la principal demanda de trabajo de reparación en buques se deriva de estos **mantenimientos programados**. Mantenimientos necesarios para que los buques estén en óptimas condiciones de funcionamiento y navegación, y para que puedan mantener la nota de clase otorgada por una sociedad de clasificación (SSCC). Nótese que los buques mercantes son inspeccionados regularmente tanto por las

SSCC como por el control regulador de los puertos a fin de garantizar la seguridad y el cumplimiento de la normativa que le es aplicable. Una característica común importante de estos mantenimientos es que al ser programados el operador o propietario del buque tiene una considerable libertad de elección tanto del momento en el que realizar el mantenimiento como el astillero que lo ha de ejecutar.

Adicionalmente a las reparaciones programadas, existen muchas **reparaciones no programadas** que hay que atender para solucionar averías o accidentes que puedan sufrir los buques. Cuando esto ocurre no hay tanta flexibilidad a la hora de elegir el astillero que pueda ejecutar la reparación. En estos casos los armadores y operadores se verán forzados a utilizar astilleros de reparaciones locales independientemente del coste o calidad de los servicios ofrecidos por estos.

Aparte de averías e incidentes, reparaciones no programadas surgen en ocasiones, consecuencia de resoluciones dictadas por el Control regulador del puerto, tras detectar defectos o irregularidades en los buques durante las campañas de inspección realizadas. Estas campañas de inspección portuaria suelen estar basados en tipos de buques, banderas de las sociedades de registro y clasificaciones, y en ocasiones resultan en buques con defectos graves que son detenidos hasta que se rectifiquen los mismos.

Otra demanda de reparaciones no programadas adicional surge durante la compra - venta de **buques de segunda mano**. Las transacciones de buques requieren con frecuencia evidencia de una reciente entrada en dique seco. En consecuencia, la extensión del mercado de compra y venta puede llegar a ser un factor importante en la demanda de Astilleros de reparaciones.

## CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR DE REPARACIÓN NAVAL

Las características específicas del sector de reparaciones, mantenimiento, conversión y transformación del buque difieren sensiblemente de aquellas del sector de nueva construcción. Destacamos a continuación las características más importantes que caracterizan este sector específico.

- **Global y competitivo**

El sector se enfrenta a una feroz competencia internacional. De acuerdo con el informe "Interacción entre las industrias de reparación, conversión y construcción naval", los astilleros de reparación de Europa tienen que enfrentarse a la fuerte competencia de Singapur, China y Oriente Medio, que ofrecen el servicio de reparación a menor coste.

Por ello han centrado su atención en los mercados intrarregionales, así como en actividades de conversión y especialización más complejas. La privatización, la reestructuración, y un cambio a métodos de trabajo más flexibles que abarcan un mayor grado de trabajo subcontratado, han caracterizado la evolución de la industria de reparación europea desde la década de los 90. El énfasis en la calidad, la experiencia y una estricta programación también ha ayudado a impulsar la actividad de reparación/conversión entre algunos astilleros europeos.

- **Peligroso para la salud y el medio ambiente**

La construcción, reparación y reciclaje de buques está entre las actividades industriales más peligrosas y contaminantes del mundo. Aunque los materiales, los métodos de construcción, las herramientas y los equipos se han perfeccionado extraordinariamente con el paso del tiempo y continúan evolucionando, y aunque la formación y el hincapié en materia de salud, seguridad y protección del medio ambiente han contribuido a mejorar de manera sustancial el entorno de trabajo en los astilleros, lo cierto es que en todo el mundo y todos los años se producen accidentes, lesiones graves e incluso mortales entre los trabajadores del sector de la reparación, la construcción y el mantenimiento de buques.

A pesar de los avances tecnológicos, muchas de las tareas y condiciones asociadas con las operaciones de mantenimiento y reparación de buques siguen siendo en la actualidad básicamente igual que en el

pasado. El tamaño y la forma de los componentes de un buque, así como la complejidad propia de su montaje y equipamiento, impiden automatizar los trabajos, aunque el avance tecnológico ha aportado cierto grado de automatización.

En los astilleros se requiere, no sólo procedimientos bien fundamentados para la correcta realización del trabajo, sino también mecanismos para identificar y resolver los miles de imprevistos que invariablemente surgen a lo largo del proceso de construcción.

- **Intensivo y no propenso a la automatización**

Las tecnologías empleadas en la reparación de buques han sufrido grandes cambios en los últimos años, lo que resulta en una reducción importante del tiempo en dique para una reparación. Sin embargo, a pesar de los avances en la tecnología (robótica, fabricación modular, sistemas y procedimientos avanzado de la Tecnología de la Información), la reparación de barcos sigue siendo un negocio que demanda mucha mano de obra ya que prácticamente todos los trabajos son únicos haciendo inviable la automatización.

Esta intensidad de mano de obra significa que los astilleros que tienen acceso a una amplia mano de obra calificada de bajo coste, tendrán una ventaja significativa frente a sus competidores en trabajos menos complejos, incluso si no pueden competir con ellos en términos de tecnología.

La selección adecuada del astillero de reparaciones es de vital importancia para los armadores, los cuales con frecuencia tienen que decidir entre la elección de un astillero de bajo coste o la necesidad de un cierto grado de fiabilidad y sofisticación técnica. Por lo tanto, mientras que algunos armadores se sentirán atraídos por astilleros de menores costes en lugares como China, otros optan por astilleros en otros lugares que ofrezcan servicios de reparación y/o mantenimiento especializados aunque a un mayor coste.

- **Dinámico y flexible**

La incertidumbre sobre el tipo de reparación, el estado de la estructura y los sistemas existentes pueden requerir la replanificación una vez comenzado el proceso.

Por lo tanto, dada la naturaleza propia de los trabajos que se suelen acometer en el sector de reparaciones, mantenimiento, conversión y transformación de buques, se requiere de los astilleros una mayor flexibilidad interna y un mayor dinamismo que permitan la ejecución de una gran variedad de tareas en el propio astillero y dentro de un plazo normalmente prefijado.

## MERCADO

El sector del **mantenimiento, reparación y transformación naval** tiene una dimensión estratégica para Europa y su desarrollo sostenible. Existen astilleros de este tipo en dieciséis países de la UE, que emplean actualmente alrededor de 44.431 personas. Este sector está aumentando su importancia con la expansión de la flota mundial y del transporte marítimo, así como con el desarrollo de tecnologías navales y mayores exigencias relacionadas con el desarrollo sostenible. La UE disfruta actualmente de una posición privilegiada en este sector. Su cuota en el mercado mundial es de aproximadamente un 35 %.

En la edición 2014 del Informe titulado “Supplying, Building & Maintaining the Future,” “Sea Europe” (la asociación que agrupa a la mayor parte de los astilleros europeos), se indica que el valor de producción total de la industria de reparación y conversión naval fue en 2015 de unos **3000 millones de Euros**, volviendo a niveles de 2006. Esta cifra representa aproximadamente el 36% del valor total de producción del mercado europeo de construcción de buques mercantes en 2015. Se espera que a corto y medio plazo la facturación siga creciendo como resultado de las demandas de transformación de buques para el cumplimiento con la normativa de reducción de emisiones atmosféricas SOx y NOx y sistemas de tratamiento de agua de lastre.

La ILUSTRACIÓN 14 muestra el **volumen de negocio de la industria de reparación naval** entre los años 2003 y 2013 que permiten analizar la evolución global y parcial del sector en Europa y en cada país europeo.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Croacia	23	27	38	34	33	55	49	46	40	40	20
Dinamarca	85	85	85	100	140	170	160	180	170	172	172
Finlandia	-	-	-	-	-	-	-	45			
Francia	95	86	90	100	135	135	123	120	90	90	100
Alemania	552	620	601	747	955	1100	1100	937	770	722	1100
Grecia	57	0	50	86	108	117	87	38	35	36	35
Italia	186	280	300	330	351	395	350	270	250	251	280
Lituania	-	-	-	66	74	87	61	60	59	58	58
Malta	-	29	46	57	49	n/a	n/a	n/a			30
Holanda	245	230	250	525	664	750	485	420	487	551	515
Noruega	69	0	50	90	90	110	48	50	51	52	52
Polonia	139	186	192	179	304	235	250	350	289	300	370
Portugal	81	93	108	121	132	172	146	90	94	96	104
Rumania	35	32	55	69	54	46	26	34	26	25	25
España	245	228	270	275	350	403	280	253	285	280	138
R. Unido	420	428	391	300	252	270	280	284	250	255	255
TOTALES	2.232	2.324	2.526	3.079	3.691	4.045	3.445	3.177	2.896	2.928	3.254

**ILUSTRACIÓN 14: VOLUMEN DE NEGOCIOS DE LA INDUSTRIA DE REPARACIÓN NAVAL EUROPEA AÑOS 2003-2013 (MILLONES DE EUROS). FUENTE: INFORMES ANUALES SEA EUROPE**

Aunque los principales países del sector de la nueva construcción en Europa suelen tener también un papel destacado en la reparación, hay un patrón definido de especialización en la reparación, con algunos países que se especializan en reparación, mientras que otros se concentran totalmente en actividades de nueva construcción. Mientras que Grecia, Reino Unido, Malta y en menor medida Dinamarca, Portugal, Polonia y Lituania están dominados por la industria de reparación, otros países como Noruega, Finlandia, Croacia y últimamente Rumania están totalmente centrados en la construcción.

A pesar de la difícil situación del mercado, la **ubicación geográfica** sigue siendo un punto de referencia de la competitividad en la industria global de mantenimiento y reparación, sintiéndose una fuerte competencia en la zona del Mar Negro, debido a unos menores costes de mano de obra, especialmente en la región de Tuzla en Turquía. La elección del astillero de reparación adecuado ha pasado a ser sumamente importante para los propietarios de los buques, que a menudo deben decidir entre una opción de bajo coste, económicamente atractiva, y la necesidad de garantizar la fiabilidad y sofisticación tecnológica. La rivalidad entre las empresas en la industria de reparación de buques es muy intensa y se basa principalmente en la competencia de precios. La ubicación es importante y la mayoría de los centros de reparación se encuentran a lo largo de las principales rutas de navegación.

- Es difícil la **competencia en igualdad de condiciones** a nivel mundial.
- La preocupación sobre el **impacto medioambiental** de las actividades marinas ha incrementado significativamente en los últimos años. El desafío del cambio climático es un tema emergente de altísima prioridad que tiene algunas implicaciones graves para el sector del transporte marítimo.
- Hay posibilidades prometedoras para los astilleros por el **aumento de la flota mundial**, el alto porcentaje de viejos buques y la **demandas de modernización de buques**, debido a la aparición de normas más estrictas para la gestión del agua de lastre, reducción de emisiones y de limpieza de gases de escape. La perspectiva del mercado de reparación de buques es optimista.

- Los proyectos de modernización que se llevarán a cabo en el futuro para satisfacer el **cumplimiento de la normativa** de acuerdo con las nuevas regulaciones medioambientales de la OMI y de la UE, puede requerir algunos cambios en la organización de la producción del astillero y en la estrategia para alcanzar los objetivos de una manera económica, segura y respetuosa con el medio ambiente.
- La mayoría de las empresas de reparación de buques están haciendo **uso de la tecnología** para alcanzar mayores niveles de producción y una mayor eficiencia.

## 2.2. RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR

Hay dos factores que han sido clave para la supervivencia y competitividad de las empresas y de los astilleros dedicados a la construcción naval durante los últimos 50 años, y estos son:

1. La **innovación tecnológica**.
2. La **organización eficiente del proceso productivo**, factor determinante para un astillero dadas las características peculiares del sistema de construcción de un buque.

La perspectiva de la evolución tecnológica de la construcción naval en el último medio siglo servirá de marco de análisis del comportamiento tecnológico y organizativo de la industria de construcción naval en Galicia y nos ayudará a entender el gran proceso de transformación producido en la industria de construcción naval a lo largo de este período.

Las principales causas que han impulsado la **continua evolución** del sector de la Construcción Naval son:

- **Nuevas demandas** y requerimientos del transporte marítimo.
- Mejora de las **condiciones medioambientales**, de prevención y seguridad para las personas que llevan a cabo los trabajos en los Astilleros.
- Incremento de la **globalización de la oferta** en cualquier segmento del mercado, motivando una fuerte competencia entre astilleros que exige la máxima reducción en los costes (tanto de la industria principal como de las industrias auxiliares y suministradoras).
- Perfeccionamiento en los **sistemas de cálculo** de las estructuras marinas y de sus componentes con el doble impacto de posibilitar el análisis de proyectos complejos y novedosos y, por otro lado de permitir la disminución de los excesivos márgenes de seguridad en los cálculos, diseño y construcción usados antiguamente.
- **Mejora en la calidad** y en los procesos de construcción en los astilleros.
- **Disminución de los costes de explotación** de los buques, exigiendo equipos e instalaciones de menor consumo energético y de mayor complejidad técnica y operativa.
- Necesidad de **minimizar los costes** de fabricación y de aprovisionamiento.

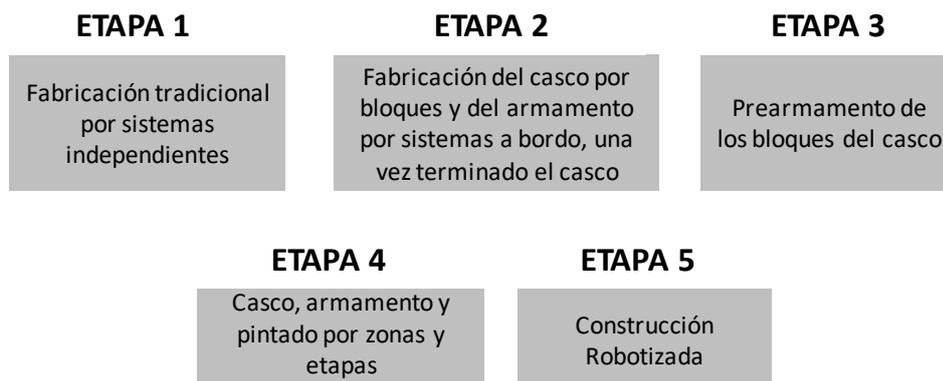
Todos estos factores anteriormente mencionados han provocado una auténtica revolución tecnológica en los sistemas de fabricación, de organización y de gestión en los astilleros. Y por tanto, para poder entender la situación actual de la tecnología, es necesario analizar con más profundidad la:

- Evolución de las **técnicas y sistemas de construcción** en los astilleros
- Evolución de los **sistemas de gestión**

Lo que nos permitirá posicionarnos tecnológicamente y conocer la hoja de ruta tecnológica del sector.

### 2.2.1 Evolución de las técnicas y sistemas de construcción en los astilleros

Para poder entender bien la complejidad del proceso de fabricación de un barco y su evolución en el último siglo, es importante visualizar los principales **cambios en el proceso de modernización** de los sistemas de fabricación naval en el último siglo, que se resumen en la siguiente figura:



- **Etapa 1.** Fabricación tradicional por sistemas independientes

En esta etapa, el casco era una pieza única que había que ir construyendo en la grada poco a poco. No se iniciaba una etapa hasta no haber terminado la anterior. De esta forma el tiempo de fabricación se alargaba enormemente, con muchos cuellos de botella.

- **Etapa 2.** Fabricación del casco por bloques y del armamento por sistemas a bordo, una vez terminado el casco.

Este método de fabricación se ideó por la necesidad de disminuir los costes fijos unitarios a través de la reducción del plazo de entrega (años 20-30). Básicamente consistía en la división del casco del buque en una serie de componentes o elementos constructivos denominados bloques de construcción, cuanto más grandes mejor, que se fabricaban fuera de la grada, donde luego se montaban posteriormente. Se puede afirmar que fue la aparición de la soldadura, como método alternativo al remachado para la unión de piezas de acero, la que supuso una ruptura» en el sistema tradicional de fabricación y la consolidación definitiva del sistema de bloques.

El sistema de bloques conseguía la prefabricación del casco, pero el armamento todavía seguía montándose dentro de éste una vez construido.

- **Etapa 3.** Prearmamento de los bloques del casco.

En la segunda mitad del siglo XX, los japoneses idean la fabricación del barco por módulos (casco y sistemas). Es decir, se trataba de prefabricar los módulos, que incorporaban dentro del bloque de casco la parte del armamento que les correspondía. Pero el problema fundamental que se mantenía en esta etapa era que el diseño inicial del armamento se seguía realizando por sistemas, es decir, para el barco en su conjunto, sin tener en cuenta que éste se fabricaba en bloques prearmados. A pesar de todo, el avance con respecto a la anterior etapa era muy notable, pues se consiguió reducir el excesivo tiempo de fabricación que implicaba la instalación de todo el armamento a bordo. Sin embargo, no se había alcanzado todavía “una situación óptima debido a la pérdida de productividad que la mezcla del enfoque por sistemas y zonas” llevaba consigo.

- **Etapa 4.** Casco, armamento y pintado por zonas y etapas

Para solucionar el gran problema de la etapa anterior, los japoneses idearon en los años 80 el sistema de construcción integrada de casco y armamento, que suponía el diseño previo por zonas no sólo de los bloques del casco, sino también de la parte del armamento que correspondía a cada

bloque, “implicando en el proceso no sólo a los talleres de fabricación, sino que también, y de forma decisiva y fundamental, a la Oficina Técnica donde se realiza la ingeniería de detalle”<sup>18</sup>. Como se puede suponer, esto implicó una complejidad enorme en el diseño de la producción, que se tradujo en un esfuerzo mucho mayor que antes en el tamaño y la organización de la Oficina Técnica, y la introducción de técnicas informáticas, sin las que era realmente imposible conseguir introducir esta innovación: los sistemas CAD/CAM/CAE para el diseño integrado del buque.

Es por ello que esta fase puede implantarse con las garantías de éxito necesarias cuando por una parte el diseño del buque está lo suficientemente consolidado como para no tener demasiadas revisiones a los planos ya emitidos, y por otra cuando el análisis estadístico de los procesos ha alcanzado un grado de madurez que permite conocer y tener bajo control el volumen de trabajos de reprocesado.

- **Etapa 5.** Construcción robotizada

Este estado está en pleno desarrollo en diversos **astilleros japoneses y coreanos** y en un menor número de astilleros europeos y españoles, habiéndose iniciado su implantación con éxito en determinados procesos de fabricación a principios de la década de los 90, tras un periodo de investigación y pruebas dentro de los propios astilleros. Comenzó su aplicación en la fabricación de productos intermedios estructurales sencillos (línea de procesado de perfiles, líneas de fabricación de previas simples y complejas, línea de fabricación de paneles planos, etc.), avanzando su desarrollo hasta productos intermedios más complejos como bloques planos del doble fondo y del doble casco, curvado robotizado de planchas, bloques curvos simples, etc.

Hay referencias de astilleros japoneses y coreanos que tienen en operación una línea de ensamblaje de bloques curvos complejos en la que ha conseguido robotizarse desde la etapa de unión de planchas hasta el montaje y soldadura de los refuerzos longitudinales, siendo éste un paso intermedio para la completa automatización en la fabricación de bloques curvos.

En cuanto al área de armamento, está extendido su uso para la fabricación de tuberías, de piezas de calderería repetitivas y para determinados procesos de pintado, estando en fase experimental la fabricación robotizada de unidades modulares.

Hay cierta unanimidad en para alcanzar esta fase es necesaria la consolidación de un diseño estandarizado y un control estadístico de los procesos de fabricación de los diferentes productos intermedios involucrados en la construcción del buque, y ello por una razón muy simple: un robot requiere una programación muy compleja en base a dimensiones y parámetros con pocos márgenes de variación respecto a los datos teóricos programados; si no se dan esas circunstancias de repetitividad y consistencia en las dimensiones reales, la eficacia del robot es todavía pequeña. Es por ello que, salvo en muy contadas excepciones, las inversiones requeridas para líneas de proceso robotizadas están justificadas sólo en aquellos astilleros que han instaurado el empleo sistemático de los datos estadísticos como medio de análisis y control de sus procesos y como herramienta básica de mejora de sus procedimientos de diseño, fabricación y tiempo.

Todas estas innovaciones han supuesto en su momento una **revolución en la concepción de la industria de construcción naval** con respecto a la concepción tradicional, y su consecuencia visible ha sido por una parte la fabricación de productos impensables hace cien años y por otra una mejora asombrosa en la productividad de su construcción. Pero estas etapas son las que han ido alcanzando en cada época los sólo los **astilleros más avanzados del mundo**, que han sido, a lo largo del siglo XX los de Inglaterra (principios de siglo), Alemania (años 20 y 30), Estados Unidos (años 40), Japón (desde los 50 hasta los 90), habiendo también alcanzado desde esa época y hasta la actualidad un gran nivel tecnológico los astilleros de Corea del Sur. Pro muchos astilleros han ido incorporando estas tecnologías con retraso, hasta el punto de que

hasta épocas muy recientes, y en Galicia, todavía se pueden encontrar astilleros -sobre todo pequeños- con el nivel tecnológico correspondiente a la segunda y tercera etapa descrita.

### 2.2.2 Evolución de los sistemas de gestión en los astilleros

Es importante destacar que las innovaciones en las tecnologías y sistemas de fabricación de buques utilizados en los astilleros han sido posibles en gran medida, gracias a la innovación en los modelos de gestión y organización de los procesos.

En el entorno actual, es impensable la existencia cualquier proceso productivo sin un **sistema de control y seguimiento de costes** capaz de mostrar en todo momento la situación económica del producto. En el caso de la industria naval, es aún más importante e imprescindible dada la especial casuística del sector:

- Gran **dependencia de la mano de obra**, lo que obliga a un detallado control de horas invertidas a fin de evitar importantes desviaciones.
- Coexistencia de **varios proyectos en paralelo** en unas mismas instalaciones, y necesidad de conocer los costes asociados a cada uno de ellos por separado.
- **Enorme presupuesto para cada proyecto**; cuanto más dinero, más posibilidades de desviación.
- Gran cantidad de **actores participantes** a controlar presupuestariamente.
- **Crisis del sector**, que obliga a contratar con unos márgenes muy reducidos, casi para cubrir costes, lo cual implica pérdidas a la menor desviación sobre el presupuesto contractual.

Todos estos factores hacen imprescindible la puesta en marcha de un **sistema de control de costes** que garantice el conocimiento en todo momento de los costes incurridos a la fecha. Este dato, por sí solo, no va a definir el estado del proyecto, sino que debe ser acompañado de una adecuada interpretación para poder **tomar decisiones**. Lo que es imprescindible, por tanto, es un sistema de gestión que proporcione la información necesaria, y de la manera adecuada, para una interpretación de los datos y toma de decisiones eficiente.

Tradicionalmente, el astillero, debido fundamentalmente a su estructura de funcionamiento, **ha permanecido atrasado** en la implantación de un sistema de gestión encaminado al control total de las operaciones productivas, con el fin de garantizar el cumplimiento de costes del proyecto. Estos sistemas, sin embargo, han sido implantados con éxito en empresas productivas pertenecientes a otros sectores industriales.

Las **causas de esta “deficiencia”** son múltiples:

- Astilleros grandes con estatus de empresa pública muchos de ellos, en los cuales hace pocos años que se ha implantado un sistema organizativo que permita controlar los costes de fabricación de los proyectos.
- Existencia de un único propietario en medianos y pequeños astilleros que ejerce funciones de gerencia sin necesidad de reportar a socios ni rendir cuentas de gestión.
- Proceso productivo basado en mano de obra, y por tanto más difícil de “medir” y controlar.
- Tradicional falta de rigurosidad en el control y seguimiento de costes.

Es sólo a partir de la **reconversión naval** sufrida en España en los 80 cuando los astilleros comienzan a preocuparse por ser competitivos como única opción para poder continuar con su actividad, y para ser lograr este objetivo han tenido que buscar alternativas de reducción de costes, así como de gestión y control de los mismos con el objetivo de evitar desviaciones durante la ejecución de los procesos; desviaciones que dadas las particularidades del sector podrían llevar al astillero a una grave situación financiera en caso de producirse.

El **factor de actuación** de un astillero para ser competitivo y poder alcanzar los precios de mercado, son las **horas necesarias para producir el buque**<sup>8</sup>. Lo mismo ocurre en todas las empresas auxiliares. La evolución de las tecnologías de la información ha tenido un gran impacto en el desarrollo de los procesos contables: mayor cantidad de datos y mayor velocidad de obtención.

Por tanto, es necesario definir un sistema de control de costes que se adapte a las particularidades del astillero:

- El astillero produce un **número limitado de buques en el periodo**, y estos no absorben de igual manera los recursos disponibles. No existe una relación lineal entre los recursos empleados (ya sean horas mano de obra directa, horas máquina, horas de mano de obra indirecta, toneladas de acero,...) y algunas de las características del buque (eslora, manga, puntal, peso en rosca, precio de venta,...) que permita establecer un reparto exacto de los costes del período a los buques fabricados de una manera simple y directa. Para ello, es necesario definir dentro del sistema de control de costes a emplear, el proceso de asignación de estos costes del período a los productos o buques fabricados y buscar los generadores de coste adecuados.
- El buque es un **producto complejo**, fabricado bajo pedido, nunca para generar stock. Aquellos sistemas válidos para fábricas de productos seriados, no lo son para el astillero. Ni siquiera el control de inventarios lo es, puesto que no existe el concepto de material en stock o en inventario del astillero en el almacén de materia prima, sino que la materia prima de cada producto se compra en exclusiva para esa construcción, y es por tanto un coste imputable al buque desde el mismo momento de la emisión del pedido de compra.
- Los **costes fijos** de un astillero, por las características de las instalaciones necesarias para permitir fabricar un buque, **son muy elevados** en relación a otro tipo de fábricas que producen otro tipo de productos.
- El astillero **combina procesos productivos** en los que predomina la mano de obra junto a procesos automatizados/semiautomatizados con maquinaria específica para la actividad. A pesar de albergar una actividad productiva que implica a una elevada cantidad de mano de obra, muchos de los procesos que intervienen en la construcción del buque se podrían desarrollar con maquinaria moderna donde la importancia de la mano de obra directa es menor.

Tradicionalmente, la construcción naval ha sido un **sector muy proteccionista**, en el que los países en los que estaban asentados los grandes astilleros financiaban de manera directa o indirecta los nuevos contratos a través de ayudas millonarias a la construcción naval, desgravaciones de impuestos a las grandes empresas e inversores, etc. Esta situación que se ha dado en la construcción naval de buques mercantes ha sido llevada a su máximo exponente en la construcción naval militar. Pero esta situación cambió en el momento en que la oferta aumentó, al abrirse los mercados de los países y con ello incrementarse la competencia entre los distintos fabricantes nacionales y extranjeros.

Desde el año 2000, los principales astilleros del mundo usan la **metodología Lean** para mejorar todos sus procesos, no solo los productivos, y ayudar así a conseguir los objetivos y compromisos en términos de calidad, coste y plazo de sus programas de construcción. El objetivo de Lean es aumentar el valor que crean las actividades al eliminar y reducir sistemáticamente las ineficiencias del proceso, realmente de todos y cada uno de los procesos que intervienen en la construcción del buque.

Por tanto, es necesario:

- **Analizar con detalle los procesos en busca de las ineficiencias** anteriormente descritas para su eliminación o disminución al máximo posible, para averiguar los tiempos del sistema, etc.
- Identificar en el buque y clasificar los diferentes **elementos repetibles y singulares** identificados en función de la estructura, los procesos, la carga de trabajo, etc. Los

<sup>8</sup> O’Kean, José M<sup>a</sup>. *Economía*. MacGraw-Hill, 2015.

elementos repetibles no son necesariamente iguales, es muy difícil encontrar en un buque dos elementos idénticos, por tanto por elemento repetible hay que entender aquellos **elementos que se pueden construir usando los mismos procesos productivos**.

No se busca, por tanto, mejorar la eficiencia de las máquinas e instalaciones mediante la utilización de las economías de escala, sino transformar el modelo productivo eliminando todo aquello que no aporte valor al proceso de construcción del buque.

### 2.2.3 Astillero referente en Industria 4.0: Astillero Meyer Werft (Alemania)

El astillero MEYER WERFT es una empresa familiar fundada en 1795, que emplea directamente a más de 3.000 personas, y todavía mantiene la figura del aprendiz, que entrena a unos **300 trabajadores** en doce disciplinas distintas para mantener siempre el know how de sus procesos.

La compañía está **especializada en la construcción de grandes cruceros**, modernos y altamente sofisticados. Hasta el momento, el astillero ha construido 32 cruceros de lujo para compañías como Celebrity, Royal Caribbean, Norwegian Cruise Line o AIDA. Otro de sus clientes más importantes ha sido la compañía de ferries que comunica todas las islas de Indonesia y que se llama PT Pelni y para la que ha construido hasta 25 buques desde 1983. Aunque los cruceros son los buques en los que más se ha especializado, en los últimos 40 años también han realizado 56 buques *gas tankers*. La empresa filial de MEYER WERFT, NEPTUN Werft GmbH de Rostock, se dedica a la construcción de barcos para cruceros fluviales.



ILUSTRACIÓN 15: VISTAS AÉREAS DEL ASTILLERO.

Destacar que del **tiempo de ejecución de los cruceros** (300-360 m) es de 36 meses, unos 18 meses son de ingeniería y el resto fabricación.

Meyer Werft es uno de los astilleros más modernos del mundo. En 1987, para poder competir a nivel internacional, **construyó un muelle cerrado**, el más grande del mundo en ese momento, con una capacidad de 100m, para construir en condiciones climatológicas controladas, al llevarse a cabo en un recinto cerrado. Pero el Astillero siguió un proceso continuo de desarrollo. Así, en 2011 se construyó el segundo dique seco de construcción más grande del mundo, seguido de nuevos espacios de prefabricación, y soldadura laser híbrida en serie..

Se trata de un **Astillero 4.0**, en el que **todos los procesos están digitalizados**, desde los primeros diseños de la nave hasta el proceso de producción, lo que permite su integración vertical en los sistemas de gestión. Por ejemplo, los planos de construcción apenas se utilizan, y han sido sustituidos por simulaciones virtuales de los procesos de construcción, que permiten optimizar anticipadamente los buques y sus sistemas, así como simular los procesos productivos necesarios para su fabricación, lo que se traduce en una mejora sustantiva de la seguridad de las personas y de la protección del medio ambiente, así como la optimización del consumo de energía.

La **"fábrica digital"** es extremadamente útil en la planificación y el diseño debido a que los ingenieros pueden estimar en las primeras etapas de diseño lo que puede ser implementado y lo que no puede serlo. Esto evita sorpresas en el proceso de producción, y acelera la construcción. Los errores pueden ser evitados antes de que cuesten un montón de dinero cuando el buque se encuentra en la fase de producción.



**ILUSTRACIÓN 16: ENSAMBLAJE DE MÓDULOS.**

#### LAY-OUT DE LA PLANTA

El astillero de Meyer tiene como una de sus grandes virtudes la **compactación de sus instalaciones**. Se trata de un astillero en el que las pequeñas distancias a recorrer entre los talleres y áreas de almacenamiento lo hacen muy manejable, pero al mismo tiempo ser una factoría con capacidad de construir buques de gran eslora (350-400 m). El astillero como otros muchos del norte de Europa, dispone de servicio de bicicleta interno para facilitar el movimiento de los trabajadores dentro de la planta.

El astillero dispone de 3 **diques secos**, pero los que se usan para la nueva construcción son los dos que están cubiertos. Al lado de cada uno de los diques hay un hall, que sería la explanada cubierta dónde se van colocando los sub-bloques planos y se van montando unos encima de otros para la creación de bloques mayores (de entre 600 y 800 ton, en función del dique) para su puesta en el dique en donde se irán haciendo las uniones de bloques. Las dimensiones de los diques secos y capacidades de grúa serían las siguientes reflejadas en la siguiente tabla:

	<b>Dique seco 1</b>	<b>Dique seco 2</b>
Puntal (m)	60	75
Eslora (m)	358	482
Manga (m)	40	45
Capacidad de grúa (tn)	600	800

### PROCESOS DE SOLDEO AUTOMATIZADOS

Destacar su importancia, ya que en la fabricación de un barco, la soldadura del casco supone un 20% de los costes. En el LaserZentrum lo más destacable a nivel proceso de soldeo son las líneas de soldadura de paneles planos con láser híbrido automatizadas. Hay dos tipos: la soldadura de paños y la soldadura de perfiles (llantas de bulbo) contra paños (uniones a filete). Cada una de estas líneas funciona con un láser de disco de 12KW de potencia.



ILUSTRACIÓN 17: SOLDADURA CON LÁSER HIBRIDO DE LLANTAS DE BULBO, UNIONES A FILETE.



ILUSTRACIÓN 18: ZONA DE SOLDADURA DE ELEMENTOS NO PASANTES EN EL PANEL

### CONTROL DIMENSIONAL AUTOMATIZADO

Al final de la línea de prefabricado hay una zona de control dimensional. En esta zona se mide todo el sub-bloque plano con cuatro **láser scanner** situados en el techo de la nave. El registro completo del sub-bloque es comparado con el CAD del sub-bloque en cuestión para obtener desviaciones en las cotas del bloque, la falta de algún refuerzo, perpendicularidad y distancia entre mamparos, etc. Esta medición la realiza en 2 minutos. De este registro se elabora un informe completo a partir del cual se toman las medidas correctoras.

### 2.3. MEJORES PRÁCTICAS

El paradigma de la Industria 4.0 supone una **gran oportunidad para que el sector naval gane en competitividad** y se convierta el astillero y las empresas auxiliares en fábricas más inteligentes, conectadas, flexibles, automatizadas y sostenibles.

El **astillero 4.0** debe orientarse a procesos más automatizados o robotizados, con sistemas de control de producción digitalizados, lo que permitirá conseguir una mejora de la calidad y la reducción de los costes y los plazos. Así mismo, estará soportado por tecnologías de la información (TIC) que gestionen la información de modo integral en todas sus etapas, desde el diseño a la fabricación, controlando los procesos mediante herramientas de modelización, diseño 3D y simulación de procesos MES (Manufacturing Execution System), lo que permitirá predecir y evitar las ineficiencias en un entorno de trabajo muy variable.

La planta del astillero 4.0 tendrá que adaptarse 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 permitirá reducir el binomio coste-plazo y aumentar la calidad del producto final.

En este entorno, el astillero ciberfísico 4.0, como cualquier fábrica 4.0, desarrollará procesos para la obtención de sus productos, utilizando las **nuevas tecnologías** surgidas en la actual revolución 4.0:

- La digitalización de todas las máquinas del taller permitirá su integración vertical en los sistemas de información y, en consecuencia, **optimizar su mantenimiento y consumo de energía**.
- La **robótica colaborativa** permitirá que personas y robots trabajen juntos, haciéndose cargo los segundos de todos los trabajos pesados y repetitivos.
- El análisis de datos permitirá extraer la riqueza existente en la ingente información (**big data**) creada en las dimensiones horizontal y vertical del astillero 4.0.
- El **Internet de las Cosas** permitirá conectar todos los integrantes del astillero 4.0, las personas, los productos y las instalaciones, dentro del astillero y más allá del mismo.
- La **'nube'** eliminará las fronteras para el almacenamiento, la computación y el intercambio de la información existente.
- La **ciberseguridad** permitirá proteger dicha información.
- Y, por último, la **modelización virtual** permitirá perfeccionar anticipadamente los buques y sus sistemas, así como simular los procesos productivos necesarios para su fabricación, lo que se traducirá en una mejora sustantiva de la seguridad de las personas y de la protección del medio ambiente, y en la optimización del consumo de energía.

En este punto, resulta interesante mencionar el caso particular de **Navantia y el Astillero 4.0**, por su repercusión en el sector naval gallego, y oportunidad para el resto de astilleros y auxiliares de aprovecharse de los recursos de Navantia para establecer acuerdos de cooperación y formación en estas tecnologías emergentes.

El astillero Navantia está desarrollando el Astillero del Futuro 4.0, adoptando el modelo alemán. A través de la Unidad Mixta de Investigación Navantia – UDC, se ha comenzado a trabajar en el Astillero 4.0, cuyos objetivos son “la mejora de los procesos y el acercamiento de la tecnología al puesto de trabajo, para afrontar el desafío técnico-industrial del programa de fragatas F-110.

Se trabaja en cinco líneas de investigación y quince actuaciones. Las cinco líneas de investigación son: la optimización de procesos, las tecnologías de la información y comunicaciones (TICs), tecnologías disruptivas para las fragatas F-110, la ciberseguridad y los vehículos autónomos.

