

# Experiencias de Implantación de soluciones Industria 4.0

## Tendencias y retos de futuro



**Natalia Ortega Gómez** - Secretaria General del CEAM  
**Antoni Seva Vidal** - Responsable Técnico del CEAM

Con el apoyo de:

**BOSSARD**

Noviembre 2025

## ÍNDICE

	Página
1. Resumen Ejecutivo	3
2. Introducción	6
3. Aspectos relevantes sobre la Industria 4.0	9
3.1. Origen del concepto	9
3.2. Definición de Industria 4.0	12
3.3. Tecnologías que integran la Industria 4.0	15
3.3.1. Tecnologías habilitadoras de la fábrica inteligente	17
3.4. Los efectos de la Industria 4.0	22
3.5. La Industria 5.0	25
3.6. Conclusiones	26
4. La expansión de la Industria 4.0 en España	27
4.1. Grado de implantación de la Industria 4.0 en la industria española	27
4.2. Comparación del grado de implantación con otros países	35
4.3. Conclusiones sobre el grado de implantación de la Industria 4.0 en la industria española	41
5. Experiencias de empresas en la implantación de soluciones Industria 4.0	42
5.1. Características de los proyectos Industria 4.0	43
5.2. Objetivos de la transformación digital de procesos	47
5.3. Resultados de los proyectos Industria 4.0	49
5.4. Factores impulsores	51
5.5. Principales obstáculos	52
5.6. Soluciones tecnológicas implantadas	55
5.7. El papel de las personas en los proyectos Industria 4.0	61
5.8. Tendencias en la implantación de soluciones Industria 4.0	64
5.9. Conclusiones del análisis de experiencias	66
6. Retos de la expansión de la fábrica inteligente en la industria española	68
6.1. Debilidades	68
6.2. Fortalezas	72
6.3. Amenazas	74
6.4. Oportunidades	78
6.5. Conclusiones sobre los retos que presenta la expansión de la Industria 4.0	85
7. Reflexiones finales	88
8. Bibliografía	89

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

La Industria 4.0 está transformando con rapidez la industria española, impulsando mejoras significativas en productividad, calidad, seguridad y eficiencia energética, así como nuevas oportunidades de negocio asociadas a la servitización.

Sin embargo, esta transformación no avanza de manera homogénea: existen diferencias notables según el tamaño empresarial, el sector de actividad y la capacidad interna para afrontar los cambios tecnológicos y organizativos que exige la digitalización.

El concepto de Industria 4.0, originado en Alemania en 2011, integra tecnologías digitales avanzadas, IoT, sistemas ciberfísicos, inteligencia artificial, análisis de datos, robótica, conectividad 5G o cloud computing, cuyo desarrollo acelerado ha posibilitado la fabricación inteligente.

Además de tecnologías habilitadoras, la fábrica inteligente requiere elementos facilitadores como la integración horizontal y vertical, la virtualización, la modularización, la calidad de los datos y la descentralización, factores imprescindibles para maximizar su impacto operativo.

La Industria 5.0 redefine este proceso desde un enfoque más humano, sostenible y resiliente, priorizando la creatividad, la sostenibilidad, la eficiencia energética y la atención a los riesgos y la ciberseguridad

La digitalización industrial en España crece de forma rápida, aunque desigual. Las grandes empresas lideran la adopción de software, analítica de datos, computación en la nube, inteligencia artificial, ciberseguridad y robótica, mientras que las PYMES mantienen niveles de implantación más modestos. La explotación de Big Data, por ejemplo, se concentra claramente en empresas medianas y grandes.

Comparada con otros países desarrollados, España muestra avances relevantes, pero aún presenta desafíos en áreas como la analítica avanzada, IA, integración de sistemas y robotización. La menor intensidad industrial del país y el peso elevado de las PYMES condicionan el ritmo de adopción tecnológica.

El análisis de casos reales evidencia que la mayoría de empresas comienza la digitalización con proyectos acotados y orientados a la mejora operativa. Estos proyectos generan impactos significativos en productividad, calidad, eficiencia energética y reducción de costes, aunque la generación de nuevas oportunidades de negocio y la innovación de producto todavía se encuentran en fases iniciales

Las empresas con mejores resultados son aquellas que cuentan con procesos previamente optimizados, una estrategia clara desde la Dirección y una colaboración estrecha con proveedores especializados. La cultura organizativa y la experiencia previa en mejora continua también actúan como impulsores clave.

Entre los obstáculos más frecuentes destacan los costes de implantación, la falta de personal cualificado, las carencias en estandarización, la baja calidad de datos, las limitaciones tecnológicas y la resistencia interna al cambio.

Las competencias técnicas necesarias evolucionan rápidamente. Se demandan habilidades en automatización, robótica, análisis de datos, programación y gestión de proyectos. La escasez de talento STEM y la dificultad para captar perfiles híbridos constituyen una barrera crítica para las empresas, especialmente para las PYMES.

Las empresas responden mediante formación interna, polivalencia, programas duales con centros de formación profesional y colaboración con terceros, iniciativas que también permiten reforzar la actualización permanente del conocimiento técnico y tecnológico

El informe identifica una serie de retos estructurales:

- Insuficiente difusión de conocimientos y capacidades digitales.
- Limitada implantación de algunas tecnologías avanzadas.
- Resultados todavía bajos en innovación y en digitalización de la logística.
- Déficits importantes de talento técnico.
- Proyectos centrados exclusivamente en tecnología sin integrar adecuadamente procesos, datos y personas.

Junto a estos retos, existen importantes oportunidades:

- El papel creciente de la Industria 4.0 en las políticas industriales y de innovación europeas, nacionales y autonómicas.
- El impulso de cadenas de valor tractoras como la economía verde, el sector energético, el aeroespacial y el de defensa, que demandan soluciones avanzadas de fabricación inteligente
- El potencial de crecimiento asociado a la inteligencia artificial, los gemelos digitales, la robótica avanzada, la ciberseguridad industrial y el edge computing.
- La relocalización de actividades productivas y el aumento de actividades de ingeniería e innovación dentro de España

La transformación digital constituye una palanca estratégica para reforzar la competitividad de la industria española. Sin embargo, para que la Industria 4.0 se convierta en un motor de crecimiento sostenido, será necesario avanzar desde la mejora operativa hacia la innovación, el desarrollo de soluciones propias y una mayor integración en las cadenas de suministro globales.

La combinación de visión estratégica, inversión continuada, políticas públicas efectivas, talento cualificado y ecosistemas sólidos de innovación será determinante para que España pueda construir un futuro industrial más competitivo, autónomo y generador de valor.

## 2. INTRODUCCIÓN

En pocos años la incorporación de tecnologías Industria 4.0 ha comportado cambios importantes en la industria española.

La implantación de soluciones de digitalización y automatización ha propiciado incrementos de los niveles de productividad, calidad y seguridad en el trabajo, en ahorros energéticos o en la generación de nuevas oportunidades de negocio ligadas a la servitización.

Sin embargo, desde el CEAM constatamos que el grado de penetración de las tecnologías inteligentes en la fabricación y en las cadenas de suministro no está siendo igual según el perfil de empresas. En función del tamaño y del sector de actividad, se observan diferencias importantes. Además, hay empresas industriales que manifiestan algunos inconvenientes en la implantación de soluciones Industria 4.0. Por poner algunos ejemplos, se apuntan resultados menores a los esperados en términos de mejora de los niveles de eficiencia, barreras técnicas ligadas a las características de los procesos, limitaciones de conocimiento, reticencias por parte del personal o problemas para captar y retener talento.

En el actual contexto de apuesta estratégica por la industria, resulta esencial optimizar el papel que puede desempeñar la transformación digital para alcanzar el objetivo de ser más industriales. Este planteamiento se sitúa en un escenario geopolítico complejo, marcado por las políticas proteccionistas de Estados Unidos y por la estrategia industrial expansiva de China. Asimismo, debe destacarse la evolución incierta de las cadenas de valor vinculadas a la economía verde, de los mercados aeroespacial y de defensa, y del sector de la automoción, todos ellos con un elevado potencial tractor para el desarrollo y la implantación de soluciones inteligentes.

En este marco, resulta de interés tener un conocimiento más amplio de las barreras de entrada a la transformación digital de procesos, así como identificar experiencias y describir cuáles son los **factores que están influyendo positivamente en los casos que se pueden considerar buenas prácticas**.

Con este propósito se plantea este estudio que tiene diversos objetivos. Por un lado, recoger información que permita describir los **rasgos de la transformación digital** de las empresas industriales, en concreto, el grado de avance, las tecnologías empleadas, los inconvenientes encontrados, los factores impulsores, el papel del talento... Por otro lado, identificar **aspectos clave para impulsar la adopción de la Industria 4.0 en las empresas industriales** y para **optimizar el papel del desarrollo de la fabricación**

**avanzada como palanca de reindustrialización.** También formular recomendaciones dirigidas a empresas, proveedores de soluciones de la Industria 4.0, administraciones y otros agentes implicados en el desarrollo de la fábrica inteligente, con el fin de **acelerar su expansión.**

Este estudio ha contado con el apoyo de BOSSARD, proveedor especializado en soluciones de Industria 4.0 en el ámbito de la logística, y un ejemplo destacado de transformación productiva impulsada por las oportunidades de negocio que ofrece la fabricación inteligente.

Este informe se ha realizado a partir del análisis de información procedente de varias fuentes. Por un lado, se ha elaborado el cuestionario “**Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes**”, destinado a empresas industriales, que han implantado soluciones Industria 4.0 y han conseguido resultados positivos de las acciones que han desarrollado. Se han recogido 48 respuestas en el periodo enero-julio 2025, de empresas ubicadas mayormente en Cataluña, el 77% correspondientes a PYMES y pertenecientes a sectores diversos (automoción, fabricación de productos metálicos, electrónica, maquinaria...). El cuestionario comprendía preguntas relativas a la estrategia empresarial en Industria 4.0, a las tecnologías implantadas y a las necesidades de competencias ligadas a los proyectos de fabricación avanzada y a las dificultades para cubrirlas.

Para la consideración del grado de implantación de la Industria 4.0 en la Industria española y su comparación con otros países, se ha analizado información generada por el INE, la OCDE, el Centro Común de Investigaciones (JRC), la International Federation of Robotics (IFR) y la Asociación Española de Robótica (AER). Asimismo, se han consultado numerosas fuentes especializadas: estudios, artículos de revista, blogs, webs...

También se han realizado 17 entrevistas a representantes de empresas, que tienen una cierta trayectoria en implantar soluciones inteligentes en los procesos productivos, así como a proveedores expertos y a otros agentes vinculados a la administración y al mundo de la formación.

Se ha recogido información sobre situaciones concretas en distintos contextos, por ejemplo, en las últimas ediciones de la Jornada de Productividad de CEAM y en otros eventos organizados por la entidad (reuniones de trabajo, workshops, formaciones, visitas a empresas y centros tecnológicos), a través de los cuales se han conocido experiencias de implantaciones por parte de empresas y proveedores expertos. Asimismo, se ha recopilado información en otros foros, por ejemplo, en Advanced Factories, feria especializada en Industria 4.0, que celebra en paralelo un congreso

internacional sobre fabricación inteligente o en la Jornada Técnica “Innovación y Precisión en Moldes, Matrices y sector metalúrgico”, organizada por Asorcad en el DFactory 4.0

Las personas que han realizado aportaciones directas para la realización de este trabajo han sido:

- Alfonso Muñoz - Business Development AER
- Antonio Garcia - Director General BOSSARD
- Juan Carlos Gemes Aragonés – Director CENTRO DE REFERENCIA NACIONAL EN OPERACIONES MECÁNICAS. CENTRE D’INNOVACIÓ i FORMACIÓ OCUPACIONAL DE SANT FELIU DE LLOBREGAT.
- Carles Gomara - Innovation and Digital Transformation ACCIÓ
- Carles Miranda - Mànager Indústria 4.0 i Sostenibilitat ACCIÓ
- David Rodilla - Operation Manager BU1 MELEGHY AUTOMOTIVE
- Douglas Pérez - IT Manager FAMMSA
- Eduard Sanchez - Director de Operaciones CNA GROUP
- Germán Muñoz - Responsable de Sistemas CAHORS
- Jordi Guimet - CEO PLASTICBAND
- Jordi Ortuño - Servitization Development Director TECNOTRANS BONGFIGLIOLI
- Josep Centelles - Founder LANCER DIGITAL
- Josep Maria Guillen - Production Director GEDIA
- Juan Carlos Gemes - Director CIFO SANT FELIU
- Roger Sabaté - CEO & Founder GEM4 TECH
- Toni Laserna - Experto en Transformación Digital
- Xavier Vera - Purchasing Manager PAVER

### 3. ASPECTOS RELEVANTES SOBRE LA INDUSTRIA 4.0

En este apartado se lleva a cabo la descripción de cuestiones importantes para entender qué es la Industria 4.0 y cuál es su contenido. También se ha incluido información sobre los efectos de la Industria 4.0 y sobre el concepto de Industria 5.0

#### 3.1. Origen del concepto

Industria 4.0 tiene su origen en Alemania a principios de la década de 2010. El concepto apareció en el artículo **“Industria 4.0: En camino hacia la cuarta revolución industrial con el Internet de las cosas”**, publicado por la Asociación Alemana de Ingenieros (VDI **nachrichten**) el 1 de abril 2011<sup>1</sup>. El artículo fue elaborado por Wolfgang Wahlster, del Centro Alemán de Investigación en Inteligencia Artificial (DFKI), Henning Kagermann de la Academia Nacional Alemana de Ciencia e Ingeniería (Acatech) y Wolf-Dieter Lukas del Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF).

El 3 de abril de 2011, Wolfgang Wahlster incluyó el término en su discurso como miembro del jurado del Premio Hermes, durante el acto inaugural de la Hannover Messe<sup>2</sup>, delante de la entonces canciller, Angela Merkel, así como de numerosos políticos y representantes del mundo empresarial.

El trabajo de W. Wahlster, H. Kagermann y W.-D. Lukas persigue diseñar un **proyecto de futuro para la industria manufacturera alemana** basado en avances científicos y

---

<sup>1</sup> Kagermann, H., Lukas, W.-D., & Wahlster, W. (2011, 1 de abril). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI nachrichten, *Nº 13*, p. 2. [https://www.dfki.de/fileadmin/user\\_upload/DFKI/Medien/News\\_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf](https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf)

<sup>2</sup> Una de las ferias industriales más importantes del mundo.

tecnológicos en el campo del Internet de las Cosas (IoT)<sup>3</sup>, del Internet de los Servicios (IoS)<sup>4</sup> y de los Sistemas Ciberfísicos (CPS)<sup>5</sup>.

La finalidad de la iniciativa era contribuir a que Alemania se posicionase estratégicamente a nivel mundial en la industria digital del futuro, porque seguir siendo un centro de fabricación implicaba prepararse para un cambio de paradigma impulsado por Internet. Así, “4.0” hace referencia a la cuarta revolución industrial y, al mismo tiempo, subraya el papel crucial del software (se utiliza una nomenclatura similar a la utilizada en las versiones en el ámbito de las tecnologías de la información)<sup>6</sup>.

La cuarta revolución industrial se caracteriza por la **integración de lo digital y lo físico en productos, procesos y cadenas de valor** y sucede a las tres anteriores.

- **La primera revolución industrial**, en el siglo XVIII, que tiene su origen en la máquina de vapor lo que permite la mecanización de procesos de fabricación.
- **La segunda revolución industrial**, en el siglo XIX, impulsada por la electricidad que favorece la producción en masa.
- **La tercera revolución industrial**, en la segunda mitad del siglo XX, caracterizada por la automatización, como resultado del desarrollo de la electrónica y de la informática.