- La línea de investigación de **optimización de procesos** estudia la mejora de los procesos de fabricación mediante técnicas de modelado y simulación (M&S), aprovechamiento de la experiencia de sectores industriales más avanzados y utilización de la estadística y la tecnología para mejorar procesos concretos de fabricación. La línea incluye seis actuaciones: Modelado y Simulación (M&S) de procesos de construcción de buques, M&S de procesos de eólica marina, robótica y automatización, lecciones aprendidas del sector de automoción, proyecto “tubo de cierre” y control estadístico de procesos.
- La línea de investigación de **TICs** acerca la tecnología al puesto de trabajo poniendo a disposición del trabajador y de forma digital la información existente en los sistemas corporativos, facilitando las ventajas de la realidad aumentada, ofreciendo la multiconectividad que ofrece el internet de las cosas y posibilitando la automatización del control de operaciones y de la trazabilidad de elementos inteligentes. La línea incluye tres actuaciones: información en planta y realidad aumentada, internet industrial de las cosas y trazabilidad.
- La línea de investigación de **tecnologías disruptivas** para las fragatas F-110 ofrece un canal alternativo específico para tratar de incorporar algunas tecnologías de “producto” muy novedosas y que están apareciendo en relación con el concepto de Industria 4.0, en el programa para las fragatas F-110, como son el concepto “sin cables”, que pretende reducir en un 20% el volumen de cableado del buque, la utilización extensa de “adhesivos”, que pretende sustituir la soldadura por los adhesivos en todos los elementos estructurales ya pintados y la utilización de la inteligencia artificial para las difíciles tareas del control de averías. La línea incluye cuatro actuaciones: Proyecto “sin cables” en sus dos vertientes (optimización del sistema eléctrico del buque e infraestructura común para comunicaciones, control y otros sistemas), proyecto “adhesivos” y el proyecto de sistemas auto-reconfigurables.
- Las **líneas de investigación de ciberseguridad y vehículos autónomos** estudian otros temas de enorme actualidad, como son la necesaria y cada día más difícil seguridad de los sistemas informáticos en un mundo tremendamente conectado tanto horizontal, como verticalmente y la aplicación de los vehículos autónomos y, en particular, de drones tanto en espacios confinados para medición de espesores, como en espacios exteriores, para vigilancia y medición. Estas líneas incluyen una actuación cada una: proyecto ciberseguridad y proyecto UAV.

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

Según el segundo informe de prospectiva Tecnológica Industrial realizado por **INNOVAMAR**<sup>9</sup> (Fundación Instituto Tecnológico para el Desarrollo de las Industrias Marítimas), en su apartado “Futuro Tecnológico en el Horizonte del 2020”, la eficiencia en la fabricación es considerado un punto clave y de gran impacto para el desarrollo del sector naval, previendo la introducción de sistemas inteligentes en todo el proceso productivo, desde el diseño del buque hasta su entrega final. Se comenta además la necesidad de incorporar sistemas CIM que integren diversos software como bases de datos de diseño/producción y sistemas CAD/CAM inteligentes.

<sup>9</sup> <http://www.innovamar.org/descargas/Informe%20OPTI%20sector%20naval.pdf>

El **centro tecnológico AIMEN**, muy próximo en su actividad al sector naval, ha desarrollado iniciativas y proyectos en estas líneas de investigación<sup>10,11,12</sup>, con el objetivo de mejorar la eficiencia y productividad del sector.

Las **soluciones robotizadas** (para conformado de chapa, medición tridimensional sin contacto, soldadura, etc.), requieren de fuertes inversión en general que la mayor parte de los pequeños y medianos astilleros gallegos no puede afrontar, y cuyo retorno económico se desconoce en la mayoría de los casos. Un ejemplo de astillero robotizado es el Meyer Werft, en Alemania, como se expuso con detalle en el apartado 2.2.

Como principales ventajas que aportan los modernos **sistemas automatizados de fabricación flexible**, en las operaciones de soldadura y ensamblado, destacamos las siguientes:

- Incremento de productividad en etapas clave de la fabricación de un buque, como son la unión de previas y micropaneles y de bloques o estructuras, lo que permite agilizar los plazos de entrega.
- Reducción significativa de las operaciones de rectificado (tendencia cero defectos) lo que supone un ahorro en costes productivos y en tiempo de fabricación.
- Importante ahorro en materias primas: mayor eficiencia en el uso de materiales, consumibles soldadura, etc.
- Mayor versatilidad en la fabricación de piezas y componentes navales, al disponer de un sistema fácilmente reconfigurable, en comparación con automatizaciones de generaciones anteriores.
- Disminución de riesgos asociados a la soldadura manual (presencia de humos, radiación UV, proyecciones metálicas, etc.)

Para sustituir procesos de fabricación manuales no repetitivos con tiempos de ciclo muy altos, (conformado, soldadura, etc.), además de la automatización, es necesario el desarrollo de **sistemas de soporte a la decisión (DSS)**, muy implementados en otros sectores industriales y con algunas aplicaciones en el sector naval. Son sistemas de información basados en un computador interactivo, flexible y adaptable, especialmente desarrollado para apoyar la solución de un problema de gestión no estructurado para mejorar la toma de decisiones. Utiliza datos, proporciona una interfaz sencilla y amigable, y permite la toma de decisiones en el propio análisis de la situación.

Otras **técnicas KBS** (Knowledge-Based Systems) han sido propuestas en el campo industrial. Así, por ejemplo, se ha desarrollado una KBS para el diseño de un proceso de curvado de tubos que integra conocimientos del proceso mecánico de curvado de tubos y la experiencia de los operarios<sup>13</sup>. Esta KBS puede ayudar a los ingenieros a seleccionar el método de curvado de los tubos, a diseñar las herramientas de curvado y seleccionar los parámetros óptimos de curvado. También se han desarrollado métodos basados en sistemas expertos para seleccionar materiales de soldadura de aceros<sup>14</sup>.

**Iwamoto**<sup>15</sup> establece un soporte tecnológico interactivo que ayuda a operarios inexpertos a ejecutar determinadas tareas. Esta tecnología se aplica en el conformado manual de chapas por líneas de calor. El

<sup>10</sup> Proyecto Conforship, Desarrollo de un nuevo sistema de conformado térmico automático para estructuras navales", FEDER-ININTERCONECTA-GALICIA (ITC-20133004).

<sup>11</sup> Proyecto Estribor, Diseño de Estrategias de conformado de chapa naval basadas en la aplicación de líneas de calor, CONCETAPEME 2015.

<sup>12</sup> Proyecto europeo CARLOS,

<sup>13</sup> Z. Jin, S. Luo, X. Daniel Fang, "KBS-aided design of tube bending processes", Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 14 (5), pp. 599-606, (2001).

<sup>14</sup> Y.-H. Ho, C.-H. Chen, C.-L. Huang, "A hierarchical hybrid expert system for steel welding materials selection system", 3rd International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling (KAM), pp. 171-174, (2010).

<sup>15</sup> K. Iwamoto, "Interactive support technology applied to plate bending by line heating – Trial system of image display device and its evaluation", Proceedings of the 8th SICE system Integration Division Annual Conference, pp. 1033-1034, (2007).

autor desarrolla una estrategia de captura de imagen para instruir al operario en referencia a su posición, postura y velocidad.

### 2.3.2. HMI

La **interacción entre humano y máquina** (HMI “Human Machine Interface” en sus siglas en inglés) cobra vital importancia en la Industria 4.0, siendo necesarias nuevas interfaces para los entornos de trabajo que integren tecnologías de reconocimiento y la conectividad con toda la planta, facilitando al operario el desarrollo de sus actividades al mismo tiempo que se acelera la toma de decisiones, mejorando la productividad y eficiencia de los recursos. Actualmente, la industria empieza a incorporar otras 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. Y estos nuevos dispositivos HMI, que entregan los datos más críticos del proceso de forma más fácil y rápida, mejorarán significativamente la toma de decisiones.

#### LA SITUACIÓN DEL SECTOR NAVAL RESPECTO A ESTAS TECNOLOGÍAS HMI

El proceso de fabricación de los astilleros de tamaño pequeño/medio se caracteriza por la falta de herramientas de asistencia a la planificación de la producción, retrasos, retrabajos y por una escasa optimización de los recursos. En este sentido, existen estudios que demuestran que hay una alta proporción de modificaciones y retrabajos en las últimas fases de la construcción naval, particularmente en la etapa de habilitación del barco, que representa un incremento entre un 4-8% del coste total del buque<sup>16</sup>. Esto se traduce en una menor capacidad por parte de los astilleros pequeños/medios para el diseño, fabricación y comercialización de barcos innovadores muy específicos que satisfagan los requisitos del mercado, para lo que se requiere un alto grado de flexibilidad para resultar competitivo.

En este contexto, el desarrollo de soluciones avanzadas de apoyo a la construcción naval, que permitan **guiar al operario** en el proceso de instalación y montaje de maquinaria y equipamiento, así como **dar soporte en la inspección/supervisión** en las diferentes fases de la construcción, proporciona flexibilidad a pequeños astilleros y/o industria auxiliar, mejorando su tiempo de respuesta para afrontar nuevos diseños de buques más complejos –de alto valor añadido–, en series muy cortas de producción.

La **realidad aumentada** permite la **sobreimpresión de información virtual** –planos, modelos, instrucciones– en un entorno real. Es una tecnología que ha experimentado un crecimiento muy rápido en los últimos años. La aplicación más extendida de dicha tecnología se centra en el mundo del ocio. Existe en el mercado un gran número de juegos basados en realidad aumentada, así como aplicaciones relacionadas con el turismo, restaurantes, compras, etc<sup>17</sup>.

Al sector naval también ha llegado esta tecnología. Así, las grandes empresas Europeas dedicadas al desarrollo de soluciones software avanzadas aplicadas al sector naval, como AVEVA o la española SENER, están comercializando sistemas de realidad virtual inmersivos (CAVE) como herramientas para simulación y entrenamiento de operaciones por parte de operarios (Figura 8)<sup>18,19</sup>. Estos sistemas proponen una solución basada en el uso de cuevas inmersivas ajustadas a un espacio determinado.

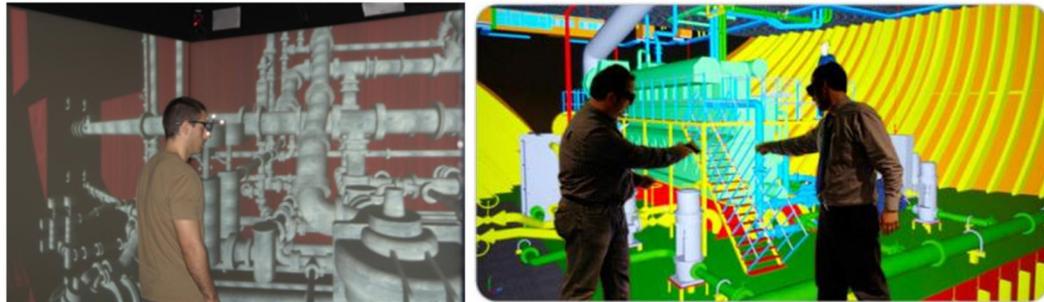
<sup>16</sup> [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2005/RAND\\_MG198.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2005/RAND_MG198.pdf)

<sup>17</sup> CARMIGNIANI, Julie, et al. *Augmented reality technologies, systems and applications. Multimedia Tools and Applications*, 2011, vol. 51, no 1, p. 341-377.

<sup>11</sup> ZHOU, Feng; DUH, Henry Been-Lirn; BILLINGHURST, Mark. *Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR*. En Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. IEEE Computer Society, 2008. p. 193-202.

<sup>18</sup> [http://www.aveva.com/en/Products\\_and\\_Services/Product\\_Finder.aspx#open:EA5A87C6-102D-4244-A943-948F09134C0F](http://www.aveva.com/en/Products_and_Services/Product_Finder.aspx#open:EA5A87C6-102D-4244-A943-948F09134C0F)

<sup>12</sup> [http://senermar.es/NAVAL/generica\\_adicional.html?id=cw4e38f43971a91&swlang=en](http://senermar.es/NAVAL/generica_adicional.html?id=cw4e38f43971a91&swlang=en)



**ILUSTRACIÓN 19: SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVOS APLICADOS PARA ENTRENAMIENTO DE OPERACIONES DE MONTAJE**

Esta solución mejora la **capacidad de ejecución de operaciones** de montaje al permitir el entrenamiento previo de los operarios en un entorno simulado. No obstante, presenta la limitación de requerir el uso de una sala específica para su ejecución.

Una alternativa de bajo coste al uso de cuevas inmersivas consiste en el desarrollo de **dispositivos móviles que permitan realizar tareas de diseño**, entrenamiento y asistencia *in-situ*. Así, grandes astilleros como STX<sup>20</sup> han empezado a trabajar con dispositivos vestibles (tipo google glasses) para asistir con instrucciones en las tareas de ensamblaje de armamento y sistemas de habilitación naval (ILUSTRACIÓN 21).



**ILUSTRACIÓN 20: CASCO INTEGRADO CON UN SISTEMA TIPO GOOGLE GLASSES PARA PROYECCIÓN DE INFORMACIÓN QUE ASISTA AL PROCESO DE HABILITACIÓN NAVAL (IZQUIERDA); ASISTENCIA CON PROYECCIÓN DE INFORMACIÓN MEDIANTE USO DE SMARTPHONES (DERECHA)**

En esta línea, varios *proyectos de I+D internacionales todavía en desarrollo* (MARIN 2<sup>21</sup>, 3D MARITIM<sup>22</sup>, Drawingless Deckplate<sup>23</sup>) están explorando la **introducción de tecnologías móviles** (PC tableta, iPad, móviles) como herramientas que asistan al operario en operaciones de planificación, formación, mantenimiento y supervisión e inspección de la construcción naval.

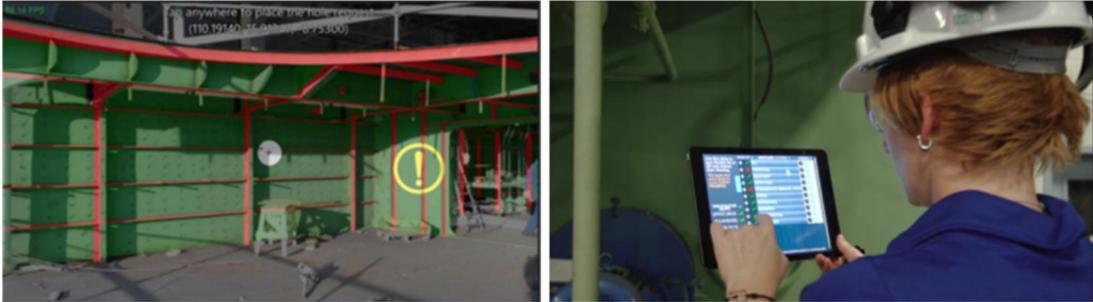
A corto-medio plazo, el desarrollo de herramientas móviles que den soporte in-situ al operario permitirá mejorar y optimizar el proceso de construcción naval.

<sup>20</sup> <http://www.4erevolution.com/en/stx-realite-virtuelle-realite-augmentee/>

<sup>21</sup> <http://trc.utu.fi/ar/research/marin2/>

<sup>22</sup> <http://www.3dmaritim.de/en>

<sup>23</sup> <http://nns.huntingtoningalls.com/ar/index>



**ILUSTRACIÓN 21: EJEMPLOS DEL DESARROLLO ACTUAL DE HERRAMIENTAS MÓVILES COMO SOPORTE A LA CONSTRUCCIÓN NAVAL EN LOS PROYECTOS MARIN 2 Y DRAWINGLESS DECKPLATE**

El Centro tecnológico AIMEN tiene en la actualidad en curso un proyecto interconecta, **MASTIL**, que toma como puntos de partida el trabajo realizado por GHENOVA<sup>24</sup> hacia el desarrollo de soluciones de ingeniería naval que cubran todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción, y el trabajo del proyecto europeo CARLoS,<sup>25</sup> enfocado al desarrollo de nuevos interfaces cooperativos en habilitación naval, incorporando el uso de robots móviles como herramientas de asistencia al operario y basándose en la odometría y mapas del robot para el cálculo de la localización de la escena.

La implementación de esta solución integral que, mediante el uso de realidad aumentada, asista al operario en el proceso de habilitación naval y de soporte en el registro de desviaciones, requiere del desarrollo e implementación de las siguientes tecnologías:

- Localización en tiempo real de la escena
- Integración con el software de gestión

#### LOCALIZACIÓN EN TIEMPO REAL DE LA ESCENA

Para que la realidad aumentada sea posible, es necesario detectar con precisión el punto de inserción del elemento virtual en la imagen capturada. Para ello existen diversas técnicas:

El método más extendido es el **uso de marcadores**. Son imágenes planas impresas con un patrón reconocible por medio de algoritmos de visión artificial y permiten determinar la posición y orientación de ese marcador en la imagen. Los marcadores pueden ser cualquier tipo de imágenes, desde códigos de barras o QR (que pueden contener información adicional) hasta fotografías. Si bien este método resulta muy robusto y requiere pocos recursos de procesamiento, tiene como inconveniente el que es necesario colocar los marcadores en posiciones conocidas, lo cual no siempre es posible. Además es necesario que el marcador sea completamente visible en la imagen, lo que normalmente obliga a instalar un gran número de ellos, para que al menos un marcador sea visible en todo momento.

Una opción extendida para la localización de interiores es el uso de **balizas de ultrasonidos**, con las que se logran precisiones del orden de decenas de centímetros en escenarios con visión directa, usando para ello hardware dedicado de bajo coste. La alternativa a los sistemas de ultrasonidos en escenarios en los que la visión directa no es posible, es el **uso de UWB** – Ultra Wide Band<sup>26</sup> (sistemas de RF sobre un gran ancho de banda), con capacidad de proporcionar precisiones milimétricas, lo que, en contraposición, aumenta considerablemente el coste. Como alternativa al UWB, existen soluciones de menor coste que se basan en el uso de redes WiFi<sup>27</sup> ya instaladas en la escena. El problema de estas soluciones es la precisión: 1-2

<sup>24</sup> [http://www ghenova.com/es/proyectos/download/33\\_72f82a84dd8676f9236e4f8c3048e11b](http://www ghenova.com/es/proyectos/download/33_72f82a84dd8676f9236e4f8c3048e11b)

<sup>25</sup> <http://carlosproject.eu/>

<sup>26</sup> ARSLAN, Huseyin; CHEN, Zhi Ning; DI BENEDETTO, Maria-Gabriella (ed.). *Ultra wideband wireless communication*. John Wiley & Sons, 2006.

<sup>27</sup> <https://situm.es/technology.php>

metros en ambientes industriales. Esta precisión es insuficiente para aplicaciones de realidad aumentada, donde es necesaria una localización precisa del entorno. Además, es necesario localizar de forma exacta las balizas instaladas para obtener una precisión adecuada, por tanto previamente ha de realizarse un mapa del entorno.

Una alternativa al uso de marcadores y/o balizas consiste en la detección de las **marcas naturales del entorno**<sup>28,29</sup>. Esto implica la detección de elementos con unas características visuales conocidas o entrenadas previamente. Este método resulta muy útil combinado con otros métodos, es decir, utilizar un posicionamiento inicial con marcadores artificiales y hacer un seguimiento continuo de elementos arbitrarios destacados para medir el desplazamiento relativo de la imagen. De este modo se elimina la necesidad de que sea visible un marcador en todo momento y tiene una mayor precisión que técnicas basadas en GPS y magnetómetros ante pequeños desplazamientos pequeños relativos.

### INTEGRACIÓN CON EL SOFTWARE DE GESTIÓN

La construcción naval es un proceso complejo que normalmente involucra a varias empresas durante un periodo largo de tiempo –usualmente más de un año—. Además, el proceso de fabricación de un buque se suele caracterizar por ser un proceso de fabricación dinámico que conlleva un buen número de modificaciones desde el diseño inicial hasta la puesta a punto final. Por lo tanto, resulta de gran interés la posibilidad de gestionar esos cambios e integrarlos de forma eficiente durante la fabricación. Esto se consigue con **sistemas de gestión de datos de producto** (PDM). Estos sistemas permiten llevar un control de cambios, adaptar los procesos sucesivos en función de los cambios que se van produciendo y reutilizar el diseño en nuevas construcciones. En este sentido, ya se han desarrollado sistemas de gestión específicos, como por ejemplo el NUPAS-CADMATIC<sup>30</sup>, que intentan dar solución a los problemas de integración en el sector naval.

La principal limitación de los sistemas comerciales presentados en la actualidad es que ofrecen una solución propietaria que limita su uso masivo en el sector. Una alternativa se basa en el uso de estándares en el proceso de generación y gestión de datos. En esta línea, se ha presentado un reciente trabajo<sup>31</sup> que propone la transferencia del estándar de la construcción civil, BIM, al sector naval.

#### 2.3.3. Sistemas Ciberfísicos e IoT

Aunque, como se aprecia en la ILUSTRACIÓN 22, IoT tendrá menos influencia en la competitividad del sector naval que en otros sectores, la implantación de IoT en la industria naval va a tener un profundo impacto en el modo en el que las empresas producen, venden, se relacionan con su cadena de valor y con los clientes y ofrecen y capturan valor.

<sup>28</sup> Kim, Boo-Gyum; CHOI, Jong-Soo; KIM, Jin-Tae. *Feature Points Extraction for Camera Tracking in Augmented Reality System*. International Journal of Multimedia & Ubiquitous Engineering, 2014, vol. 9, no 9.

<sup>29</sup> Koch, Christian, et al. *Natural markers for augmented reality-based indoor navigation and facility maintenance*. Automation in Construction, 2014, vol. 48, p. 18-30.

<sup>30</sup> P. Filius et al. *Integrating CAD/CAM in a PDM/ERP environment*. En SNAME Maritime Convention, 2014.

<sup>31</sup> RAN, Luming, et al. *Transferring best practices enabled by Building information modeling (BIM) in Architecture, Engineering and Construction (AEC) to shipbuilding industry: An explorative study*. 2015.

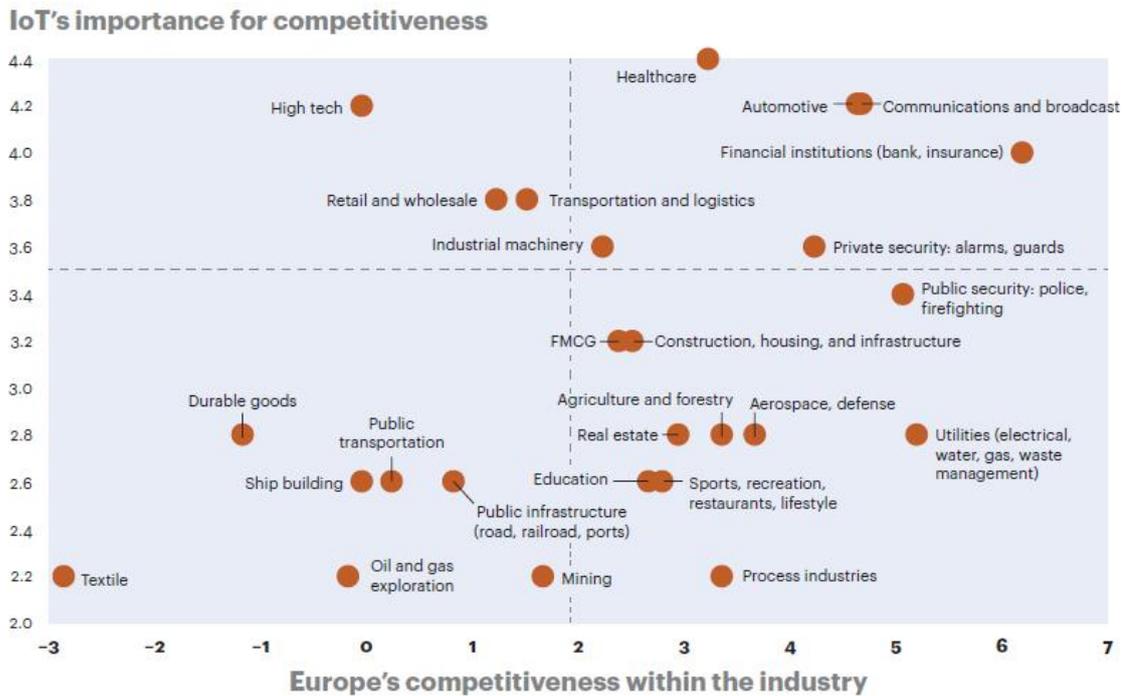


ILUSTRACIÓN 22: IMPORTANCIA DE IOT PARA LA COMPETITIVIDAD DE DIFERENTES SECTORES INDUSTRIALES EUROPEOS<sup>32</sup>

En cuanto a la aplicación de tecnologías IoT en el sector de construcción naval, la aplicación en el proceso de fabricación de diversas **tecnologías de sensorización y comunicación** es actualmente una tendencia con el objetivo final de llegar a la existencia del llamado barco conectado. Hyundai Heavy Industries ha llegado a un acuerdo con Accenture para la creación de la plataforma OceanLink<sup>33</sup> para aportar soluciones de conectividad a los buques que permitan obtener diversos tipos de información para realizar análisis de datos, mantenimiento predictivo y otras actividades.

En los astilleros japoneses de **Mitsui Engineering** se está trabajando en una propuesta innovadora en colaboración con la Japan Ship Research Association para aplicar técnicas de visión artificial fusionada con información obtenida de acelerómetros posicionados en los trabajadores y etiquetas RFID que permitan detectar las actividades de los operarios. Esto permitirá optimizar los procesos de trabajo y reconfigurar las posiciones de la maquinaria y herramientas según las necesidades detectadas<sup>34</sup>.

Existen también diversos productos enfocados al mantenimiento de buques y su maquinaria. **LAROS**<sup>35</sup> es una innovadora plataforma, patentada, que habilita la monitorización y análisis de los parámetros operacionales de las embarcaciones de forma remota. Recoge, procesa y transmite datos en tiempo real en cualquier tipo de barco, enviándolos a la central de administración a través de una red de sensores inteligentes e inalámbricos. Con esto proporciona una solución completa de diagnóstico, prognosis y avisos tempranos. Igualmente, **AMOS Projects**<sup>36</sup> es un software para planificación de estrategias de mantenimiento, monitorización del comportamiento general de las embarcaciones y localización de piezas de recambio necesarias. Ofrece mantenimiento basado en condiciones reales de funcionamiento, permitiendo prevenir problemas en vez de reaccionar ante fallos.

<sup>32</sup>The Internet of Thing: A New Path to European Prosperity, ATKearney,2016, <https://www.atkearney.com/documents/10192/7125406/The+Internet+of+Things-A+New+Path+to+European+Prosperity.pdf/e5ad6a65-84e5-4c92-b468-200fa4e0b7bc>

<sup>33</sup> [http://iobe.gr/docs/pub/SP\\_08062016\\_PRS\\_ENG\\_09.pdf](http://iobe.gr/docs/pub/SP_08062016_PRS_ENG_09.pdf)

<sup>34</sup> <http://asia.nikkei.com/Business/Trends/Japan-s-shipbuilders-look-to-virtual-reality-for-efficiency>

<sup>35</sup> <http://www.laros.gr/>

<sup>36</sup> <http://www.spectec.net/maintenance-materials-management>

En la comunidad gallega, se han realizado pruebas en los **astilleros Paulino Freire** para la implantación de redes inalámbricas de monitorización de parámetros peligrosos para los trabajadores como es el caso de la presencia de gases tóxicos<sup>37</sup>. Centrado también en la protección y seguridad del trabajador se puede destacar la solución *wearable* de Intel y Honeywell que permite monitorizar el ritmo cardíaco y la actividad de los trabajadores, además de posibilitar la detección de valores anómalos de gases peligrosos<sup>38</sup>.

#### 2.3.4. Tecnología de materiales inteligentes

Proyectos como **ADAM4EVE** (Adaptive and smart materials and structures for more efficient vessels) se plantearon con el objetivo de modernizar el sector de la construcción naval para lograr una mayor eficiencia, seguridad y comodidad de los pasajeros. En el proyecto se desarrollaron paneles ligeros de materiales compuestos para las cubiertas de carga de los buques refrigerados que contribuyen a reducir el peso y el consumo energético de la refrigeración de las mercancías.

#### 2.3.5. Fabricación Aditiva



ILUSTRACIÓN 23: REFUERZO NAVAL FABRICADO POR LÁSER CLADDING

Dentro de la fabricación aditiva de materiales metálicos, se han llevado a cabo diferentes proyectos para la **fabricación por láser cladding** de refuerzos sobre chapas de acero al carbono de espesor 15mm, como proceso alternativo a la soldadura MIG/MAG de dichos refuerzos. Pero a día de hoy, en este tipo de piezas de gran tamaño, el proceso de fabricación no resulta rentable.

En cambio, en **reparación y mantenimiento** de componentes navales, la impresión 3D en materiales poliméricos tiene un amplio abanico de posibilidades, al igual que en otros sectores industriales, debido a la precisión, rapidez y escasas deformaciones de las piezas en su reparación.

#### 2.3.6. Logística Avanzada (AGV's y Drones)

Otra innovación de la fábrica del futuro muy presente en la automoción y el metal son los AGV (*Automated Guided Vehicle*) o **vehículos de guiado automático**, utilizados sobre todo para tareas de

<sup>37</sup> Pérez-Garrido C, González-Castaño FJ, Chaves-Diéguez D, Rodríguez-Hernández PS. Wireless Remote Monitoring of Toxic Gases in Shipbuilding. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2014;14(2):2981-3000. doi:10.3390/s140202981.

<sup>38</sup> <http://www.intel.es/content/www/es/es/industrial-automation/industrial-applications/honeywell-industrial-wearables-solution-brief.html>

logística interna (para reparto de piezas). Estos AGV, la mayoría filoguiados, permiten a las empresas un importante ahorro de costes al suprimir la interacción humana en el reparto de piezas.

En el sector naval, mencionar el prototipo de robot autónomo desarrollado en el **proyecto CARLoS** “CooperAtive Robot for Large Spaces Manufacturing – Robot cooperativo para grandes espacios de fabricación”, una iniciativa europea de I+D+i cuyo principal objetivo es el desarrollo de un robot capaz de asumir hasta el 60% de las operaciones de marcado y colocación de piezas específicas (pernos auto-soldables) en las superestructuras de los navíos.

El fin último de CARLoS es aumentar la productividad de los astilleros gracias a la automatización de los astilleros gracias a la automatización del proceso, actualmente manual, y al incremento de la cualificación de los operarios. Para ello, se ha desarrollado un robot móvil capacitado para realizar tantas tareas repetitivas en un entorno industrial dinámico semi-estructurado.

El robot CARLoS se ha desarrollado a partir del uso de componentes comerciales, enfocándose en las tareas de componentes comerciales, y en las tareas de desarrollo software e integración de herramientas. La programación está basada en habilidades, lo que permite un uso intuitivo y natural del sistema por parte del operario. El robot puede ser manejado en tres modos de operación diferentes dependiendo de la accesibilidad y complejidad del trabajo que se vaya a realizar. El primero de ellos es la soldadura autónoma de pernos: en este modo, el operario sólo tiene que cargar la misión predefinida y el robot autónomamente define las posiciones objetivo. Una vez que se ha alcanzado dicha posición objetivo, un sistema de visión determina la ubicación real de los pernos a soldar en el mamparo.



**ILUSTRACIÓN 24: PROTOTIPO ROBOT AUTÓNOMO PROYECTO EUROPEO CARLOS. FUENTE: CARLOSPROJECT.EU.**

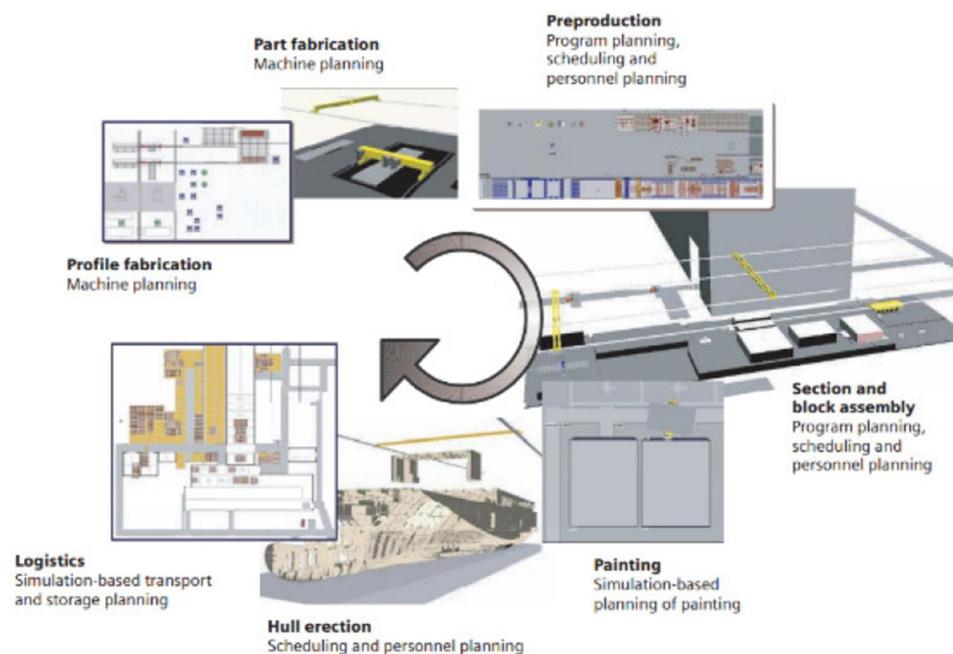
### 2.3.7. Modelización, simulación y virtualización de procesos

Cabe destacar como ejemplo al astillero alemán **Flensburger Shipyard** (FSG), que ha introducido activamente en sus tareas de producción diversos tipos de herramientas de simulación. En este caso y debido a las características inherentes del modelo de fabricación seguido por el astillero (proyectos específicos de los clientes), cobra especial importancia la planificación continua de la producción. FSG lleva colaborando con Siemens y otras entidades como la TU Delft desde el año 2000 para desarrollar un conjunto de herramientas de simulación, **Simulation Toolkit Shipbuilding** (STS), a partir del software de gestión de ciclo de vida de producto de Siemens<sup>39</sup>. La incorporación de esta herramienta en FSG cubriendo partes de la planificación, proceso de diseño y estado actual de la producción han supuesto a la compañía un aumento de su productividad en los últimos 15 años de un 140%, con una media de 20 días en pre-producción, una reducción de un 25% en las horas de trabajo para equipamiento de los buques y ahorros de 3000 horas de trabajo con simulaciones de la construcción del casco de la nave<sup>39</sup>. Todo ello a

<sup>39</sup> Siemens Simulation and Logistics at Flensburger: <https://community.plm.automation.siemens.com/t5/Siemens-PLM-Corporate-Blog/Shipbuilding-Simulation-and-Logistics-at-Flensburger/ba-p/334515>

través de la aplicación de estas **herramientas de simulación** a diversas actividades, tal y como se muestra en la:

- Simulación de **fabricación de componentes y perfiles**. El principal objetivo de este módulo de simulación es asegurar la entrega de las piezas a coste mínimo.
- Simulación de **preproducción**. Permite conocer con antelación fechas y secuencias determinadas o el número de trabajadores que será necesario asignar para completar el proyecto en un determinado espacio de tiempo.
- Simulación de **ensamblado de secciones y bloques**. La simulación se realiza durante las etapas de validación e implementación teniendo en cuenta los diversos procesos de ensamblado existentes o el espacio disponible.
- **Simulación y planificación de pintado**. Se posibilita a través de estas herramientas la planificación del pintado de cada uno de los bloques del buque, obteniendo fechas de finalización, posibles retrasos según la estructura de los componentes, estado actual de la construcción, etc.
- Simulación de la **construcción del casco**. Se centra en la planificación necesaria de los operarios y los procesos necesarios para llevar a cabo esta tarea.
- Simulación de la **logística interna**. Dado que FSG es un astillero con una capacidad reducida para almacenar bloques de buques, este módulo se encarga de planificar correctamente el espacio disponible para ello en base a la producción actual y órdenes de fabricación futuras.



**ILUSTRACIÓN 25: APLICACIONES DE MODELOS DE SIMULACIÓN EN FLENSBURGER SHIPYARD. FUENTE: SIEMENS.**

Finalmente, se debe señalar que una de las principales líneas de actuación del proyecto europeo FP7 SmartYards (de finalización reciente y en el que han participado Flensburger Shipyard, el astillero vigués Cardama y AIMEN, entre otros) ha sido la orientación para una **mejora de la preparación y planificación de la producción**. Uno de los principales puntos de este objetivo radicaba en la necesidad de hacer accesibles los avances en simulación a los astilleros pequeños.

### 2.3.8. Big Data, Cloud Computing y Data Analytics

En cuanto a la aplicación de estas tecnologías en el sector naval, la mayor parte de las soluciones existentes o previstas se centran en el **análisis de datos en buques funcionales, con aplicación para detección preventiva de fallos en la maquinaria o para la optimización, por ejemplo, de rutas mercantiles**<sup>40</sup>. El instituto japonés de tecnología Monohakobi plantea que la combinación de tecnologías IoT para la recogida masiva de datos con una infraestructura *big data* puede proporcionar varios beneficios tanto para el propietario y explotador del buque como para los constructores, según queda reflejado en la ILUSTRACIÓN 26.

Entre los casos de uso contemplados se pueden destacar la **optimización de nuevos diseños o tareas de mantenimiento**, donde se podrían aplicar técnicas de mantenimiento predictivo sobre la maquinaria, por ejemplo, con el objetivo de detectar posibles problemas a corregir en nuevas producciones.