---

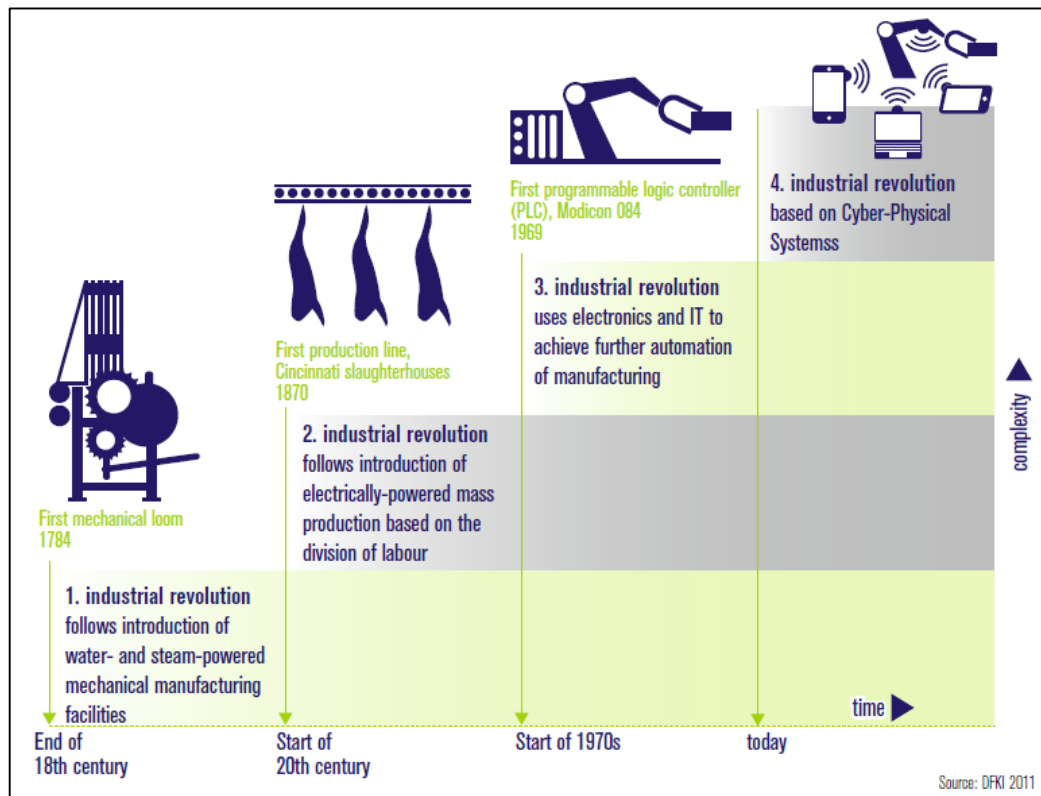
<sup>3</sup> Según la International Telecommunication Union (2012), el Internet de las Cosas corresponde a una infraestructura global que interconecta elementos físicos y virtuales para habilitar servicios avanzados mediante tecnologías de la información interoperables.

<sup>4</sup> El Internet de los Servicios se puede definir como capa de servicios digitales que gestiona y explota datos y funcionalidades a través de plataformas de servicios (marketplaces, plataformas abiertas o corporativas) para habilitar nuevos modelos de negocio y “smart services” (Kagermann, H., Wahlster W. y Helbig, J., 2013).

<sup>5</sup> Los Sistemas Ciberfísicos son sistemas compuestos por componentes digitales, analógicos, físicos y humanos que interactúan, integrando estrechamente la computación con los procesos físicos (National Institute of Standards and Technology, 2017).

<sup>6</sup> El origen del término y su evolución queda recogido en el artículo de R. Karger (2021), “Ten Years of Industrie 4.0: Germany Driving Industrial AI as the Means to Future Value Creation”

### Las cuatro etapas de la Revolución Industrial



Fuente: Karger. R. (2021), "Ten Years of Industrie 4.0: Germany Driving Industrial AI as the Means to Future Value Creation". DFKI News, 1, 6–11. [https://www.wolfgang-wahlster.de/wp-content/uploads/Ten\\_Years\\_of\\_Industrie\\_4\\_0.pdf](https://www.wolfgang-wahlster.de/wp-content/uploads/Ten_Years_of_Industrie_4_0.pdf)

En 2012, el Gobierno alemán incluyó la Industria 4.0 como uno de los “**proyectos de futuro**” en el “Plan de Acción de la Estrategia de Alta Tecnología 2020”, adquiriendo así carácter de iniciativa prioritaria y estratégica para el país.

En abril de 2013, se publicaron las primeras **recomendaciones para la implementación de la Industria 4.0**, en el documento “Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group” (Kagermann, H., Wahlster W. y Helbig, J., 2013). El informe expone, entre otros aspectos, su visión de la Industria 4.0 y su impacto en el desarrollo de la industria alemana, las áreas prioritarias de acción, los requisitos de investigación y las necesidades de formación y cualificación.

También en 2013, se crea la **Plattform Industrie 4.0**<sup>7</sup>, que tiene como propósito promover la transformación digital de la fabricación en Alemania. La plataforma fue

<sup>7</sup> Para más información se puede consultar <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Home/home.html>

impulsada por diversas asociaciones empresariales, la Federación Alemana de Industrias de TI, Telecomunicaciones y Nuevos Medios (BITKOM), la Asociación Alemana de Fabricantes de Maquinaria e Instalaciones (VDMA) y la Federación Central de la Industria Eléctrica y Electrónica de Alemania (ZVEI). Actualmente, la plataforma está liderada por el Ministerio Federal de Economía y Acción Climática y por el Ministerio Federal de Educación e Investigación y cuenta con representantes de la industria, la ciencia y los sindicatos. La Plattform Industrie 4.0, actúa en ámbitos como el desarrollo de conceptos y soluciones, el apoyo a las empresas con recomendaciones de acción, información y casos de uso o la participación en procesos internacionales de normalización.

Desde 2013, el **concepto de Industria 4.0 se ha generalizado como referente para la digitalización industrial a escala europea y global**. En España, se adoptó la Agenda Digital para España (2013) y se concretó en el programa Industria Conectada 4.0 (2015), una iniciativa público-privada lanzada por el entonces Ministerio de Industria. En EE. UU., en el 2014 nace el Industrial Internet Consortium (IIC) para acelerar la adopción del IoT industrial. En Japón, se pusieron en marcha en 2015 la Industrial Value Chain Initiative (IVI) y el IoT Acceleration Consortium. En mayo de 2015 el Consejo de Estado aprobó el programa Made in China 2025.

### 3.2. Definición de Industria 4.0

**No existe una única definición de Industria 4.0<sup>8</sup>**. Por otro lado, también se utilizan otras expresiones para hacer referencia a la aplicación de las tecnologías de la información en la fabricación, aunque no todas tienen exactamente el mismo alcance. Entre las más utilizadas destaca la Cuarta Revolución Industrial, la Industria Conectada, la Fabricación inteligente (Smart Manufacturing)<sup>9</sup>, la Fábrica inteligente (Smart Factory) o la Manufactura avanzada.

Todos estos términos se refieren a la **implementación de soluciones de alto valor añadido en toda la cadena de valor de la fabricación de productos, desde el diseño hasta la distribución**. Estas soluciones son el resultado de la aplicación de diferentes

---

<sup>8</sup> De acuerdo con Folgado, F. J., Calderón, D., González, I., & Calderón, A. J. (2024)., la diversidad de definiciones puede llegar, incluso, a confundir a quien empieza a informarse sobre la Industria 4.0.

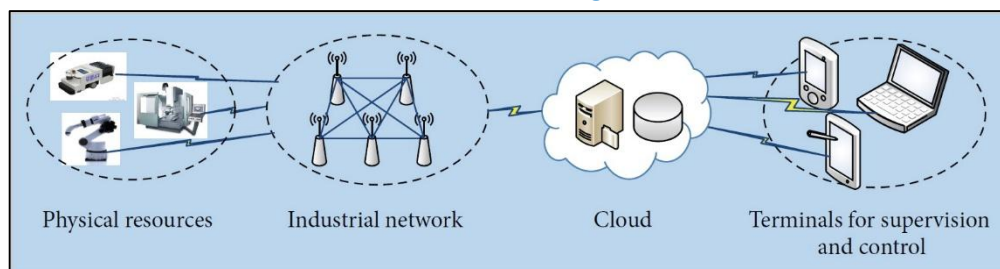
<sup>9</sup> El concepto de Fabricación inteligente (*Smart Manufacturing*) se empieza a emplear en Estados Unidos y según National Institute of Standards and Technology (NIST) (2014), se refiere a “sistemas de fabricación plenamente integrados y colaborativos que responden en tiempo real a las condiciones cambiantes en la fábrica, en la red de suministro y en las necesidades del cliente”.

tecnologías que posibilitan la **convergencia entre lo físico y lo digital** y que impulsan el **desarrollo de fábricas inteligentes**.

WANG et al (2016) afirman que la **fábrica inteligente está integrada por cuatro capas: recursos físicos, red industrial, nube y terminales de supervisión y control**.

- La **capa de recursos físicos** está integrada por artefactos inteligentes (productos, máquinas, transportadores) con capacidades de cómputo, comunicación y control, que **se comunican y colaboran** entre sí (núcleo CPS).
- La **capa de red industrial** habilita la comunicación entre artefactos y **conecta** la capa física con la nube.
- La **capa de nube** recibe los **datos generados** en la fábrica y ejecuta **analítica** que soporta la **gestión, la supervisión y la optimización** del sistema.
- Por último, la **capa de terminales de supervisión y control** agrupa equipos que enlazan a las personas con la fábrica (PCs, tabletas y móviles), permitiendo **consultar estadísticas, configurar** operaciones y realizar **mantenimiento y diagnóstico, incluso en remoto**.

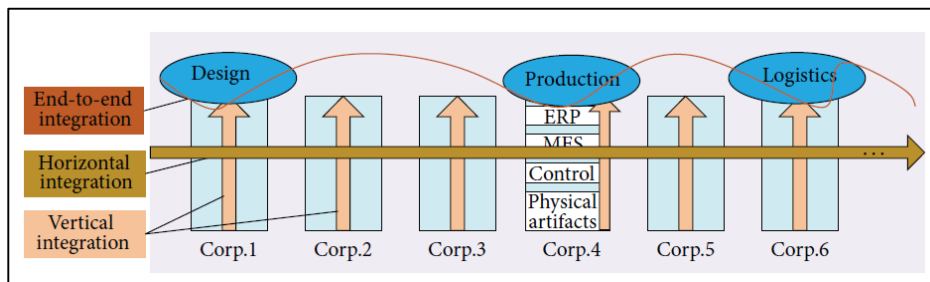
#### Un breve marco de la fábrica inteligente de la Industria 4.0



Fuente: Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). "Implementing smart factory of *Industrie 4.0: An outlook*". *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), Article 3159805

Estos autores consideran que la implementación óptima de la Industria 4.0 requiere de tres tipos de integración, la **integración horizontal** a través de redes de valor, la **integración vertical** y los sistemas de fabricación en red y la **integración digital** de extremo a extremo de la ingeniería en toda la cadena de valor.

### Tres tipos de integración y su relación para optimizar la Industria 4.0



Fuente:

Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). "Implementing smart factory of *Industria 4.0: An outlook*". *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), Article 3159805

El concepto Industria 4.0 no nace vinculado a una tecnología o tecnologías en concreto<sup>10</sup>. Surge como una iniciativa de desarrollo industrial para optimizar el aprovechamiento del avance de tecnologías existentes y de otras futuras emergentes y disruptivas.

De hecho, **la Industria 4.0 no tiene únicamente una perspectiva tecnológica**, ya que la transformación empresarial, a través de cambios en los modelos de negocio, en las organizaciones y en la cultura, es tan consustancial a la Industria 4.0 como la transformación tecnológica (Stankovic, M., Gupta, R., & Figueroa, J. E., 2017).

Alemania plantea la Industria 4.0 como un proyecto de futuro, que exigirá de eficaces políticas industriales. Un proyecto de futuro, que, si "se ejecuta con éxito, permitirá a Alemania reforzar su competitividad global y asegurar el futuro de su industria manufacturera" (Kagermann, H., Wahlster W. y Helbig, J., 2013). Y es un plan con un **enfoque dual**, porque **persigue consolidarse como proveedor mundial de equipos de fabricación, y como mercado líder de tecnologías de fabricación inteligentes**.

Entre los requisitos indispensables para una implementación exitosa de la Industria 4.0, European Parliament (2016) menciona los siguientes:

- **Estandarización** de sistemas, plataformas, protocolos, conexiones e interfaces.
- Adaptación de la **organización del trabajo** para responder a los cambios en los modelos de negocio.
- Prever que habrá **productos** que podrán utilizarse en los procesos de producción y **venderse a distintos compradores**.
- Desarrollar e implementar **nuevos modelos de negocio**
- Garantizar la **seguridad y protección del conocimiento**.

<sup>10</sup> Aunque, en sus inicios está especialmente ligado a los avances que están teniendo lugar en el campo del Internet de las Cosas (IoT), del Internet de los Servicios (IoS) y de los Sistemas Ciberfísicos (CPS).

- Disponer de **trabajadores cualificados**
- Realizar la **investigación** necesaria para desarrollar aún más la Industria 4.0.
- Disponer de un **marco jurídico común en la UE** que contribuya a que la digitalización de la industria se desarrolle e implemente.
- Aumentar la **inversión pública en infraestructuras** de banda ancha fija y móvil, dentro de los Estados miembros y entre ellos, para facilitar la implementación del Mercado Único Digital.

### 3.3. Tecnologías que integran la Industria 4.0

Existen diversas interpretaciones acerca de la composición tecnológica de la Industria 4.0. Esto se explica por el origen del concepto, que, como se ha comentado, no está ligado a un conjunto cerrado de tecnologías. También se debe al rápido avance tecnológico en el campo de la fabricación inteligente.

Las tecnologías que han propiciado la revolución industrial actual son el resultado de las enormes mejoras que han tenido lugar en las últimas décadas en el ámbito de la potencia de cómputo y en las capacidades computacionales. Estos avances han permitido el **almacenamiento a bajo coste de datos, computadores rápidos** y con capacidad de respuesta ágil y **conectividad ubicua y seguridad de la información** en las comunicaciones inalámbricas mejorada (ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC), 2021).

De manera que, “**datos económicos, rápidos y fiables** son la base de la aceleración de la transformación digital actual” (ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC), 2021).

El ámbito de la fabricación avanzada está integrado por **tecnologías habilitadoras**, en la medida que al combinarse facilitan o habilitan los usos o soluciones de la digitalización industrial.

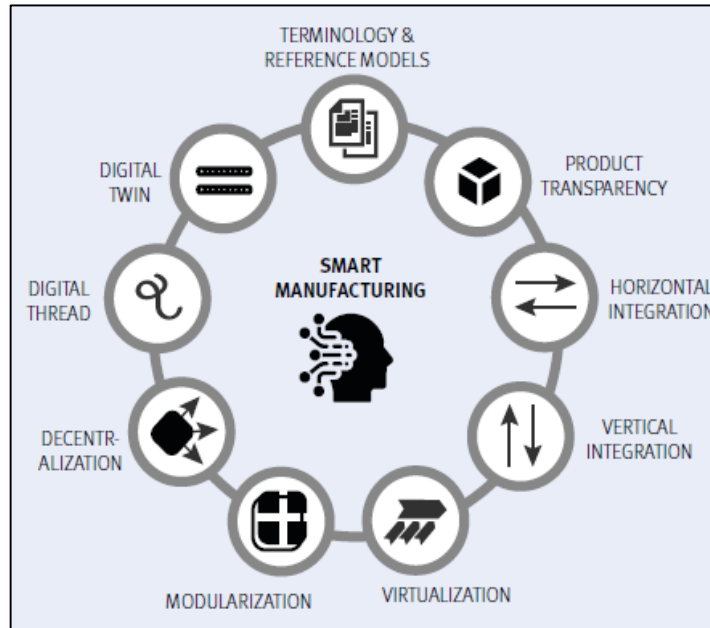
ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC) (2021) considera como **tecnologías habilitadoras de la fabricación inteligente** a aquellas que después de un desarrollo acelerado, se encuentran en un grado de maduración suficiente para ser aprovechadas para la expansión de la fabricación inteligente.

Este organismo afirma que, junto con los habilitadores, la fabricación inteligente requiere de **elementos facilitadores**, que son indispensables para **impulsar la transición** desde la fabricación tradicional hacia la **fabricación inteligente**.

Los facilitadores son de diferente naturaleza, están ligados al desarrollo de tecnologías, pero también al establecimiento de normas y sistema de trabajo, y son los siguientes:

- **Terminología y modelos de referencia.** Marcos conceptuales que faciliten las relaciones entre sistemas y el desarrollo de estándares coherentes.
- **Transparencia del producto.** Trazabilidad del producto y sus procesos para conocer su estado y recorrido en tiempo real.
- **Integración horizontal.** Integración dentro de un mismo nivel funcional u organizativo a través de límites de sistemas.
- **Integración vertical.** Comunicación e integración entre los diferentes niveles de una organización desde planta hasta gestión.
- **Virtualización.** Simulación digital de procesos o sistemas productivos.
- **Modularización.** Diseño de sistemas flexibles y reconfigurables para utilizar solo los recursos necesarios según la demanda.
- **Descentralización.** Distribución del control y la toma de decisiones entre distintos elementos del sistema para ganar en flexibilidad y autonomía.
- **Gemelo Digital.** Representación digital de un activo o proceso físico para analizar y optimizar su funcionamiento.
- **Calidad de los Datos.** Grado en que los datos son precisos, completos y confiables para su análisis y toma de decisiones

### Elementos facilitadores de la Fábrica Inteligente



Fuente: ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC). (2021). “White Paper on Smart Manufacturing” (ed. C. Johnsson). ISO.

### 3.3.1. Tecnologías habilitadoras de la fábrica inteligente

En este apartado se identifican y definen las principales tecnologías habilitadoras de la fábrica inteligente<sup>11</sup>.

#### **Conectividad:**

La conectividad es una característica esencial de la fábrica avanzada, ya que permite la comunicación fluida, en tiempo real y segura entre máquinas, sistemas, dispositivos y personas.

En este contexto, la conectividad inalámbrica mediante 5G se consolida como un habilitador clave de la fabricación inteligente, gracias a su alta velocidad de transmisión, baja latencia y elevada fiabilidad, condiciones necesarias para las aplicaciones industriales. Esta capacidad es fundamental para el despliegue eficiente de tecnologías

<sup>11</sup> Se han tenido en cuenta fuentes de información diversas: International Telecommunication Union (2012); Kagermann, H., Wahlster W. y Helbig, J. (2013); National Institute of Standards and Technology (2017); Blanco, R.; Fontrodona, J. y Poveda, C. (2017); ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC) (2021); Negro, A. Tovar F. J. (2021); Solanki, S. M. (2023); European Commission, Joint Research Centre, Fabiani, J. et al. (2024); Ramakrishnan, R. (2025) y García-Moreno, S. (2025).

como el Internet de las Cosas (IoT), la robótica colaborativa, el mantenimiento remoto o los sistemas de producción autónoma.

### **Computación en la nube (Cloud Computing):**

Facilita el acceso en red a un conjunto escalable y flexible de recursos físicos o virtuales compartidos, incluyendo servidores, redes, sistemas operativos, aplicaciones, software y servicios de almacenamiento.

Esta arquitectura permite ejecutar procesos de forma eficiente tanto en centros de datos de alta capacidad como en entornos más cercanos al origen de los datos, como el borde (edge), optimizando así la ubicación del procesamiento y permitiendo mejorar los tiempos de respuesta en operaciones en tiempo real.

La computación en la nube amplía el acceso a plataformas de última generación sin necesidad de inversiones iniciales elevadas, ofreciendo modelos de pago por uso. Además, ha sido un impulsor clave para el desarrollo y la adopción de otras tecnologías habilitadoras como el Big Data y la Inteligencia Artificial en entornos industriales.

### **Seguridad Industrial o Ciberseguridad:**

Se refiere a la protección de la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información, los sistemas y los procesos en entornos industriales. En la Industria 4.0, donde convergen las Tecnologías de la Información (IT) y las Tecnologías Operacionales (OT), resulta indispensable aplicar arquitecturas de seguridad extremo a extremo, que contemplen tanto infraestructuras digitales como entornos físicos de producción.

No basta con implementar mecanismos tradicionales de protección perimetral o de red: es necesario adoptar un enfoque integral que incorpore la seguridad desde el diseño (Security by Design), anticipando vulnerabilidades desde las fases más tempranas del desarrollo de soluciones.

Además, la creciente incorporación de aplicaciones basadas en Inteligencia Artificial plantea nuevos retos en materia de seguridad, especialmente en relación con la trazabilidad de decisiones automatizadas, la protección de modelos de datos y la gestión de ciberamenazas emergentes.

### **Robótica:**

La robótica es un pilar fundamental de la Industria 4.0, y su evolución hacia formas más sofisticadas ha ampliado notablemente su aplicación en entornos productivos. La robótica avanzada engloba tanto los robots industriales tradicionales como nuevas soluciones como los robots colaborativos (cobots), los robots móviles autónomos (AMR)

y los sistemas robóticos dotados de inteligencia artificial que pueden percibir, decidir y adaptarse a entornos cambiantes.

Junto a estas aplicaciones de producción directa, gana relevancia la robótica de servicio, orientada a tareas auxiliares como logística interna, inspección, asistencia técnica o mantenimiento. Estos robots se integran en los flujos de trabajo de forma autónoma o colaborativa, y permiten liberar recursos humanos para tareas de mayor valor añadido.

La combinación de robótica de producción y robótica de servicio, junto con tecnologías como la visión artificial, el edge computing y la conectividad 5G, contribuye a crear fábricas más flexibles, seguras y eficientes. Esta integración convierte a la robótica en una tecnología habilitadora clave para la transformación digital del sector industrial.

#### **Internet de las Cosas (IoT) o Internet de las Cosas Industrial (IIoT):**

Infraestructura de objetos, personas, sistemas y recursos de información interconectados junto con servicios inteligentes que puede procesar información del mundo físico y virtual y reaccionar.

El IoT es un sistema que utiliza diversas tecnologías: sensores, redes, big data, gemelo digital, computación en la nube, IA...

El IoT es un habilitador clave para la fabricación inteligente, ya que permite que una persona o una máquina tomen decisiones utilizando datos de sensores captados en tiempo real y datos históricos, y actúe en base a ello, mediante la intervención humana o en modo máquina-a-máquina mediante el uso de actuadores.

#### **Fabricación aditiva (AM):**

Es un proceso de fabricación que consiste en unir materiales capa a capa para crear objetos tridimensionales a partir de modelos digitales, en contraste con los métodos sustractivos tradicionales que implican la eliminación de material.

Esta tecnología permite desarrollar geometrías complejas y estructuras optimizadas mediante algoritmos de diseño generativo o de optimización topológica, que no serían viables mediante técnicas convencionales. Además, facilita la personalización de productos con alto grado de precisión, integrando información detallada desde el punto de diseño.

En el ámbito de la fabricación inteligente, la fabricación aditiva se aplica en la prototipación rápida, la producción de utillajes personalizados, la fabricación de piezas funcionales en bajo volumen, o incluso en reparaciones in situ. También está abriendo

nuevas posibilidades en sectores como la aeronáutica, automoción, salud y bienes de consumo, donde la flexibilidad de diseño y la reducción de tiempos de desarrollo son ventajas competitivas clave.

### **Simulación:**

Es la representación, mediante modelos estáticos o dinámicos, del comportamiento de un sistema físico o lógico con el objetivo de analizar, predecir u optimizar su funcionamiento sin necesidad de intervenir directamente en el entorno real. En el contexto de la fábrica inteligente, la simulación permite prototipar virtualmente productos, procesos y sistemas de producción, facilitando la evaluación de alternativas de diseño, la identificación de cuellos de botella y la mejora continua en entornos complejos.

Es una tecnología clave para la implementación de gemelos digitales, al permitir la sincronización de modelos virtuales con datos reales en tiempo real. Sus aplicaciones abarcan desde la ingeniería de productos (pruebas virtuales, simulación estructural o térmica) hasta la ingeniería de procesos (modelado de líneas de producción, logística interna o flujos de trabajo).

### **Analítica de datos (Big Data):**

Se refiere a la generación, recopilación, almacenamiento, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos, provenientes de múltiples fuentes y en diversos formatos, con el objetivo de extraer valor, patrones o conocimiento útil para la toma de decisiones.

Está caracterizada por las denominadas “4V”: volumen, velocidad, variedad y veracidad, que describen respectivamente la magnitud de los datos, la rapidez con que se generan y procesan, su heterogeneidad estructural y la calidad o confiabilidad de los mismos.

Las tecnologías de Big Data permiten implementar capacidades analíticas avanzadas, adaptando la infraestructura de cómputo a las características específicas de generación y uso de los datos en cada proceso industrial. Esto posibilita aplicaciones como el mantenimiento predictivo, la trazabilidad de extremo a extremo, la optimización en tiempo real de operaciones y el soporte a sistemas basados en inteligencia artificial.

### **Realidad Aumentada (RA) y Realidad Mixta (RM):**

La Realidad Aumentada consiste en la superposición de información digital generada por ordenador sobre el entorno físico, mientras que la Realidad Mixta va un paso más allá al permitir la fusión interactiva entre elementos del mundo real y objetos virtuales en un mismo espacio perceptivo, generando entornos híbridos donde ambos coexisten y se influyen mutuamente.

En el contexto de la fabricación inteligente, estas tecnologías habilitan nuevas formas de interacción con sistemas productivos y entornos industriales, como el diseño y validación virtual de objetos e instalaciones, la visualización en tiempo real de datos provenientes de sensores, y la simulación de operaciones complejas o escenarios de mantenimiento.

RA y RM facilitan la conectividad y comunicación entre los mundos físico y digital, permitiendo una supervisión más intuitiva de los procesos, una gestión visual de activos y una toma de decisiones contextualizada y eficiente directamente en el entorno operativo.

**Blockchain:**

Es una tecnología de registro distribuido que permite almacenar información de forma segura, transparente y descentralizada, sin necesidad de intermediarios de confianza.

Está compuesto por un libro mayor digital que actúa como registro maestro de todas las transacciones dentro de un sistema. Cada transacción validada se agrupa en un bloque, y los bloques se enlazan entre sí mediante funciones criptográficas. La red, compuesta por múltiples nodos, alcanza consenso sobre cuál es la versión válida del registro, lo que garantiza su integridad.

Una aplicación blockchain bien diseñada resulta resistente a manipulaciones, dado que alterar un bloque requeriría modificar también todos los posteriores y alcanzar consenso en la red.

En el contexto de la fabricación inteligente, blockchain puede aplicarse para automatizar de forma segura la cadena de suministro, crear hilos digitales inalterables que trazan el ciclo de vida de productos y activos, registrar y actualizar dispositivos IoT de manera fiable y descentralizada, y reforzar la confianza en procesos de auditoría, certificación o cumplimiento normativo.

**Inteligencia Artificial (IA):**

Se refiere a un conjunto de métodos, algoritmos y sistemas automatizados capaces de construir, optimizar y aplicar modelos que permiten a las máquinas realizar predicciones, generar recomendaciones o tomar decisiones, con distintos niveles de autonomía.

La IA actúa como un habilitador clave al permitir el procesamiento avanzado de grandes volúmenes de datos generados por sensores, máquinas y sistemas industriales. Esto

posibilita la mejora del rendimiento operativo, la reducción de tiempos de inactividad y la optimización continua de procesos.

Entre las aplicaciones más consolidadas destacan la IA predictiva, el machine learning (ML) y el deep learning (DL). El machine learning permite identificar patrones en datos históricos mediante técnicas estadísticas y computacionales, generando modelos capaces de realizar predicciones o tomar decisiones automatizadas. El deep learning, como una rama avanzada del ML basada en redes neuronales profundas, aporta mayor capacidad analítica y es especialmente útil para procesar datos no estructurados, como imágenes, audio o texto.

Más recientemente, ha irrumpido la IA generativa, caracterizada por su capacidad no solo de predecir, sino de crear contenido nuevo (textos, diseños, códigos, etc.). Desde su popularización a finales de 2022, se ha convertido en un foco de atención dentro de la evolución de la Industria 4.0. Sin embargo, su aplicación industrial sigue en desarrollo, y el verdadero potencial reside en su combinación con técnicas predictivas como ML y DL, generando nuevos escenarios de automatización, personalización y diseño autónomo.

### 3.4. Los efectos de la Industria 4.0

La Industria 4.0 nace con el propósito de provocar importantes efectos positivos en la economía alemana. Se concibe con un enfoque dual, para mejorar la capacidad competitiva de su industria y para preservar su liderazgo mundial en la generación de tecnologías de fabricación. Es una iniciativa que surge para tener un gran impacto en la economía alemana y en el resto de economías del mundo industrializado<sup>12</sup>.

La implantación de soluciones de digitalización y automatización en los procesos de fabricación y en la cadena de suministro genera diferentes **oportunidades de mejoras operativas**.

La combinación de tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 presenta enormes posibilidades de incrementar los niveles de productividad y eficiencia de toda la cadena de valor de la fabricación, desde el diseño, la fabricación, propiamente, la calidad, el

---

<sup>12</sup> Numerosos trabajos hacen referencia a los impactos de la Industria 4.0. Se pueden destacar las aportaciones de Kagermann, H., Wahlster W. y Helbig, J. (2013); Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España (2015); Blanco, R.; Fontrodona, J. y Poveda, C. (2017); ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC) (2021); Gregolinska, E. et al. (2022); Solanki, S. M. (2023) y ACCIÓ. (2025),

mantenimiento o la logística<sup>13</sup>. La integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el análisis de datos, permite disponer de sistemas de fabricación interconectados consiguiéndose plazos de producción más cortos, lanzamientos sin errores y la posibilidad de tomar decisiones en tiempo real. Las soluciones Industria 4.0, como la fabricación aditiva, la robótica colaborativa o la simulación a través de gemelos digitales, le otorgan flexibilidad a los sistemas de diseño y producción, aumentando la capacidad de adaptarse a los cambios de la demanda e incrementando notablemente las opciones de personalización frente a la fabricación tradicional, incluso en fabricaciones en serie. La aplicación de tecnologías digitales, al permitir una mayor eficiencia en el uso de recursos, impacta en un menor consumo de recursos energéticos y materias primas, lo que supone una reducción de costes.

Una fabricación más inteligente a través de la integración de tecnologías de la información también contribuye a disminuir los riesgos laborales al reducir las tareas mecánicas y la exposición a trabajos y materiales peligrosos.

Asimismo, tiene efectos positivos en el entorno al optimizar el uso de recursos energéticos y de materias primas. Se consiguen beneficios ambientales también como consecuencia de la disminución de emisiones y de desperdicios.

La evolución de los procesos de fabricación implica transformaciones progresivas en el rol del trabajo humano. La automatización reduce significativamente las tareas administrativas y operativas de carácter repetitivo, lo que permite que las personas se concentren en actividades de mayor valor añadido, como la supervisión avanzada, la toma de decisiones, la resolución de problemas complejos y la mejora continua de los procesos.

La incorporación de soluciones de digitalización a los productos puede mejorar las funcionalidades de los mismos o bien permitir el desarrollo de nuevos productos. La digitalización de los procesos favorece la **creación de nuevas líneas de negocio** a través de la prestación de servicios avanzados de alto valor añadido. Las oportunidades de negocio de la expansión de la Industria 4.0 también proceden del aumento de la demanda de equipos, aplicaciones y servicios de consultoría como resultado del desarrollo de proyectos e inversiones para evolucionar hacia fábricas inteligentes.

---

<sup>13</sup> Gregolinska, E. et al. (2022) afirman que cuando se implementan con éxito las tecnologías Industria 4.0 se generan retornos tipo:

- Reducción del 30 al 50 % del tiempo de inactividad de las máquinas.
- Aumento del 10 al 30 % del rendimiento.
- Mejora del 15 al 30 % en la productividad laboral.
- Pronósticos un 85 % más precisos.

En definitiva, el despliegue de las tecnologías Industria 4.0 en la industria de una determinada área geográfica presenta importantes oportunidades de generar riqueza como consecuencia de incrementos en los niveles de productividad, de la reducción de costes y de mejoras en la calidad de los procesos y de los productos, es decir, de aumentar la competitividad de las empresas en el entorno internacional. También se originan nuevas oportunidades de negocio. A lo anterior hay que sumar las externalidades positivas en términos de sostenibilidad ambiental, de seguridad laboral y de calidad del trabajo.

Sin embargo, los efectos positivos de la evolución hacia la Industria 4.0 dependerá de lo eficaz que sea la transición desde la fabricación tradicional a la fabricación inteligente y de los resultados que se consigan.