Role	Function	Example of IoT and Big data application
Ship owner	Technical management	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Safety operation</li> <li>• Condition monitoring &amp; maintenance</li> <li>• Environmental regulation compliance</li> <li>• Hull &amp; propeller cleaning</li> <li>• Retrofit &amp; modification</li> </ul>
	New building	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Design optimization</li> </ul>
Ship operator	Operation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy saving operation</li> <li>• Safe operation</li> <li>• Schedule management</li> </ul>
	Fleet planning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fleet planning</li> <li>• Service planning</li> <li>• Chartering</li> </ul>

**ILUSTRACIÓN 26: USOS DE BIG DATA EN BUQUES. FUENTE: MONOHAKOBI TECHNOLOGICAL INSTITUTE.**

El Royal Institution of Naval Architects del Reino Unido ha estudiado la aplicación del **modelo de las 3Vs** al sector de la construcción naval, identificando las siguientes asociaciones<sup>41</sup>:

- **Volumen:** Dentro de los astilleros se genera un gran número de datos, muchos de ellos no recopilados electrónicamente en este momento, pero que todavía no se han catalogado. La recopilación de esta información, además de su análisis, permitiría realizar mejores decisiones de negocio junto a mejoras en la planificación de la producción y de los proyectos.
- **Velocidad:** Los proyectos de construcción de buques son más duraderos en comparación con los de otras actividades de producción; no obstante, las restricciones temporales y de recursos son importantes, por lo que la velocidad en el procesamiento de grandes volúmenes de datos es crucial, sobre todo si es necesario hacer frente a cambios imprevistos en la producción.
- **Variiedad:** La tipología de datos a recopilar en un astillero es muy variada a todos los niveles. La inexistencia de métodos para la organización y catalogación de todos estos datos es uno de los principales retos a resolver para poder introducir toda esta información en plataformas *big data*.

<sup>40</sup> Algunos ejemplos: <http://www.mpa.gov.sg/web/wcm/connect/www/c3f96729-2bac-4c77-9cad-e61954a83e2d/Presentation++Toshio+Kurashiki.pdf?MOD=AJPERES>

<sup>41</sup> [http://www.rina.org.uk/Big\\_Data\\_in\\_Shipbuilding.html](http://www.rina.org.uk/Big_Data_in_Shipbuilding.html)

En cuanto a ejemplos concretos en Galicia, la compañía Navantia cuenta con un Sistema de Mantenimiento Basado en la *Condición* (SMBC) de Preditec. Este sistema centrado en el mantenimiento predictivo utiliza **algoritmos de machine learning y técnicas de análisis de datos** que permiten identificar cuál es el momento adecuado para reparar una máquina<sup>42</sup>.

### 2.3.9. Safety and Security

La **protección de los puertos y su infraestructura especializada** es una preocupación creciente debido al aumento de su tamaño, así como los riesgos humanos y ambientales que plantean. Un ataque terrorista marítimo a gran escala es actualmente más probable porque los sistemas de Control Supervisor y Adquisición de Datos (SCADA) no son lo suficientemente seguros y los puertos no disponen de tiempo y dinero suficientes para gastar en invertir en algo más que la seguridad mínima.

Al igual que el sector del automóvil, el sector Naval debe asegurar todo el ciclo de vida, desde la fabricación, donde se maneja las mismas problemáticas, hasta el despliegue y uso. Para ello es necesario tener políticas y directivas de seguridad en puertos y alta mar.

En el informe *UK Marine Security Market Report-2013* identifican la siguiente tabla a partir de una serie de **subsectores** en el dominio de *Safety y Security*:

Sub-Sector	Drivers	Posibles Oportunidades	Tecnología Emergente / Oportunidad de innovación
Vigilancia Marítima y Vigilancia Naval	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anti-Terrorismo</li> <li>- Contenido ilegal</li> <li>- Inmigración</li> </ul>	Sistemas automáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UAVs</li> <li>- CCTV</li> <li>- Teledetección</li> <li>- Radar HF</li> <li>- Radar pasivo navegación electrónica</li> </ul>
Observación y Ciencias Marítimas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación ambiental</li> <li>- cambio climático</li> </ul>	Sistemas automáticos	Vehículos submarinos
Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor ancho de banda vía satélite</li> <li>- Conectividad VHF mejorada</li> </ul>	Aplicaciones que favorecen el correo electrónico y los comunicados de texto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección cibernética</li> <li>- Mejora de las tecnologías SATCOM para el equipamiento GMDSS a bordo, (INMARSAT-C) Satélite AIS</li> </ul>
Seguridad portuaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anti-Terrorismo</li> </ul>	Programas de seguridad anti-buceo	Sistema submarino autónomo
Sistemas de gestión marítima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Convergencia de sistemas</li> <li>- Ciencias económicas</li> </ul>	Desarrollo de software de gestión	Aplicaciones basadas en el intercambio ágil de información

<sup>42</sup> [http://www.infodefensa.com/wp-content/uploads/CUADERNILLO\\_FINAL.pdf](http://www.infodefensa.com/wp-content/uploads/CUADERNILLO_FINAL.pdf)

Datos y Seguridad Cibernética	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transparencia</li> <li>- Lucha contra el crimen organizado</li> </ul>	Desarrollo de software de seguridad	Desarrollo de nuevos conceptos sobre SCADA
Seguridad en alta mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo ambiental</li> <li>- Vigilancia de la pesca</li> <li>- Control de polución</li> <li>- Antiterrorismo</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radar</li> <li>- AIS</li> <li>- Sonar</li> </ul>
Seguridad en mar territorial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vigilancia</li> <li>- Monitoreo de Embarcaciones</li> <li>- Inmigración ilegal</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora del rendimiento de radar y AIS.</li> <li>- Sistemas de monitoreo de buques contra la intrusión y falla del sistema</li> </ul>
Seguridad en Aguas Internacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Políticas nacional</li> <li>- Políticas internacionales</li> </ul>	Colaboraciones internacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección de buques y sistemas de endurecimiento</li> <li>- Armas no letales</li> </ul>

### 3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL

El diagnóstico sectorial se llevó a cabo seleccionando 40 empresas representativas del sector distribuidas por la geografía gallega, que incluyesen toda la cadena de valor: **Astilleros y Auxiliares**. Los datos agrupados de las empresas entrevistadas se muestran a continuación:

El sector naval en Galicia está formado mayoritariamente por Pymes, con una plantilla reducida y un alto nivel de subcontratación en momentos de picos de trabajo. Esto se ve en la siguiente figura, representativa del **tamaño de empresa** del sector.

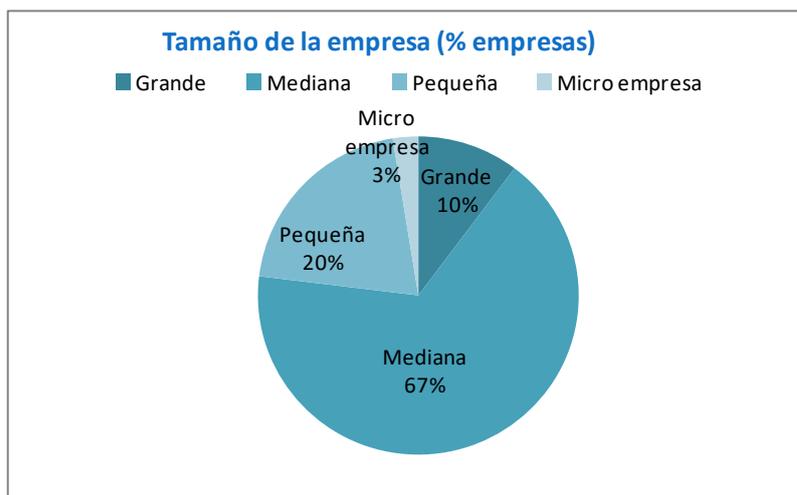


ILUSTRACIÓN 27: TAMAÑO DE LAS EMPRESAS ENTREVISTADAS

Al analizar la **antigüedad de la empresa**, se ve que en general se trata de empresas muy consolidadas, con un gran conocimiento de su actividad, y quizás por ello, con mayor resistencia al cambio que en otros sectores industriales.

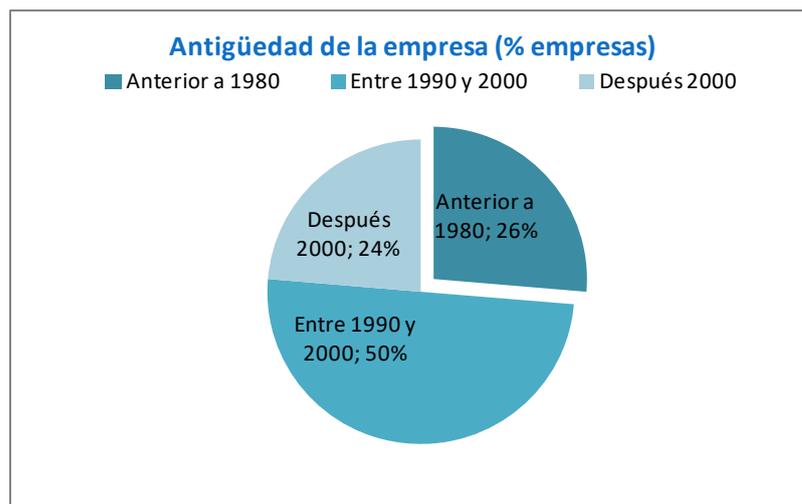


ILUSTRACIÓN 28: ANTIGÜEDAD DE LAS EMPRESAS

Casi todas las empresas disponen de **departamento de Ingeniería o departamento técnico**, que en la mayoría de los casos asume los trabajos de I+D. Estos departamentos suelen disponer de poco personal técnico (a excepción de empresas de ingeniería o de base tecnológica).

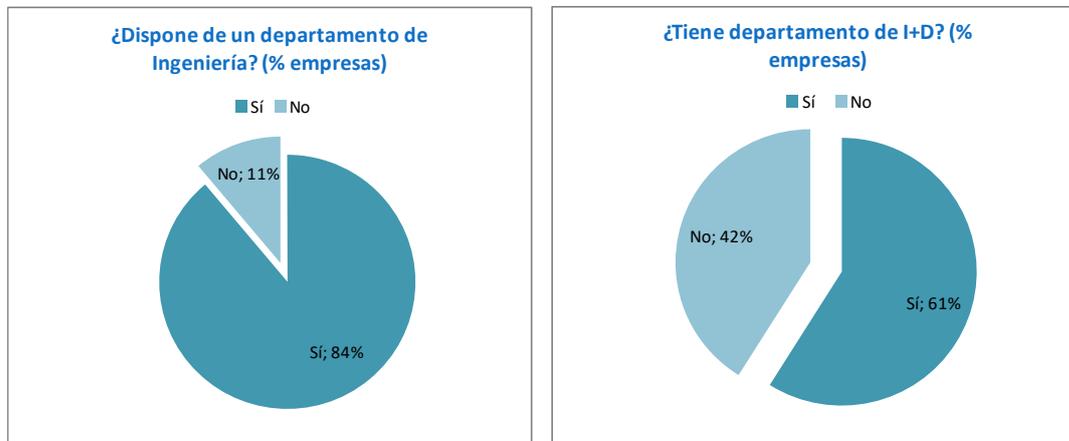


ILUSTRACIÓN 29: % DE EMPRESAS QUE DISPONEN DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA E I+D

En cambio, el **departamento TIC** en muchas de las empresas pasa a ser un servicio subcontratado. Esto puede suponer una potencial 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 TI en el sector.

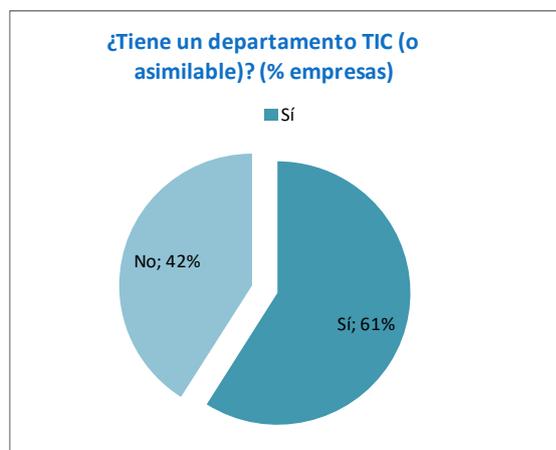
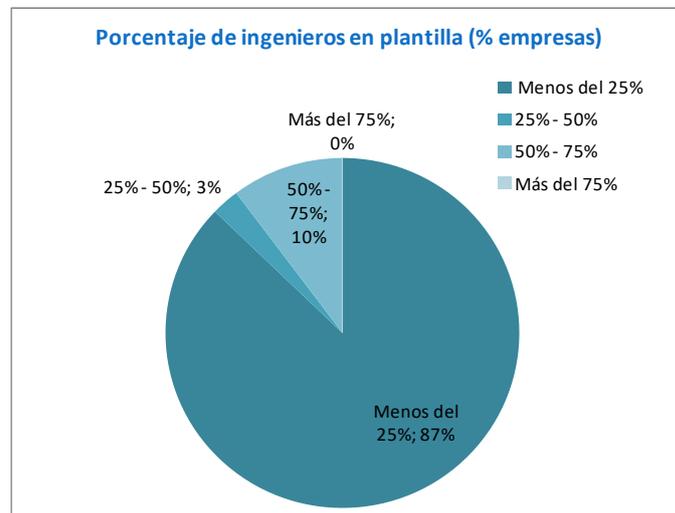


ILUSTRACIÓN 30: % DE EMPRESAS QUE DISPONEN DE DEPARTAMENTO TIC

Por último, se analizó el **porcentaje de ingenieros**, como indicador de:

- A nivel empresa, permite conocer como está basada su actividad en conocimiento, y su capacidad de asumir innovaciones.
- A nivel Galicia, permite posicionar los diferentes sectores industriales respecto a economías basadas en el conocimiento, y la capacidad de crecimiento inteligente sostenible e integrador, con la promoción de puestos de trabajo altamente cualificados (dentro de las políticas H2020).
- Además, permite analizar la sensibilidad del sector a perder puestos de trabajos con la implementación de la Industria 4.0, en puestos de trabajo no basados en conocimiento asociadas a tareas muy repetitivas.

Como se ve en la ILUSTRACIÓN 31, en un 87 % de las empresas el **porcentaje de ingenieros** (personas tituladas) no llega al 25%, y analizando mejor este dato, en un 41% de los casos, el número de ingenieros no supone ni un 10% de la plantilla. Este dato muestra por tanto la debilidad del sector para afrontar un modelo de negocio basado en conocimiento y personal altamente cualificado.

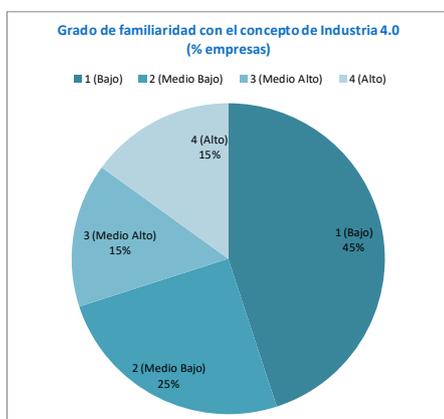


**ILUSTRACIÓN 31: % DE INGENIEROS EN PLANTILLA EN EL SECTOR NAVAL**

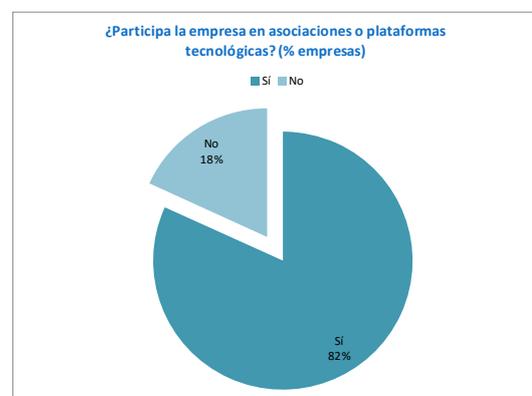
### 3.1. FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0

Las siguientes gráficas muestran la **familiaridad con el concepto de Industria 4.0** de las empresas encuestadas. De manera general, la mayoría de las empresas (82%) reciben información a través de los clústeres (Aclunaga y Asime), y aunque apenas de han formado sobre estos conceptos, los conocen de una manera superficial, sin llegar a visualizar la aplicabilidad de estos conceptos a su actividad industrial.

El concepto de industria 4.0 se entiende muchas veces ligado a la automatización de los procesos productivos, y debido a la componente manual y artesanal que caracteriza al sector, no lo ven aplicable ni a sus productos ni a sus procesos. Es más, lo encuentran muy alejado de la realidad del sector, y demandan soluciones más próximas que les permitan avanzar en la mejora de sus procesos para posicionarse en un mercado global muy competitivo.

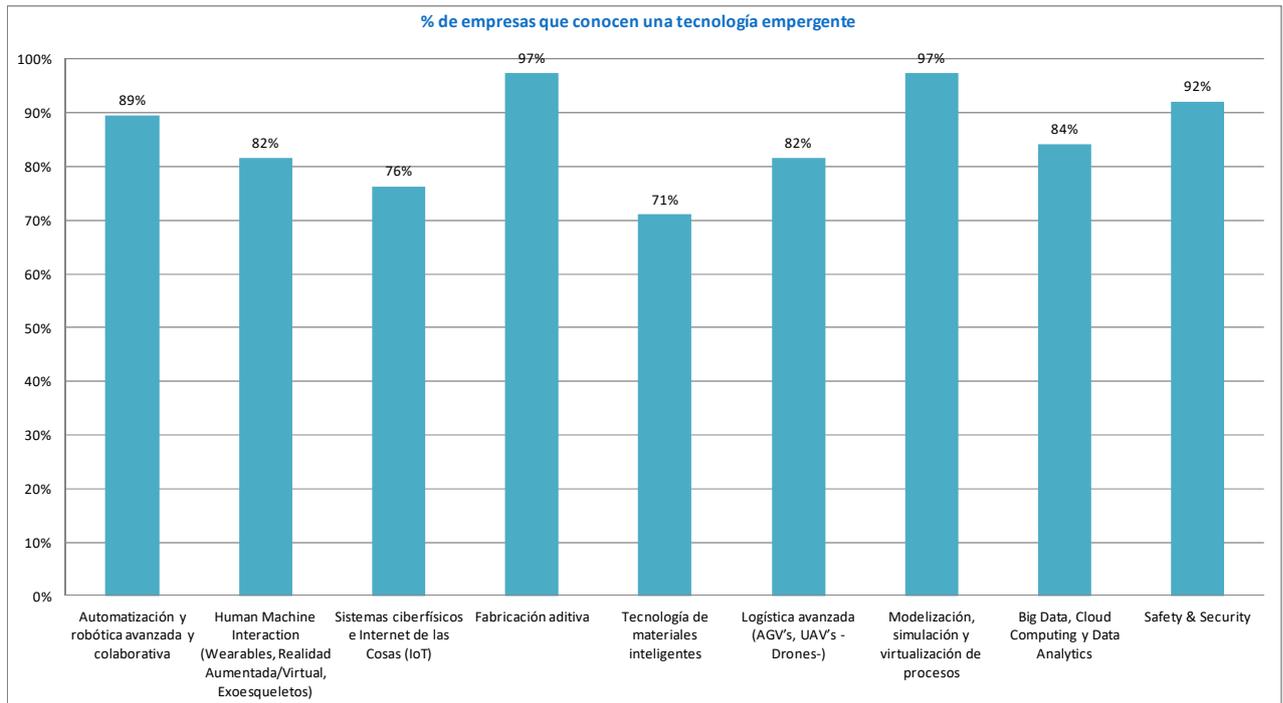


**ILUSTRACIÓN 32: GRADO DE FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0**



**ILUSTRACIÓN 33: % DE PARTICIPACIÓN EN PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS**

La siguiente gráfica refleja lo anteriormente explicado, Todos los conceptos los “conocen” de manera superficial, pero no las tecnologías asociadas.



**ILUSTRACIÓN 34: CONOCIMIENTO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES ASOCIADAS A 4.0**

Los **aspectos objetivo de la Industria 4.0 en el sector naval**, son en la mayoría de los casos:

- Incrementar la eficiencia de los sistemas productivos (84%)
- Incrementar la eficiencia de los sistemas de gestión (68%)
- Necesidad de diferenciarse (55%)

Esto se debe a la necesidad del sector de mejorar su capacidad y sistema productivo y de gestión, para poder ser competitivos en un mercado global, en el que la diferenciación determina la carga de trabajo de un astillero, así como de sus auxiliares. En Galicia, los astilleros siempre se han caracterizado por fabricar productos singulares, polivalentes y adaptados al armador, y con una componente innovadora muy importante. Esta es la única manera de competir con los astilleros de los países asiáticos, que fabrican “buques seriadados” a menor coste y plazo.

El siguiente paso será aumentar la capacidad de las empresas para el desarrollo de productos y tecnología propia, aportando mayor valor añadido a la fabricación de un barco, así como el incremento de la sostenibilidad, mediante el uso de tecnologías verdes.

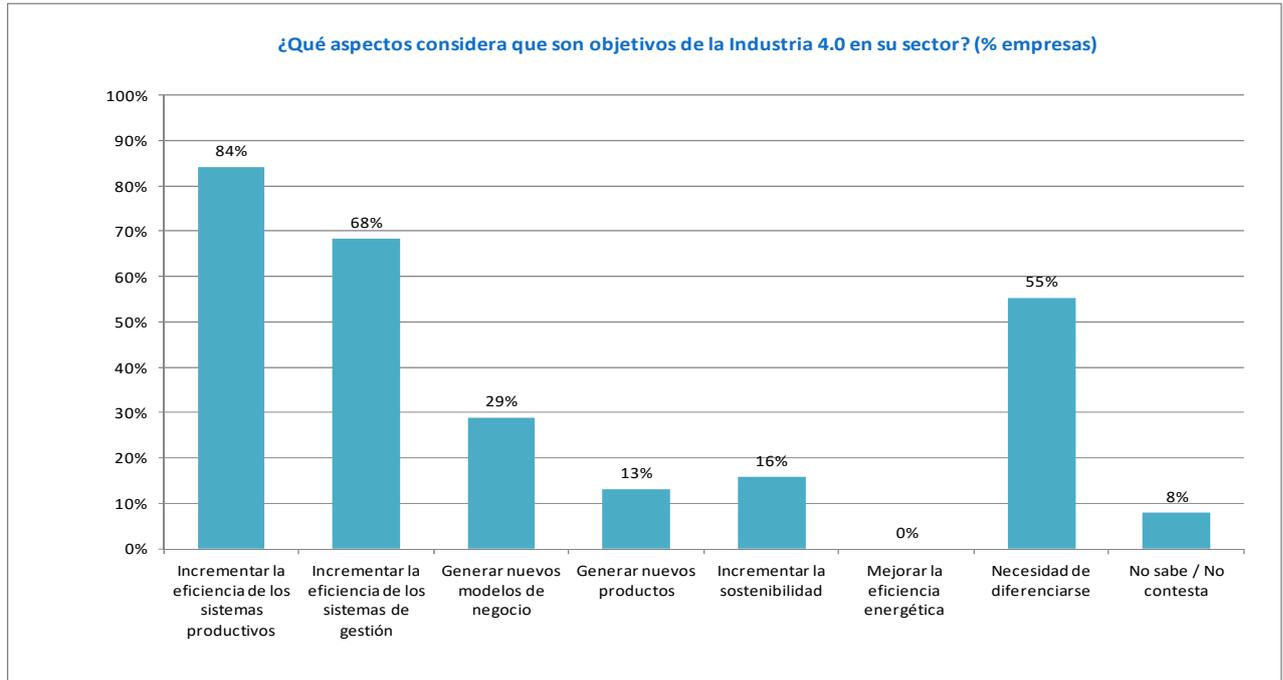


ILUSTRACIÓN 35: ASPECTOS OBJETIVO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR NAVAL

Solo un 30 % de las empresas encuestadas creen que la transformación hacia el paradigma de Industria 4.0 **potenciará en un grado alto la competitividad del sector**, quizás motivado por el enorme gap entre las tecnologías emergentes y las tecnologías empleadas en la actualidad, lo que se traduce en que en un 88% de las empresas percibe el impacto de Industria 4.0 a muy largo plazo.

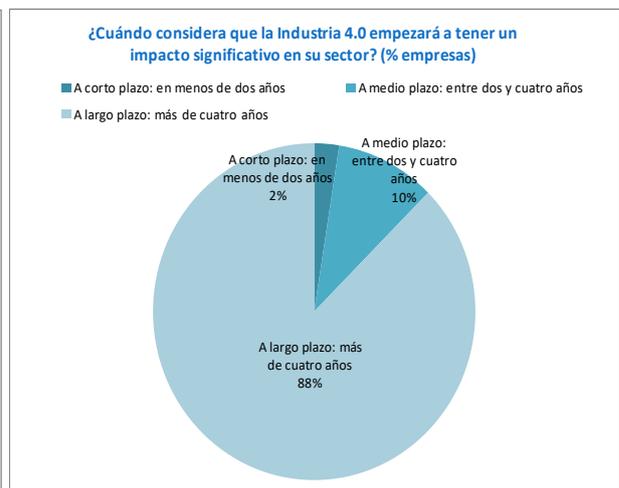
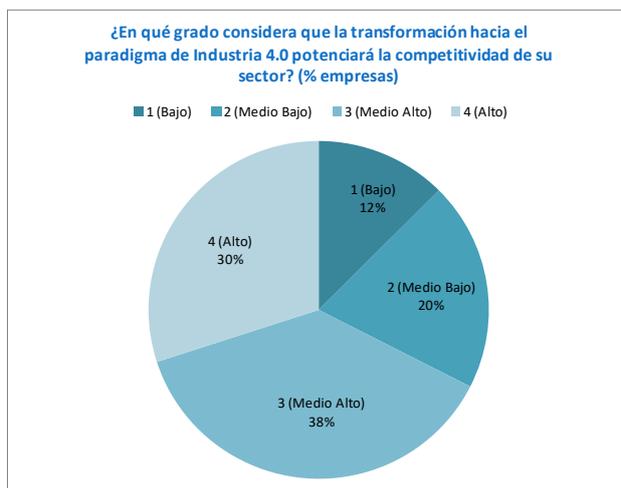


ILUSTRACIÓN 36: GRADO DE REPERCUSIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN MEJORAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR Y PLAZO EN EL QUE TENDRÁ UN IMPACTO EN EL MISMO

A la hora de analizar el impacto de industria 4.0 en reducir la **tendencia la deslocalización de la producción**, nos encontramos con que la mayor parte de las empresas perciben la elección de un astillero u otro por la diferenciación en la tipología de buque fabricado. La deslocalización es una situación que se

da en grandes grupos empresariales, con capacidad para mover sus plantas hacia países de mano de obra más barata (sector automoción, sector textil, etc.).

El sector de construcción naval es desde hace muchos años un sector marcado por la internacionalización y la globalización. Los astilleros gallegos son empresas que generalmente tienen una o dos plantas de producción, y que no ven la deslocalización como una opción de negocio. Un 74% de las empresas encuestadas, considera que la Industria 4.0 ayudará a conseguir mayor volumen de trabajo, barcos más tecnológicos y competitivos en precios, etc., pero no influye en la localización de los astilleros. La industria auxiliar, ubicada donde se encuentran los astilleros, percibe la misma idea de que la deslocalización no se ve influida por la transformación de la industria hacia el 4.0.

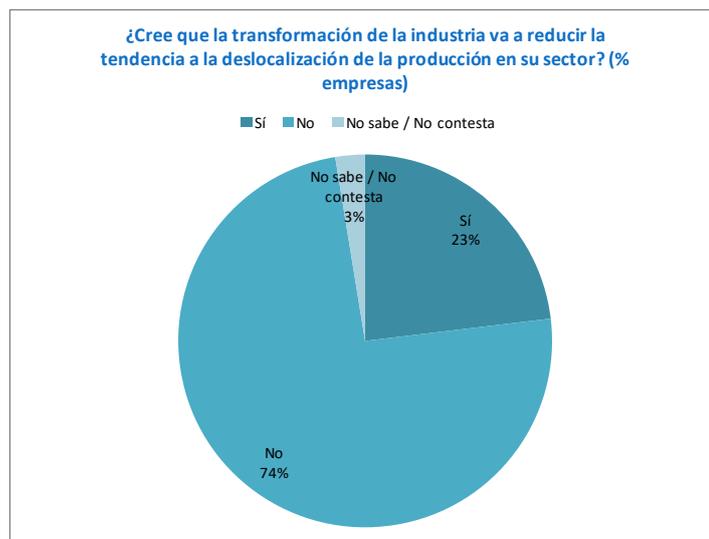


ILUSTRACIÓN 37: INFLUENCIA DE LA INDUSTRIA 4.0 EN MINIMIZAR LA DESLOCALIZACIÓN

La mayoría de las empresas participa en Asociaciones o Plataformas tecnológicas, y consideran que en estos foros se abordan temáticas relacionadas con Industria 4.0. Aun así, no se han realizado **formaciones específicas** en un 95<sup>a</sup>% de los casos.

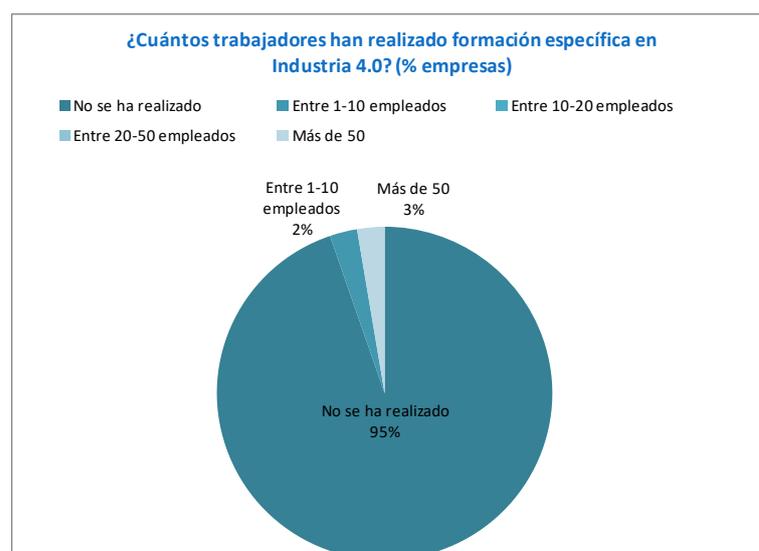
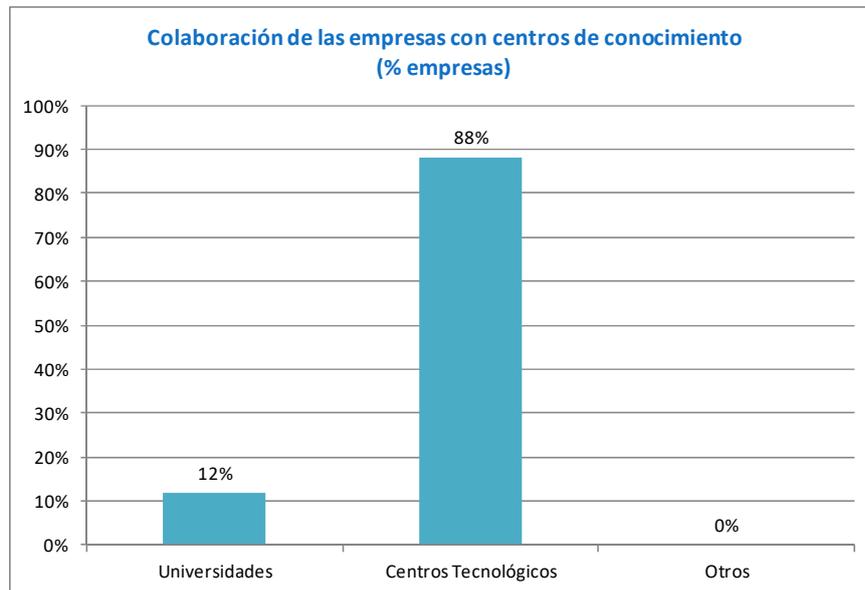


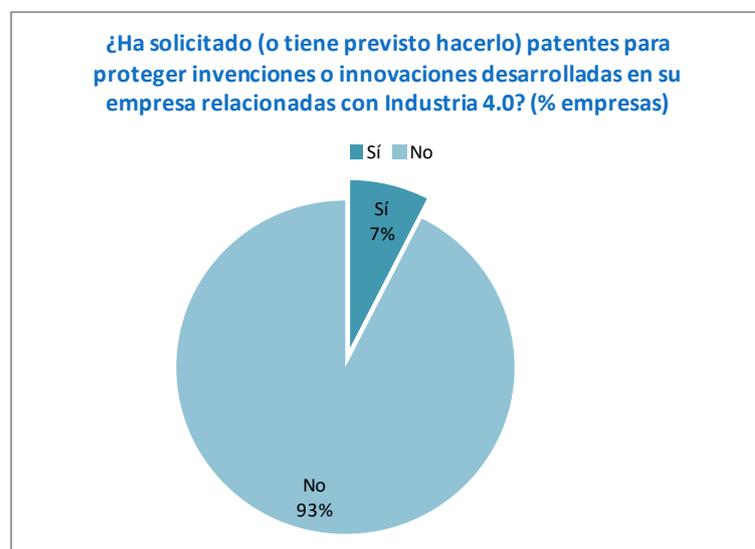
ILUSTRACIÓN 38: EMPRESAS QUE HAN FORMADO A SUS TRABAJADORES EN INDUSTRIA 4.0

El Sector Naval, también está muy próximo a los **Centros tecnológicos**, con los que colaboran en su día a día en trabajos que no tienen capacidad de asumir internamente.



**ILUSTRACIÓN 39: % DE EMPRESAS QUE COLABORAN DE FORMA HABITUAL CON CENTROS TECNOLÓGICOS Y UNIVERSIDADES**

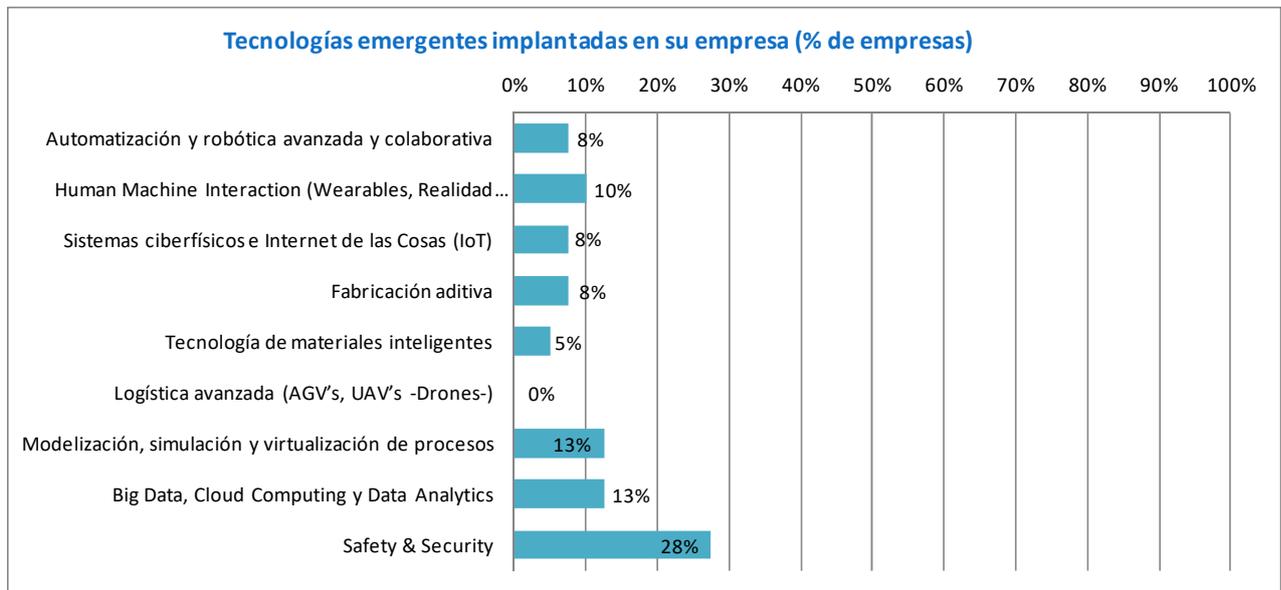
Debido a la falta de desarrollo de producto o tecnología propia, las empresas no han desarrollado **patentes** en un 93% de los casos. Solo alguna empresa de base tecnológica, ha patentado aspectos relacionados con su producto.



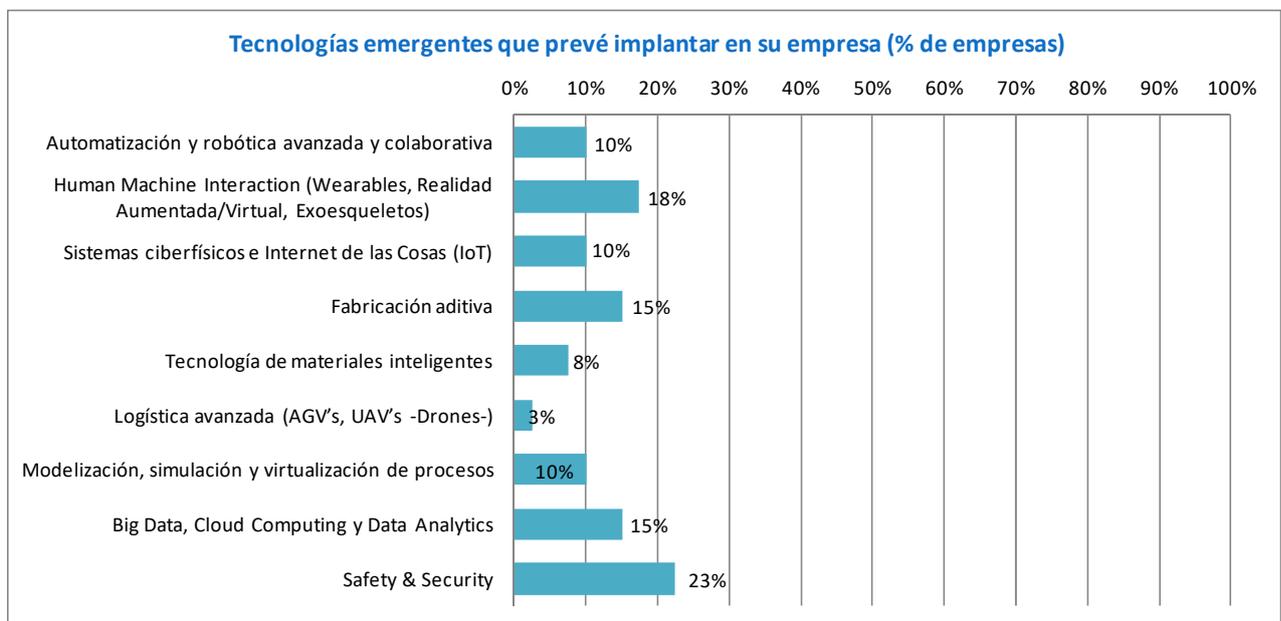
**ILUSTRACIÓN 40: % DE EMPRESAS QUE HAN SOLICITADO PATENTES**

### 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 41 y ILUSTRACIÓN 42 muestran la poca implementación de las tecnologías habilitadoras Industria 4.0 en el Sector naval, junto con la poca previsión de implementación de las mismas.



**ILUSTRACIÓN 41: TECNOLOGÍAS EMERGENTES IMPLEMENTADAS EN LAS EMPRESAS ENCUESTADAS**



**ILUSTRACIÓN 42: % DE EMPRESAS QUE TIENEN PREVISTO IMPLEMENTAR ALGUNA TECNOLOGÍA EMERGENTE**

Son muchas las causas que motivan esta situación del sector, y que se repiten a lo largo del presente informe. Lo que es un hecho es que es necesario un cambio tecnológico profundo para conseguir

potenciar un sector clave en la economía gallega, y que son muchos los agentes que deben intervenir en este cambio, desde los Astilleros como empresas tractoras, las auxiliares, la administración, etc.

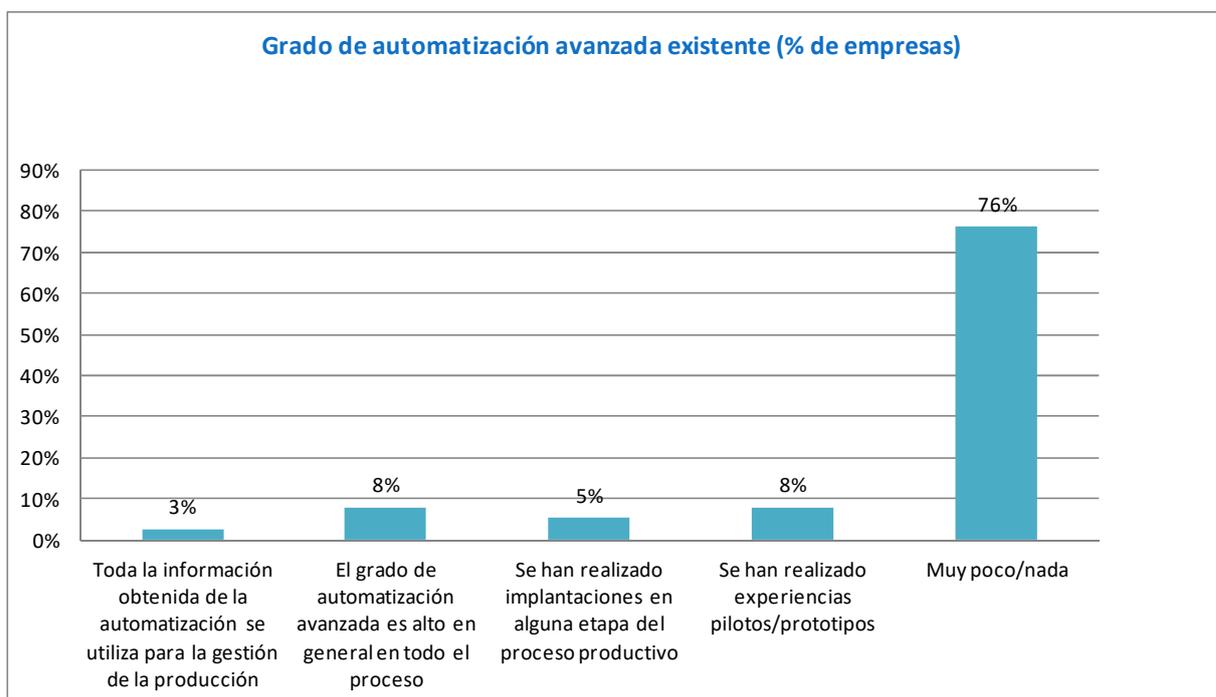
### 3.2.1. Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes

A continuación se muestra el resultado de la visita a las 40 empresas representativas del Sector naval, 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

El grado de automatización avanzada existente en la mayoría de las empresas del sector es muy bajo. El sector naval gallego, a día de hoy, se encuentra muy poco automatizado. Esto es debido a que, en general, la automatización y la robótica van muy vinculados a la producción seriada, y en el sector naval se fabrican productos unitarios, que rara vez coinciden con otros productos fabricados.

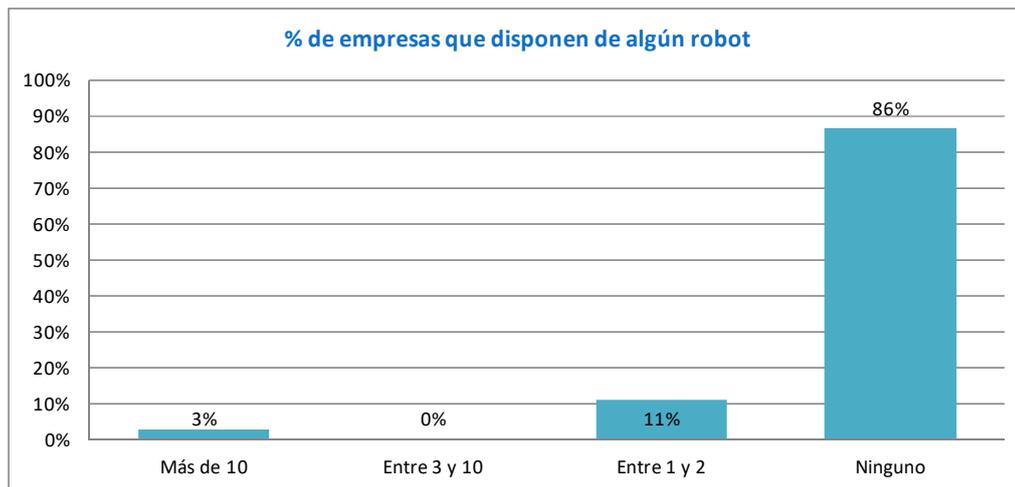


**ILUSTRACIÓN 43: GRADO DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA EXISTENTE EN LAS EMPRESAS**

La concepción tradicional de la industria naval se ha mantenido prácticamente sin cambios hasta épocas muy recientes: *ha concebido cada barco como un producto único demandado por un armador único que, en todo momento, ha sido el que ha determinado las características de su barco.* Esta ha sido la causa

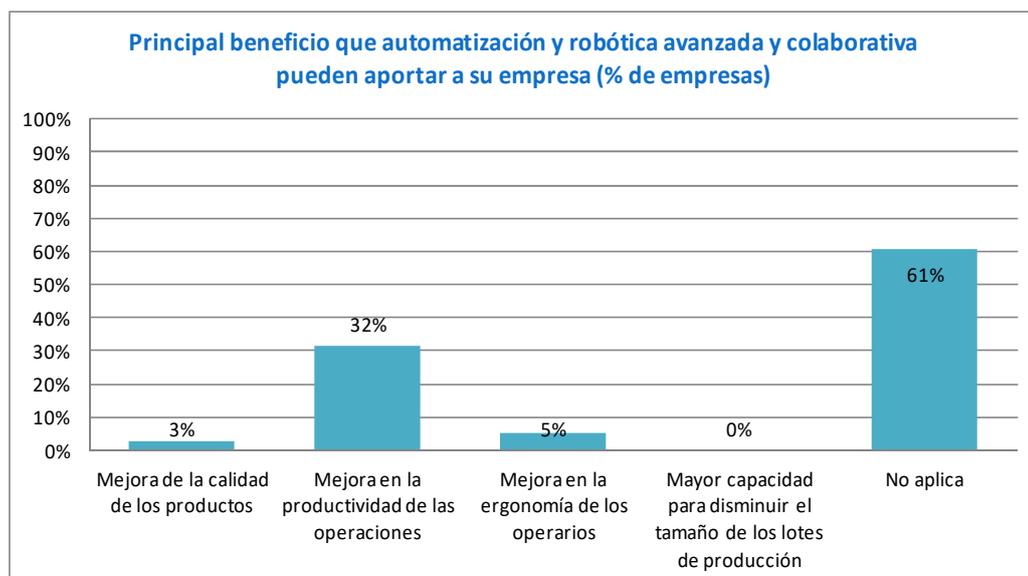
principal por la que la industria de construcción naval ha tardado tanto en empezar a adoptar sistemas automatizados en general y las técnicas de fabricación *lean* en particular.

El número de robots existentes en las empresas son una muestra del cambio de tipo de puesto de trabajo, ya que las actividades repetitivas susceptibles de ser llevadas a cabo por un robot, deben ser realizadas por los mismos, y permitir que las personas desempeñen tareas de alto valor añadido. Son muy pocas las empresas del sector que emplean robots, y en la mayoría de los casos no consideran que la automatización y la robótica colaborativa supongan un beneficio para la empresa.



**ILUSTRACIÓN 44: % DE EMPRESAS QUE DISPONEN ROBOTS EN SU PROCESO PRODUCTIVO**

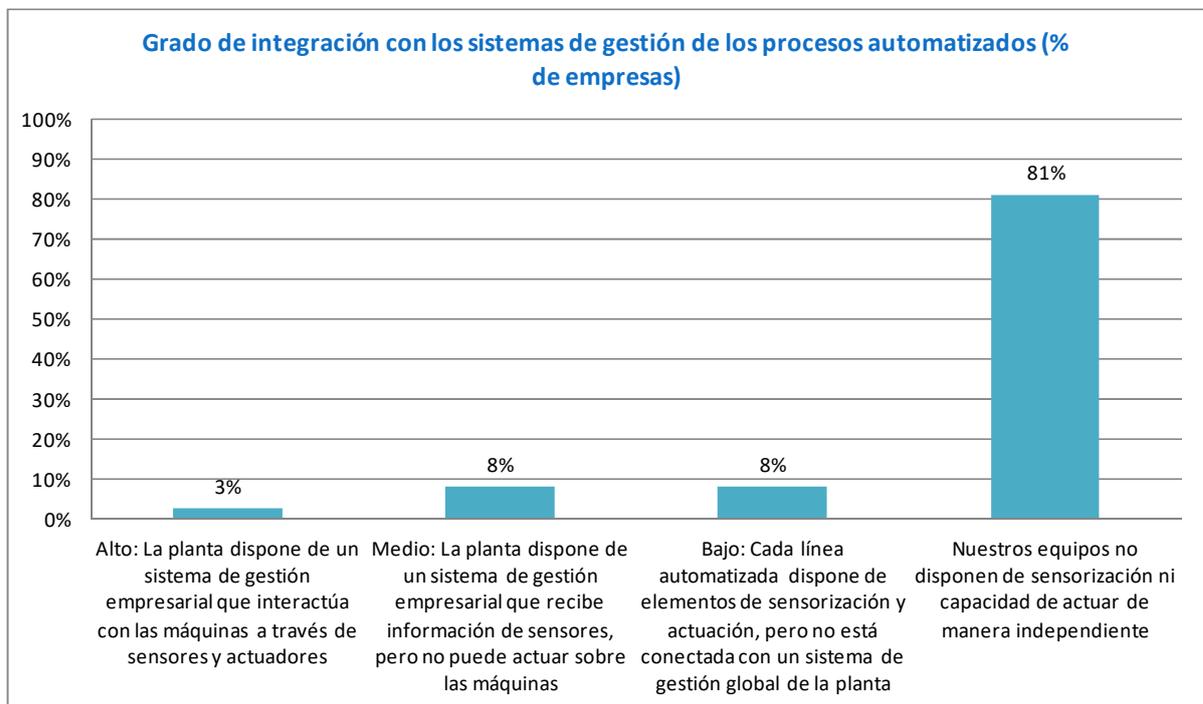
Esta fuerte resistencia al cambio se traduce en un nivel tecnológico en el sector naval muy inferior al de otros sectores industriales. Muestra de ello es que en un 61 % de las empresas, no se le ve aplicación a la automatización y a la robótica colaborativa, y desde la dirección de las empresas, tampoco se percibe esta necesidad.



**ILUSTRACIÓN 45: % DE EMPRESAS QUE CONSIDERAN QUE LA AUTOMOTIZACION Y ROBOTICA COLABORATIVA APORTA BENEFICIOS PARA LAS EMPRESAS**

La ausencia de sistemas de gestión adaptados a las particularidades del sector, o su mala utilización, han provocado pérdidas económicas muy importantes en el sector, ya que desviaciones de un 5% en el

presupuesto de un barco de 150 millones de euros, suponen pérdidas de 7.5 millones de euros, no asumibles por la mayoría de las empresas del sector (fundamentalmente pymes con muy poca estructura).



**ILUSTRACIÓN 46: % DE EMPRESAS QUE TIENEN INTEGRADA LA PRODUCCIÓN CON LOS SISTEMAS DE GESTIÓN**

Sin embargo, la tendencia hacia la fabricación automatizada debe ser el camino para conseguir instaurar en el astillero actividades y procesos de fabricación repetitivos que puedan mantenerse de un producto intermedio a otro y de una construcción a otra, y de esta manera conseguir una mayor productividad, disminuir los errores debidos a fallos humanos, eliminar retrasos y retrabajos, y en general, mejorar la calidad de los procesos de fabricación.

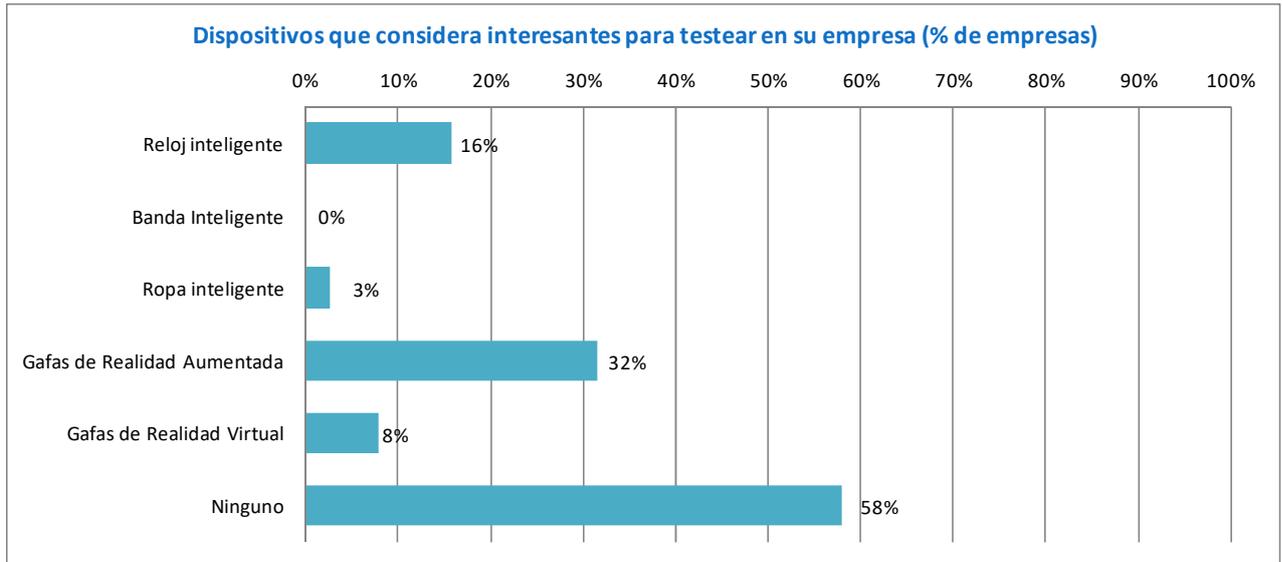
### HUMAN MACHINE INTERACTION

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.

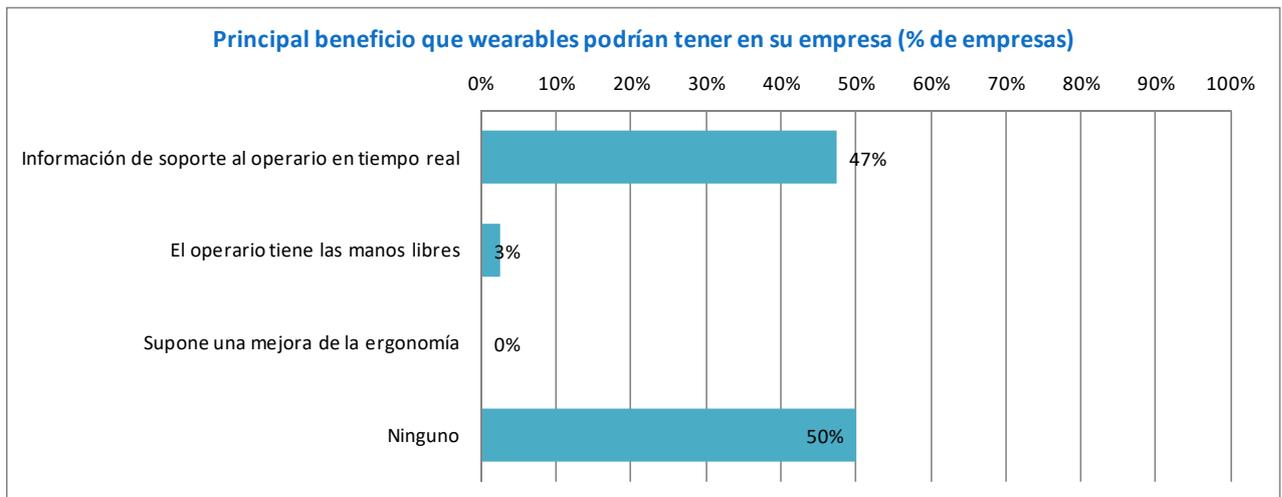
La escasa automatización del sector naval, así como la falta de un sistema de gestión integrado con la producción, hace que **la aplicación a día de hoy de este tipo de dispositivos sea prácticamente nula.**

Existe un cierto interés en testear los relojes inteligentes (16%), y las gafas de realidad aumentada (32%) y realidad virtual (8%), aunque un 58% de las empresas no han mostrado interés en probar estos dispositivos, muy alejados de su día a día.



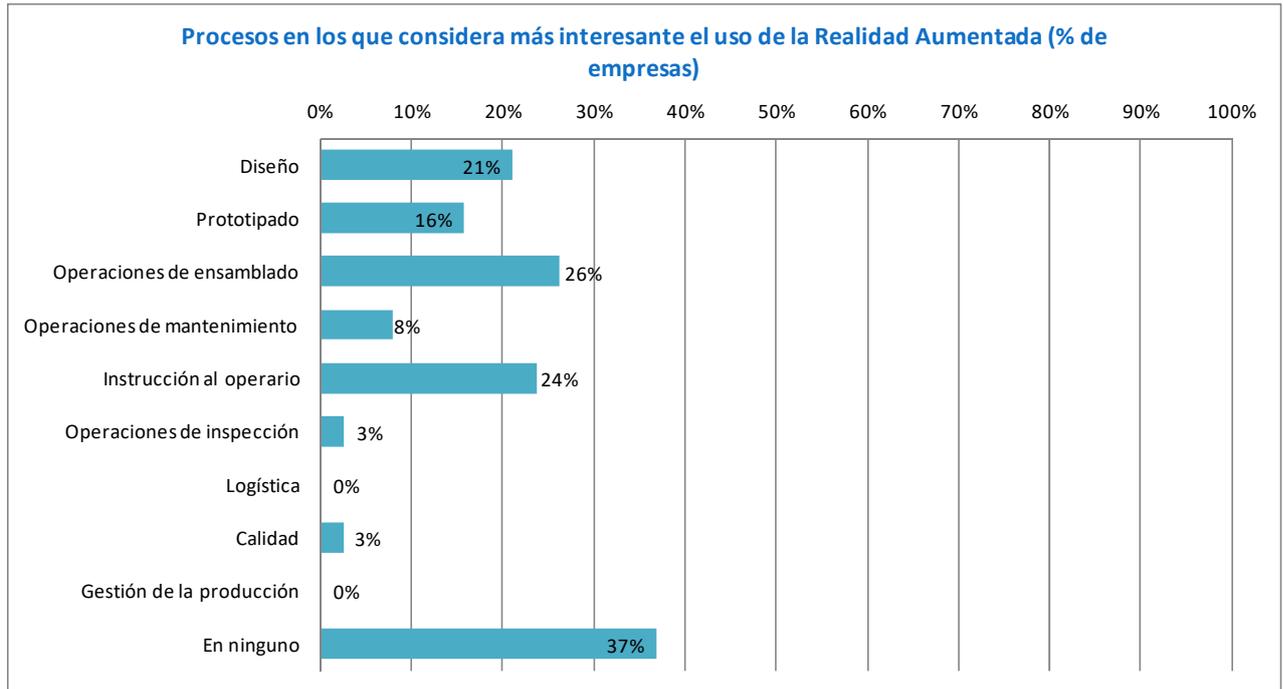
**ILUSTRACIÓN 47: DISPOSITIVOS INTERESANTES PARA TESTEAR EN LAS EMPRESAS (HMI)**

Y al preguntar por el beneficio que aportarían los **wereables**, se mantiene la misma tendencia, un 51 % de las respuestas creen que el principal beneficio que tendría es la información de soporte al operario en tiempo real, y un 43 % no le ve ninguna utilidad.



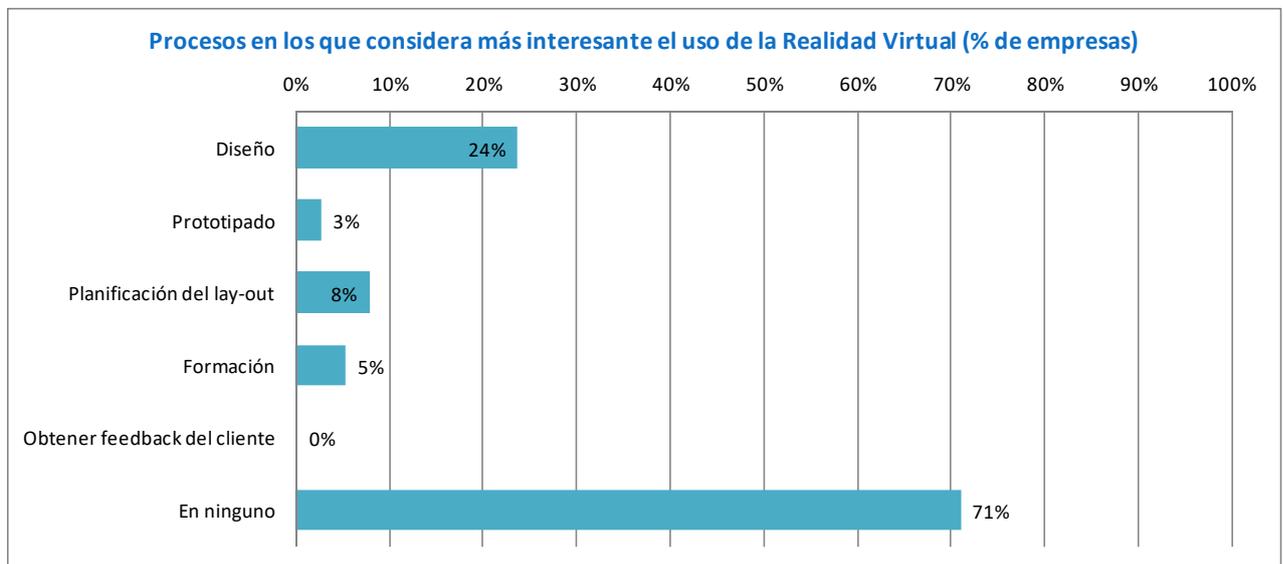
**ILUSTRACIÓN 48: PRINCIPAL BENEFICIO DEL USO DE ESTOS DISPOSITIVOS**

En particular, si se analiza la aplicabilidad de la **realidad aumentada**, podría considerarse en un futuro, como una herramienta útil para ensamblado e instrucción al operario, pero a día de hoy ni los astilleros más automatizados del mundo (como los astilleros Coreanos) utilizan este tipo de dispositivos.



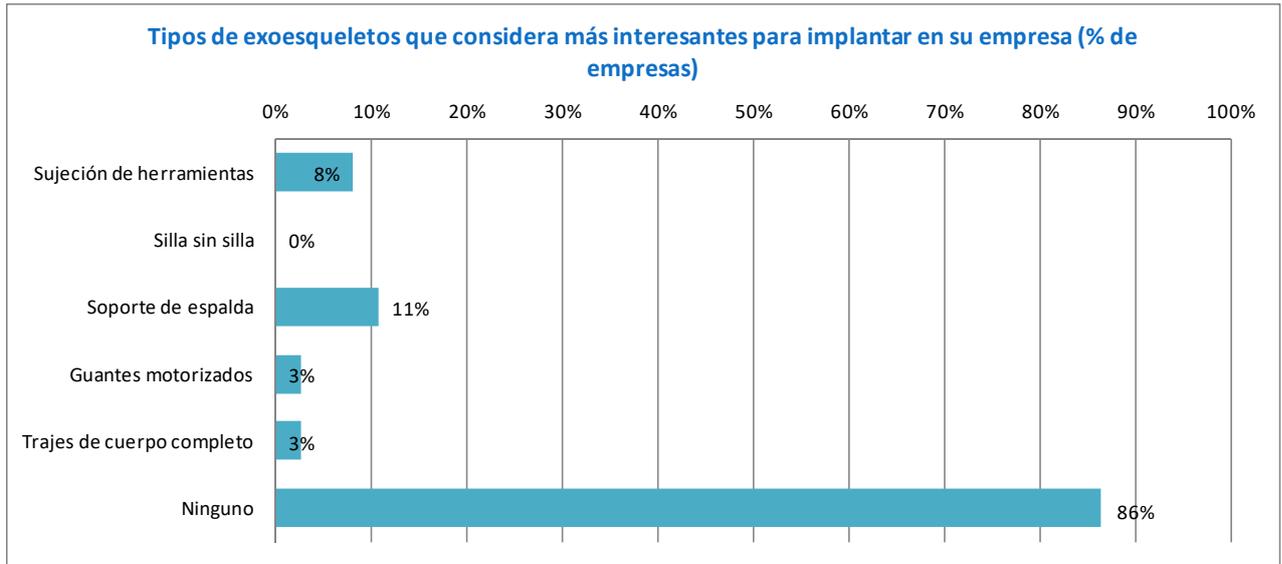
**ILUSTRACIÓN 49: PROCESOS EN LOS QUE SE CONSIDERA MÁS INTERESANTE EL USO DE LA REALIDAD AUMENTADA**

Respecto a la **realidad virtual**, la mayoría de las empresas no lo consideran interesante ni aplicable a sus procesos.



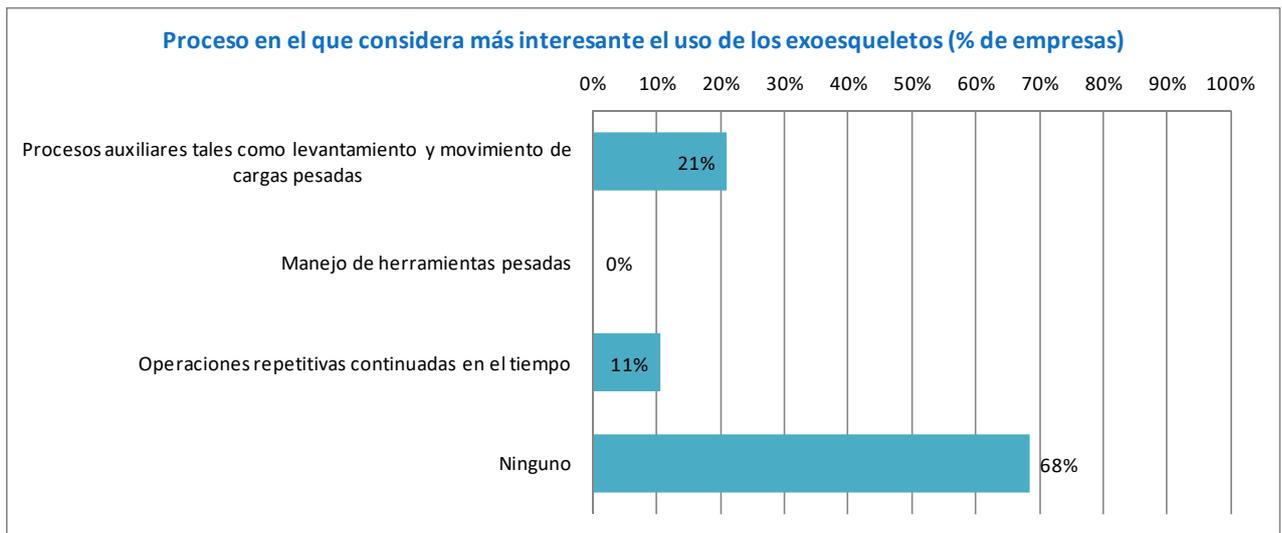
**ILUSTRACIÓN 50: PROCESOS EN LOS QUE SE CONSIDERA MÁS INTERESANTE EL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL**

Lo mismo ocurre con los **exoesqueletos**, las empresas no conocen estas tecnologías, y por este motivo, no lo consideran interesante ni le encuentran aplicabilidad en su actividad productiva.



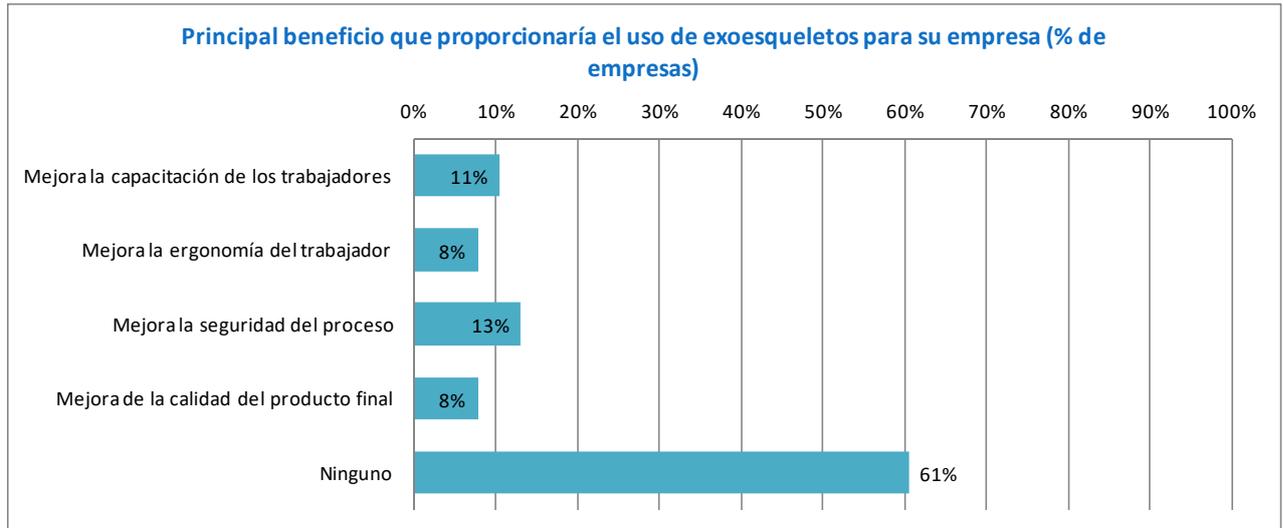
**ILUSTRACIÓN 51: TIPOS DE EXOESQUELETOS MÁS INTERESANTES PARA IMPLEMENTAR EN LAS EMPRESAS**

Respecto a los procesos donde se podrían emplear, un 68% de las empresas no le ven aplicabilidad a día de hoy.



**ILUSTRACIÓN 52: PROCESOS EN LOS QUE CONSIDERA MÁS INTERESANTE EL USO DE EXOESQUELETOS**

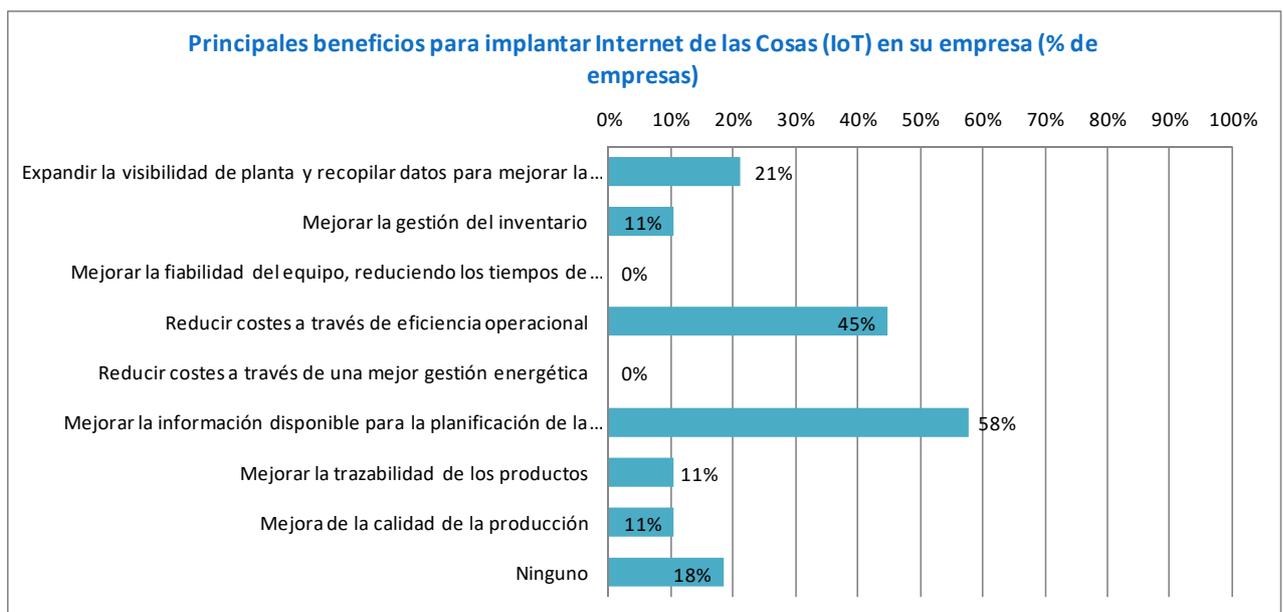
Por último se muestra como en la misma línea que en las anteriores preguntas, las empresas no perciben ningún beneficio con el uso de los exoesqueletos en un 61% de los casos.