La transformación digital en la industria también puede tener **efectos negativos en diferentes ámbitos**, como la pérdida de puestos de trabajo debido a la automatización<sup>14</sup>, el incremento del estrés laboral derivado de la digitalización de tareas, el aumento exponencial de las necesidades de consumo energético o los riesgos crecientes en materia de ciberseguridad y protección de datos.

Por tanto, **el resultado neto de la transición digital para un país y su tejido industrial dependerá de su capacidad para aprovechar al máximo sus efectos positivos y gestionar y mitigar las externalidades negativas**. Además, es una carrera en la que participan todos los países industrializados, por lo que la competencia por liderar tecnologías y mercados es intensa. La transformación de los procesos de fabricación y de las cadenas de suministro, impulsada por la digitalización y la automatización, **puede generar tanto ganadores como perdedores**.

Por otro lado, estamos ante una revolución industrial todavía en desarrollo. El avance de las tecnologías plantea escenarios aún desconocidos<sup>15</sup> que los países y las empresas

---

<sup>14</sup> El World Economic Forum (2025), en su última edición del informe “Future of Jobs Report” identifica los cambios tecnológicos como uno de los principales factores que previsiblemente configurarán y transformarán el mercado laboral mundial entre el 2025 y el 2030.

<sup>15</sup> ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC) (2021) plantea diferentes tendencias en el ámbito de la fabricación:

1. Modelos de negocio basados en datos, que son modelos que se diseñan y ajustan usando datos del propio negocio.
2. La fabricación circular, que se refiere al diseño y operación de la fabricación para cerrar el ciclo de productos/componentes a lo largo de múltiples vidas, reutilizando productos retirados y su información de ciclo de vida para mejorar procesos y producto.

deben anticipar para gestionar de forma adecuada las oportunidades y las amenazas que conllevan.

### 3.5. La Industria 5.0

Industria 5.0 se inspira en la “Sociedad 5.0”, término que surge en Japón en 2017, con el propósito de reflejar la transformación digital de la sociedad y no solo de la actividad industrial.

El concepto se popularizó en 2021 tras la publicación por parte de la Comisión Europea del documento “Industria 5.0: hacia una industria europea sostenible, centrada en las personas y resiliente”<sup>16</sup>

El propósito de la comunicación de la Comisión Europea era dar un paso en la evolución de la Industria 4.0 proponiendo un cambio de prioridades. La Industria 4.0 se centra en las tecnologías para mejorar la eficiencia y la flexibilidad de la fabricación. Mientras que la Industria 5.0 aboga para que los avances tecnológicos no solo persigan incrementos de los niveles de competitividad de las empresas, sino que favorezcan al mismo tiempo a la sociedad y al medio ambiente.

Con esta publicación, la Comisión Europea persigue corregir, lo que considera, algunos errores de enfoque de la Industria 4.0 y enmendar algunas de las consecuencias de su desarrollo. “El objetivo de la industria 4.0 era digitalizar la fabricación partiendo de su

- 
3. Fabricación basada en modelos, que se define por la transferencia y el uso del modelo digital (3D anotado) como fuente autorizada para pasar del diseño a la fabricación y gestionar actividades del ciclo de vida.
  4. Fábricas totalmente automatizadas: plantas “sin luces” donde la automatización hace prescindible al operario humano y condiciones como la iluminación dejan de ser relevantes.
  5. Personalización del producto: capacidad de producir el producto adecuado, para la persona adecuada, en el momento adecuado, ajustando cada unidad a necesidades individuales.
  6. Mantenimiento predictivo: técnicas para anticiparse a fallos estimando cuándo realizar mantenimiento según el estado real del equipo (monitorizado).
  7. Computación en el borde (edge): procesamiento y almacenamiento distribuidos cerca de donde ocurren los datos/interacciones físicas, evitando depender de nodos centrales.
  8. Servitización: pasar de vender el producto a vender su resultado como servicio, integrando sistemas de producción con servicios de valor añadido (a menudo en tiempo real y basados en analítica).

<sup>16</sup> Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación. (2021). “Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry”. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

situación en 2011, organizada como estaba, en cadenas de valor mundiales, en apariencia sin fisuras y con una preocupación mucho menor por sus consecuencias medioambientales y sociales” (Comité Económico y Social Europeo, 2025).

**Se plantea un nuevo marco de desarrollo de la nueva era digital** en el que se tengan mucho más en cuenta cuestiones como el impacto de la digitalización en el empleo, implantar modelos de producción e innovación responsables, equilibrar las ventajas de la automatización en términos de productividad con la creatividad y la artesanía, estimular una economía más circular, optimizar la eficiencia de los recursos, controlar el consumo de energía, un aumento de la atención a la gestión de riesgos, diversificación de cadenas de suministro, sistemas de producción flexibles, atención a la ciberseguridad...

Por tanto, la Industria 5.0 no anuncia un salto tecnológico que justifique hablar de la Quinta Revolución Industrial, sino constituye un marco estratégico, impulsado por la Unión Europea, que **reorienta la Cuarta Revolución Industrial hacia objetivos sociales y ambientales.**

### 3.6. Conclusiones

En este apartado se han aclarado algunas ideas acerca de una realidad sobre la que existen diferentes percepciones, por ejemplo, en torno al significado y alcance de la Industria 4.0, la fabricación inteligente o la denominada Industria 5.0.

La cuarta revolución industrial se formuló en 2011 como un proceso de transformación orientado a materializar un proyecto de futuro: la Industria 4.0. En la actualidad, seguimos inmersos en su desarrollo, que presenta perspectivas de evolución difíciles de anticipar debido a la rápida transformación de las tecnologías de digitalización y automatización.

La transformación digital, junto con la transición ecológica y factores geopolíticos, están reconfigurando de forma acelerada el panorama industrial a nivel mundial. De todos estos vectores de cambio, **la digitalización es el que mantiene una relación más estrecha con la innovación y con la creación de oportunidades para reforzar la competitividad y el crecimiento económico.**

Por esta razón, resulta crucial analizar hasta qué punto la industria española avanza a un ritmo adecuado en el aprovechamiento de los beneficios que ofrecen la digitalización y la automatización.

## 4. LA EXPANSIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA

La expansión de la digitalización en la sociedad y en la economía española ha sido rápida<sup>17</sup>. Diferentes fuentes ponen de relieve, en particular, que en la industria española ha crecido de forma intensa la implantación de soluciones de la Industria 4.0<sup>18</sup>.

En este apartado se describe el nivel de introducción de soluciones inteligentes en la industria español. En este análisis se han tenido en cuenta variables como la dimensión empresarial, el sector de actividad y la localización geográfica. Asimismo, se ha examinado el grado de implantación en la industria española en comparación con el de otros países desarrollados.

Para confeccionar este capítulo se ha considerado la información procedente de fuentes como el INE, la OCDE, el Centro Común de Investigaciones (JRC), la International Federation of Robotics (IFR) y la Asociación Española de Robótica (AER). La información anterior se ha completado con la generada para este informe y la procedente de otras fuentes.

### 4.1. Grado de implantación de la Industria 4.0 en la industria española

Para conocer el grado de implantación de tecnologías Industria 4.0 en la industria española se ha analizado la información proporcionada por la “Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas” del INE. Concretamente, se han considerado datos correspondientes a empresas de 10 o más empleados del ejercicio 2024 y primer trimestre de 2025 o del último ejercicio con datos disponibles.

---

<sup>17</sup> De acuerdo con los datos de la Comisión Europea, en su “Digital Decade Country Report 2024: Spain” en 2023 el 66% de la población tenía competencias digitales básicas, por encima de la UE y mantiene resultados altos en servicios públicos digitales. Para más información: [https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/spain-2024-digital-decade-country-report?utm\\_source=chatgpt.com](https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/spain-2024-digital-decade-country-report?utm_source=chatgpt.com).

Por otro lado, OCDE (2024a) destaca a España como líder en conectividad de fibra.

<sup>18</sup> Se pone de relieve en el “Informe de digitalización de las pymes 2024. Un análisis comparado” del Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (ONTSI) y Red.es (2024) y en el documento “Smart Industry 4.0. Los retos en el camino hacia la transformación digital. VII Edición. 2024” de NTT DATA y Observatorio de la Industria 4.0 (2024). Para el ámbito de Cataluña, queda reflejado en el estudio de ACCIÓ (2025). “La industria 4.0 a Catalunya”. En el contexto de Gipuzkoa, lo refleja ADEGI (2025) en “Situación de las empresas industriales de Gipuzkoa ante el reto de la Industria 4.0: Resultados de la encuesta 2025”.

El análisis de la situación de la fábrica inteligente se ha realizado en base a los valores de diversos indicadores incluidos en la encuesta, en los apartados de software de código abierto, analítica de datos, cloud computing, inteligencia artificial, seguridad TIC y robótica. En la tabla siguiente se ha considerado la información por grupos de empresas en función de su tamaño.

De la observación de los datos de la tabla se pueden hacer algunas afirmaciones para cada uno de los ámbitos de los cuales se han considerado indicadores.

#### **Software de código abierto:**

- El uso generalizado de software libre es especialmente alto en las empresas grandes (92,3%) y medianas (86,3%), mientras que las pequeñas (80,1%) mantienen tasas algo menores, aunque elevadas
- Cerca del 32% de las empresas industriales que utilizan software de código abierto disponen de **aplicaciones de procesamiento automático de información tipo ERP o CRM**. Destaca su uso en medianas y grandes empresas.
- Este porcentaje baja al 8,8% en el caso de uso de **software de código abierto de Big Data**. Para las empresas de 10 a 49 trabajadores, su implantación no llega al 6%, en las medianas es del 16,6%, para las que tienen 250 y más trabajadores sube hasta el 29,8%. El análisis de grandes volúmenes de datos para la optimización de procesos y la toma de decisiones estratégicas está concentrado en las empresas de mayor tamaño.

#### **Analítica de datos:**

- La adopción de **software ERP para la gestión y planificación empresarial** es casi total entre las grandes empresas (96,8%). La media se sitúa en el 69% y entre el colectivo de 10 a 49 trabajadores su uso supera el 63% de las firmas.
- El uso de **software de gestión de relaciones con los clientes (CRM)** es mucho más reducida. Se limita al 31% de las empresas, aunque en el grupo de las grandes supera el 65%.
- En el caso de incorporación de **software de inteligencia de negocios (BI)** la brecha en función del tamaño es pronunciada. Lo emplea el 15% de las pequeñas, el 42,6% de las medianas y el 82% de las grandes.
- La **analítica interna de datos** es realizada por el 42,5% de las empresas, de las cuales casi el 28% la lleva a cabo **sobre datos de dispositivos inteligentes o sensores**. Este tipo de actuación crece significativamente con el tamaño. Lo aplica el 20% de las pequeñas empresas que llevan a cabo analítica de datos por parte de sus empleados, el 37% de las medianas y cerca del 62% de las grandes.

### Cloud Computing:

- El 40,4% de las empresas industriales españolas adquiere **servicios de cloud computing de pago**.
- Existe una relación directa entre dimensión e **implantación de aplicaciones en la nube**. Del 84%, en el caso de las grandes empresas baja al 34% para las pequeñas.
- Las **aplicaciones de seguridad** es el ámbito de uso de la nube más extendido, por parte del 68,3% de las empresas.
- Le siguen la contratación de servicios externos para el **almacenamiento de información corporativa** (54,7%) y la **migración de sistemas de gestión** (46,5%).
- La capacidad de cómputo para **ejecutar software propio** (24,9%) y **plataformas para desarrollo y prueba** (21,9%) muestran niveles bajos de adopción, especialmente en PYMES.

### Inteligencia artificial:

- Solo el 17,5% de las empresas industriales españolas aplican **algún tipo de tecnología de inteligencia artificial**, lo que muestra que la IA aún se encuentra en una fase inicial de implantación.
- El uso crece de forma exponencial con el tamaño de la empresa: más del 60% de las grandes empresas utilizan IA, frente al 13% de las pequeñas.
- La **automatización de procesos y el apoyo en la toma de decisiones** es la aplicación más extendida (27,2%), le sigue el aprendizaje automático o **machine learning para el análisis de datos** (24,3%) y su **aplicación directa en procesos** de producción o servicios (23,9%)
- La IA en **I+D e innovación** presenta un uso moderado. El 17% de las empresas utilizan este tipo de tecnología.
- Su empleo está menos desarrollado para **movimientos físico de máquinas** a través de decisiones autónomas basadas en la observación del entorno (14,4%) y para la **logística** (9,3%).

### Seguridad TIC:

- La **ciberseguridad** es el ámbito tecnológico de la Industria 4.0 con mayor grado de implantación en la industria española. Más del 90% (2023-2024) de las empresas industriales aplican alguna medida de seguridad TIC. La totalidad en el grupo de las empresas de mayor tamaño.
- El **uso de redes privadas virtuales (VPN)** se extiende a más de la mitad de las empresas, al 95% en el caso de las que tiene 250 o más trabajadores.
- Sin embargo, el porcentaje de aplicación se reduce notablemente a medida que se incrementa el grado de complejidad de las medidas, sobre todo para el colectivo de pequeñas empresas.

- La implantación de medidas más avanzadas como, **monitorización de seguridad, archivos de registro, evaluación de riesgos TIC o pruebas de seguridad**, se sitúa entre el 20% y el 30% de las pequeñas empresas, entre el 75% y el 90% para las de mayor tamaño.

#### **Robótica:**

- Solo el 18,7% (2021-2022) de las empresas industriales españolas utiliza algún tipo de robot, lo que indica una implantación limitada.
- La adopción aumenta significativamente con el tamaño de la empresa: más de la mitad de las grandes compañías (57,7%) emplean robots, frente a apenas un 15% de las pequeñas.
- Los **robots industriales** son los más extendidos (94,5% del total de empresas con robots). Se utilizan principalmente para automatizar procesos de producción repetitivos, ensamblaje, soldadura o embalaje.
- Los **robots de servicio** para actividades de logística interna, control de calidad o asistencia técnica tienen una baja presencia (18,5 % del total). Su adopción es mayor entre las grandes empresas (30,7 %)

Del análisis de los indicadores seleccionados, se puede afirmar que para algunas tecnologías el grado de implantación en la industria española es todavía medio o bajo. De todos modos, se observan claras diferencias de madurez tecnológica en función del tamaño empresarial. Las mayores disparidades en la implantación de tecnologías, entre grandes, medianas y pequeñas empresas se dan en el apartado de la analítica de datos y de las medidas avanzadas de seguridad digital<sup>19</sup>. También se registran divergencias acusadas en inteligencia artificial y robótica.

Por otro lado, existe una **brecha importante en la implantación de soluciones Industria 4.0 en función de los sectores de actividad**. Diversas fuentes ponen de relieve este extremo<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> El estudio “Sme digitalisation for competitiveness. The 2025 OECD D4SME Survey” en su edición de 2025 (Bianchini, M. y Lasheras, M., 2025), también pone de relieve el avance insuficiente de la Ciberseguridad por parte de las PYMES, en cuanto a conocimiento, medios y las habilidades en materia de seguridad digital. El estudio examina la digitalización de las pequeñas y medianas empresas en diez países de la OCDE: Australia, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Corea, España, el Reino Unido y Estados Unidos, a través de los datos de una encuesta que se realizó en el cuarto trimestre de 2024 y que recopiló respuestas de 1.009 empresas que utilizan grandes plataformas y proveedores de servicios digitales (Amazon, Intuit, Kakao, Rakuten, Sage).

<sup>20</sup> Algunos ejemplos de fuentes son: Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (ONTSI) y Red.es (2024); NTT DATA y Observatorio de la Industria 4.0 (2024), De la Cuerda (2024) o ACCIÓN (2025)

El sector de automoción se sitúa claramente en primer lugar. Entre los siguientes sectores industriales con mayor avance hacia la fábrica inteligente, con diferencias según la fuente, el ámbito geográfico y los criterios de clasificación sectorial, destacan farmacéutico y químico, energético, construcción de maquinaria y material eléctrico y electrónico. Estas posiciones se repiten en análisis nacionales y territoriales recientes.

En el ámbito concreto de la robótica, según datos de la Asociación Española de Robótica y Automatización (AER Automation), el sector automoción concentró en 2024 el 44% de la instalación de robots industriales en España. Le siguen a mucha distancia, el metal, con el 16,5% y la alimentación y bebidas, con el 12%. A continuación, se sitúan el plástico y química (5,5%) y electricidad y electrónica (2,6%<sup>21</sup>).

---

<sup>21</sup> De acuerdo con AER Automation, en cuanto al crecimiento de instalaciones robóticas, destaca de forma muy sobresaliente el dinamismo de la electricidad y electrónica y la alimentación y bebidas frente a una desaceleración en la automoción y al metal.

Empresas industriales de más de 10 trabajadores que aplican tecnologías o realizan actuaciones relacionadas con la Industria 4.0 por grupos de empresas en función de su número de trabajadores (en %). 2024 - Primer trimestre 2025

ÁMBITOS	TECNOLOGÍAS/ACTUACIONES	Empresas que aplican tecnologías o realizan actuaciones relacionadas con la Industria 4.0 (en %)			
		De 10 a 49 trabajadores	De 50 a 249 trabajadores	De 250 y más trabajadores	TOTAL
Software de código abierto	Uso de software de código abierto (0)	80,10	86,29	92,29	81,63
Software de código abierto	Software de código abierto de aplicaciones de procesamiento automático de información tipo ERP o CRM (1)	29,47	39,03	38,26	31,62
Software de código abierto	Software de código abierto para el análisis de Big Data (1)	5,87	16,55	29,84	8,84
Analítica de datos	Uso de software de planificación de recursos empresariales (ERP) (2)	63,60	87,65	96,81	69,07
Analítica de datos	Uso de software de gestión de relaciones con los clientes (CRM) (2)	26,22	46,20	65,45	31,19
Analítica de datos	Uso de software de inteligencia de negocios (BI) (2)	15,04	42,62	82,19	22,36
Analítica de datos	Realización de analítica de datos por parte de sus propios empleados (2)	35,67	63,92	86,94	42,54
Analítica de datos	Realización de analítica sobre datos de dispositivos inteligentes o sensores (3)	20,17	37,15	61,52	27,75
Cloud computing	Uso de servicios de cloud computing de pago (2)	34,38	57,88	83,92	40,35
Cloud computing	Compra del siguiente servicio de cloud computing: Aplicaciones informáticas de planificación de recursos empresariales (4)	41,61	54,68	62,38	46,50
Cloud computing	Compra del siguiente servicio de cloud computing: Aplicaciones informáticas de seguridad (4)	66,23	69,77	81,92	68,31
Cloud computing	Compra del siguiente servicio de cloud computing: Servidor (Hosting) de bases de datos de la empresa (4)	53,72	52,21	72,66	54,75
Cloud computing	Compra del siguiente servicio de cloud computing: Capacidad de computación para ejecutar el software propio de la empresa (4)	17,73	33,65	59,52	24,93
Cloud computing	Compra del siguiente servicio de cloud computing: Plataformas informáticas que alojan entornos enfocados al desarrollo, prueba o implementación de aplicaciones (4)	15,16	29,77	54,93	21,87
Inteligencia artificial	Uso de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) (2)	13,45	26,43	62,37	17,52
Inteligencia artificial	Uso de tecnología IA de aprendizaje automático o machine learning para el análisis de datos (5)	16,99	29,12	48,11	24,23
Inteligencia artificial	Uso de tecnología IA de automatización de flujos de trabajo o ayuda en la toma de decisiones (5)	21,88	30,40	45,74	27,22
Inteligencia artificial	Uso de tecnología IA que permite el movimiento físico de máquinas a través de decisiones autónomas basadas en la observación del entorno (5)	11,76	12,40	30,90	14,39
Inteligencia artificial	Uso de tecnologías de IA para procesos de producción o servicios (5)	18,72	25,54	44,77	23,89
Inteligencia artificial	Uso de tecnologías de IA para logística (5)	6,54	9,75	21,50	9,32
Inteligencia artificial	Uso de tecnologías de IA para actividades de I+D o innovación (5)	15,26	15,62	26,84	16,84
Seguridad TIC	Aplicación de alguna medida de seguridad TIC * (0)	90,45	97,27	100,00	91,90
Seguridad TIC	Aplicación de VPN como medida de seguridad TIC * (6)	42,50	80,03	95,50	51,03
Seguridad TIC	Aplicación de un sistema de monitoreo de seguridad TIC que permite detectar actividad sospechosa como medida de seguridad TIC * (6)	27,90	59,20	85,29	35,55
Seguridad TIC	Mantenimiento de archivos de registro que permitan el análisis tras los incidentes de seguridad TIC como medida de seguridad TIC * (6)	26,84	60,41	87,56	35,01
Seguridad TIC	Aplicación de una evaluación de riesgos de las TIC como medida de seguridad TIC * (6)	19,30	47,10	79,28	26,45
Seguridad TIC	Realización de pruebas de seguridad TIC como medida de seguridad TIC * (6)	26,76	52,92	85,34	33,58
Robótica	Utilización de algún tipo de robot** (0)	14,67	32,84	57,70	18,69
Robótica	Utilización de robots industriales** (7)	93,51	96,53	95,85	94,51
Robótica	Utilización de robots de servicio** (7)	16,32	19,42	30,72	18,53

NOTAS:

\*2023 - primer trimestre 2024

\*\* 2021 - primer trimestre 2022

(0) Porcentaje sobre el total de empresas

(1) Porcentaje sobre el total de empresas que utilizan software de código abierto

(2) Porcentaje sobre el total de empresas con conexión a Internet

(3) Porcentaje sobre el total de empresas que realizan analítica de datos por parte de sus propios empleados

(4) Porcentaje sobre el total de empresas que compran utilizan servicios de cloud computing de pago.

(5) Porcentaje sobre el total de empresas que utilizan tecnologías de Inteligencia Artificial

(6) Porcentaje sobre el total de empresas que aplican medidas de seguridad TIC

(7) Porcentaje sobre el total de empresas que utilizan robots

Fuente: "Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas" del INE. Diversas ediciones

Existen **diferencias significativas en la implantación de soluciones de fabricación inteligente entre las distintas comunidades autónomas**. Para ponerlo de relieve, se han seleccionado indicadores correspondientes a diversas tecnologías que, en conjunto, presentan un bajo grado de implantación en la media general del sector industrial. La información procede de la “Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas”, referida al ejercicio 2024 y al primer trimestre de 2025, o al último año con datos disponibles, para empresas de 10 o más empleados.

En concreto, se han considerado los siguientes indicadores: uso de software de código abierto para el análisis de Big Data; realización de analítica de datos procedentes de dispositivos inteligentes o sensores; aplicación de evaluaciones de riesgos TIC como medida de seguridad; contratación de servicios de cloud computing que alojan entornos destinados al desarrollo, prueba o implementación de aplicaciones; y utilización de tecnologías de inteligencia artificial.

Los datos ponen de manifiesto un grado muy diferente de **adopción de tecnologías asociadas al Big Data** a través de la consideración del porcentaje de empresas que usan **software de código abierto para el análisis de Big Data**. Destaca La Rioja (con el 18,9% de empresas que emplean este tipo de software libre), La Comunidad de Madrid (12,3%) y Cantabria (10,7%), seguidas de Cataluña (9,8%), Comunidad Valenciana (9,5%), Aragón (9,4%) y Galicia (9,3%). Estas regiones muestran un ecosistema más propicio para el desarrollo de proyectos de analítica de datos, inteligencia artificial y digitalización de procesos. Entre las que presentan un grado más bajo de penetración de esta tecnología se encuentran la Región de Murcia y Extremadura.

También se observa una adopción desigual de la **analítica de datos procedentes de sensores e IoT** entre las diferentes comunidades autónomas españolas. Las comunidades con mayor implantación de esta tecnología son Extremadura (en el 43,0% de empresas industriales), Canarias (42,3%), País Vasco (33,5%), Aragón (32,6%) y la Comunidad de Madrid (30,9%). En un nivel intermedio se sitúan regiones como Cataluña (29,5%), Galicia (29,4%), Comunidad Valenciana (28,8%) y Cantabria (24,9%). Por el contrario, comunidades como Islas Baleares (8,3%), Castilla-La Mancha (20,6%), Andalucía (20,2%) o La Rioja (20,6%) presentan niveles de implantación más bajos, lo que sugiere una brecha regional en la integración de tecnologías de sensorización e IoT.

El nivel de implantación de **soluciones de ciberseguridad** también es diverso según la comunidad autónoma. En promedio, el 26,5% de las empresas industriales españolas aplican evaluaciones de riesgos TIC como medida de seguridad. Las comunidades con mayor grado de aplicación de estas medidas son la Comunidad de Madrid (32,9%),

Navarra (32,8%), Cataluña (31,9%) y La Rioja (30,4%), seguidas por el País Vasco (29,6%) y Galicia (29,0%). Los valores más bajos corresponden a Illes Balears (16,1%), Andalucía (18,9%) y Asturias (20,3%).

Los datos reflejan que la **adopción de servicios de cloud computing**, en particular, de **plataformas que alojan entornos de desarrollo, prueba o implementación de aplicaciones**, está avanzando con diferente ritmo entre las empresas industriales españolas según su localización. En promedio, el 21,9% de las empresas industriales utilizan este tipo de servicios. Las regiones con mayor nivel de implantación son La Rioja (35,5%), la Comunidad de Madrid (29,8%), Aragón (24,6%) y Cataluña (24,4%). Las tasas más bajas corresponden a Murcia (9,9%), Extremadura (13,1%), Cantabria (14,3%), Asturias (14,7%) y Galicia (15,4%).

En promedio, el 17,5% de las empresas industriales emplean algún tipo de **tecnología basada en IA**. Las comunidades con mayor implantación son Navarra (25,4%), Cataluña (21,5%), Madrid (21,1%), y el País Vasco (19,9%), que concentran el tejido industrial más avanzado tecnológicamente del país. En cambio, los valores más bajos corresponden a Extremadura (8,8%), Islas Baleares (9,3%) y Andalucía (11,9%).

La información anterior confirma que hay diferentes velocidades en la implantación de tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 por zonas. Se han seleccionado solo algunos indicadores por lo que los valores observados no permiten ser del todo categórico respecto a las comunidades líderes y las más rezagadas. Además, en función del indicador cambia bastante la posición que ocupan algunas comunidades autónomas. De todos modos, hay regiones más avanzadas en todas o casi todas las tecnologías consideradas, como es el caso de Cataluña, la Comunidad de Madrid y el País Vasco. En cambio, otras como Islas Baleares, Murcia o Andalucía se encuentran entre las más retrasadas en digitalización.

Entre los factores que explican la diversidad de situaciones hay que mencionar la distinta densidad industrial, el mayor peso de sectores más avanzados en la implantación de soluciones inteligentes y de empresas de mayor tamaño. Sin duda, también influyen otros aspectos en el diferente grado de adopción de determinadas tecnologías, como la oferta de programas regionales de digitalización y modernización, especialmente dirigidos a PYMES, la disponibilidad de proveedores locales de soluciones de Industria 4.0, la existencia de clústeres industriales y centros de innovación, la presencia de profesionales especializados y el estado de las infraestructuras digitales y energéticas.

**Empresas industriales de más de 10 trabajadores que aplican una selección de tecnologías relacionadas con la Industria 4.0 por Comunidades Autónomas (en %). 2024 - Primer trimestre 2025**

COMUNIDADES AUTÓNOMAS	Software de código abierto para el análisis de Big Data (1)	Realización de analítica sobre datos de dispositivos inteligentes o sensores (2)	Aplicación de una evaluación de riesgos de las TIC como medida de seguridad TIC * (3)	Compra del siguiente servicio de cloud computing: Plataformas informáticas que alojan entornos enfocados al desarrollo, prueba o implementación de aplicaciones (4)	Uso de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) (5)
Andalucía	6,08	20,19	18,9	20,77	11,90
Aragón	9,42	32,59	25,2	24,64	15,11
Asturias, Principado de	5,37	22,82	20,3	14,68	16,12
Baleares, Illes	5,13	8,26	16,1	15,67	9,29
Canarias	8,52	42,25	22,4	17,78	16,16
Cantabria	10,70	24,93	22,6	14,33	13,93
Castilla y León	8,21	22,23	24,9	17,94	17,78
Castilla-La Mancha	7,57	20,57	24,4	20,06	16,42
Cataluña	9,83	29,51	31,9	24,42	21,46
Comunitat Valenciana	9,47	28,79	21,5	21,25	16,08
Extremadura	2,95	42,98	21,7	13,06	8,78
Galicia	9,27	29,38	29,0	15,43	17,17
Madrid, Comunidad de	12,31	30,87	32,9	29,81	21,07
Murcia, Región de	4,31	21,18	25,2	9,91	13,93
Navarra, Comunidad Foral de	8,28	21,76	32,8	20,60	25,43
País Vasco	9,14	33,49	29,6	19,08	19,97
Rioja, La	18,19	20,59	30,4	35,48	16,90
Ceuta	0,00	33,33	25,0	25,00	10,00
Melilla	0,00	0,00	50,0	50,00	12,50
<b>TOTAL</b>	<b>8,84</b>	<b>27,75</b>	<b>26,45</b>	<b>21,87</b>	<b>17,52</b>

NOTAS:

\*2023 - primer trimestre 2024

- (1) Porcentaje sobre el total de empresas que utilizan software de código abierto
- (2) Porcentaje sobre el total de empresas que realizan analítica de datos por parte de sus propios empleados
- (3) Porcentaje sobre el total de empresas que aplican medidas de seguridad TIC
- (4) Porcentaje sobre el total de empresas que compran/utilizan servicios de cloud computing de pago.
- (5) Porcentaje sobre el total de empresas con conexión a Internet

Fuente: "Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas" del INE. Diversas ediciones

## 4.2. Comparación del grado de implantación con otros países

Para comparar el grado de implantación de la Industria 4.0 en España en relación a otras economías, se han analizado los datos incluidos en el informe "OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 2): Strengthening Connectivity, Innovation and Trust" (OCDE, 2024b). En la tabla siguiente se ha considerado el porcentaje de empresas manufactureras que utilizan servicios de cloud computing, aplican IoT, Big Data e inteligencia artificial (IA) en el ejercicio 2023 o en el último del que se dispone información.

La industria manufacturera española presenta **un grado de adopción de cloud computing muy por debajo de la media** de la OCDE y muy lejos de los países que lideran

el ranking. De acuerdo con la OCDE (2024b), en España un 27,3% de empresas contratan este tipo de servicios frente al 86,9% en Finlandia. También destacan países como Corea, Noruega y Suecia, con tasas de penetración en la manufactura por encima del 70%.

En **implantación de soluciones de IoT**, España, con un 27,9%, ocupa una **posición cercana a la media de la OCDE**. Los países con mejores resultados son Austria (53,4%), Eslovenia (52,6 %) y Corea (51,8%).

España (38,8 %) se sitúa en la **franja media-alta también en analítica de grandes datos**, destacando respecto a otros países del sur de Europa. Lideran esta categoría Hungría (56 %), Bélgica (52,2%), Croacia (50,4%) y Dinamarca (49,3%).

La **IA** es la **tecnología con menor grado de implantación en la OCDE**. Solo **Corea** supera el 30% de empresas manufactureras. En la mayoría de los países, la tasa de uso se sitúa por debajo del 15%. En España, **el grado de implantación**, del 8,7%, es **similar a la media de la OCDE**.

**Alemania** supera a España en el grado de implantación de las cuatro tecnologías consideradas, **Portugal** en cloud computing, Big Data e IA, **Italia** en cloud computing e IoT, **Reino Unido** en cloud computing, en cambio, **Francia** presenta un uso menor que España de los cuatro tipos de soluciones Industria 4.0. consideradas.