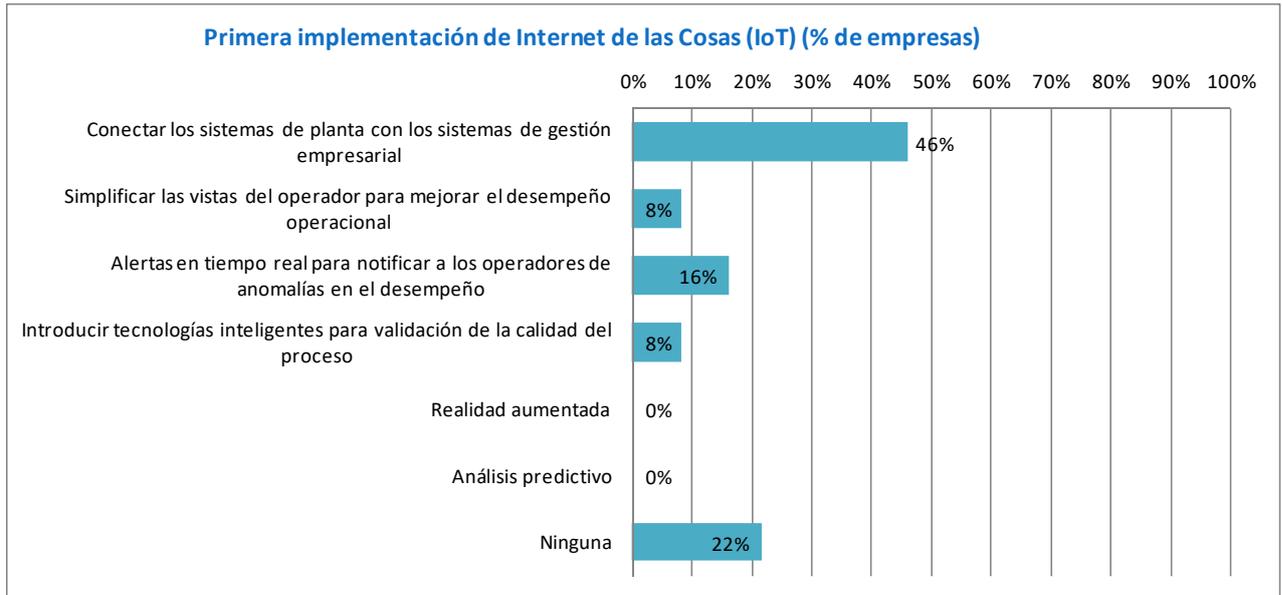
**SISTEMAS CIBERFÍSICOS E INTERNET DE LAS COSAS**

La idea básica de IoT es conectar los objetos (gente, máquinas, etc.) para proporcionar comunicaciones constantes. En la empresa, el IoT supone la posibilidad de conectar sistemas de gestión (PLCs, SCADAs, Mes, etc.) con el mundo exterior e interactuar con otros eslabones de la cadena de valor, con las medidas de seguridad oportunas para garantizar la protección, fiabilidad y confidencialidad de la información.

En la misma línea que las anteriores tecnologías emergentes, el sector naval gallego se encuentra todavía muy alejado de la implementación de Internet de las cosas, motivado por la falta en muchos casos de un sistema de gestión empresarial conectado con los equipos productivos, que permita un control en tiempo real de la producción. Muestra de ello es que el principal interés de su implementación, sería **mejorar la información disponible para la planificación de la producción**, y la **primera implementación prevista sería el conectar los sistemas de planta con los sistemas de gestión**.



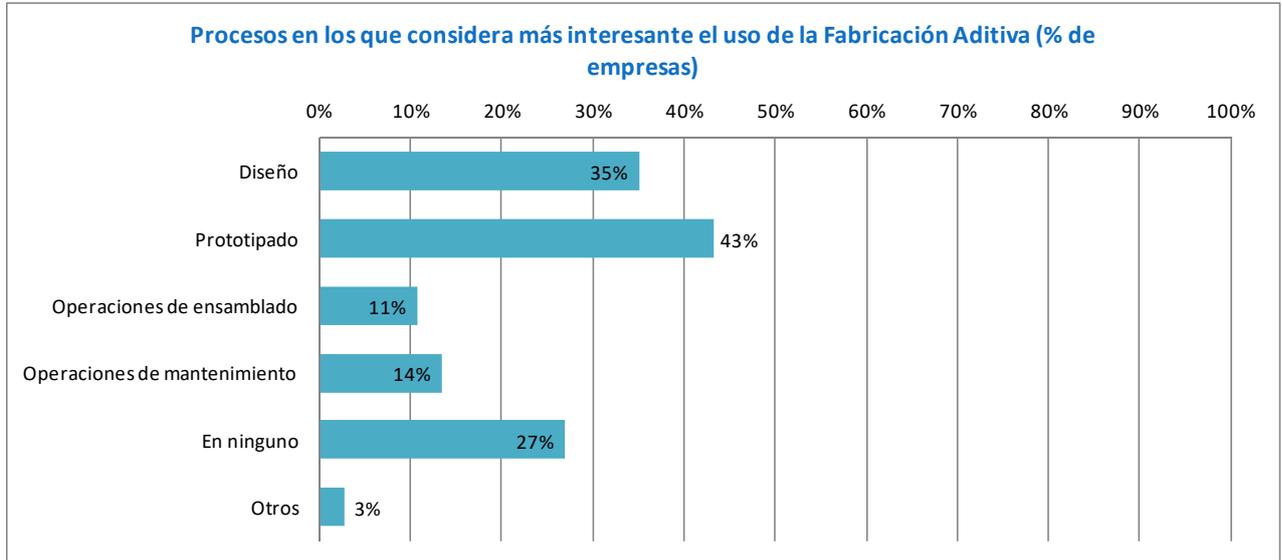
**ILUSTRACIÓN 53: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE IOT EN EL SECTOR NAVAL**



**ILUSTRACIÓN 54: PRIMERA IMPLEMENTACIÓN DE IOT EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR NAVAL**

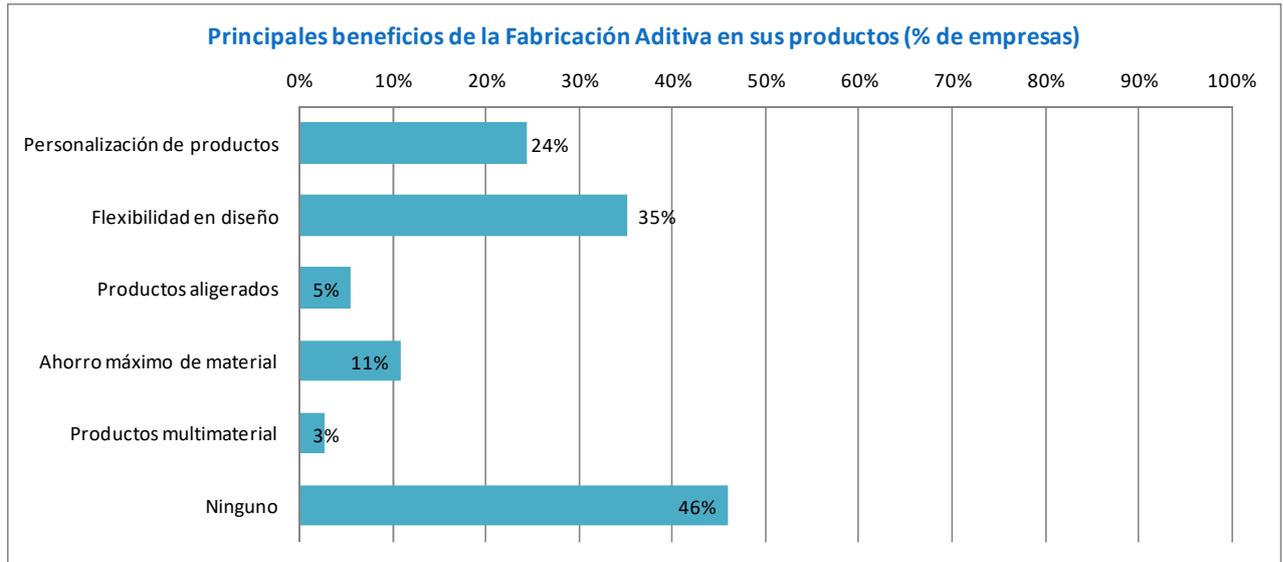
**FABRICACIÓN ADITIVA**

La fabricación aditiva en materiales poliméricos es para el sector naval una tecnología algo más próxima a su actividad que las anteriores tecnologías emergentes, ya que las empresas conocen la tecnología a nivel usuario y en muchos casos la han usado, principalmente en procesos de prototipado.



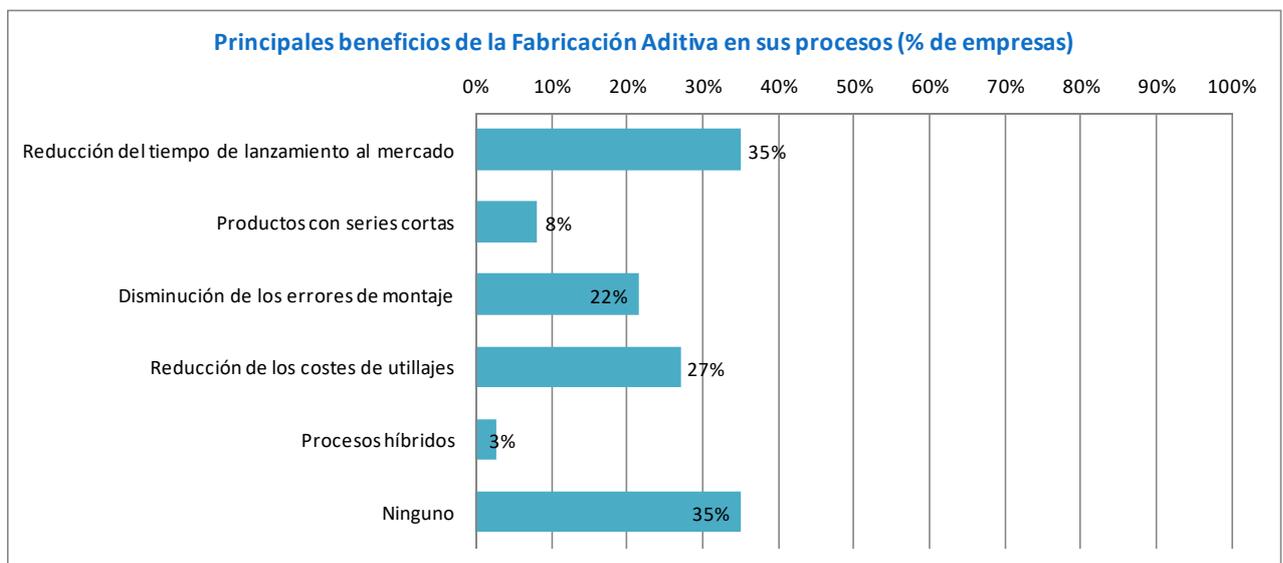
**ILUSTRACIÓN 55: PROCESOS EN LOS QUE SE CONSIDERA MÁS INTERESANTE EL USO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA**

Debido a la gran cantidad de componentes metálicos en la estructura de un barco, la incorporación de este tipo de piezas en los **productos** navales se encuentra mucho más limitada. No así en la parte de sistemas y habilitación naval.



**ILUSTRACIÓN 56: PRINCIPALES BENEFICIOS DEL USO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN EL SECTOR NAVAL**

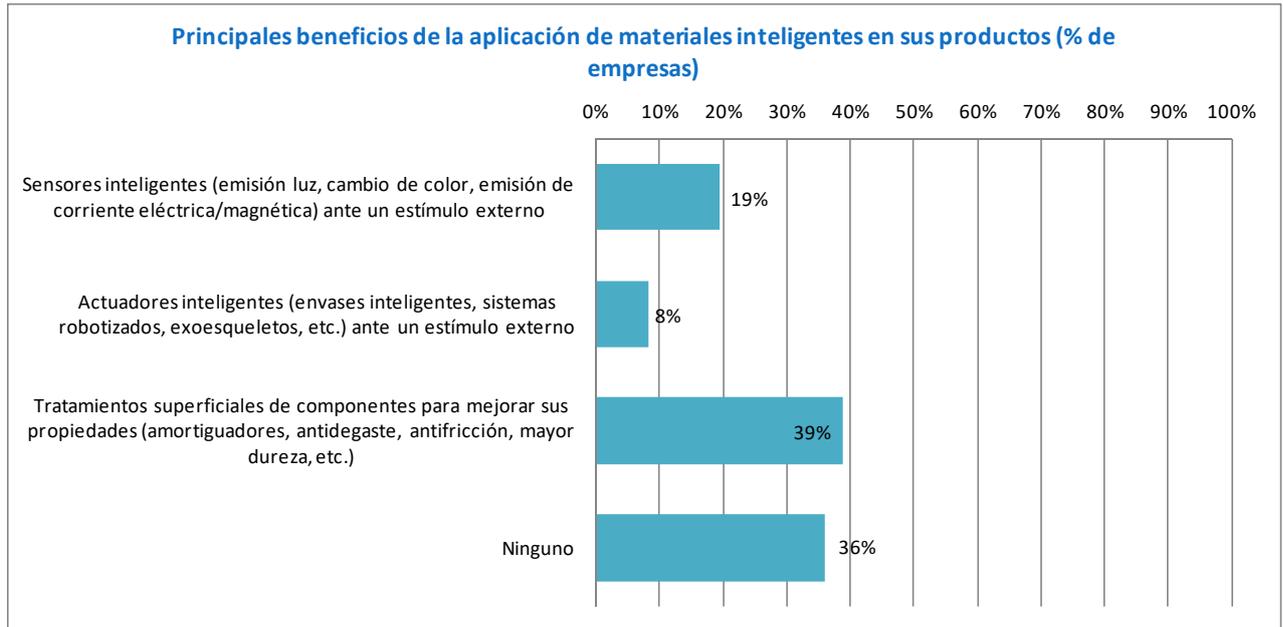
Los beneficios del uso de **fabricación aditiva en los procesos**, suelen estar vinculados a la disminución del tiempo de lanzamiento al mercado (35% de las respuestas), en aquellos casos que se usan como prototipo rápido para presentar al cliente la solución que se va a fabricar posteriormente por métodos convencionales.



**ILUSTRACIÓN 57: PRINCIPALES BENEFICIOS DEL USO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN LOS PROCESOS**

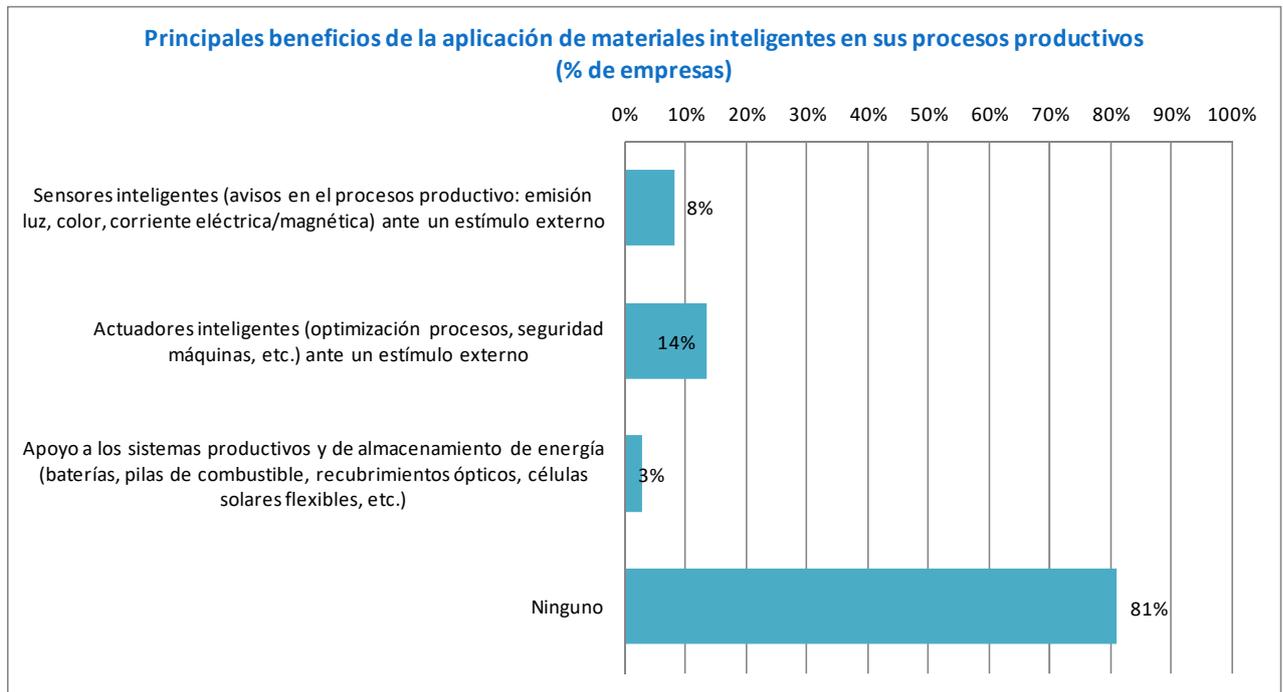
### MATERIALES INTELIGENTES

Debido a la falta de automatización e integración de los equipos productivos con los sistemas de gestión, el principal uso de materiales inteligentes en productos del sector naval se da en tratamientos superficiales de los materiales para mejorar sus propiedades, pero no en los procesos productivos, como sensores o actuadores inteligentes.



**ILUSTRACIÓN 58: PRINCIPALES BENEFICIOS DEL USO DE MATERIALES INTELIGENTES EN LOS PRODUCTOS DEL SECTOR NAVAL**

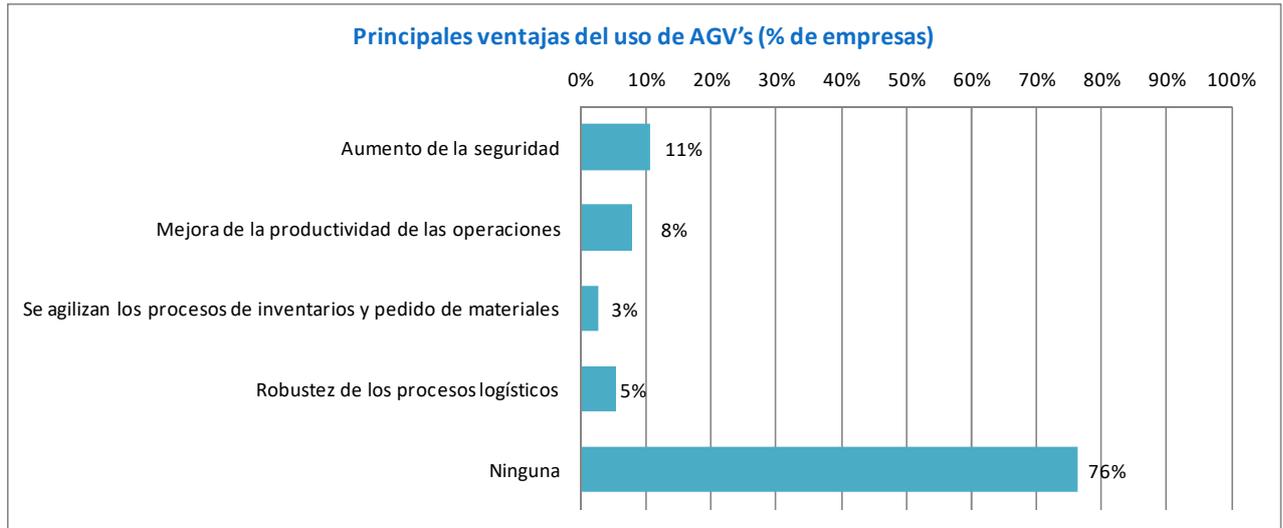
En cuanto a los procesos, un 81% de las empresas no le vio ninguna aplicabilidad, ya que este tipo de materiales van muy ligados a equipos automatizados con un nivel de sensorización importante.



**ILUSTRACIÓN 59: PRINCIPALES BENEFICIOS DEL USO DE MATERIALES INTELIGENTES EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DEL SECTOR NAVAL**

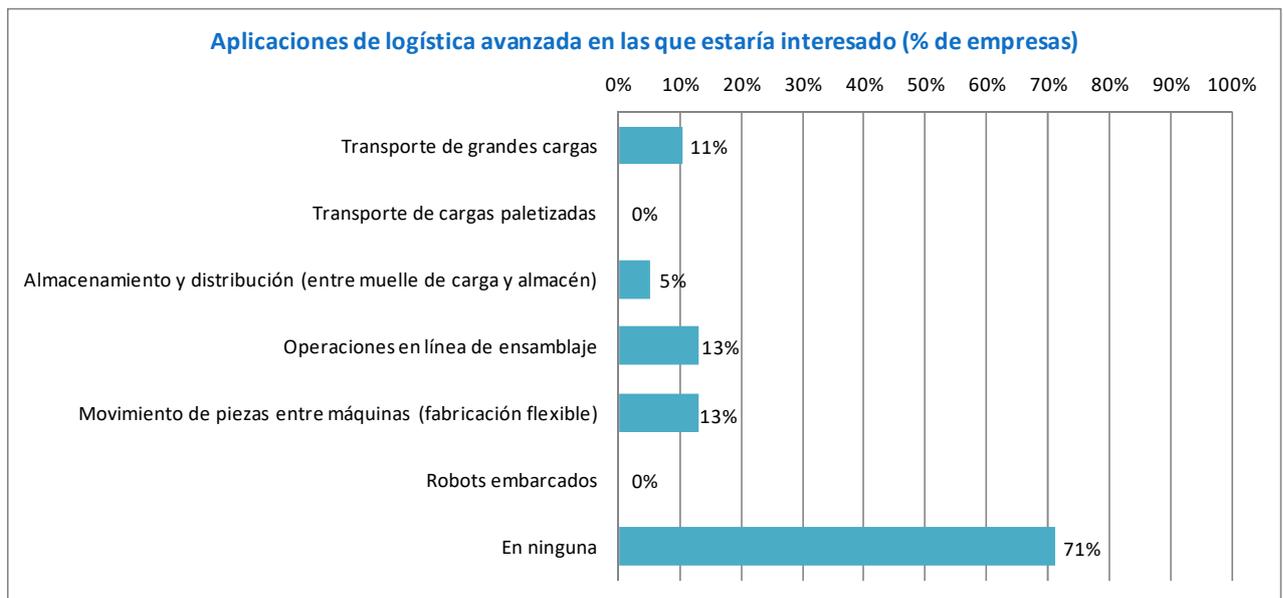
**LOGÍSTICA AVANZADA (AGVS, UAVS Y DRONES)**

En la misma línea que las tecnologías anteriores, los sistemas logísticos estudiados (Vehículos de guiado automático y Vehículos aéreos no tripulados), en el sector naval, siguen siendo tecnologías muy incipientes, que en la mayoría de los casos no se les ve una clara aplicación.



**ILUSTRACIÓN 60: PRINCIPALES VENTAJAS DEL USO DE AGV'S EN EL SECTOR NAVAL**

En cuanto a aplicaciones logísticas, el sector no ve a día de hoy aplicabilidad a estos sistemas en un 71% de los casos. A pesar de ello, destacar que se han desarrollado prototipos de robots autónomos, como en el proyecto Carlos (Cooperative Robot for large Spaces manufacturing), para soldadura de pernos a mamparos con la ayuda de visión artificial.



**ILUSTRACIÓN 61: APLICACIONES LOGÍSTICAS EN LAS QUE ESTARÍAN INTERESADAS LAS EMPRESA DEL SECTOR NAVAL**

Dentro de la logística avanzada, mencionar que los sistemas basados en drones no se han aplicado en el sector, y solo hay una empresa que ha diversificado su actividad hacia la fabricación de este tipo de dispositivos.

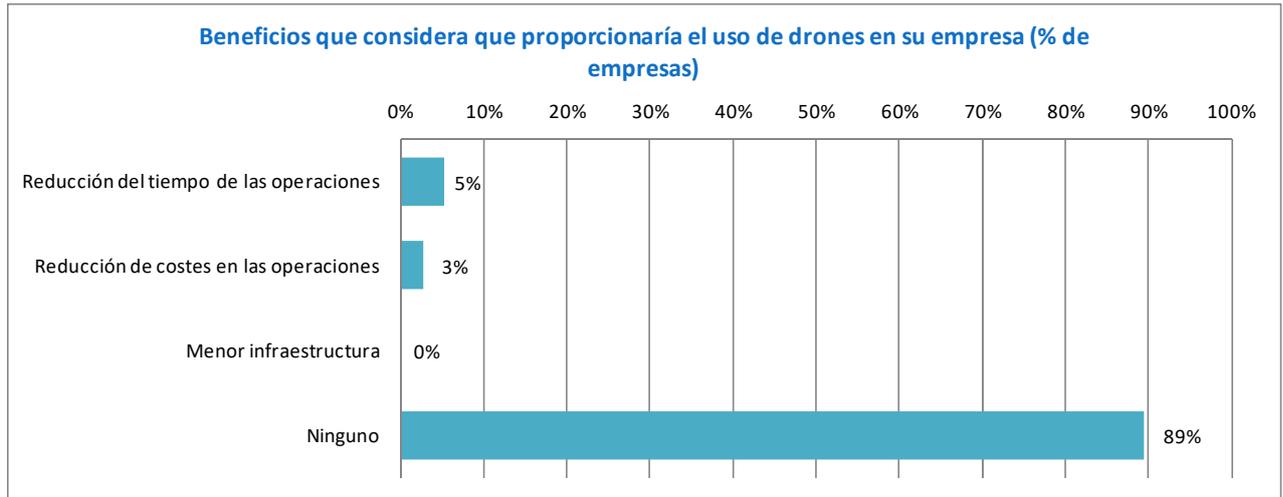


ILUSTRACIÓN 62: BENEFICIOS DEL USO DE DRONES EN EL SECTOR NAVAL

**MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS**

El sector naval percibe esta tecnología como una posibilidad de disminuir los costes de fabricación gracias a la mejora de sus procesos productivos y la optimización de flujos. A pesar de ello, no es una tecnología a día de hoy implementada, y lo único que se lleva a cabo en procesos de simulación es como método de apoyo al diseño del producto.

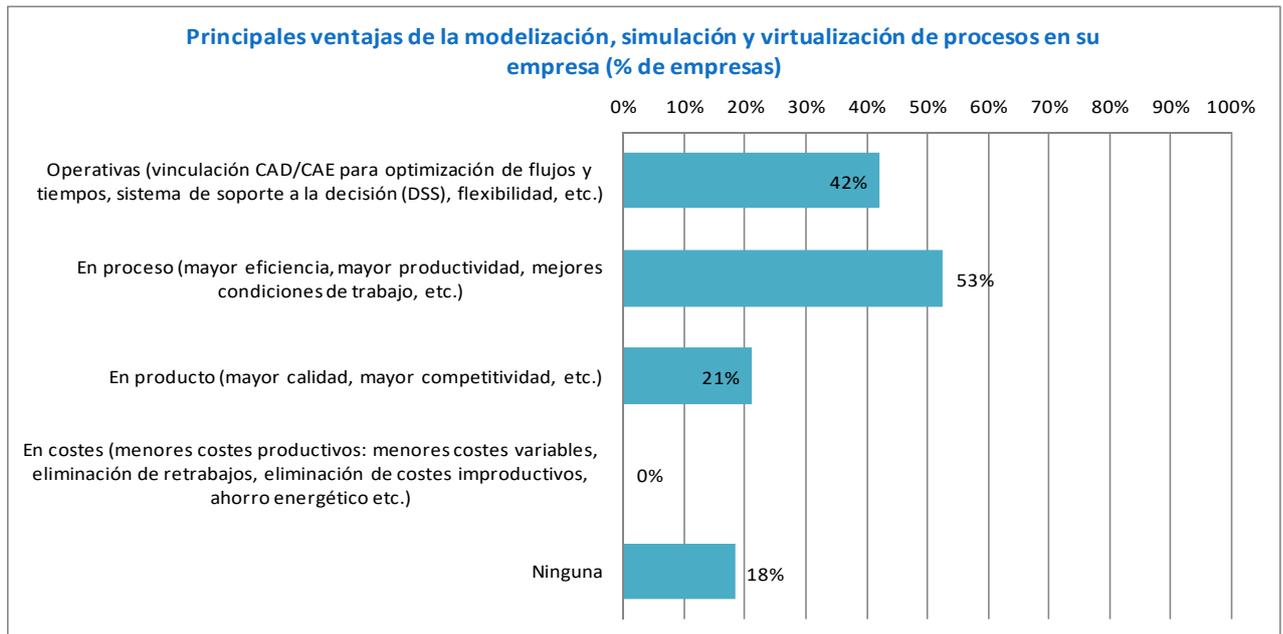
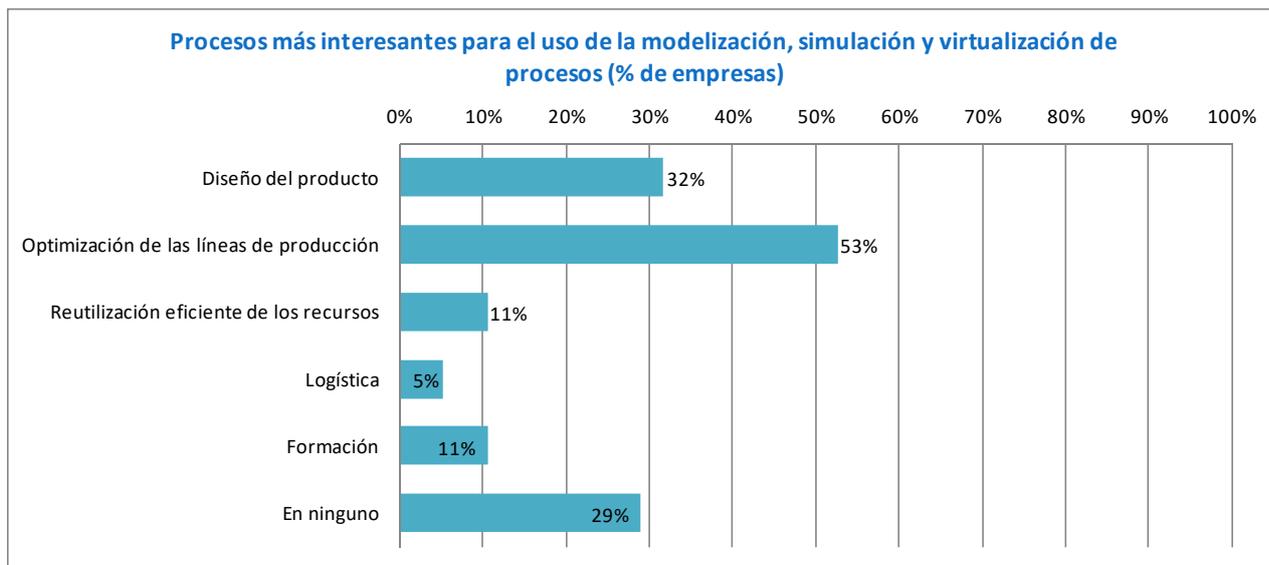


ILUSTRACIÓN 63: PRINCIPALES VENTAJAS DEL USO DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS EN EL SECTOR NAVAL

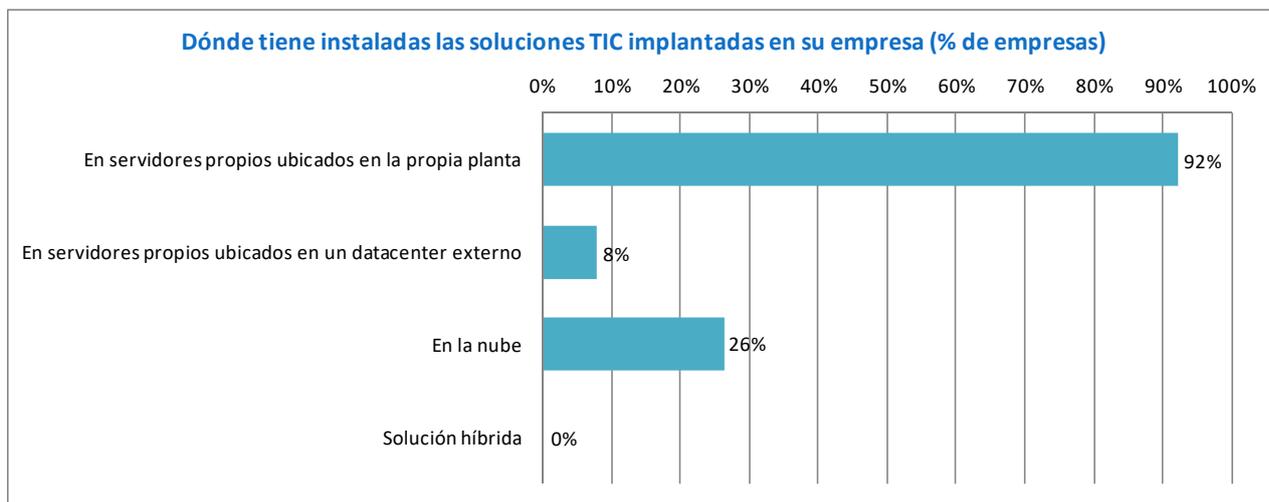


**ILUSTRACIÓN 64: PROCESOS MÁS INTERESANTES PARA EL USO DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS EN EL SECTOR NAVAL.**

**BIG DATA, CLOUD COMPUTING Y DATA ANALYTICS**

Un hecho muy relevante, es que el 91% de las empresas del sector, tienen almacenada la información en servidores propios, y los casos en los que se utiliza la nube se limitan únicamente al correo electrónico, no como un sistema de apoyo e información del proceso productivo, integrado en la cadena de valor.

Los **motivos de la “no confianza” en la nube** son inherentes al sector, muy tradicional y con mucha resistencia al cambio. Además, empresas que trabajan para el sector militar, no pueden trabajar en la nube, hecho impuesto por motivos de seguridad.



**ILUSTRACIÓN 65: UBICACIÓN DE LAS SOLUCIONES TIC EN LAS EMPRESAS (%)**

Un hecho muy significativo, es que como los procesos son muy manuales, la manera de recoger la información de los mismos es en casi todos los casos manual, y en aquellos casos que dispongan de sistema de gestión, se introduce esta información, también de manera manual, en dichos sistemas (en aquellas empresas que dispongan de estos sistemas).

¿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	32	4	0	1
Tiempos de actividad de las máquinas de producción	20	6	9	2
Tiempo de actividad de operarios	26	9	2	0
Residuos generados	26	2	4	4
Defectos generados	32	2	2	1
Variables de proceso (temperatura, presión, potencia, intensidad, tensión, humedad, etc.)	17	6	10	4
Datos externos que afectan al proceso (datos meteorológicos, energéticos, legales, otros)	2	1	5	29

ILUSTRACIÓN 66: TIPO DE DATOS Y CÓMO SE RECOGEN EN EL PROCESO PRODUCTIVO

### SAFETY AND SECURITY

Se trata de una **tecnología poco conocida** en el sector. Se desconoce su impacto en la seguridad de los trabajadores en un alto porcentaje, y aunque se cree que el riesgo en tecnologías de la información va a ser muy alto, como trabajan en servidores propios, no lo ven como una amenaza real, con lo que no han puesto en marcha acciones específicas para mitigar este riesgo.