## Empresas que han implantado tecnologías Industria 4.0 en la industria manufacturera en países de la OCDE (en %)

Cloud Computing			IoT			BIG DATA			IA		
País	Año	Empresas (%)	País	Año	Empresas (%)	País	Año	Empresas (%)	País	Año	Empresas (%)
Finlandia	2023	86,9	Austria	2021	53,4	Hungría	2023	56,0	Corea	2022	31,6
Corea	2022	76,3	Eslovenia	2021	52,6	Bélgica	2023	52,2	Luxemburgo	2023	16,2
Noruega	2023	74,7	Corea	2022	51,8	Croacia	2023	50,4	Bélgica	2023	15,3
Suecia	2023	70,6	Finlandia	2021	45,8	Dinamarca	2023	49,3	Dinamarca	2023	14,8
Irlanda	2023	70,5	Suecia	2021	44,1	Países Bajos	2023	48,4	Finlandia	2023	13,0
Dinamarca	2023	69,7	Nueva Zelanda	2021	38,2	Corea	2022	45,6	Austria	2023	12,3
Australia	2022	67,8	Irlanda	2020	37,1	Lituania	2023	41,4	Eslovenia	2023	12,3
Brasil	2023	66,6	República Checa	2021	36,9	Alemania	2023	40,1	Países Bajos	2023	11,5
Colombia	2020	62,4	Italia	2021	36,5	Portugal	2023	39,3	Brasil	2023	11,3
Italia	2023	61,2	Alemania	2021	35,7	España	2023	38,8	Alemania	2023	9,3
Nueva Zelanda	2022	59,8	Bélgica	2021	34,4	Letonia	2023	38,4	Portugal	2023	8,7
Países Bajos	2023	59,1	Eslovaquia	2021	30,7	Finlandia	2023	36,1	España	2023	8,7
Polonia	2023	58,2	Letonia	2021	30,4	Francia	2023	35,7	Noruega	2023	8,4
Canadá	2021	58,0	Lituania	2021	29,1	Irlanda	2023	35,7	Nueva Zelanda	2022	7,8
Reino Unido	2021	56,4	España	2021	27,9	Suecia	2023	35,1	Suiza	2021	7,7
Estonia	2023	56,2	Canadá	2021	27,4	Luxemburgo	2023	32,8	Suecia	2023	7,5
Bélgica	2023	51,8	Luxemburgo	2021	26,5	Italia	2023	29,3	Irlanda	2023	7,2
Israel	2020	49,6	Noruega	2023	24,1	Grecia	2023	28,9	Croacia	2023	6,7
Hungría	2023	46,1	Grecia	2021	23,4	Eslovaquia	2023	27,3	Eslovaquia	2023	6,1
Austria	2023	45,7	Portugal	2021	22,8	Austria	2023	22,6	República Checa	2023	6,0
República Checa	2023	45,7	Hungría	2021	22,1	Rumania	2023	21,6	Turquía	2023	6,0
Alemania	2023	42,7	Turquía	2021	21,9	Estonia	2023	20,4	Colombia	2020	5,8
Croacia	2023	41,2	Croacia	2021	21,7	República Checa	2023	20,3	Canadá	2021	5,3
Suiza	2019	40,4	Países Bajos	2021	21,5	Reino Unido	2019	19,1	Grecia	2023	5,2
Lituania	2023	40,3	Francia	2021	21,1	Bulgaria	2023	19,0	Australia	2022	5,1
Eslovenia	2023	39,6	Dinamarca	2021	20,6	Suiza	2020	18,4	Francia	2023	4,9
Eslovaquia	2023	34,3	Estonia	2021	20,5	Eslovenia	2023	18,2	Italia	2023	4,9
Portugal	2023	33,8	Japón	2021	20,0	Polonia	2023	17,0	Lituania	2023	4,8
Letonia	2023	32,9	Polonia	2021	16,3	Noruega	2023	15,8	Estados Unidos	2021	4,6
Estados Unidos	2018	30,6	Bulgaria	2021	15,1	Turquía	2023	15,4	Hungría	2023	4,2
Grecia	2023	28,5	Brasil	2023	14,4	Australia	2022	12,7	Letonia	2023	4,1
Luxemburgo	2023	28,5	Australia	2022	14,1	Brasil	2023	6,5	Japón	2021	3,7
España	2023	27,3	Israel	2020	11,3	Colombia	2020	5,7	Israel	2020	3,3
Francia	2023	24,0	Rumania	2021	9,4	Japón	2021	4,3	Estonia	2023	3,1
Japón	2021	23,2	Colombia	2020	8,3	Israel	2020	3,5	Reino Unido	2020	3,1
Rumania	2023	16,1				Canadá	2021	2,8	Polonia	2023	2,9
Turquía	2023	15,8							Bulgaria	2023	2,5
Bulgaria	2023	13,2							Rumania	2023	1,3

Fuente: OECD (2024b), “OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 2): Strengthening Connectivity, Innovation and Trust”

La información anterior se complementa con la que proporciona la Federación Internacional de Robótica (IFR) sobre la **implantación de robots en el mundo**. La asociación estima que en el ejercicio 2024, se instalaron 5.160 robots industriales en España, situándose en tercer lugar en el ranking europeo de robots instalados, por detrás de Alemania (27.031) e Italia (8.915) y por delante de Francia (4.762)<sup>22</sup>.

En cuanto a la intensidad de robots, España en el 2023 registró un total de 174 robots instalados por cada 10.000 trabajadores, cifra que se sitúa por encima de la media mundial, que ese año fue de 162 robots instalados por 10.000 trabajadores.

<sup>22</sup> A nivel mundial, más de la mitad del mercado de robots industriales instalados en el 2024 corresponde a China, con 272.800 instalaciones. Le siguen Japón (42.800), Estados Unidos (34.300), Corea del Sur (29.500) y Alemania (27.031).

De todos modos, la intensidad robótica de España está por debajo de la media europea, que según datos de IFR en el 2023 fue de 219 robots instalados por 10.000 trabajadores, y lejos de Alemania (429), y por debajo de Italia (228) y Francia (186).

#### Intensidad de robots en la industria manufacturera de una selección de países y por áreas geográficas. 2023

PAÍSES	INTENSIDAD DE ROBOTS (robots instalados por 10.000 trabajadores)
República de Corea	1.012
Singapur	770
China	470
Alemania	429
Japón	419
Suecia	347
Dinamarca	306
Eslovenia	306
Suiza	302
Estados Unidos	295
China	294
Países Bajos	264
Austria	245
Italia	228
Canadá	225
Bélgica y Luxemburgo	224
Media UE	219
República Checa	207
Eslovaquia	201
Francia	186
España	174
Finlandia	173
Media del Mundo	162

Fuente: International Federation of Robotics

La información analizada permite afirmar que la **industria española presenta un grado medio-bajo de implantación de soluciones Industria 4.0** si se compara con la media de la OCDE y que se encuentra todavía **lejos de los países más avanzados en la implantación de cada una de las tecnologías consideradas.**

De todos modos, **España muestra un progreso notable en la automatización de procesos mediante la robotización**, y evidencia **un mayor dinamismo que otros países europeos** en la implantación de diversas tecnologías asociadas a la Industria 4.0. En particular, en cloud computing España supera a Francia; en IoT se sitúa por encima de los niveles de Francia, Portugal y Reino Unido; en Big Data la tasa de penetración española supera a la de Francia e Italia; y, en lo que respecta a la inteligencia artificial, se encuentra por delante de Francia, Italia y Reino Unido.

De hecho, el trabajo realizado por Calza, E. et al (2024) refleja un posicionamiento interesante de España en la industria de la fabricación avanzada de la Unión Europea<sup>23</sup>.

La industria de fabricación avanzada está integrada por empresas cuya actividad principal está relacionada con tecnologías como el internet industrial de las cosas (IIoT), el análisis de Big Data, la inteligencia artificial (IA), la fabricación aditiva o la robótica avanzada, entre otras, y/o han presentado una patente prioritaria vinculada a la aplicación de tecnologías avanzadas en los procesos de fabricación<sup>24</sup>.

En el informe “Advanced Manufacturing Study: Preliminary findings on the EU’s Advanced Manufacturing industry in the global landscape” (Calza. E. et al, 2024) se estima que la industria de fabricación avanzada estaba integrada en el 2023 por 44.100 empresas.

El número de este tipo de empresas ha crecido de forma constante durante los años 2009-2023, a una tasa media anual de aumento del 9%. Se trata de empresas altamente innovadoras. De hecho, el ritmo de incremento de empresas durante este periodo ha sido significativamente más acelerado en el grupo de firmas que han presentado al menos una patente relacionada con fabricación avanzada respecto a las que no lo han hecho.

En 2023, el 72% de estas compañías estaba ubicadas en China, Estados Unidos y la Unión Europea. China concentra el 45% de las empresas del sector, frente al 17% de Estados Unidos y al 10% de Europa.

Entre 2009 y 2023, la Unión Europea ha aumentado un 130% el número de empresas dedicadas a la fabricación avanzada, a un ritmo más rápido que en Estados Unidos (75%), pasando de 1.900 en 2009 a 4.500 en 2023. China ha liderado en los últimos años el

---

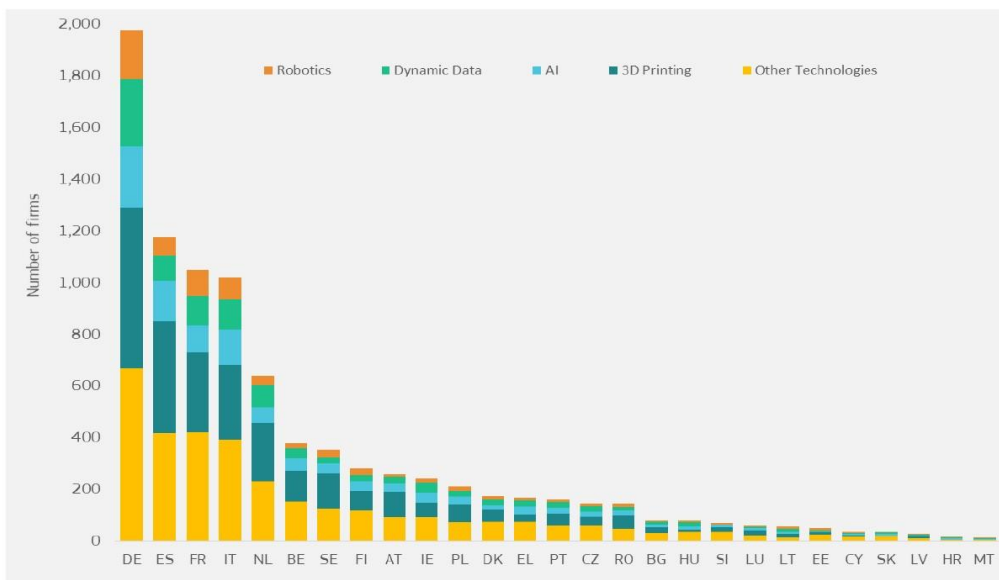
<sup>23</sup> Para más información sobre el trabajo desarrollado por el Centro Común de Investigación (JRC) para la identificación de la industria de fabricación avanzada, se puede consultar [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/advanced-manufacturing-key-eu-competitiveness-2024-09-24\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/advanced-manufacturing-key-eu-competitiveness-2024-09-24_en)

<sup>24</sup> Según European Commission et al. (2024), esta industria “tiene el potencial de convertirse en un motor clave del crecimiento europeo. Incluye tanto a empresas que proporcionan equipos y productos avanzados “Made in Europe” como a las empresas manufactureras que integran estas soluciones”.

crecimiento de este grupo de empresas. Han aumentado más del 570% entre 2009 y 2023<sup>25</sup>.

En la Unión Europea se observa una fuerte concentración de empresas de fabricación avanzada en Alemania, España, Francia e Italia. Estos países sumaban en 2023 el 60% de este tipo de empresas en la UE. **España es el segundo país con más industrias de fabricación avanzada de la Unión Europea**, después de Alemania, destacando especialmente su capacidad de generar oferta de servicios e innovación en los ámbitos de la impresión 3D y fabricación aditiva y de la inteligencia artificial.

### Empresas de la industria de fabricación avanzada y peso de los diferentes ámbitos tecnológicos en los países miembros de la UE. 2023



Fuente: Calza, E., Soguero Escuer, J., Fabiani, J., & De Prato, G. (2024). "Advanced Manufacturing Study: Preliminary findings on the EU's Advanced Manufacturing industry in the global landscape". Publications Office of the European Union, Luxembourg.

<sup>25</sup> Además, la industria de fabricación avanzada china es más innovadora, el 66% de las empresas de este país ha registrado al menos una patente de fabricación avanzada entre 2009 y 2023, frente al 31% en la UE y al 20% en Estados Unidos.

### 4.3. Conclusiones sobre el grado de implantación de la Industria 4.0 en la industria española

La industria española ha progresado notablemente en la implantación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 y en su capacidad de innovar en equipos y productos avanzados. No obstante, todavía se sitúa por detrás de los países que ocupan las primeras posiciones en digitalización industrial.

La densidad industrial de los países constituye un factor clave que explica el diferente grado de expansión de la fabricación inteligente. En el caso de España, se observa una brecha tecnológica significativa entre las PYMES y las grandes empresas. Las mayores disparidades en la implantación de tecnologías se registran en ámbitos como la analítica de datos, las medidas avanzadas de ciberseguridad, la inteligencia artificial y la robótica. Asimismo, existen diferencias notables en el grado de digitalización entre los distintos sectores industriales, liderados por el sector de la automoción.

Las diferencias detectadas entre comunidades autónomas están relacionadas no solo con la densidad industrial, sino también con la composición sectorial y el tamaño medio de las empresas. Además, diversos factores pueden contribuir a explicar el desigual avance de la Industria 4.0 por regiones, como la disponibilidad de programas públicos de apoyo, la presencia de clústeres industriales o la dotación de infraestructuras digitales.

De cara al futuro, el principal desafío consiste en acelerar la integración de las tecnologías digitales en los procesos de fabricación de las empresas españolas, especialmente en el caso de las pequeñas y medianas empresas y de los sectores con menor desarrollo de la fabricación inteligente. Asimismo, resulta necesario avanzar hacia soluciones más complejas.

Para impulsar estos progresos, es **fundamental conocer y difundir las experiencias de aquellas empresas industriales que ya han emprendido procesos de transformación digital en su producción y en sus cadenas de suministro, y que han logrado resultados positivos y medibles.**

## 5. EXPERIENCIAS DE EMPRESAS EN LA IMPLANTACIÓN DE SOLUCIONES INDUSTRIA 4.0

Numerosas empresas industriales españolas han implantado en los últimos años tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0. No obstante, se observan situaciones muy diversas en cuanto al tipo de soluciones y al nivel de las mismas, a los resultados obtenidos, y algunas compañías señalan dificultades durante el proceso de implantación.

El estudio de experiencias persigue recoger información que puede ser útil para empresas que no han puesto en marcha iniciativas de transformación digital de sus procesos o que lo han hecho con un alcance limitado, también para las que no están teniendo los resultados esperados o para las que desean aprender de otras compañías con el propósito de diseñar los pasos siguientes de su estrategia digital productiva. Asimismo, aporta evidencias de utilidad para otros agentes, de la administración y de otras esferas, implicados o interesados en la transición de la fabricación tradicional a la inteligente.

Para el análisis de experiencias se ha tenido en cuenta los datos recogidos a través del cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”, dirigido a empresas industriales que han implantado soluciones vinculadas a la Industria 4.0 y han obtenido resultados positivos en las acciones desarrolladas.

Asimismo, se ha recopilado información cualitativa mediante 17 entrevistas realizadas a representantes de empresas, proveedores especializados y otros agentes relacionados con la administración y el ámbito de la formación. También se ha obtenido información de experiencias y buenas prácticas en jornadas técnicas, reuniones de trabajo, workshops y ferias especializadas. El material generado por CEAM se ha completado con el análisis de casos de uso realizado por otros organismos (Industria Conectada, ACCIÓ, World Economic Forum, Acatech-National Academy of Science and Engineering, Deloitte, Mckinsey...).

En este apartado se describen características destacables de los proyectos Industria 4.0, así como los objetivos y resultados de los mismos. También se exponen los factores impulsores y obstáculos para su desarrollo. Así como las soluciones tecnológicas aplicadas en las áreas de fabricación, calidad, mantenimiento y logística, el papel de las personas en este tipo de proyectos y las tendencias de desarrollo de los mismos.

## 5.1. Características de los proyectos Industria 4.0

En este punto se recogen aspectos destacables relativos al origen y al desarrollo de proyectos de fabricación inteligente.