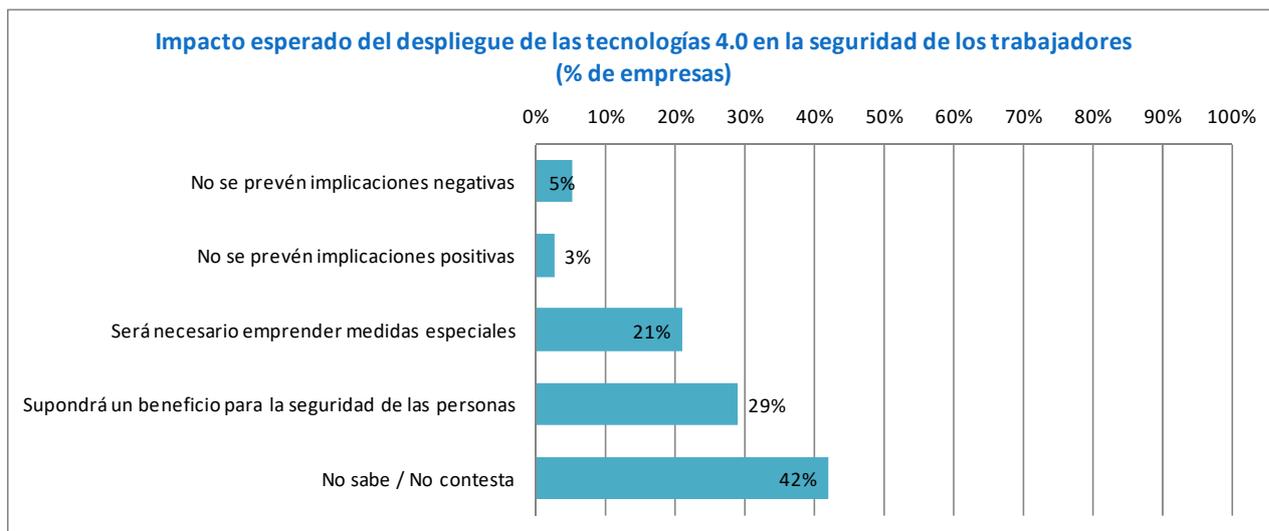
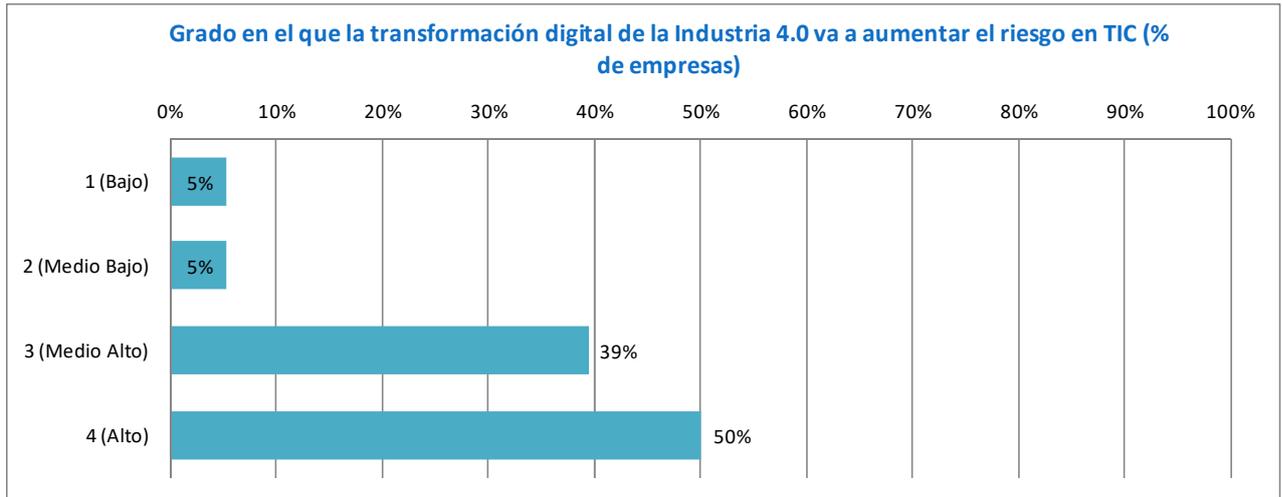
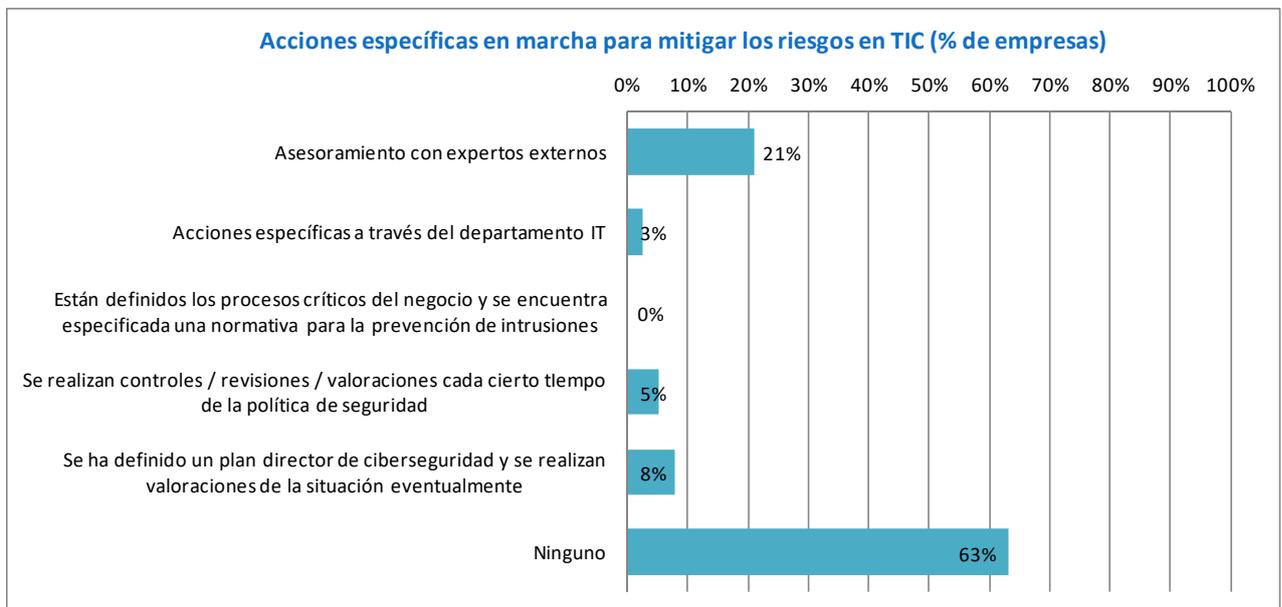


ILUSTRACIÓN 67: IMPACTO ESPERADO DEL DESPLIEGUE DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 EN LAS SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES



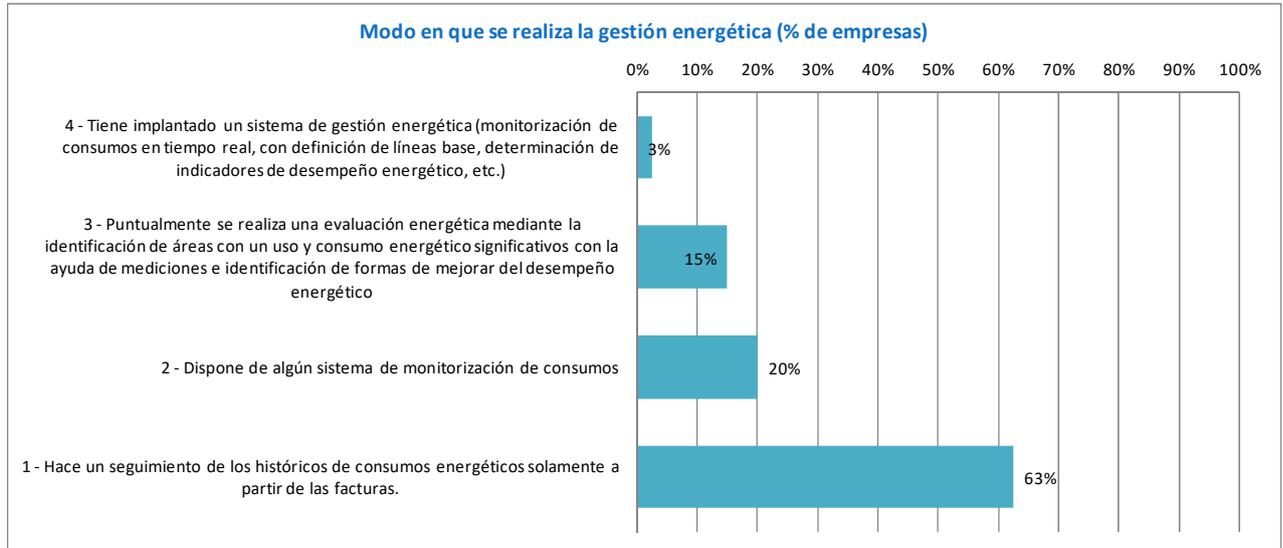
**ILUSTRACIÓN 68: GRADO EN EL QUE LA INDUSTRIA 4.0 VA A AUMENTAR EL RIESGO EN TIC**



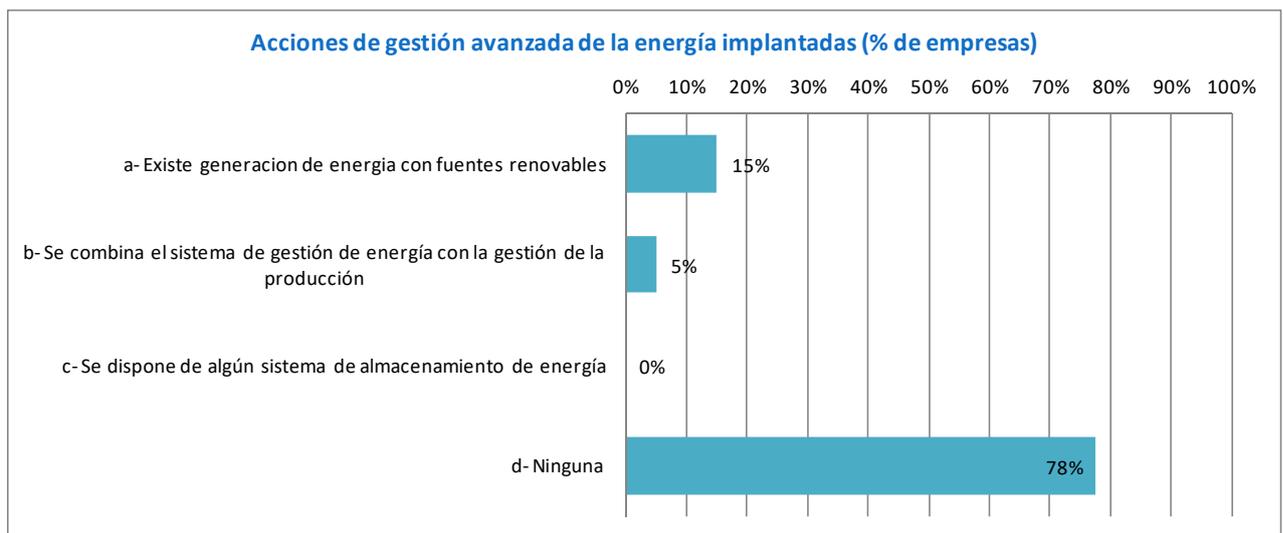
**ILUSTRACIÓN 69: ACCIONES ESPECÍFICAS LLEVADAS A CABO PARA MITIGAR LOS RIESGOS EN TIC**

### GESTIÓN DE LA ENERGÍA, INSUMOS Y RESIDUOS

Por último, y como aspecto transversal a las tecnologías emergentes asociadas a Industria 4.0, mencionar que la escasa actividad en los últimos años en los astilleros gallegos, unido a la falta de automatización de los procesos, ha hecho que el consumo energético en el proceso productivo sea poco relevante, y no se han tomado medidas para disminuirlo ni controlarlo. La mentalidad de las empresas auxiliares que trabajan en los astilleros es que al no ser un coste que les repercute, tampoco lo consideran importante, lo que redundará en una falta de control sobre el consumo energético derivado de la actividad de fabricación de un barco.

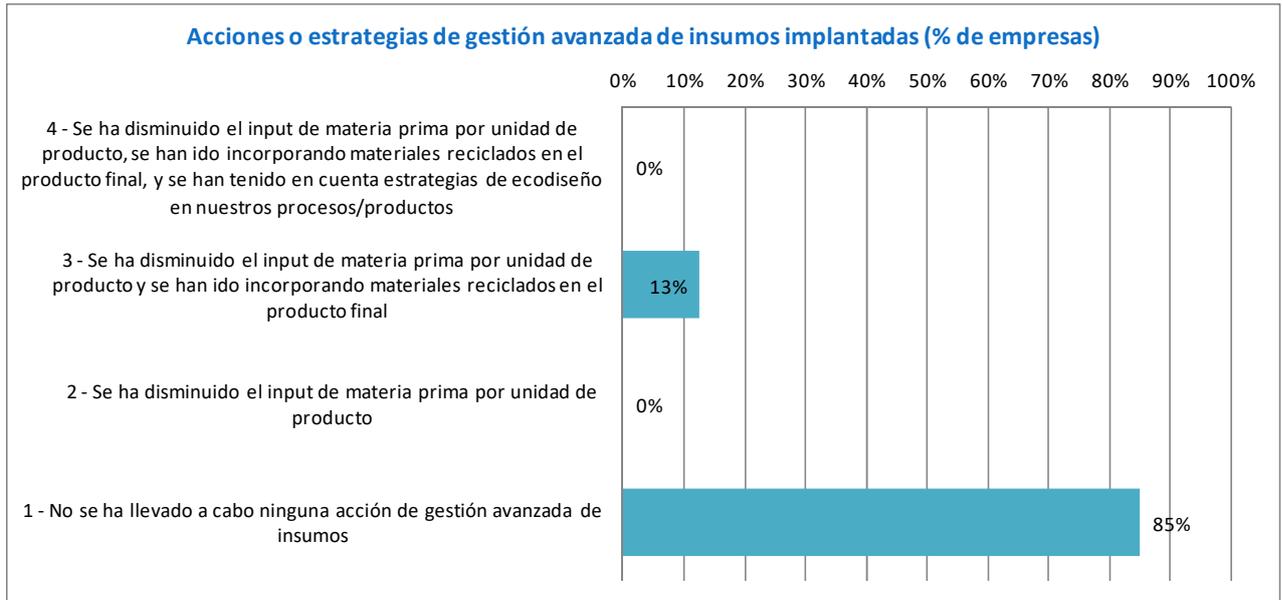


**ILUSTRACIÓN 70: MODO EN QUE SE REALIZA LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL PROCESO PRODUCTIVO**

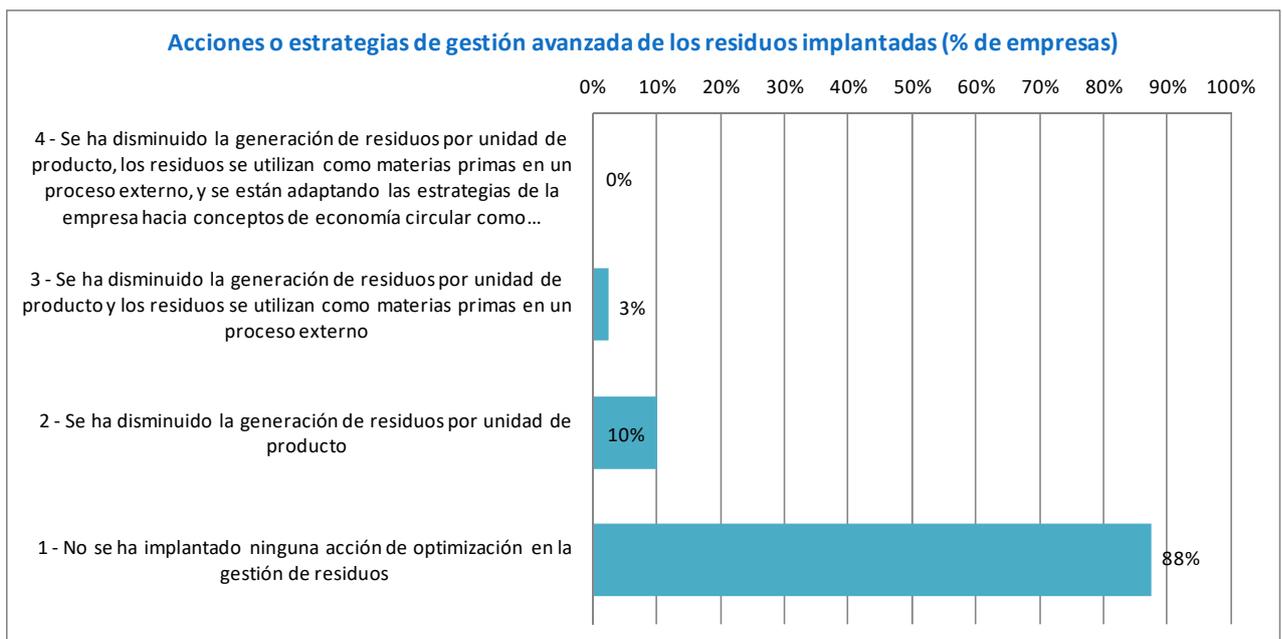


**ILUSTRACIÓN 71: ACCIONES DE GESTIÓN AVANZADA DE LA ENERGÍA**

Lo mismo ocurre con los insumos y con los residuos, tratándose estos últimos siempre por una gestora externa.



**ILUSTRACIÓN 72: ACCIONES ESTRATÉGICAS DE GESTIÓN AVANZADA DE INSUMOS**



**ILUSTRACIÓN 73: ACCIONES IMPLEMENTADAS 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<sup>43</sup> agrupados en los conceptos de **Calidad, Producción, Personas y Servicios**, han sido analizados en cada visita.

#### CALIDAD

La calidad en el sector naval es un concepto que **depende de los estándares de calidad del mercado al que diriges tu producto** (no es lo mismo hacer un crucero de lujo, que un remolcador para Namibia). Además, la calidad viene marcada por el precio (ya que no se da más calidad de la que se paga). La pregunta es... ¿es posible ofrecer más calidad por el mismo precio? En producto, la calidad está definida en el contrato, pero en proceso, una mayor calidad en el proceso de fabricación de todos los componentes de un buque, así como en su posterior ensamblado, permitirá disminuir los costes de fabricación y el plazo de entrega. En la actualidad, en la fase de diseño del producto, no existe en los astilleros una buena planificación del trabajo en la que se establezcan puntos críticos y medidas para evitar problemas. Destacar que en astilleros referentes en el mundo, se dedica el mismo tiempo a la fase de diseño del producto que a la fase de producción, mientras que en Galicia, la fase de diseño supone menos de la tercera parte del tiempo total desde que se acepta el pedido hasta que se entrega el barco.

Como se ve en la gráfica, un 63% de las empresas consideran que el potencial de mejora en CALIDAD es de 3 sobre 4, y un 16% considera que es mejorable 4 sobre 4.

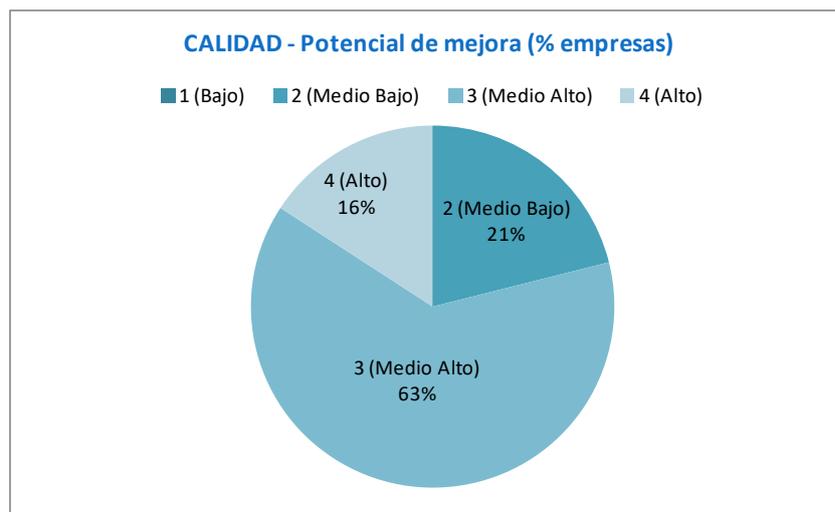


ILUSTRACIÓN 74: GRADO DE POTENCIAL DE MEJORA EN LA CALIDAD, EN EL SECTOR NAVAL

En muchas empresas del sector, **la calidad ni se percibe, ni se le da mucho valor**. Solo cuando la encuesta la cubre el responsable de calidad de las empresas, la visión es diferente, y sí que se detectan más problemas de calidad, pero el sector se caracteriza por una fuerte resistencia al cambio, sobre todo desde las áreas de dirección de las empresas y el departamento de producción. *Si se detecta un problema de calidad, muchas veces en reuniones de dirección no se le da importancia, y se decide continuar.*

**Falta normativa y especificaciones** (no hay referencias de calidad) para todos los aspectos de acabado de los barcos (por ejemplo, embarcaciones con menos de 24 metros no se pueden clasificar, solo marcado CE). Hay un vacío que queda en manos de la subjetividad del armador.

<sup>43</sup> Los elementos generadores de valor han sido detallados en el documento *Estado del Arte: Contexto y Metodología*

Por último, destacar que existe la percepción de que **no se puede ofertar un barco ofreciendo calidad, bajo precio y un plazo ajustado**. Muchas veces para conseguir un pedido, se disminuyen los requerimientos de calidad, garantizando plazo y bajando precios. Esto implica que la oferta económica engloba unas calidades determinadas, que podrían ser mejores si se tuviesen en cuenta en la oferta.

Y a pesar de que se considera el **grado de relevancia de las palancas tecnológicas** muy alto, en la práctica no se aplica, lo que origina un montón de retrabajos, pérdida de tiempo, incumplimiento de plazos, etc.

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%	0%	32%	68%
Planificación de calidad / Identificación y trazabilidad	0%	16%	35%	49%
Mejora continua (Producto, proceso, organización)	0%	19%	31%	50%
Defectos / Despilfarro	5%	24%	39%	32%

ILUSTRACIÓN 75: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS EN CALIDAD

Respecto a la **aplicabilidad de las tecnologías emergentes** asociadas a Industria 4.0 como solución a los principales problemas de calidad, las empresas consideran que la solución a sus problemas está muy alejada del concepto de Industria 4.0, y que hay que dar muchos pasos previos, necesarios para posicionarse en un mercado muy global y muy competitivo.

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	84%	3%	14%	0%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	86%	11%	0%	3%
Sistemas cyberfísicos e IoT	68%	13%	16%	3%
Fabricación Aditiva	89%	3%	8%	0%
Tecnología de Materiales Inteligentes	87%	5%	8%	0%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	89%	8%	3%	0%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	53%	13%	29%	5%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	39%	5%	37%	18%
Safety & Security	51%	11%	31%	6%

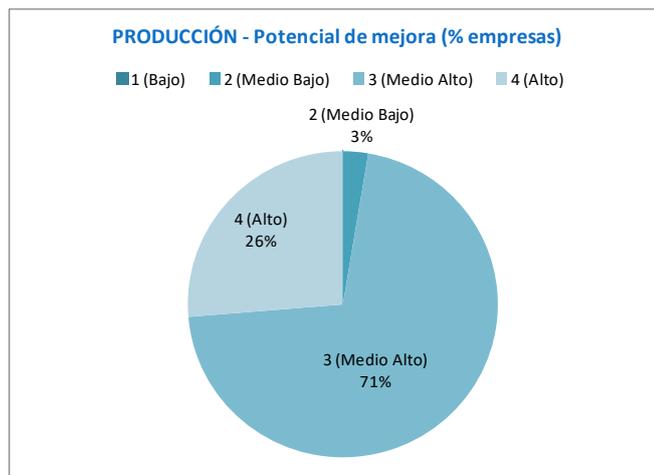
ILUSTRACIÓN 76: APLICABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES COMO SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE CALIDAD DEL SECTOR NAVAL

En este aspecto, y de manera general, no se prevén inversiones asociadas a estas tecnologías.

## PRODUCCIÓN

En el sector Naval, los problemas asociados a calidad y producción van muy ligados. En la actualidad, existe una **falta de desarrollo de productos con tecnología propia, que realmente aporte valor añadido al barco**. Los astilleros se han convertido en grandes ensambladores, en sus instalaciones, y tienen una gran dependencia con la industria auxiliar. La falta de personal propio hace que el know-how se encuentre en la industria auxiliar, que en muchos casos ante la falta de carga de trabajo de los astilleros ha tenido que diversificar su actividad hacia otros sectores industriales (energético, construcción, etc.).

Como se ve en la gráfica, un **71% de las empresas consideran que el potencial de mejora en PRODUCCION es de 3 sobre 4, y un 28% lo considera de 4 sobre 4**. Es decir, la producción en el sector naval es un generador de valor con un gran potencial de mejora, necesario para impulsar la actividad en un sector muy castigado en los últimos años en Galicia.



**ILUSTRACIÓN 77: GRADO DE POTENCIAL DE MEJORA EN LA PRODUCCIÓN, EN EL SECTOR NAVAL**

Los problemas de producción debidos a la falta de automatización de los procesos y la gran dependencia con la mano de obra, que derivan en problemas de calidad. Existe una gran cantidad de retrabajos, originados por numerosas causas, que a continuación detallaremos.

- Falta de planificación. Solape de actividades causadas por retrasos, mucha burocracia para que las auxiliares accedan a los astilleros, etc.
- La productividad del sector es muy baja, al ser un sector con una componente artesanal muy alta de ejecución manual. La gran diversidad de referencias hace en muchos casos complicada la semiautomatización. Es necesaria en cualquier caso una mejor planificación de los trabajos.

Los sistemas de gestión tipo ERP, en aquellas empresas en los que está implementado, suponen disponer de muchos datos, pero no se le da valor a esta información. *“El 4.0 deberá conseguir en el sector naval que todos los datos sean información”*.

Por tanto, las necesidades del sector se resumen en:

- Mayor estandarización de procesos, así como su optimización.
- Mejor tratamiento de la información, que permita solucionar problemas, o incluso, adelantarse a los mismos.

El **grado de relevancia de las palancas tecnológicas**, se puede apreciar en la siguiente tabla:

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Mejora de la planificación de la producción	0%	3%	35%	62%
Rapidez en la toma de decisiones	5%	3%	37%	55%
Visión de la producción en tiempo real	18%	32%	24%	26%
Producción flexible	16%	19%	27%	38%
Optimización del uso de máquinas	3%	11%	61%	26%
Optimización de uso de operarios	3%	3%	39%	55%
Reducción del tamaño de lote	97%	3%	0%	0%
Reducción del tamaño de lote	97%	3%	0%	0%
Mantenimiento predictivo	68%	13%	13%	5%
Reducción de inventarios	66%	21%	11%	3%
Gestión avanzada de la energía	29%	47%	21%	3%
Gestión avanzada de insumos (agua, etc.)	37%	50%	11%	3%
Reciclaje, reutilización y valoración de residuos	45%	34%	16%	5%

ILUSTRACIÓN 78: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS EN PRODUCCIÓN

Donde destacan la mejora de la planificación de la producción, la rapidez en la toma de decisiones y la optimización del uso de operarios.

Por el contrario, la reducción del tamaño de lote no aplica al sector, ya que las empresas trabajan con lotes casi unitarios (*cada barco es un prototipo único que debe salir bien a la primera*); la reducción de inventarios tampoco les aplica, ya que es normal adquirir solo el material necesario para una obra, y la gestión avanzada de energía, es poco relevante, ya que la mayor parte de los trabajos se realizan de forma manual, y las empresas auxiliares, al trabajar en las instalaciones del astillero, no tienen conciencia de la repercusión energética derivada de su actividad.

En cuanto al empleo de las **tecnologías emergentes asociadas a Industria 4.0**, al igual que ocurre con calidad, las empresas consideran que estas tecnologías suponen un salto tecnológico no asumible sin llevar a cabo pasos previos, como implementar sistemas de gestión o semiautomatizar procesos repetitivos. Destacar que el Big Data se ve como una posibilidad más real de obtener más información de todos los datos que maneja la empresa, y poder usarlo para la optimización del proceso.

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	87%	5%	8%	0%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	92%	5%	0%	3%
Sistemas cyberfísicos e IoT	76%	5%	14%	5%
Fabricación Aditiva	84%	11%	5%	0%
Tecnología de Materiales Inteligentes	76%	14%	11%	0%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	89%	5%	5%	0%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	53%	11%	29%	8%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	37%	8%	34%	21%
Safety & Security	50%	11%	32%	8%

ILUSTRACIÓN 79: APLICABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES COMO SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN DEL SECTOR NAVAL

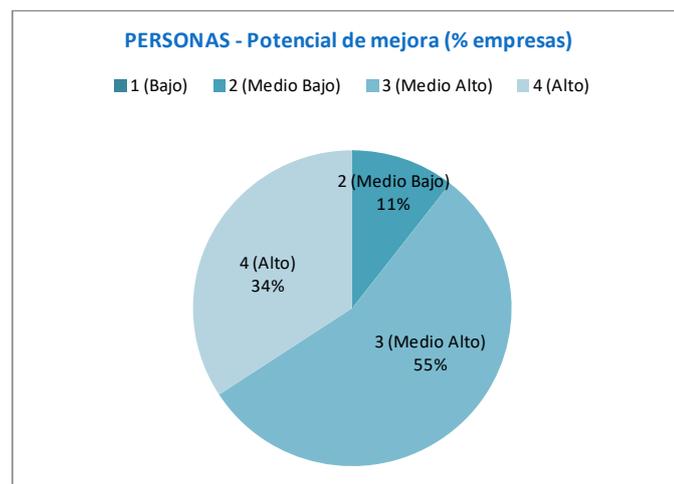
## PERSONAS

El sector naval se caracteriza por ser una industria de síntesis, con una estructura de personal en los astilleros muy reducida, y con un porcentaje muy alto de subcontrataciones (que en muchos casos superan el 90%). Esto implica que las necesidades de personal varían mucho en función de la carga de trabajo de los astilleros, lo que afecta directamente a las subcontrataciones (empresas auxiliares). Como no existe una **integración de las empresas auxiliares en la cadena de valor del astillero**, desde el momento que se oferta el barco, la industria auxiliar no conoce las posibles necesidades de personal, y en muchos casos, cuando el astillero las necesita, no dispone de personal formado para satisfacer la demanda del astillero. Esta **falta de información impide una buena planificación del personal**, y obliga en muchos casos a contratar personal sin experiencia, con los problemas que esto implica en un sector en el que los procesos son fundamentalmente manuales y dependen de la pericia del trabajador.

Otro problema que detecta el sector es la **falta de especialistas** (personal con 5-8 años de experiencia), así como la **poca relación existente entre las necesidades formativas de las empresas y la formación académica reglada**. Además, la **edad media en el sector es avanzada**, y no existe gente joven formada capaz de sustituir al personal.

Destacar también la dificultad de implementar aspectos relaciones con la seguridad y salud de las personas debido a la resistencia al cambio que caracteriza el personal de producción.

Al igual que en los casos anteriores, **el potencial de mejora en la Calidad del sector naval adquiere un valor de 3 sobre 4 en las entrevistas, en un 56% de los casos, y de un 4 sobre 4, en un 33%.**



**ILUSTRACIÓN 80: GRADO DE POTENCIAL DE MEJORA EN PERSONAS, EN EL SECTOR NAVAL**

Mencionar la repetición de opiniones sobre aspectos relacionados con personas, como:

- La prevención de riesgos laborales debería estar incluida en los estudios básicos.
- No hay formación profesional en actividades como pintor, calderero, etc. ya que en muchos casos, los pocos puestos de trabajo que generan estas actividades no justifican a día de hoy un FP.
- Es necesario dignificar el sector, y eso es algo que deberían hacer todos los actores implicados. La imagen del sector es fundamental, y a día de hoy, las instalaciones no son atractivas y el entorno no se ha modernizado.

Al analizar el grado de relevancia de las palancas tecnológicas, se observa que la más importante es la reducción del tiempo de aprendizaje. La falta de personal especialista formado, obliga a las empresas a dar esa formación, lo que supone una gran dedicación de medios.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Reducción de trabajos penosos	21%	16%	18%	45%
Ergonomía	21%	11%	34%	34%
Reducción de tiempos de aprendizaje	0%	8%	29%	63%
Empoderamiento del operario	26%	34%	21%	18%

ILUSTRACIÓN 81: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS EN PERSONAS

Por último, se vuelve a apreciar en la respuesta a la posible aplicación de las tecnologías asociadas a 4.0, como las empresas se encuentran muy alejadas de estas soluciones tecnológicas, y necesitan dar pasos previos a su implementación.

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	84%	8%	8%	0%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	76%	8%	11%	5%
Sistemas cyberfísicos e IoT	92%	3%	3%	3%
Fabricación Aditiva	92%	5%	3%	0%
Tecnología de Materiales Inteligentes	97%	0%	3%	0%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	89%	5%	3%	3%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	79%	8%	11%	3%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	68%	5%	21%	5%
Safety & Security	76%	0%	22%	3%

ILUSTRACIÓN 82: APLICABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES COMO SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE PERSONAS EN EL SECTOR NAVAL

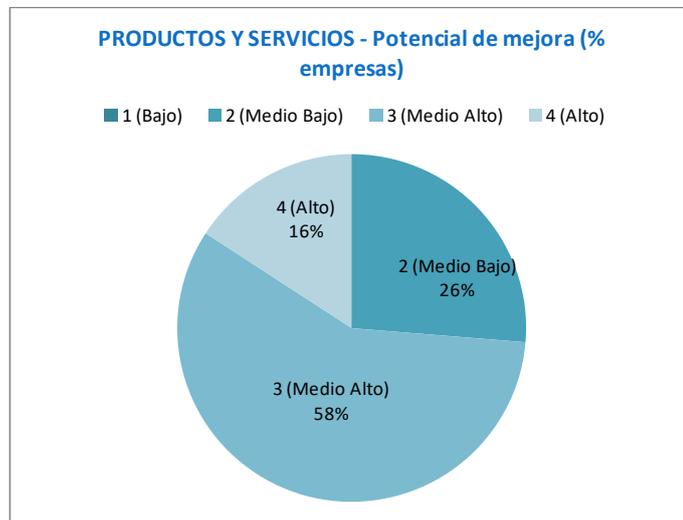
**PRODUCTOS Y SERVICIOS**

En el sector naval, los retrasos en las entregas de los barcos no suelen producirse, porque existen una serie de penalizaciones en las que el astillero no quiere entrar (5% del coste del barco). Lo mismo ocurre con las garantías, ninguna de las empresas visitadas ha contado que se hayan ejecutado alguna vez las garantías, ya que los fallos que se encuentran se reparan.

Los plazos muchas veces en el suministro de equipos son largos (90-100 días), lo que obliga a replanificar tareas en caso de retraso, o hacer acopio de material.

En este apartado, se muestra como mucho **más crítico el tema de las reparaciones**. El cliente puede cancelar una reparación en el último momento, lo que afecta a la planificación del astillero, y de las auxiliares. Las reparaciones se ofertan sin desmontar el sistema a reparar, y muchas veces hay muchas desviaciones en precio entre lo ofertado y el trabajo que después hay que realizar.

Al igual que en los casos anteriores, **el potencial de mejora en productos y Servicios del sector naval adquiere un valor de 4 sobre 4 en las entrevistas, en un 61% de los casos, y de un 3 sobre 4, en un 28%.**



**ILUSTRACIÓN 83: GRADO DE POTENCIAL DE MEJORA EN PRODUCTOS Y SERVICIOS, EN EL SECTOR NAVAL**

Respecto al grado de relevancia de las palancas tecnológicas, destacan como más importantes la reducción del tiempo de industrialización y el tiempo de entrega.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Co-creación de producto con el cliente	18%	13%	32%	37%
Predicción de la demanda	24%	21%	37%	18%
Nuevos servicios basados en datos	53%	16%	18%	13%
Seguridad producto	29%	0%	29%	42%
Personalización producto	45%	13%	13%	29%
Productos energéticamente eficientes	42%	18%	18%	21%
Nuevas funcionalidades en productos	66%	11%	18%	5%
Servicios avanzados al consumidor	84%	11%	5%	0%
Mantenimiento remoto del producto	89%	5%	0%	5%
Reducción del tiempo servicio postventa	76%	12%	12%	0%
Reducción del tiempo de diseño	16%	8%	39%	37%
Prototipado rápido de producto	53%	24%	11%	13%
Reducción del tiempo de industrialización	3%	3%	24%	71%
Reducción del tiempo de entrega	3%	0%	8%	89%

**ILUSTRACIÓN 84: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS EN PRODUCTOS Y SERVICIOS**

Y de nuevo, las tecnologías habilitadoras como Industria 4.0 se perciben como poco influyentes para la mejora de los productos y servicios, ya que es necesario mejorar el resto de generadores de valor para que tenga consecuencias positivas en este apartado.

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	95%	0%	5%	0%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	97%	0%	0%	3%
Sistemas cyberfísicos e IoT	89%	3%	5%	3%
Fabricación Aditiva	92%	3%	5%	0%
Tecnología de Materiales Inteligentes	97%	0%	3%	0%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	92%	5%	0%	3%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	70%	11%	16%	3%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	47%	5%	29%	18%
Safety & Security	66%	11%	16%	8%

**ILUSTRACIÓN 85: APLICABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES COMO SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS EN EL SECTOR NAVAL**

### 3.2.3. Problemas detectados

A continuación se muestran agrupados los principales problemas en los elementos generadores de valor en el Sector Naval. Es importante destacar que los problemas detectados en las empresas fueron prácticamente los mismos, independientemente del tamaño de la misma, o su posición en la cadena de valor. Del mismo modo, los problemas de calidad, producción y personas están muy interrelacionados, y los problemas derivados de las personas implican problemas de producción y por tanto calidad, y viceversa.

Al analizar los **problemas de CALIDAD** de una manera agrupada, destaca la ausencia de control de calidad, y el poco valor que se le da a la misma en la toda la cadena de valor. Es importante mencionar que hay una gran cantidad de retrabajos derivados de la falta de planificación de la calidad, que suponen importantes desviaciones de los presupuestos. Este hecho explica como astilleros con carga de trabajo han tenido que cerrar debido a su gestión empresarial, ya que mínimas desviaciones en % sobre el presupuesto total de un buque, presupuesto muy alto, suponen enormes pérdidas.

Para entender la **necesidad de una buena planificación**, es importante destacar que la secuencia de llegada de los bloques a Grada es fija y viene definida por la estrategia constructiva del buque. Es necesario planificar y definir correctamente el momento de empezar a fabricar los componentes de cada uno de los bloques, teniendo en cuenta una correcta llegada de los mismos a la Grada y que ésta se produzca justo a tiempo para su ensamblaje. Aunque es posible sincronizar estas secuencias de entrada / salida, es complejo, en parte debido a las grandes diferencias entre bloques / sub-bloques en dimensiones, formas, condiciones estructurales, etcétera y en parte porque el proceso no es lineal, es decir, en ocasiones, varios subbloques se construyen simultáneamente en los talleres. Esta peculiaridad implica un duro trabajo de planificación ya que la construcción de un buque es un proyecto enorme que requiere la sincronización de muchos recursos durante la vida del proyecto.

Por último, mencionar que en la mayor parte de las empresas no se dispone de un sistema de gestión empresarial, o si se tiene, no están comunicados los sistemas productivos (fundamentalmente manuales) con el sistema de gestión, y no se utiliza la información para la mejora de la calidad.

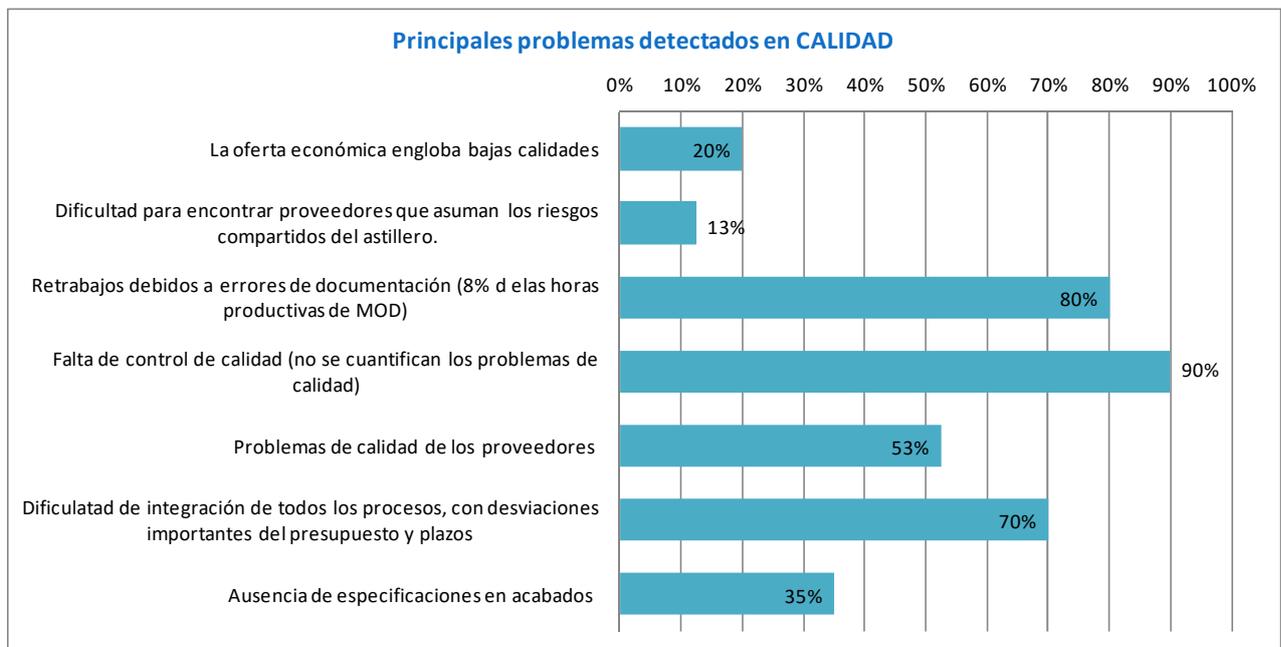
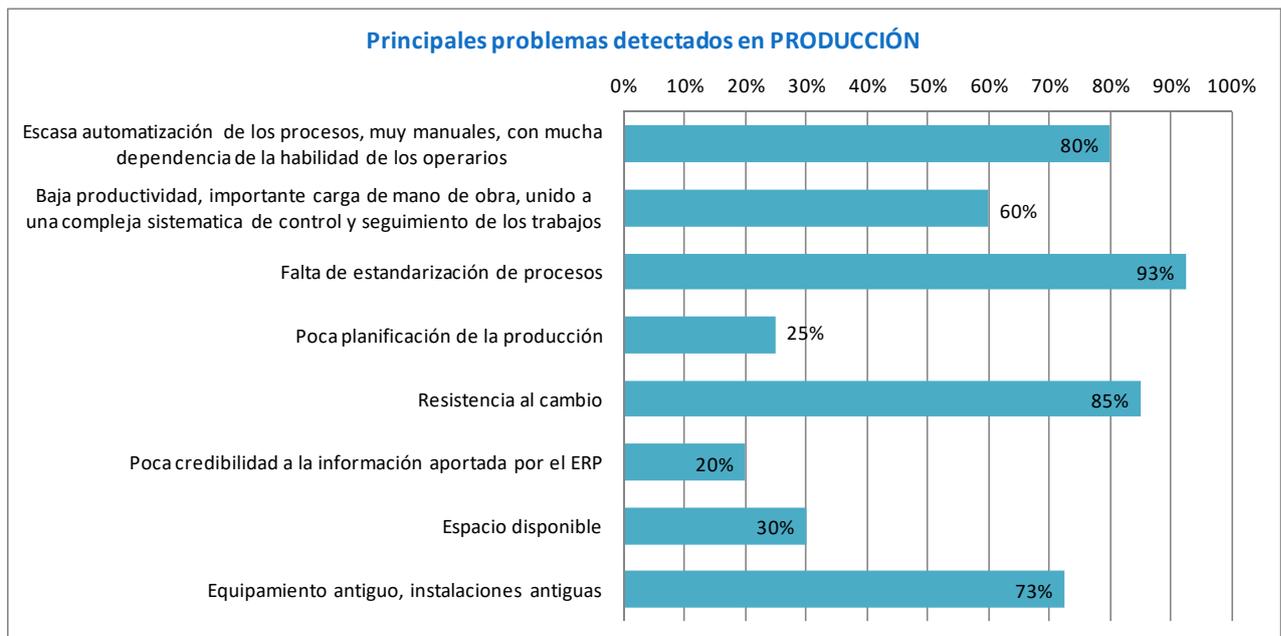


ILUSTRACIÓN 86: PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS EN CALIDAD

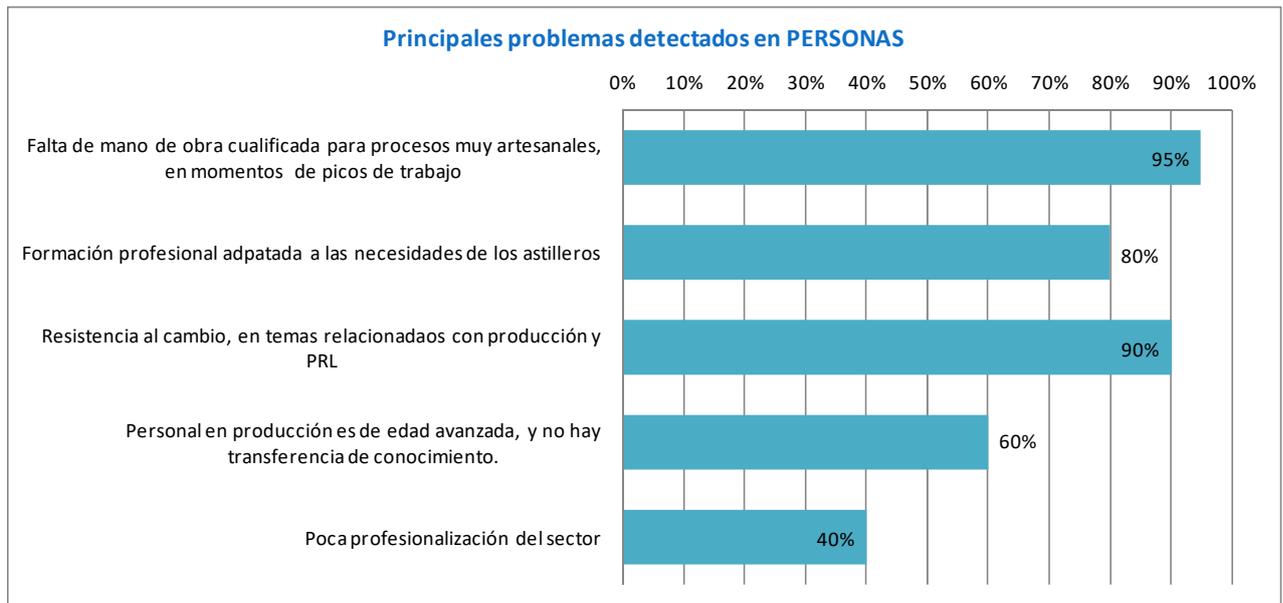
Al analizar la **PRODUCCIÓN**, se observa que la falta de estandarización y automatización de procesos, junto con la resistencia al cambio que presenta el sector, dificulta mucho la productividad y la competitividad de las empresas.

Los astilleros y las empresas auxiliares poseen instalaciones antiguas, con equipamiento muy antiguo, en muchos casos con los procesos muy separados y con dificultad de movimiento de piezas entre puestos de trabajo de manera sencilla y eficiente. Este hecho redunda en la improductividad. Pero existe una gran resistencia al cambio, que en muchos casos dificulta la implementación de soluciones tecnológicamente más avanzadas.



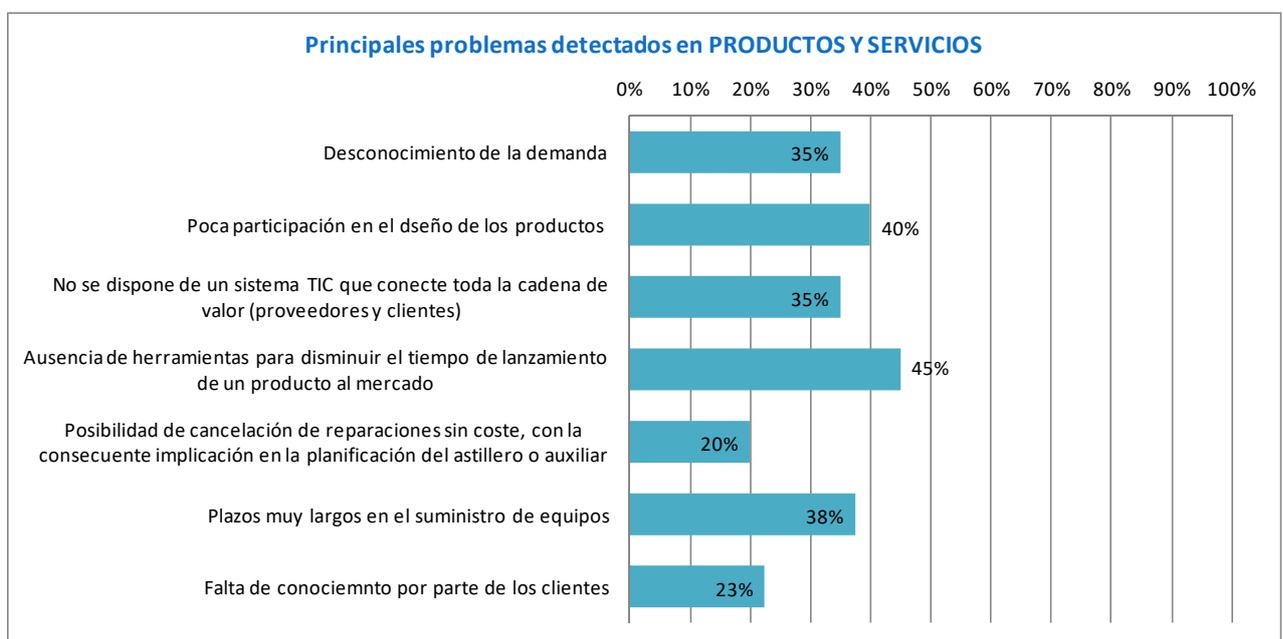
**ILUSTRACIÓN 87: PRINCIPALES PROBLEMAS EN PRODUCCION**

Las **PERSONAS** son la parte fundamental del sector, ya que la mayoría de los procesos que se llevan a cabo son manuales, y dependen de la pericia de los operarios. Esta dependencia con la habilidad de las personas, unido a la falta de formación especializada adaptada a las necesidades de las empresas (caldereros, pintores, soldadores, etc.), generan una fuerte debilidad en el sector, que en momentos de picos de trabajo no encuentra fácilmente personal cualificado con experiencia que sea capaz de asumir la carga de trabajo.



**ILUSTRACIÓN 88: PRINCIPALES PROBLEMAS EN LAS PERSONAS**

Por último, al analizar **PRODUCTOS Y SERVICIOS**, existe una opinión generalizada de que relacionado con PRODUCTOS Y SERVICIOS, no hay grandes problemas. Los plazos en el sector naval siempre se cumplen, ya que las garantías suponen un coste muy elevado (relacionado con el valor del barco). Y la falta de un sistema TIC que conecte la cadena de valor, o herramientas para disminuir el tiempo de llegada de un producto al mercado, no se consideran problemas en sí.

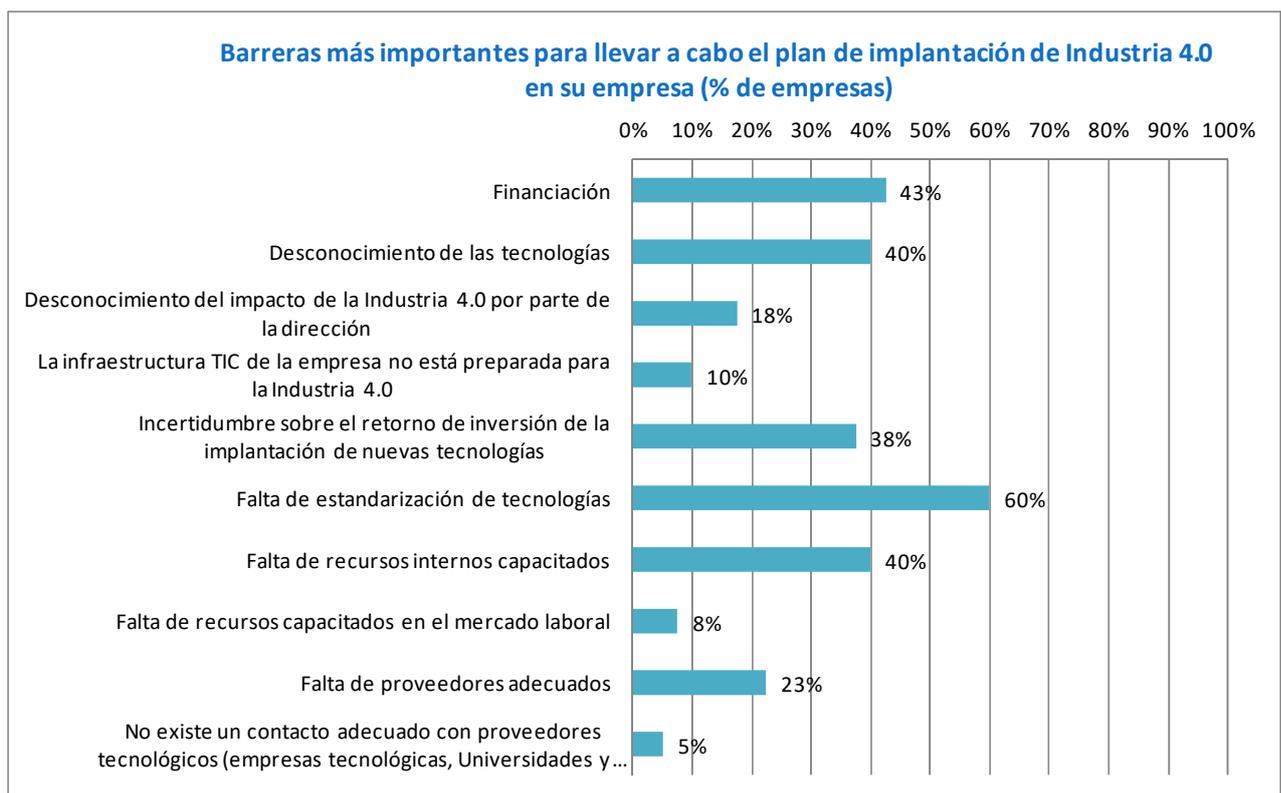


**ILUSTRACIÓN 89: PRINCIPALES PROBLEMAS EN PRODUCTOS Y SERVICIOS.**

### 3.2.4. Restricciones o condicionantes identificados

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

- La **falta de estandarización de las tecnologías**. Es cierto que cada barco es un prototipo único, y que muchas veces los productos fabricados difieren mucho entre sí. Pero es necesario buscar procesos repetitivos, con capacidad de semiautomatizarlos, para poder implementar soluciones tecnológicas más avanzadas.
- La **financiación**. Las inversiones necesarias para la modernización tecnológica del sector naval son muy elevadas, y ante la falta de carga de trabajo en un mercado decreciente y altamente competitivo, las empresas no disponen de recursos económicos que les permitan acometer este tipo de inversiones. Es necesario la intervención de las Administraciones, como mecanismos que garanticen la concesión de créditos a las empresas por parte de las entidades financieras.
- La **falta de recursos internos capacitados**, y el **desconocimiento de las tecnologías**, son factores que limitan la implementación de la Industria 4.0 en el sector. La digitalización de las empresas significa integrar las actividades de diseño y la estrategia constructiva con el proceso tradicional llevado a cabo en las empresas.



**ILUSTRACIÓN 90: BARRERAS MÁS IMPORTANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR NAVAL**

### 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 todo 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"> <li>- 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.</li> <li>- 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</li> <li>- 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)</li> </ul>
3 (Medio Alto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólo se dispone de visión en tiempo real de algunas de las operaciones o de las líneas de producción</li> <li>- 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</li> </ul>
2 (Medio Bajo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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</li> <li>- 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</li> </ul>
1 (Bajo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las máquinas de producción no disponen de sistemas inteligentes que interactúan con la máquina a través de sensores y actuadores</li> <li>- No existe un intercambio automático entre los sistemas de información de la empresa</li> <li>- 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</li> </ul>

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 en:

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><b>- Safety:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 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</li> <li>* Se monitorizan parámetros de salud de los operarios. Se dispone de un sistema de alertas ante la detección de riesgo para un operario individual</li> </ul> <p><b>- Security:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Se realiza una vigilancia activa de los riesgos de seguridad informática y se lanzan alertas cuando se detectan incidencias</li> <li>* Existe un plan de contingencia definido ante incidentes de seguridad informática</li> </ul>
3 (Medio Alto)	<p><b>- Safety:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* La maquinaria de producción dispone de elementos activos para reducir riesgos de accidentes</li> <li>* Se realizan controles / revisiones / valoraciones cada cierto tiempo de la política de seguridad</li> <li>* 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</li> </ul> <p><b>- Security:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Están definidos los procesos críticos del negocio y se encuentra especificada una normativa para la prevención de intrusiones</li> <li>* Se han establecido responsables de seguridad informática y sus responsabilidades</li> <li>* Se realizan controles / revisiones / valoraciones cada cierto tiempo de la política de seguridad</li> <li>* 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</li> </ul>
2 (Medio Bajo)	<p><b>- Safety:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Se han identificado los riesgos principales para la seguridad</li> <li>* Se dispone de elementos pasivos para reducir riesgos de seguridad (marcas en el suelo para delimitar zonas, barreras de paso, etc.)</li> <li>* Se hace una vigilancia activa del seguimiento de normas de seguridad (uso de EPIs, correcto uso de equipos industriales, etc.)</li> <li>* La maquinaria de producción dispone de elementos pasivos para reducir riesgos de accidentes</li> </ul> <p><b>- Security:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Existe una política de seguridad informática en la compañía y se realiza una vigilancia activa del cumplimiento de las normas de seguridad</li> <li>* Todo el personal conoce las normas y la política de seguridad informática</li> <li>* Existe un sistema centralizado de identificación de usuarios y control de accesos</li> </ul>
1 (Bajo)	<p><b>- Safety:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 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</li> </ul> <p><b>- Security:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Se dispone de herramientas básicas de seguridad informática a nivel de equipos y servidores de la compañía (antivirus, firewall)</li> </ul>

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.

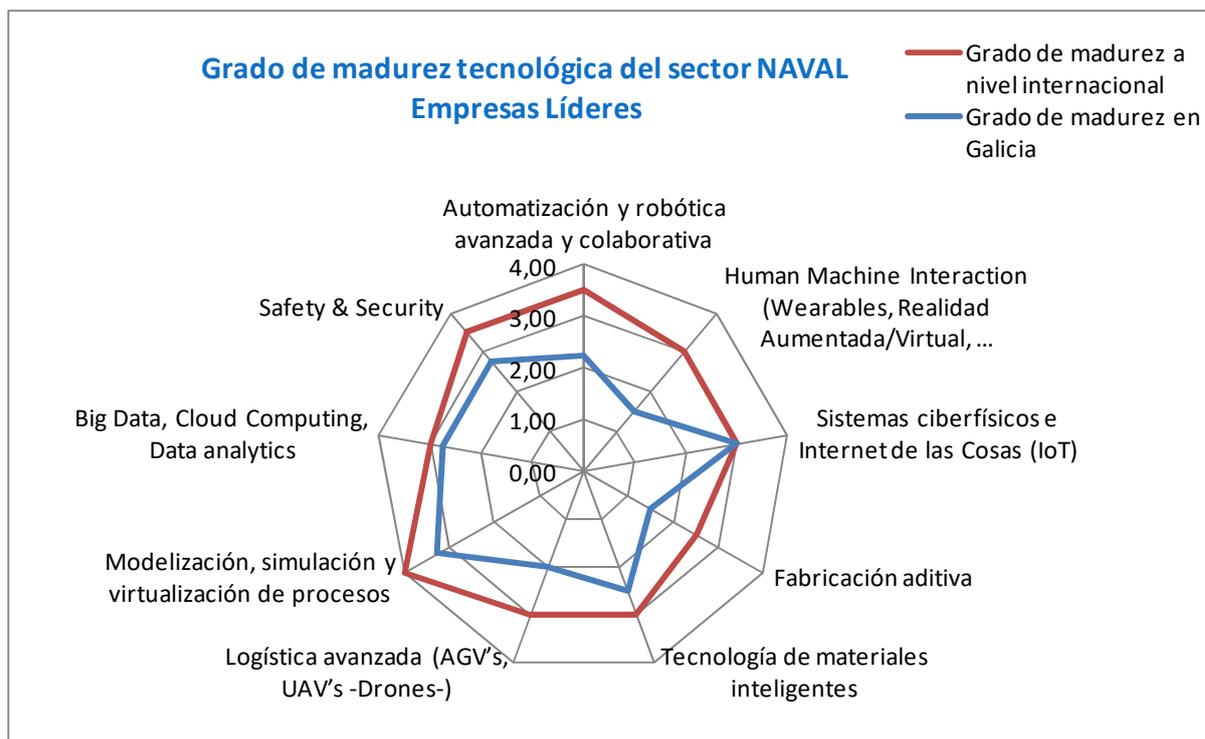


- En una tecnología emergente, la empresa tiene una valoración de 4, o bien, en tres (o más) de las tecnologías emergentes tiene la valoración de 3, la empresa se considera líder.
- En varias de las tecnologías emergentes, presente una valoración de tres y/o dos, la empresa se considera intermedia.
- 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 7% de las empresas son líderes en tecnologías emergentes.
- Un 12,5 % de las empresas son intermedias, con un nivel medio de implementación de tecnologías emergentes.
- Un 80,5% de las empresas se consideran menos avanzadas respecto a Industria 4.0

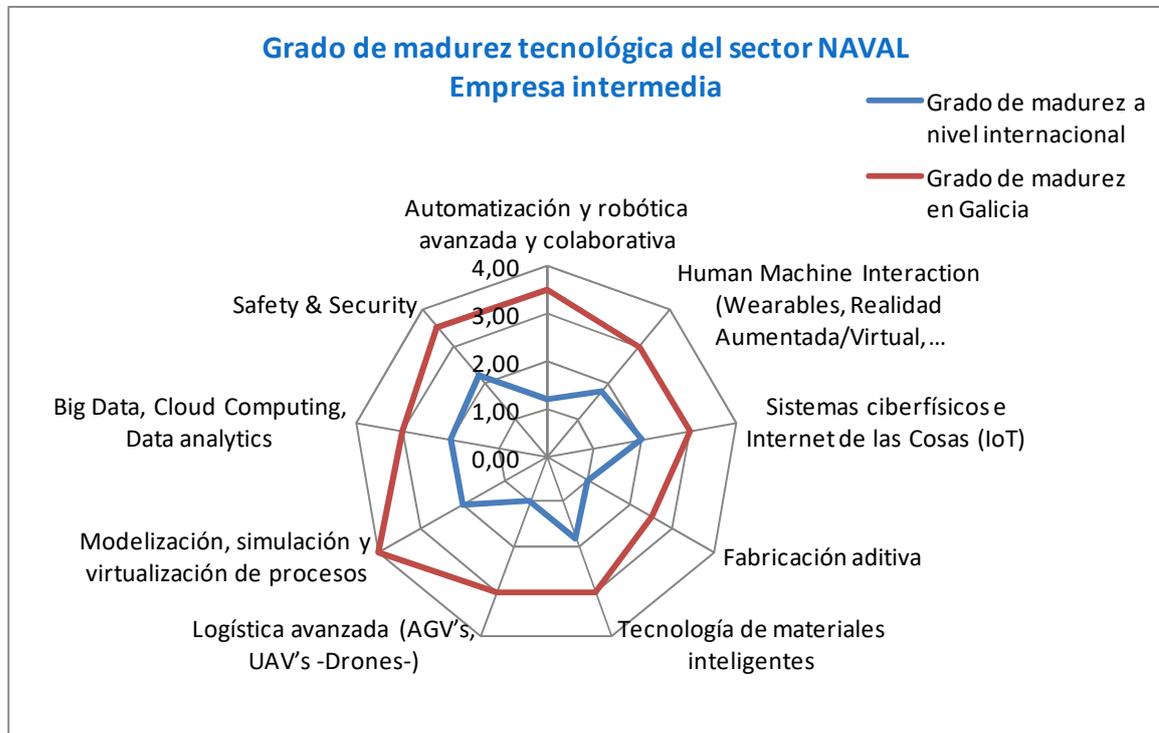
En la siguiente gráfica se muestra el gap tecnológico entre las empresas líderes en Galicia, y las mejores prácticas a nivel internacional. Se observa como el GAP tecnológico es mucho menor que en la media gallega, aproximándose a las mejores prácticas internacionales en todas las tecnologías, y que, en alguna de ellas, como en sistemas Ciberfísicos e IoT no existe GAP, lo que demuestra la capacidad tecnológica de ciertas empresas del sector.



**ILUSTRACIÓN 92: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA EN EMPRESAS CONSIDERADAS LÍDERES RESPECTO A LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES ASOCIADAS A INDUSTRIA 4.0 A NIVEL INTERNACIONAL**

Si lo que se analizan son las empresas consideradas con un nivel tecnológico intermedio, se aprecia que existe un mayor desarrollo tecnológico en soluciones que requieren menor inversión, como es IoT, Big Data o Modelización y simulación de procesos.

Por el contrario, tecnologías como Logística avanzada, Automatización avanzada y Fabricación aditiva se encuentran en una fase inicial muy incipiente en prácticamente todas las empresas.

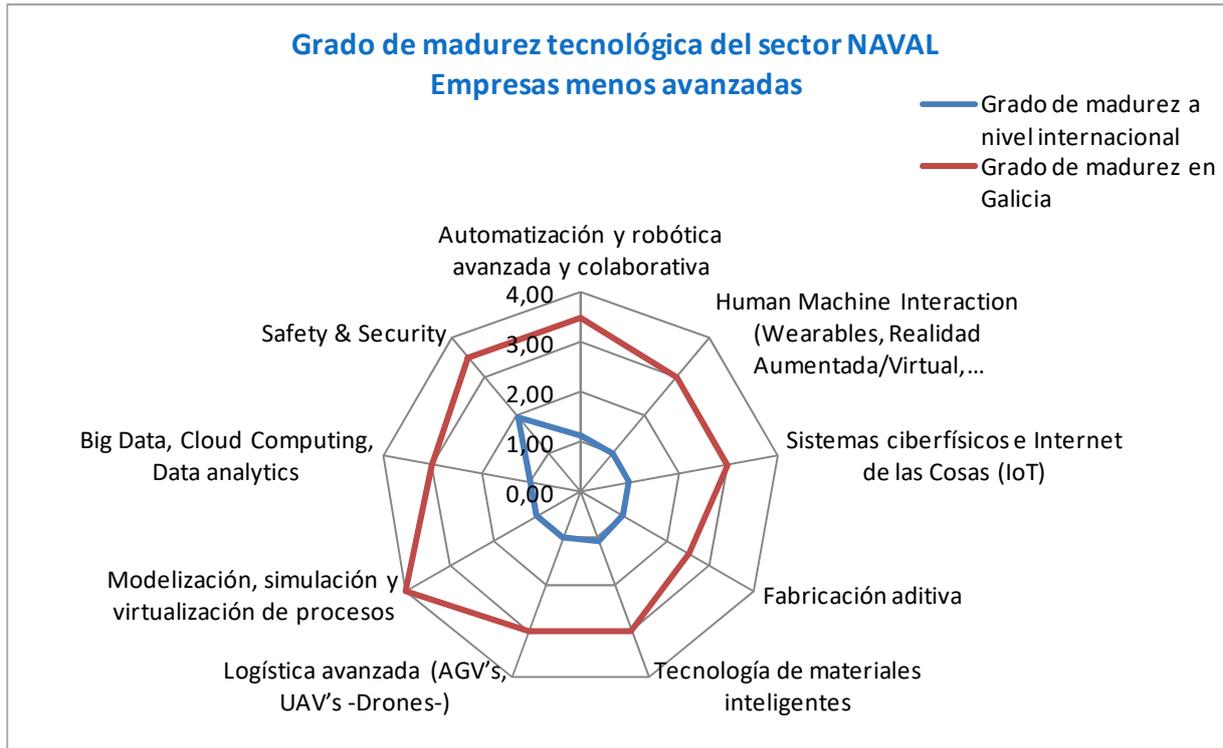


**ILUSTRACIÓN 93: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA EN EMPRESAS CONSIDERADAS INTERMEDIAS RESPECTO A LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES ASOCIADAS A INDUSTRIA 4.0 A NIVEL INTERNACIONAL**

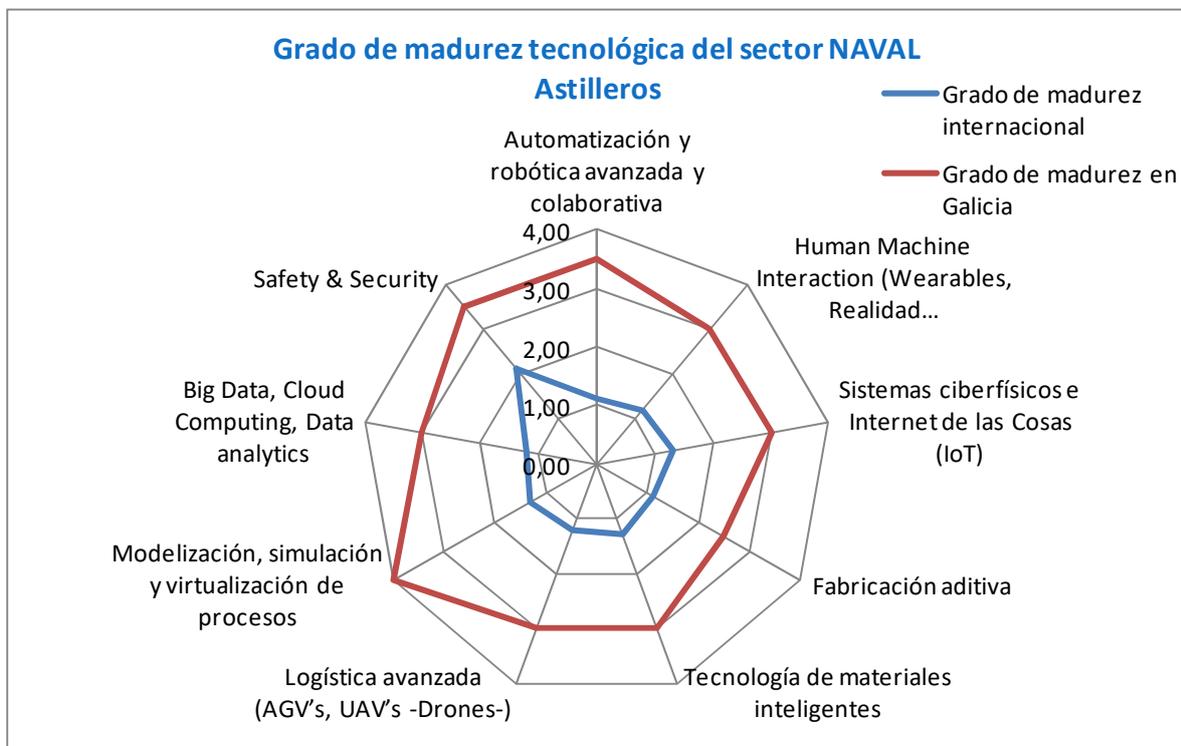
Por último, un análisis de las empresas menos avanzadas (80,5% de la muestra entrevistada), refleja un nivel tecnológico muy bajo respecto a Industria 4.0, con un GAP muy grande frente a los referentes internacionales. Esta gráfica es una buena foto del sector naval en Galicia, que todavía se encuentra muy alejado de estos estándares Industria 4.0, y que considera debe resolver antes otro tipo de problemas, para posteriormente afrontar estos retos tecnológicos que les permitan dar un salto cualitativo en su posicionamiento en el mercado internacional.

Por último, clasificando las empresas según su cadena de valor en la fabricación de un barco, en Astilleros y Empresas auxiliares, vemos que los astilleros (a excepción de Navantia, que por su condición de empresa pública debe tener una consideración diferente), que deberían ser las empresas tractoras en el sector naval, se encuentran en algunos casos menos avanzados tecnológicamente que las empresas auxiliares.