Se trata de los siguientes:

- Habitualmente las empresas llevan a cabo la implantación de soluciones Industria 4.0 de **forma gradual, en el marco de proyectos concretos**. Se incorporan soluciones de digitalización y/o automatización en un área de actividad, con el propósito de escalar posteriormente a otras zonas y/o sumar otro tipo de soluciones.
- Los proyectos **se priorizan según su impacto y viabilidad técnica/económica** y se evita incorporar tecnologías por tendencia. Se adoptan soluciones tecnológicas donde aportan valor y no se busca automatizar completamente los procesos sino un equilibrio entre eficiencia y flexibilidad.
- Los **diagnósticos previos** al diseño de los proyectos **son esenciales** para definir correctamente los proyectos de implantación y para marcar una hoja de ruta viable, con hitos y prioridades.
- Hay empresas que **incorporan muy rápido objetivos concretos y alcanzables de transformación digital de procesos**. Suele coincidir con compañías que tienen una larga trayectoria en el desarrollo de soluciones innovadoras en los procesos de fabricación para hacer frente a sus necesidades y que disponen de un departamento de ingeniería que diseña, desarrolla y pone en marcha proyectos de innovación. En ocasiones, en el seno de estos departamentos se han creado equipos especializados en la digitalización de procesos.
- Destaca el papel de los **agentes de innovación regional** por su apoyo en los procesos de diagnóstico y/o de inversión en las primeras etapas de transformación digital de procesos, sobre todo de PYMES.
- **Se suele trabajar con proveedores externos** (fabricantes de equipos, desarrolladores de software, ingenierías, centros tecnológicos...) que aportan su conocimiento y práctica en la implantación de soluciones especializadas. En

ocasiones se desarrollan conjuntamente proyectos innovadores para la empresa e incluso para el sector.

- Los proyectos se **lideran desde un departamento técnico por un responsable de proyecto**. Según el alcance y el impacto en los puestos de trabajo y en la organización del trabajo se crean equipos multidisciplinares y se implica estrechamente al área de Recursos Humanos. Los mandos intermedios desempeñan un rol esencial para alinear equipos, comunicar objetivos y superar resistencias.
- La digitalización y automatización de procesos se plantea como **una herramienta para conseguir los objetivos marcados en la estrategia de la empresa**. Sin embargo, cada vez hay más empresas que elaboran una estrategia formal específica para implementar tecnologías Industria 4.0<sup>26</sup>. El diseño de estrategias Industria 4.0 tiene lugar cuando se avanza en el proceso de transformación digital, para escalar en la implantación y/o en el caso de desarrollo de soluciones de digitalización que constituyan nuevas líneas de oportunidad de negocio.
- **En grupos multinacionales**, con diversas plantas en diferentes países que comparten estándares técnicos y soluciones, la hoja de ruta que sigue la planta española suele responder a la política marcada por el grupo. Sin embargo, hay situaciones interesantes de desarrollos innovadores de éxito por parte de plantas españolas, en colaboración con partners locales y que se han replicado en otras plantas del grupo.
- Independientemente del origen del capital de las compañías, las empresas con diferentes localizaciones **comparten sinergias industriales** y, habitualmente, están conectadas mediante sistemas comunes de recogida de datos sobre producción, calidad y consumos, con el fin de realizar análisis de productividad, tiempos y desviaciones de las distintas plantas. En ocasiones, también **comparten proveedores tecnológicos**.
- En algunas cadenas de valor, como en la automoción, existe un porcentaje elevado de empresas con una **cultura consolidada de mejora de la**

---

<sup>26</sup> Según el cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”, el 72% de las empresas consultadas contaban en 2025 con una estrategia formal para implementar tecnologías Industria 4.0, de las cuales el 38% desde hace menos de cinco años. El 28% no trabaja los proyectos de fabricación inteligente bajo el marco de una estrategia específica, aunque el 13% de este grupo se lo ha planteado de cara al futuro.

**competitividad y la excelencia operativa.** Estas compañías han incorporado desde hace años sistemas de mejora continua y equipos robóticos para la automatización de procesos, lo que ha favorecido una mayor predisposición hacia la digitalización y la adopción de nuevas tecnologías. De hecho, la automoción es el sector más avanzado en la implantación de tecnologías de la Industria 4.0, con una amplia expansión tanto en las grandes compañías ensambladoras como en los proveedores de primer y segundo nivel (Tiers 1 y 2).

Comportamientos similares se observan también en empresas medianas y grandes con procesos de fabricación en series largas, pertenecientes a sectores como la alimentación, la electrónica o la química. Así como empresas, que, independientemente de su tamaño y tipos de procesos, son altamente innovadoras y/o que dirigen una parte significativa de sus ventas a los mercados exteriores.

- En el grupo de **PYMES y, especialmente, entre las empresas de menor tamaño,** se observan comportamientos muy diversos en la implantación de soluciones de Industria 4.0 orientadas a mejorar los niveles de productividad.

El grado de implementación depende, en gran medida, del nivel de exigencia en excelencia operativa del sector cliente al que dirigen sus productos, así como de la cultura organizativa de cada empresa y la voluntad de cambio.

En cualquier caso, entre las PYMES es más frecuente encontrar compañías que aún no han incorporado objetivos ni indicadores de excelencia operativa, como el OEE (Overall Equipment Effectiveness), lo que dificulta el desarrollo de soluciones más avanzadas. Además, la limitación de recursos humanos y financieros las hace altamente dependientes de agentes externos, que les ayuden a priorizar acciones viables, y del apoyo institucional.

- Existen **PYMES industriales** de pequeño tamaño que han implantado tecnologías inteligentes y que **constituyen casos de éxito** en la mejora de sus operaciones y/o en la generación de nuevas oportunidades de negocio.
- Determinadas circunstancias en el desarrollo de la actividad empresarial pueden favorecer un **avance significativo en la transformación digital de los procesos.**

Es el caso, por ejemplo, de la inversión en nuevos equipos de fabricación para su renovación, la industrialización de nuevas líneas de fabricación, la ampliación de las áreas de almacenaje o la puesta en marcha de nuevas plantas de producción.

- Existen **factores internos** que, en algunas ocasiones, han influido en la decisión de apostar por soluciones tecnológicas en la cadena de valor de fabricación. Por ejemplo, se puede mencionar:
  - Un cambio generacional en la propiedad y/o en la plantilla.
  - El impulso de nuevos liderazgos intermedios.
  - La disponibilidad de nuevo talento con competencias en soluciones Industria 4.0, ya sea mediante la incorporación de personal o el reciclaje del existente.
  - La adquisición de la empresa por parte de un grupo extranjero con estándares de fabricación inteligente más exigentes.
  - La necesidad de superar una situación de estancamiento operativo, reflejada en un bajo OEE, debido a cuellos de botella, averías frecuentes, dificultades para cumplir los plazos de entrega o defectos recurrentes.
  - Una apuesta estratégica por la descarbonización de los procesos de fabricación ante la necesidad de cumplir con normativas medioambientales más estrictas y/o por política de empresa.
- En otros casos, tiene lugar un **cambio del marco de desarrollo de la actividad** que impulsa una nueva orientación hacia la transformación digital, con el objetivo de mejorar la competitividad de la empresa y/o abrir nuevas líneas de negocio.

Se trata de contextos que presionan para adoptar modelos de gestión más modernos, centrados en la optimización de los datos para la toma de decisiones y la generación de nuevas oportunidades de negocio.

Algunos ejemplos de este tipo de situaciones son los siguientes:

- Aumento de la competencia en los mercados y/o perspectivas de caída de la demanda.
- Necesidad de una transformación significativa de los sistemas de fabricación, derivada de los cambios en las cadenas de valor impulsados por las exigencias del entorno, los avances tecnológicos o la irrupción de nuevos actores<sup>27</sup>.
- Presión de clientes internacionales que exigen trazabilidad, rapidez y personalización.

---

<sup>27</sup> En el sector automoción está teniendo lugar una transformación importante de los sistemas de fabricación con la transición del vehículo de combustión al eléctrico.

## 5.2. Objetivos de la transformación digital de procesos

Independientemente, de cuáles sean los factores desencadenantes, las empresas industriales apuestan por la transformación digital de procesos, **de forma prioritaria, para ser más competitivas a través de avanzar en la excelencia operativa.**

Según el cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”, los principales factores impulsores de la adopción de tecnologías vinculadas a la Industria 4.0 en las empresas industriales están fuertemente orientados hacia la mejora de la eficiencia operativa y la rentabilidad. La **mejora de la productividad** (es señalada por el 70,2% de las empresas consultadas) y la **automatización de procesos** (63,8%), seguidas de la **reducción de costes operativos** (48,9%) y la **mejora de la eficiencia energética** (44,7%) son motivos determinantes. A distancia, también se apuntan la **gestión de la cadena de suministro** (27,7%) y la **reducción del tiempo de inactividad** (15%). Por tanto, se evidencia una estrategia centrada en la optimización de recursos.

La implantación de soluciones Industria 4.0 se suele encuadrar en las acciones de mejora continua de procesos. La integración de tecnologías IT en sistemas OT se plantea como una oportunidad para incrementar exponencialmente los resultados de las técnicas para la mejora de la eficiencia de los procesos productivos. Frecuentemente, en las estrategias de mejora de los indicadores de productividad y calidad, se marcan objetivos de transformación digital orientados a la eficiencia operativa, la integración del diseño en la producción, el cero defectos, la eliminación del papel en planta, la automatización de tareas repetitivas, la trazabilidad, el mantenimiento predictivo o la generación de valor a partir del dato.

Estamos hablando de tecnologías orientadas a optimizar todos los procesos de la cadena de valor de la fabricación mediante la digitalización y la automatización. Estos objetivos responden a una lógica clara en un contexto de competencia creciente en el mercado mundial y de una notable intensificación de la presión de los costes, como resultado del aumento de los costes laborales y de los materiales, así como del incremento sostenido de las tasas de absentismo laboral en los años posteriores a la COVID-19.

El propósito de **innovar en productos o servicios** se sitúa lejos del objetivo de mejorar la productividad, pero alcanza a un nada desdeñable 38% de las empresas consultadas. Entre las empresas que persiguen **extraer valor de negocio de los datos**, sobresalen aquellas que parten de sistemas optimizados de mejora de procesos sobre los que han

implantado soluciones de captación y análisis de datos, y que han diseñado proyectos innovadores, en ocasiones en colaboración con los clientes y/o con proveedores.

Estas empresas crean plataformas para ofrecer servicios de alto valor añadido, como el diseño personalizado o el servicio postventa. En particular, sobresalen los fabricantes de equipos que recaban datos de sus clientes y ofrecen servicios de mantenimiento predictivo, optimización del rendimiento de los equipos o soporte remoto avanzado.

Los objetivos fijados en relación con la **satisfacción del cliente** (34,0%) o la **competitividad en el mercado** (29,8%) evidencian que las empresas comienzan a percibir la digitalización no solo como una herramienta interna de eficiencia, sino también como un medio para mejorar su posicionamiento externo y su capacidad de respuesta ante las demandas del mercado.

Otros propósitos, como la **reducción de la huella de carbono** (36,2%) ponen de manifiesto una creciente sensibilidad hacia la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, en consonancia con las exigencias regulatorias y las tendencias de descarbonización industrial.

El **fortalecimiento de la ciberseguridad** es mencionado por el 36% de las empresas consultadas. Se trata de una proporción insuficiente, considerando que los entornos productivos están cada vez más conectados.

#### Principales objetivos de la adopción de tecnologías Industria 4.0. 2025

FACTORES IMPULSORES	PESO SOBRE EL TOTAL DE FACTORES MENCIONADOS (en %)
Mejora de la productividad	70,2
Automatización de procesos	63,8
Reducción de costes operativos	48,9
Mejora de la eficiencia energética	44,7
Innovación de productos o servicios	38,3
Reducción de la huella de carbono	36,2
Fortalecimiento de la ciberseguridad	36,2
Mejora de la satisfacción del cliente	34,0
Competitividad en el mercado	29,8
Mejor gestión de la cadena de suministro	27,7
Aumento de la calidad del producto	25,5
Reducción del tiempo de inactividad	14,9
Otros	6,4

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del cuestionario "Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes"

### 5.3. Resultados de los proyectos Industria 4.0

Del análisis de experiencias se constata que **la mayoría de empresas** que aplican con éxito soluciones Industria 4.0 están teniendo impacto en términos de **mejoras operativas**.

Según el cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”, los principales avances derivados de la adopción de tecnologías Industria 4.0 se concentran en la **productividad** (para el 72,3% de las empresas), también se obtienen beneficios en la **calidad del producto** (36,2%), en **eficiencia energética** (34%), en términos de **reducción de costes** (31,9%) y de **disminución de los tiempos de producción** (29,8%).

Estas mejoras son el resultado de la implantación de sistemas que permiten, por ejemplo:

- El control continuo de la producción mediante indicadores de rendimiento (OEE, tasa de scrap, tiempos de ciclo).
- La trazabilidad completa del avance productivo, accesible para todos los niveles de la organización.
- Un aumento de la flexibilidad productiva, al poder adaptar lotes y configuraciones con rapidez
- La reducción de errores en planta gracias al acceso a información actualizada y validación digital de tareas.
- La digitalización de instrucciones y checklists, que simplifica la formación y reduce errores humanos
- Una disminución de paradas no planificadas y la optimización de los tiempos de intervención técnica mediante mantenimiento predictivo.
- La reducción de retrabajos y la mejora de la calidad final del producto.
- La mejora de la toma de decisiones operativas y de la planificación gracias a la información generada en tiempo real.
- Una mayor eficiencia en la coordinación entre departamentos y decisiones basadas en datos objetivos.

Algo más de un tercio de las empresas consultadas han conseguido reducir su **huella de carbono**, lo que refleja la relevancia de la transición digital aplicada a los procesos productivos para conseguir objetivos reales de descarbonización.

El porcentaje de empresas que finalmente obtienen **innovaciones de producto o servicio** es del 23 %, es decir, 15 puntos porcentuales menos que aquellas que se lo plantean como objetivo.

Tan solo el 11% de las empresas han generado nuevas **oportunidades de negocio a través de la servitización** y menos del 7% ha experimentado un **crecimiento de su cifra de negocios**.

No obstante, en este grupo de empresas, entre el 25% y el 28% ha registrado un **aumento de su prestigio ante los clientes** o una **mayor satisfacción de estos**. Estos resultados constituyen una base sólida para ampliar, en el futuro, las oportunidades de generación de negocio derivadas de la implantación de soluciones de Industria 4.0.

Las mejoras en materia de **seguridad laboral** solo son mencionadas por el 15% de las empresas. El impacto positivo en este ámbito está vinculado, principalmente, a la implantación de soluciones de automatización de operaciones, que reducen la exposición del personal a tareas de riesgo.

Otro tipo de avances señalados por las empresas son:

- Mejoras en la **comunicación interna**, gracias a la implantación de herramientas colaborativas.
- Mayor **motivación del personal**, al sentirse partícipe del proceso de cambio.
- Fomento de una **cultura más orientada al aprendizaje continuo y a la adaptación**.

#### Áreas en las que se han notado mejoras significativas desde que la empresa ha adoptado tecnologías Industria 4.0.

ÁREAS DE MEJORA	PESO SOBRE EL TOTAL DE ÁREAS MENCIONADAS (en %)
Productividad	72,3
Calidad del producto	36,2
Reducción de la huella de carbono	34,0
Aumento de la eficiencia energética	34,0
Reducción de costes de producción	31,9
Reducción de tiempos de producción	29,8
Satisfacción del cliente	27,7
Aumento del prestigio de cara a los clientes	25,5
Innovación de productos o servicios	23,4
Seguridad laboral	14,9
Nuevas oportunidades de negocio a través de la servitización	10,6
Crecimiento de la cifra de negocios	6,4

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del cuestionario "Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes"

## 5.4. Factores impulsores

El análisis de experiencias lleva a afirmar que hay una serie de aspectos que desempeñan un papel importante en el impulso de proyectos Industria 4.0 y en conseguir resultados exitosos. Hay que destacar especialmente dos de ellos.

En primer lugar, la **estrategia marcada desde la Dirección** se posiciona como el factor más relevante, lo que confirma que el compromiso y la visión de la alta gerencia son determinantes para orientar los proyectos digitales y garantizar su continuidad en el tiempo.

También destaca la importancia de la **colaboración con proveedores**, especializados en diferentes tipos de tecnologías o soluciones, que pueden ser fabricantes de equipos, integradores, desarrolladores de software, centros tecnológicos, startups... Estos agentes, en muchos casos, han desempeñado un papel determinante tanto en la fase de diagnóstico de necesidades como en el diseño, desarrollo e implementación de los proyectos.