**Un sector naval competitivo tecnológicamente debe contar con astilleros que ejerzan un papel tractor sobre toda la cadena de valor.**



**ILUSTRACIÓN 94: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA EN EMPRESAS CONSIDERADAS MENOS AVANZADAS RESPECTO A LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES ASOCIADAS A INDUSTRIA 4.0 A NIVEL INTERNACIONAL**



**ILUSTRACIÓN 95: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA EN ASTILLEROS**

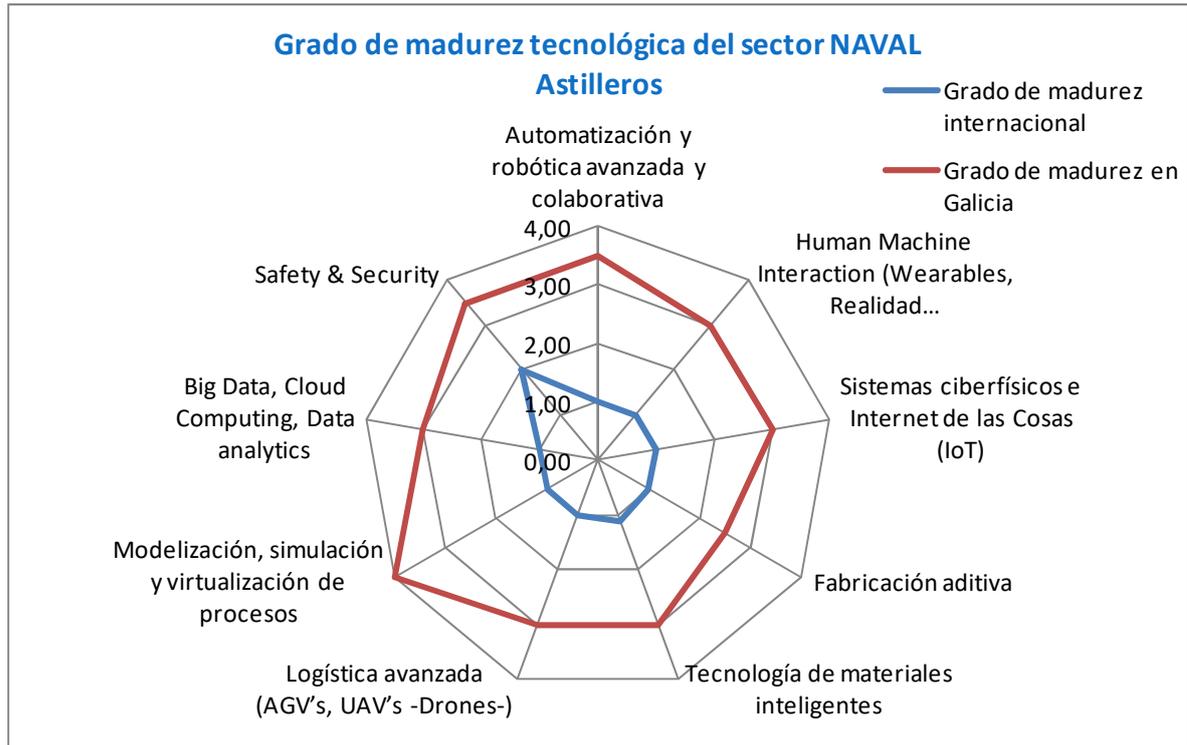


ILUSTRACIÓN 96: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA EN ASTILLEROS (ELIMNANDO NAVANTIA)

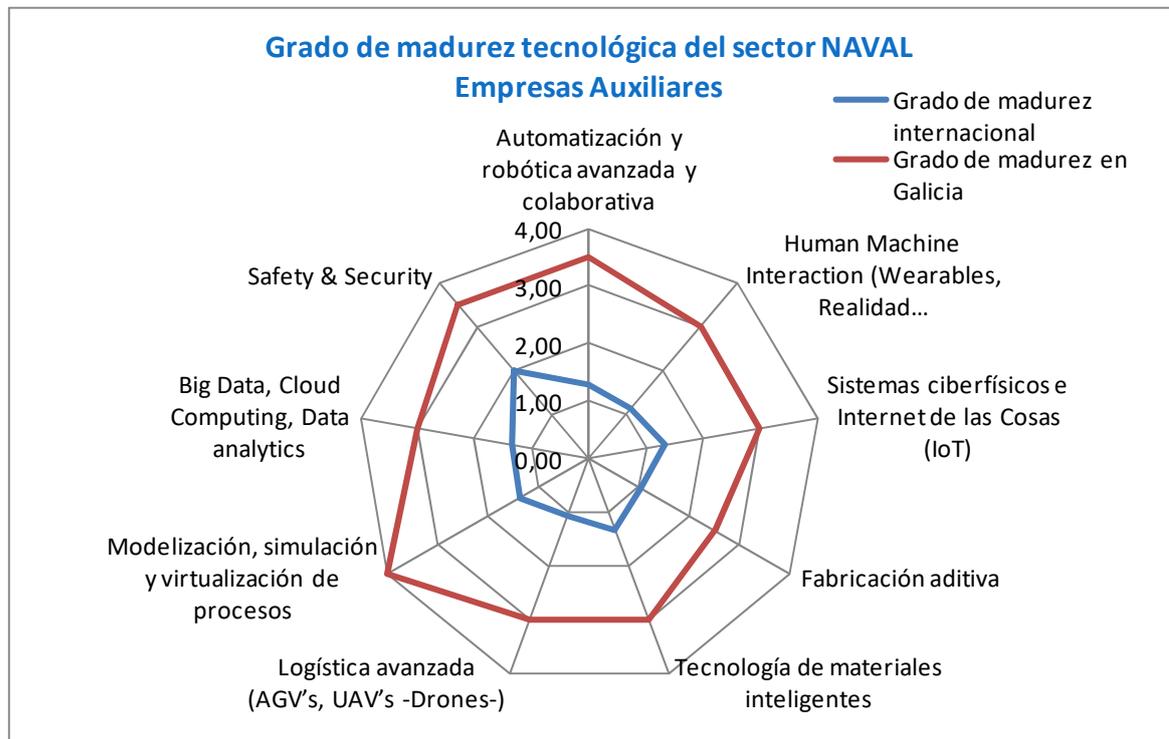


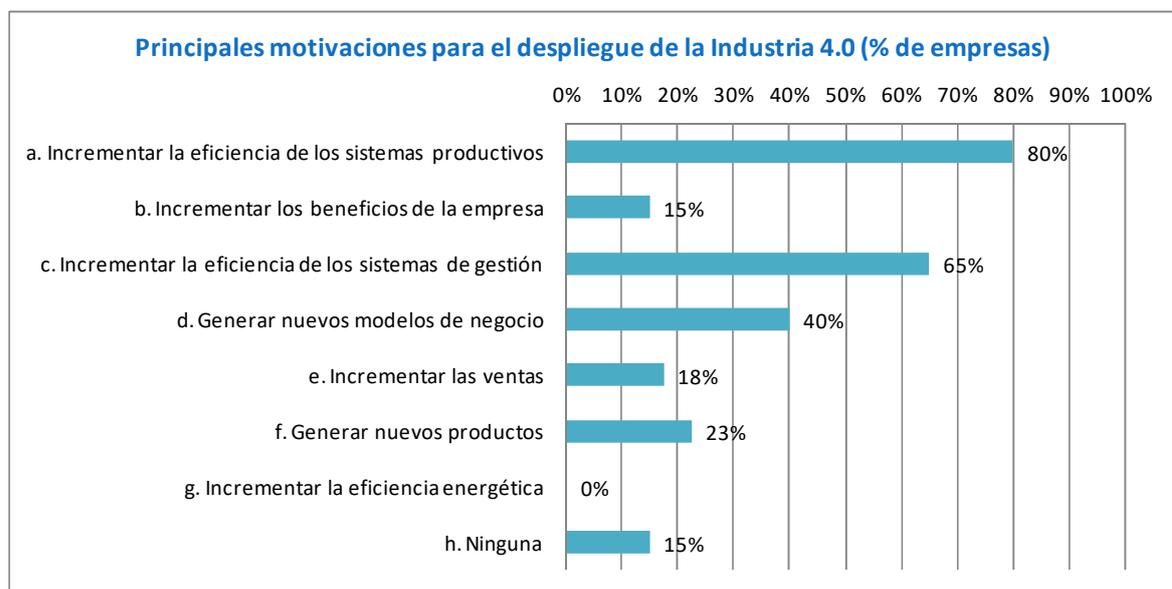
ILUSTRACIÓN 97: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA EN EMPRESAS AUXILIARES

## 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 Naval para la implementación de Industria 4.0, son **Incrementar la eficiencia de los sistemas productivos** (80% de las empresas) y **los sistemas de gestión** (65% de las empresas).

Pero la mejora de estos sistemas requiere de pasos previos a la industria 4.0. Los procesos productivos todavía son muy 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.



**ILUSTRACIÓN 98: PRINCIPALES MOTIVACIONES DE LA ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR NAVAL**

Es preocupante el hecho de que un 15% de las empresas no perciban ningún beneficio para la implementación de Industria 4.0, y que solo un 23% vean la oportunidad de generar nuevos productos. Esto es debido a que en la actualidad, la mayoría de las empresas del sector naval gallego no desarrollan ni productos ni tecnología propia, y en el proceso de modernización tecnológica, es necesario apostar por desarrollos propios que aporten mayor valor añadido.

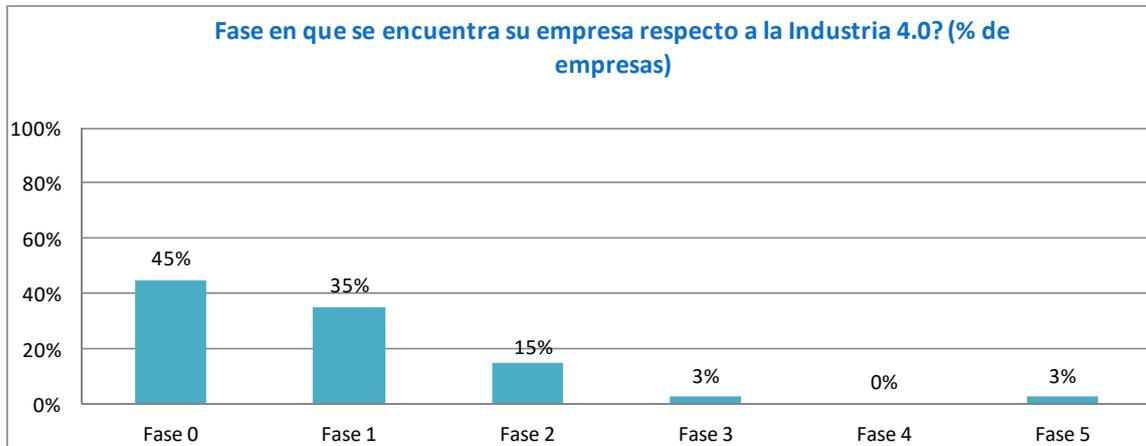
Pero para conseguirlo, es necesario un cambio de mentalidad de todos los actores que intervienen en la cadena de valor del sector, empezando por los astilleros, que deben de actuar de empresas tractoras, impulsando a su industria auxiliar.

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, pero no han llevado a cabo ninguna acción.

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

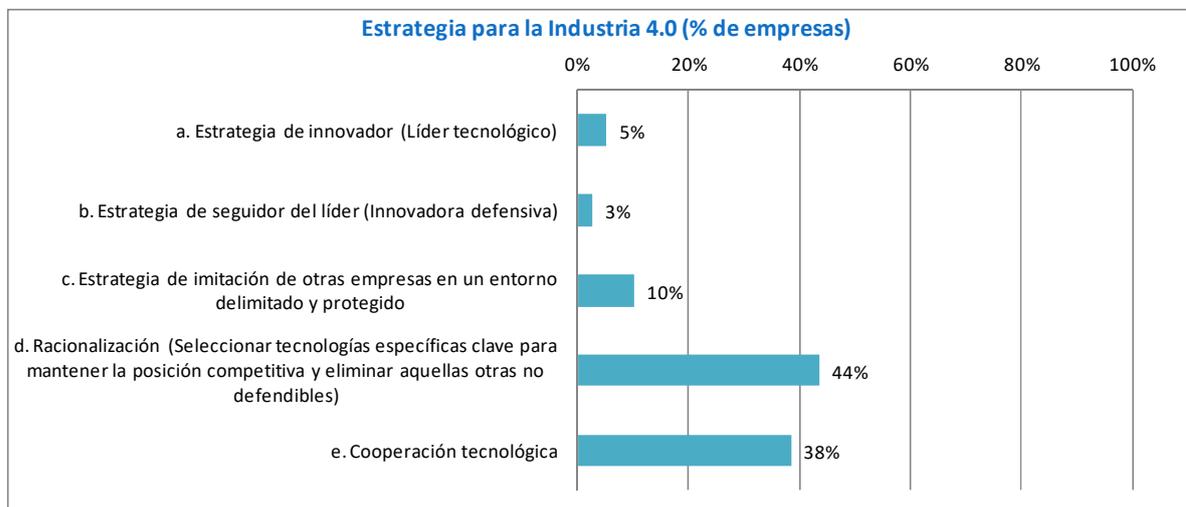
- Fase 4 – Se ha desarrollado un plan de negocio
- Fase 5 – Se está implantando el roadmap según el plan de negocio



**ILUSTRACIÓN 99: FASE EN QUE SE ENCUENTRAN LAS EMPRESAS RESPECTO A LA IMPLANTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0**

Un caso especial, que distorsiona un poco los resultados del sector, es el del **astillero Navantia**, que se encuentra en la Fase 5, con su objetivo de construir en el plazo de 10 años un **Astillero 4.0**.

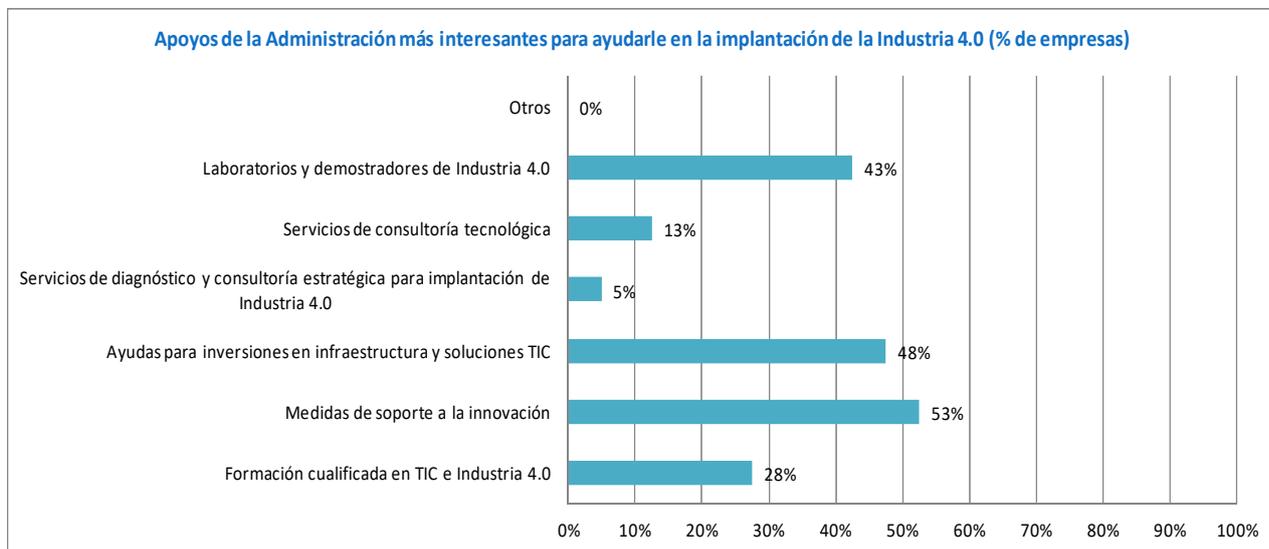
Para el resto de empresas, su estrategia para la Industria 4.0 se plantea como una **racionalización de las tecnologías clave** que permitan mantener una posición competitiva en el mercado, unido a la **cooperación tecnológica**.



**ILUSTRACIÓN 100: ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0**

El sector plantea como principales riesgos para abordar la Industria 4.0, la falta de estandarización de tecnologías, la falta de recursos internos capacitados y el desconocimiento de las mismas, además de la financiación. Es un hecho preocupante, que el empleo en el sector naval está muy poco cualificado, lo que impide acometer cambios tecnológicos importantes. Además, los principales desarrolladores tecnológicos, han apostado por otros sectores para la estandarización de tecnologías, como es el automóvil o la alimentación, sectores más estables, con mayor capacidad inversora y tecnológicamente mucho más avanzados que el sector naval.

Y como consecuencia de todo lo anterior, el sector demanda a la Administración Medidas de Soporte a la innovación, ayudas para inversiones en infraestructuras y soluciones TIC, además de laboratorios y demostradores de Industria 4.0, próximas a sus procesos productivos.



**ILUSTRACIÓN 101: APOYOS DE LA ADMINISTRACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0**

#### 4.1.1 Matriz DAFO

**El análisis interno** de la evolución y situación de la construcción naval 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"> <li>- Importancia de la <b>situación geográfica de Galicia</b> y las <b>condiciones naturales del entorno</b> como elementos relevantes para el desarrollo de la industria naval gallega, tanto de construcción y reparación de buques como de embarcaciones de recreo y deportivas.</li> <li>- Existencia de un <b>amplio know-how</b> y tradición en la construcción y reparación naval</li> <li>- Importancia de la existencia de <b>organismos asociativos de gran representatividad</b> en el tejido empresarial de la cadena (ACLUNAGA, UNINAVE, PYMAR, NAVANTIA,...) para incrementar la capacidad de coordinación, negociación y diálogo de la industria naval, internamente y con las administraciones públicas y demás agentes sociales.</li> <li>- <b>Buena imagen</b> y valoración de la construcción naval gallega en los <b>mercados internacionales</b>, permitiendo cierta diferenciación frente a competidores que poseen importantes ventajas en costes y gran potencial de crecimiento en la industria naval (China, Brasil, India, Rusia, Turquía y otras economías emergentes)</li> <li>- Astilleros <b>competitivos en plazos y precios</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atomización de la industria auxiliar</li> <li>- <b>Capacidad limitada</b> en las instalaciones de los astilleros para acceder a nuevos segmentos de mercado</li> <li>- <b>Niveles salariales más altos</b> que otros países directamente competidores, como Turquía, Rumanía, etc.</li> <li>- <b>Dificultad de diferenciación entre las empresas de la industria auxiliar y servicios</b>, muy concentrados geográficamente y compitiendo básicamente en precios, limitando la fidelización de clientes y la capacidad de generación de mayor valor añadido del conjunto de la cadena en Galicia.</li> <li>- Excesiva <b>dependencia del mercado local</b> por parte de empresas de la <b>industria auxiliar y servicios</b>, con escasa vocación y dimensión para internacionalizar sus actividades.</li> <li>- Escasa adecuación de los <b>programas de formación reglada</b> a las necesidades del tejido empresarial y la orientación a la formación continua de las empresas de la cadena para incrementar la cualificación profesional del capital humano en todos los niveles de la organización.</li> <li>- Necesidad de <b>profesionalización en los niveles directivos y cuadros intermedios</b> de las empresas de la industria auxiliar naval gallega, con insuficientes conocimientos en gestión y dirección de empresas y visión estratégica del negocio.</li> </ul>
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orientación hacia la <b>especialización de los astilleros gallegos en segmentos de mayor valor añadido</b> donde la competitividad no la determina solo el precio sino otras variables como la innovación, la tecnología, el diseño, la calidad o los plazos de entrega.</li> <li>- Fomentar una mayor sensibilización en el conjunto de la cadena sobre la importancia de la <b>cooperación y coordinación entre la industria auxiliar y las empresas de síntesis</b>, fomentando los acuerdos a largo plazo y la fidelidad en ambos sentidos, <b>para favorecer el acceso a nuevos segmentos de mercado de mayor valor añadido</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Competencia</b> 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.</li> <li>- Grandes <b>dificultades para lograr y mantener una cartera de pedidos</b> suficiente para la capacidad de la construcción naval gallega, como consecuencia de la crisis.</li> <li>- <b>Falta de instrumentos de financiación externa</b> adaptados a las necesidades del tejido empresarial de toda la cadena de valor.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar <b>acuerdos de cooperación entre empresas de síntesis</b> en el ámbito de los <b>aprovisionamientos</b>, impulsando la realización de compras conjuntas a través de creación de centrales de compras que permitan mejorar las condiciones de adquisición de materias primas básicas (chapa, estructurales, tubería...), equipamientos y oficinas técnicas.</li> <li>- Promover <b>acuerdos de cooperación y la realización de UTE's</b> (uniones temporales de empresas) <b>entre distintas empresas de la industria auxiliar</b> (componentes y equipamientos funcionales, talleres y subcontratas,...) para desarrollar ofertas conjuntas que mejoren su capacidad de negociación con los clientes y les permitan acceder a obras de mayor envergadura.</li> <li>- Implementación de <b>modelos de excelencia y sistemas integrales de gestión de calidad</b> que permitan incrementar el <b>valor añadido y la diferenciación de sus productos/servicios</b> y mejoren la eficiencia interna de los mismos.</li> <li>- Establecimiento de <b>estrategias competitivas</b> basadas en la innovación de productos/servicios como base para la diferenciación de su oferta y alcanzar un nivel competitivo adecuado a las exigencias de los mercados internacionales.</li> <li>- <b>Desarrollo de instrumentos financieros orientados a potenciar la capacidad innovadora</b> de las empresas de la cadena y la participación en proyectos de I+D+I de forma individual o conjuntamente con otras empresas u organismos de apoyo, como centros tecnológicos o universidades.</li> <li>- Impulso a la <b>modernización tecnológica de instalaciones y equipamientos</b>, así como a la automatización de los procesos productivos para favorecer el incremento de la productividad y la competitividad en segmentos de mercado de mayor valor añadido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Falta de personal formado</b> en la industria auxiliar, debido a la inestabilidad del mercado laboral.</li> <li>- <b>Homogeneización de las normativas públicas y medidas de apoyo a nivel internacional</b> a las actividades de construcción y reparación naval (ayudas directas a la producción, instrumentos de cobertura del riesgo de tipo de cambio, garantías de créditos a la exportación,...) para limitar el efecto de la <b>competencia desleal</b> desarrollada por determinados países</li> <li>- <b>Necesidad de una mayor consideración por parte de las administraciones públicas de la construcción y reparación naval</b> como un <b>sector estratégico</b> de relevancia social en Galicia, favoreciendo el desarrollo de <b>apoyos públicos para fomentar su competitividad</b> junto con una <b>mayor diversificación empresarial en metal-mecánica</b>.</li> <li>- <b>Ausencia de políticas europeas con incidencia en las actividades de construcción naval</b>, como la política pesquera común, el libro blanco del transporte, las políticas de apoyo a la innovación y al desarrollo de plataformas tecnológicas</li> </ul>
---	---

## 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 las siguientes categorías, muy relacionadas entre si:

- Estandarización de la calidad e implantación de gestión de producción
- 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
- Inversión y mejora continua en infraestructura productiva
- Sin problemas asociados

Mencionar que en alguno de los casos, las empresas no detectaron problemas de calidad, y por tanto, a la hora de responder alternativas de mejora, tampoco las propusieron. Como se explica en el informe al analizar cada value driver, la calidad es un concepto que no se percibe de igual modo en todas las empresas del sector naval, y que es una consecuencia directa del precio y del plazo (nadie da más calidad que la que se paga).

En general, 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 realizar 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 naval, la producción es el eje fundamental sobre el que gira todo el modelo de negocio. La fabricación inteligente busca fabricar de forma eficiente y cumpliendo los requisitos del cliente. Asociado a la mejora de la producción se han identificado como **potenciales alternativas**:

- Mejoras en sistemas de gestión e integración de la cadena de valor
- Mejora de la eficiencia del proceso productivo
- Inversión y mejora continua en infraestructura productiva
- Formación al operario

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, debido al gran peso que tiene la mano de obra en los procesos.

#### 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
- Automatización/semiautomatización de puestos de trabajo manuales

Existe una necesidad de **incrementar la automatización/semiautomatización** 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.

Destaca el hecho de que en la mayoría de los casos, **las empresas no perciben problemas importantes en Productos y servicios**, y como consecuencia, tampoco plantean alternativas de mejora. Los plazos en el sector naval “siempre” se cumplen, ya que las garantías suponen un coste muy elevado (relacionado con el valor del barco). Y la falta de un sistema TIC que conecte la cadena de valor, o herramientas para disminuir el tiempo de llegada de un producto al mercado, no se consideran problemas en sí.

El resto de alternativas, van asociadas a los principales problemas de calidad y producción. Las empresas son conscientes de la necesidad de un sistema de gestión que integre proveedores y cliente final, pero antes de esto, es necesario que las fábricas estén preparadas para abordar las tecnologías Industria 4.0, lo que supone en la mayoría de los casos mejorar el nivel de automatización de los procesos productivos y sistemas de control de calidad.

#### 4.3. PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO

Las oportunidades de mejora detectadas en el presente estudio requieren de la **implicación de todos los actores involucrados en el sector naval**. Iniciativas como **Shipbuilding 4.0**, han tenido por objetivo la concienciación a las empresas de que la innovación debe ser el camino de los astilleros e industrias auxiliares para conseguir esa posición en el mercado. En el marco de este convenio, se han realizado numerosas acciones formativas para darle mayor visibilidad a la Industria 4.0 en el sector naval, pero este es solo un primer paso que requiere de una mayor implicación de las empresas para que este cambio tecnológico en el sector pueda llevarse a cabo con éxito.

Dentro de las **acciones formativas** llevadas a cabo en el marco de este convenio, es interesante mencionar:

- Sesión formativa sobre **tecnologías de control dimensional aplicadas al sector de construcción naval**, celebrada en AIMEN del 21 al 23 de septiembre de 2016 y para la que se contó con ponentes de contrastada experiencia en este campo, como el proveedor de tecnología LEICA GEOSYSTEMS o el prestador de servicios para el sector naval GESDIM, entre otros.
- Sesión formativa sobre **composites para el sector naval**, celebrada en AIMEN los días 4 y 5 de octubre de 2016, y que se abordó con la participación de ponentes de AIMEN, de amplia experiencia en diferentes áreas de trabajo relacionadas con la implementación de composites en el sector naval adquirida en los últimos diez años mediante la participación en varios servicios tecnológicos y proyectos europeos.
- Sesión formativa sobre **soldadura láser híbrida**, celebrada en AIMEN el día 13 de octubre de 2016, en la que se contó con la participación de ponentes de AIMEN, con contrastada experiencia en este campo, adquirida mediante la realización de proyectos de I+D y servicios industriales.
- Sesión formativa sobre **tratamiento de superficies en el sector naval**, celebrada en AIMEN los días 19 y 20 de octubre de 2016, en la que se contó con la participación de ponentes de referencia en este campo como CHORRO NAVAL, como prestador de servicios de chorreado y pintado en el sector, HAMMELMANN, empresa proveedora de tecnología de limpieza de cascos de buques por medio de la inyección de agua a alta presión como alternativa al granallado convencional o SHERWIN WILLIAMS, empresa puntera en pinturas y recubrimientos para el sector naval, entre otros.
- Sesión formativa sobre **realidad virtual y realidad aumentada en el sector naval**, celebrada el 2 de noviembre de 2016 en el CIS Galicia, y en dónde se contó con la participación del propio CIS GALICIA, NAVANTIA o ARSOFT.
- Sesión formativa sobre **soldadura mediante arco eléctrico de alta productividad aplicada al sector naval**, celebrada el 4 de noviembre de 2016 en AIMEN, y para la que se contó con la participación de la empresa FRONIUS ESPAÑA, referencia mundial como proveedor de equipos de soldadura al arco de última generación.

- Sesión formativa sobre **ensayos no destructivos aplicados al sector naval**, celebrado el 18 de noviembre de 2016 en las instalaciones de AIMEN, impartida en su totalidad por AIMEN, por parte de una persona de experiencia contrastada en la inspección no destructiva, nivel 3 en varias tecnologías de inspección.
- Sesión formativa sobre **Gestión ERP (CANON)**, celebrada el 30 de noviembre de 2016 en el Club Financiero de Vigo, impartida por la empresa CANON, referencia en sistemas de gestión para diferentes sectores industriales y, en particular, para el sector naval.

Pero después de las visitas a las empresas, aunque se percibe cierta sensación de interés en las mismas, existe una **limitación en la capacidad financiera para acometer inversiones tecnológicas**, debido fundamentalmente a la baja carga de trabajo del sector, y a la fuerte resistencia al cambio que todavía presentan departamentos como producción y dirección. El desconocimiento sobre el retorno que se podría conseguir con la implementación de las tecnologías asociadas a Industria 4.0, dificulta aún más su implementación.

Con el objetivo de **promover la competitividad y el crecimiento del negocio de la industria naval gallega** en virtud de un mercado globalizado con gran intensidad y promover la especialización competitiva de las actividades y la generación de productos de mayor valor añadido y por tanto, repercutir en la generación de puestos de trabajo más cualificados, **se definen las siguientes propuestas:**

- Establecer acuerdos de cooperación entre astilleros, asociaciones empresariales y organizaciones representativas del tejido empresarial con las siguientes características:
- Generación de sinergias y economías de escala que mejoren su competitividad en el mercado.
- Desarrollar de forma equilibrada todos los eslabones de la cadena de construcción naval (empresas de síntesis, industria auxiliar naval, empresas de componentes, equipos funcionales y servicios de soporte)
- Mejorar el desempeño en la defensa de los intereses corporativos ante las administraciones públicas y como un impulso y promotor de actividades en los mercados internacionales.
- Promover un mayor grado de profesionalización que favorezca una mayor cualificación del personal, con capacidad de trabajar en equipo y con conocimiento para utilizar equipos y herramientas tecnológicamente avanzados.

Con el objetivo de aplicar una **visión estratégica en los sistemas de gestión entre las empresas de la cadena**, especialmente en aquellas de menor tamaño, fomentando una actitud anticipada y proactiva que permita mejorar la competitividad a medio y largo plazo en los mercados internacionales:

- **Promover el desarrollo de sistemas avanzados de gestión y modernización de los sistemas de información y comunicación**, tanto internos como externos, generalizando la orientación hacia la implementación de sistemas de gestión de calidad y excelencia empresarial que les permitan obtener ventajas competitivas y mejorar su posicionamiento en el mercado.
- Avanzar en la especialización hacia buques más sofisticados y diversificar la cartera de clientes mediante la apertura de nuevas líneas de negocios vinculadas a actividades comerciales que permitan una mayor estabilidad del mercado para cubrir los períodos de menor demanda en la construcción y reparación naval.
- Promover las redes de comercialización como una estrategia de marketing en los mercados extranjeros para aumentar la capacidad de atraer nuevos clientes internacionales, aprovechando la imagen favorable y el reconocimiento internacional de la construcción y reparación en Galicia.
- Reducir la complejidad de los procedimientos burocráticos y simplificar los procedimientos administrativos actuales requeridos para formalizar las solicitudes y concesiones de apoyos públicos por parte de la administración.

Pero si situamos todas estas acciones en un marco temporal, priorizando las mismas, sería necesario a corto plazo:

<b>Acción</b>	Promover <b>acuerdos de cooperación y la realización de UTE's</b> (uniones temporales de empresas)
<b>Descripción</b>	<p>El pequeño tamaño de las empresas auxiliares del sector naval dificulta enormemente la capacidad de inversión en equipamiento más automatizado.</p> <p>Además, la baja y oscilante carga de trabajo del sector no anima a las empresas a realizar este tipo de inversiones.</p> <p>Por este motivo, es necesario la creación de un sector auxiliar naval más fuerte, promoviendo acuerdos de cooperación entre distintas empresas de la industria auxiliar (componentes y equipamientos funcionales, talleres y subcontratas,...) para desarrollar ofertas conjuntas que mejoren su capacidad de negociación con los clientes y les permitan acceder a obras de mayor envergadura.</p>
<b>Valoración Coste / Beneficio</b>	Coste Bajo/Dificultad alta (necesario cambio mentalidad)/Impacto alto

<b>Acción</b>	<b>Formación</b>
<b>Descripción</b>	<p>El sector naval demanda <b>especialistas</b> (personal con 5-8 años de experiencia), en las diferentes técnicas de fabricación (pintores, soldadores, etc.). La poca relación existente entre las necesidades formativas de las empresas y la formación académica reglada dificulta en muchos casos encontrar personal cualificado, y las empresas dedican una parte importante del tiempo a la formación del personal.</p> <p>Además, la <b>edad media en el sector es avanzada</b>, y no existe gente joven formada capaz de sustituir al personal. Es necesario un relevo generacional, asociado a una buena gestión del conocimiento, basado en la experiencia.</p> <p>Para ello, es fundamental implicar a todos los actores del sector Naval, a través de su clúster, promoviendo acciones formativas con el objetivo de aumentar la profesionalización del sector. Estas acciones formativas deberían ser impartidas en las instalaciones de las empresas, para que la aplicabilidad del contenido de las mismas sea mayor.</p>
<b>Valoración Coste / Beneficio o Dificultad</b>	Coste Bajo/ Impacto alto

<b>Acción</b>	<b>Estandarización de procesos</b>
<b>Descripción</b>	<p>El sector naval necesita modernizar su sistema productivo. Y para ello, es fundamental estandarizar aquellos procesos repetitivos, con el objetivo de semiautomatizarlos.</p> <p>La <b>estandarización de procesos</b>, 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 naval.</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</p>

	<p>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, que debe ir acompañado por la búsqueda de proveedores de soluciones tecnológicas para cada una de las aplicaciones y procesos.</p>
<b>Valoración Coste / Beneficio</b>	Coste medio/Impacto alto

<b>Acción</b>	<b>Digitalización de los procesos</b>
<b>Descripción</b>	<p>El sector naval requiere para digitalizar sus procesos, la renovación de la maquinaria, así como la implementación de sistemas de gestión adecuados a las actividades de toda la cadena de valor.</p> <p>Es necesario llevar a cabo inversiones en soluciones TIC que permitan un mayor control del proceso productivo, y con ello, reducir plazos de entrega, evitar retrabajos, y en general, optimizar el proceso productivo y dotar a las empresas de herramientas que aporten mayor valor añadido y mayor competitividad al sector.</p>
<b>Valoración Coste / Beneficio</b>	Coste medio/Impacto alto

<b>Acción</b>	<b>Desarrollo de instrumentos financiero</b>
<b>Descripción</b>	<p>Para acompañar a todas las medidas anteriores, debido a la complejidad del sector, es necesario el <b>desarrollo de instrumentos financieros orientados a potenciar la capacidad innovadora</b> de las empresas de la cadena y la participación en proyectos de I+D+I de forma individual o conjuntamente con otras empresas u organismos de apoyo, como centros tecnológicos o universidades.</p>
<b>Valoración Coste / Beneficio</b>	Coste bajo/Impacto medio-alto

## 5. CONCLUSIONES

La industria naval se caracteriza, a diferencia de lo que sucede en otras industrias como por ejemplo la automovilística donde la producción es seriada, por realizar una producción a medida, donde cada buque tiene un diseño diferente y unas características determinadas en función de los requerimientos y necesidades de cada cliente. Por lo tanto, es importante entender la existencia de procesos de fabricación significativamente diferentes de los que hay en otros sectores.

La industria naval europea y en particular, las española y gallega, se han visto muy afectadas por la elevada automatización de los astilleros asiáticos, junto con el bajo coste de mano de obra y las políticas de subsidio en esos países. Los diagnósticos tecnológicos realizados en el ámbito de la construcción naval evidencian la **necesidad sectorial de incorporar nuevas tecnologías de fabricación** para poder mejorar la competitividad de los astilleros y las industrias auxiliares. Es necesario:

1. Buscar la especialización mediante la fabricación de buques especiales no seriados de **muy alto valor añadido**, como es el caso de los buques offshore, dragas, oceanográficos, sísmicos, etc.
2. Tratar de **reducir los costes productivos**, principalmente, mediante la incorporación de nuevas tecnologías de fabricación que reduzcan los tiempos de operación y agilicen los ciclos productivos.
3. Mejorar la **calidad** de los buques fabricados y la **competitividad** de estas empresas mediante la formación del personal tanto de los astilleros como de las empresas integradas en su cadena de valor.

Esto es especialmente crítico en el caso de astilleros de tamaño pequeño/medio, de los que el sector naval gallego es un claro exponente, con **menos recursos y conocimientos para la implementación de nuevas tecnologías de fabricación que mejoren su productividad y competitividad**. En la actualidad, el proceso de fabricación de los astilleros de tamaño pequeño/medio se caracteriza por la falta de herramientas de asistencia a la planificación de la producción, retrasos, retrabajos y por una escasa optimización de los recursos.

La investigación en nuevas tecnologías de fabricación avanzada e inteligente aplicadas al sector naval, constituye una de las áreas estratégicas que Galicia debe potenciar con el objetivo de impulsar y optimizar nuevas tecnologías de vanguardia al servicio de dicho sector.

En paralelo a las tecnologías de fabricación, es necesario digitalizar el sector naval, mediante la **implantación de soluciones de IoT en las empresas**, que permitan obtener más información de la cantidad de datos que se generan en el proceso de fabricación de un barco. Las características del sector y sus necesidades tecnológicas, se muestran resumidas en la siguiente tabla:

Características del Sector NAVAL Gallego	Necesidades
Fabricación en lotes pequeños o incluso unitarios, lo que dificulta la estandarización de procesos y su automatización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una alta integración entre las herramientas de diseño del buque (CAx) y las herramientas de gestión de la producción (para construcción, reparación y mantenimiento).</li> <li>- Obtener información sobre los procesos productivos y sobre la actividad de máquinas y operarios, lo que permite:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tener una visión en tiempo real del estado del proyecto.</li> <li>✓ Ajustar la planificación a corto plazo en función del estado de producción.</li> <li>✓ Disponer de información sobre el coste real desglosado del proceso productivo para ajustar futuras planificaciones y ofertas.</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Optimizar los procesos de producción.</li> <li>- Herramientas de planificación en tiempo real.</li> </ul>
Mercado orientado a la especialización en construcción de buques de alto valor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementar el equipamiento de alto valor añadido del buque.</li> <li>- Desarrollo de productos con tecnología propia.</li> <li>- Ofrecer servicios de alto valor sobre el producto (mantenimiento predictivo, reparación,...).</li> </ul>
Astilleros considerados empresas de síntesis, que realizan sus actividades en estrecha colaboración con la industria auxiliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integración entre los sistemas TIC del astillero con las empresas auxiliares para hacer más eficientes los procesos productivos.</li> </ul>
Búsqueda de la reducción del impacto ambiental y de la eficiencia energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramientas para medir y reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia energética de las actividades de construcción naval.</li> <li>- Soluciones tecnológicas que reduzcan el impacto ambiental y mejoren la eficiencia energética de los buques construidos hacia la visión del <i>Green Vessel</i>.</li> </ul>

En este sentido, iniciativas promovidas por ACLUNAGA (Cluster naval gallego) en colaboración con el CIS GALICIA y AIMEN para el desarrollo de tecnología 4.0, con el objetivo de dinamizar la capacidad innovadora del sector naval gallego (**Shipbuilding 4.0**<sup>44</sup>), son fundamentales para conseguir concienciar al sector de la necesidad de cambio mediante acciones formativas y demostradores de interés para el sector.

Es innegable que actualmente están disponibles muchos elementos necesarios para fomentar el desarrollo del Astillero 4.0 que tiene que servir para el relanzamiento de la construcción naval española, y gallega en particular, en una senda de competitividad sostenible. Queda ahora en manos de las partes directamente interesadas **involucrarse y ponerse en marcha de forma coordinada para aprovechar las ventajas que proporcionan las tecnologías de automatización 4.0.**

<sup>44</sup> <http://www.aimen.es/proyectos/shipbuilding-4-0-dinamizacion-de-la-capacidad-innovadora-del-sector-naval-gallego>

## 6. ANEXO. CUESTIONARIO Y METODOLOGÍA 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%
<b>TOTAL ACUMULADO</b>		<b>355</b>	<b>361</b>	<b>102%</b>

### 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