En el ámbito de la cooperación, algunas empresas subrayan el valor de haber participado en proyectos colaborativos, tanto a nivel regional como europeo, que han permitido validar tecnologías emergentes, compartir buenas prácticas y acceder a redes de conocimiento.

En el cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”, sobresalen otros aspectos que han influido positivamente en los planes de implantación de tecnologías Industria 4.0. Se trata de la **cultura organizacional** (mencionada por el 38% de las empresas consultadas), reflejando la importancia de establecer entornos internos receptivos al cambio. De igual modo, la **trayectoria en innovación de procesos** (34%) refuerza la idea de que las empresas con una buena base en la implantación de técnicas de mejora de procesos, por ejemplo en entornos Lean Manufacturing, presentan una mayor capacidad de adaptación a las nuevas tecnologías.

La **disponibilidad de ayudas públicas** (15%) no constituye un factor determinante en la decisión de desarrollar proyectos Industria 4.0 porque no son efectivas si no hay una hoja de ruta bien definida. Sí que condicionará, en ocasiones, el alcance y la velocidad de su implementación.

El 15% de las empresas consultadas considera que la **disponibilidad de personal cualificado** es un factor impulsor relevante en los proyectos de Industria 4.0. Este porcentaje tan reducido se explica porque, precisamente, la disponibilidad de perfiles

con las competencias requeridas constituye actualmente uno de los principales inconvenientes para avanzar en la digitalización. Un peso similar se atribuye a la **realización de planes de formación interna**, lo que se entiende por el hecho de que una proporción elevada de empresas aún no ha diseñado programas formativos específicos en el marco de sus proyectos de fabricación inteligente.

#### Principales factores que han influido positivamente en los planes de implantación de tecnologías Industria 4.0

FACTORES QUE HAN INFLUIDO POSITIVAMENTE	PESO SOBRE EL TOTAL DE FACTORES MENCIONADOS (en %)
La estrategia marcada desde Dirección	61,7
La colaboración con proveedores de soluciones Industria 4.0	48,9
La cultura de la empresa	38,3
La trayectoria empresarial en innovación de procesos	34,0
La disponibilidad de ayudas públicas	17,0
La disponibilidad de personal cualificado	14,9
La realización de planes de formación del personal	14,9
Otro	6,4

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”

## 5.5. Principales obstáculos

Hay empresas industriales que manifiestan inconvenientes en la implantación de soluciones Industria 4.0. Estas limitaciones provocan que los proyectos no alcancen los resultados previstos o que, incluso, no lleguen a ponerse en marcha.

El principal obstáculo que encuentran las empresas para avanzar hacia la fabricación inteligente son los **costes de implantación**, mencionados por el 57% de las compañías que respondieron al cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”.

Estos costes se refieren tanto a las inversiones necesarias para mejorar y estandarizar procesos con el fin de implementar sistemas de digitalización y captación de datos, como a la reorganización de procesos para integrar equipos robóticos, colaborativos o no. También comprenden los costes de la contratación de servicios externos y las inversiones en equipos y las dirigidas al desarrollo de proyectos de innovación orientados al diseño de soluciones adaptadas a las necesidades específicas de los procesos productivos.

Hay empresas que manifiestan limitaciones de recursos para implantar tecnologías más avanzadas. También se apunta la complejidad para valorar, en ocasiones, el retorno de la inversión y asumir riesgos en proyectos tecnológicos, sobre todo para las PYMES.

Más de la mitad de las empresas afirma que la **falta de personal cualificado** constituye un importante escollo en el camino hacia la Industria 4.0. En particular, se mencionan los desafíos en la contratación y retención de operarios cualificados, especialmente para ocupar puestos que requieren habilidades técnicas más avanzadas. Las compañías con plantas ubicadas en zonas rurales o alejadas de centros de formación profesional y universitaria son las que manifiestan mayores dificultades para captar y retener talento, en particular talento joven y perfiles técnicos avanzados.

El 38% de las empresas considera que la **resistencia al cambio** supone un problema. En ocasiones, la decisión de adoptar soluciones de automatización se percibe como una amenaza por parte de los trabajadores, principalmente, por parte de los que desempeñan tareas manuales repetitivas y por parte del personal de más edad.

Las limitaciones técnicas y tecnológicas condicionan el desarrollo de algunos proyectos.

Una proporción elevada de las empresas consultadas, el 38%, menciona **dificultades para encontrar soluciones adaptadas** a sus necesidades. Un 25 % de las empresas señala los inconvenientes derivados de **no disponer de una infraestructura tecnológica adecuada**, por ejemplo, por contar con sistemas informáticos o softwares de gestión obsoletos o por experimentar problemas de conectividad de máquinas. De hecho, iniciar proyectos sin tener resuelta la infraestructura básica suele llevar a retornos muy limitados o, incluso, al fracaso de la implementación. El mismo porcentaje indica como un obstáculo la **insuficiente estandarización de los procesos**, lo que dificulta disponer de información de calidad.

El 17% de las empresas reconoce **carecer de los conocimientos técnicos necesarios**, una situación que se ve agravada por la escasez de talento especializado en el mercado laboral. Este obstáculo puede provocar que, en las etapas iniciales de implantación de soluciones de Industria 4.0, no exista una visión clara de cómo la tecnología puede aportar valor real al negocio.

Entre los problemas menos mencionados se encuentra la **falta de compromiso del equipo directivo**. Su bajo impacto negativo puede considerarse una señal positiva; sin embargo, dado el papel estratégico que desempeña la dirección en el desarrollo de proyectos de Industria 4.0, el hecho de que un 13% de las empresas consultadas la

identifiquen como un inconveniente, puede considerarse todavía un porcentaje demasiado elevado.

Algo similar puede afirmarse respecto a las **dificultades para encontrar proveedores de soluciones de Industria 4.0**. En este caso, sin embargo, la proporción de empresas que lo perciben como una limitación desciende al 10,6%. Cabe señalar que los principales problemas para identificar proveedores se relacionan con la implantación de soluciones basadas en inteligencia artificial, seguidas, a cierta distancia, por el gemelo digital, las soluciones de IoT y los sistemas automatizados adaptados a procesos específicos, no estandarizados en el mercado.

Otro inconveniente identificado son los **problemas de ciberseguridad**, derivados de que el avance en conectividad y en captación y análisis de datos exige reforzar, en paralelo, las medidas de seguridad digital para evitar riesgos.

También se menciona la **falta de tiempo del personal implicado en los proyectos**, una circunstancia frecuente en las pequeñas empresas, que a menudo presentan dificultades para asignar recursos a la gestión o implementación de soluciones de digitalización y automatización.

#### Principales obstáculos en la implementación de tecnologías Industria 4.0

OBSTÁCULOS	PESO SOBRE EL TOTAL DE OBSTÁCULOS MENCIONADOS (en %)
Elevados costes de implantación	57,4
Falta de personal cualificado	51,1
Resistencia al cambio	38,3
Problemas para encontrar soluciones adaptadas a vuestras necesidades	38,3
Escasa infraestructura tecnológica	25,5
Insuficiente estandarización de procesos	25,5
Falta de conocimientos técnicos en la empresa	17,0
Apuesta insuficiente de parte del equipo directivo	12,8
Dificultades para encontrar proveedores de soluciones Industria 4.0	10,6
Problemas de ciberseguridad	8,5
Otros	4,3

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del cuestionario "Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes"

## 5.6. Soluciones tecnológicas implantadas

Las **soluciones tecnológicas** implantadas dependen de diversos factores. Las características de los procesos junto con el grado de madurez digital de la empresa y los recursos económicos disponibles son los aspectos más determinantes. Hay otros elementos que influyen, como la disponibilidad de personal interno con las capacidades necesarias para gestionar e implementar proyectos relacionados con una determinada tecnología junto con las posibilidades de contar con socios externos que complementen las capacidades internas para diseñar, desarrollar e implementar soluciones.

Existe una oferta amplia y diversa de soluciones a disposición de las empresas para modernizar sus procesos, desde el diseño hasta la distribución. En función de las necesidades identificadas y de los objetivos planteados, las organizaciones pueden integrar software de gestión estándar adaptado a sus realidades productivas —como sistemas MES, ERP, sistemas de gestión de almacenes (SGA/WMS), plataformas de gestión del transporte (TMS), herramientas de control del Work in Progress (WIP), soluciones SCADA o sistemas de planificación avanzada (APS)—, así como aplicaciones de analítica avanzada, sistemas de calidad (QMS) o soluciones de mantenimiento predictivo basadas en datos e inteligencia artificial.

Del mismo modo, pueden incorporar hardware que facilite la captura de datos y la toma de decisiones en planta, como sensores IoT, cámaras de visión artificial, dispositivos RFID, edge computing industrial, pantallas táctiles o wearables para apoyo operativo. En cuanto a los equipos, la oferta abarca PLCs, impresoras 3D, robots industriales, cobots, robots SCARA o delta, vehículos autónomos móviles (AMR), vehículos guiados automáticamente (AGV), máquinas CNC conectadas y sistemas automáticos de almacenaje.

En algunos casos, será necesario desarrollar soluciones a medida del entorno productivo, ya sea con recursos internos o con el apoyo de fabricantes, centros tecnológicos o start-ups especializadas

De la información recogida a través del cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”, se deduce que los trabajos de digitalización y automatización se han centrado principalmente en las operaciones de fabricación, seguidas de las áreas de mantenimiento y calidad y, en menor grado, en las operaciones logística.

Las respuestas de las empresas consultadas sobre las tecnologías empleadas en cada área se han agrupado por tipos de soluciones y se describen a continuación.

#### En el ámbito de la fabricación:

- Los resultados muestran una clara orientación de las empresas hacia la digitalización y el uso intensivo de datos como pilares de su transformación industrial. Las tecnologías de **Captura y Análisis de Datos** (mencionadas por el 42,5% de las empresas consultadas) a través de IoT y las **soluciones de Digitalización** (42,5%) son las más implantadas, evidenciando la prioridad de establecer infraestructuras que permitan recoger, procesar y gestionar información en tiempo real. Estas tecnologías conforman la base sobre la que se sustentan otras soluciones de Industria 4.0.
- Destaca la **Robótica** (30%), impulsada tanto por la automatización de tareas repetitivas como por la incorporación de robots colaborativos (cobots) y vehículos autónomos (AMR) en las plantas de producción. Su adopción refleja una tendencia hacia la automatización flexible y la eficiencia operativa, donde la interacción entre humanos y máquinas gana relevancia.
- Los **Sistemas de Información y Control** (27,5%), que incluyen ERP, MES, SCADA y herramientas de Business Intelligence, consolidan el paso hacia una gestión integrada de la producción, mejorando la trazabilidad, la planificación y la toma de decisiones basada en datos. Junto con las tecnologías de **Cloud y Conectividad** (25%), permiten la interconexión de sistemas y equipos, elemento esencial para alcanzar un entorno productivo plenamente digitalizado.
- La **Automatización de los procesos** (12,5%) y la **Fabricación Aditiva** (12,5%), presentan un grado de implantación aún limitado, probablemente por las inversiones requeridas y la especialización técnica. El uso de la fabricación aditiva se ha consolidado para la optimización del prototipado, pero su empleo en producción presenta limitaciones en función de los materiales de fabricación, por la tecnología disponible y su coste.
- Sorprende el bajo grado de implantación de soluciones de **Ciberseguridad**, que se limita al 7,5% de las empresas consultadas. Las tecnologías emergentes de **Gemelo Digital y Simulación e Inteligencia Artificial**, presentan todavía un bajo grado de implantación. En último lugar se sitúan soluciones específicas para conseguir avances en **Eficiencia Energética**.

**Tipos de tecnologías Industria 4.0 implantadas en los últimos cinco años en las áreas de fabricación. 2025**

TIPOS DE TECNOLOGÍAS	PESO SOBRE EL TOTAL DE TIPOS DE TECNOLOGÍAS MENCIONADOS (en %)
Captura y Análisis de Datos	42,5
Digitalización	42,5
Robótica	30,0
Sistemas de Información y Control	27,5
Cloud y Conectividad	25,0
Automatización	12,5
Fabricación Aditiva	12,5
Ciberseguridad	7,5
Gemelo Digital y Simulación	7,5
Inteligencia Artificial	7,5
Eficiencia Energética	5,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del cuestionario "Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes"

**En el ámbito de la logística:**

- Los resultados evidencian que la transformación digital en el ámbito logístico se encuentra en una fase de **madurez intermedia**, donde las empresas priorizan la **digitalización de la gestión y la automatización operativa** antes de avanzar hacia tecnologías más avanzadas como la inteligencia artificial o la analítica predictiva.
- El **Software de Gestión Logística** (24,2%), que incluye WMS, SGA, ERP y TMS, es la tecnología más implantada, reflejando una orientación clara hacia la planificación, trazabilidad y control integral de las operaciones logísticas. Su elevada presencia confirma que las organizaciones buscan primero estandarizar y sistematizar procesos para lograr una base sólida sobre la cual desplegar tecnologías más sofisticadas.
- La **Digitalización de Procesos Logísticos** (21,2%) ocupa el segundo lugar, lo que demuestra el esfuerzo del sector por reducir la gestión manual y el uso de documentación física, impulsando la eficiencia administrativa y la visibilidad en tiempo real de los flujos de trabajo.
- Las tecnologías de **Automatización Logística** (18,2%) y de **IoT y Sensorización** (18,2%) muestran avances en la robotización parcial de tareas y en la monitorización en tiempo real de mercancías, activos y condiciones ambientales, para mejorar la calidad y la velocidad de las operaciones.

- Por otro lado, la **Captura y Análisis de Datos** (12,1%) indica que la analítica comienza a integrarse en la gestión logística, permitiendo optimizar flujos, mejorar la trazabilidad y tomar decisiones basadas en datos. Sin embargo, su peso moderado sugiere que la explotación avanzada de la información aún no se encuentra generalizada.
- Las tecnologías de **Robótica Aplicada** (6,1%), **Cloud y Conectividad** (3,0%) e **Inteligencia Artificial** (3,0%) presentan menor nivel de adopción. En todo caso, reflejan una tendencia hacia la automatización inteligente y el uso de plataformas colaborativas, que facilitarán la integración futura de la cadena de suministro digital. El bajo nivel de implantación de IA puede apuntar a que la mayoría de las organizaciones se encuentra todavía en fases iniciales de madurez analítica.

#### Tipos de tecnologías Industria 4.0 implantadas en los últimos cinco años en las áreas de logística. 2025

TIPOS DE TECNOLOGÍAS	PESO SOBRE EL TOTAL DE TIPOS DE TECNOLOGÍAS MENCIONADOS (en %)
Software de Gestión Logística (WMS, ERP, TMS, etc.)	24,2
Digitalización de Procesos Logísticos	21,2
Automatización Logística	18,2
IoT y Sensorización	18,2
Captura y Análisis de Datos	12,1
Robótica Aplicada a Logística	6,1
Cloud y Conectividad	3,0
Inteligencia Artificial (IA)	3,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del cuestionario "Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes"

#### En el ámbito de la calidad:

- La **Digitalización del Control de Calidad** (35,5%) se consolida como la tecnología más implantada, evidenciando un cambio estructural en la forma en que las empresas registran, documentan y gestionan la información de calidad. La sustitución de formularios manuales por sistemas electrónicos, aplicaciones y formularios digitales ha permitido una mayor trazabilidad, reducción de errores y acceso ágil a la información.
- En segundo lugar, la **Automatización del Control de Calidad** (22,6%) muestra el esfuerzo de las organizaciones por incorporar inspecciones y mediciones automáticas dentro de las líneas de producción. Esta tendencia indica una

orientación clara hacia la integración del control en tiempo real dentro del propio proceso productivo, eliminando controles manuales y mejorando la detección temprana de desviaciones.

- Los **Sistemas de Gestión Integrados** (ERP, MES, SCADA), con un 19,4%, refuerzan el avance hacia la gestión centralizada de la calidad. Su implantación refleja la intención de alinear la calidad con la planificación, la producción y el mantenimiento, integrando indicadores de calidad en las plataformas globales de gestión de la planta.
- Las tecnologías de **Captura y Análisis de Datos** (12,9%) y el **Software de Gestión de Calidad** (12,9%) muestran un desarrollo paralelo. Mientras la primera permite estructurar y procesar datos provenientes de sensores, IoT o SCADA, la segunda dota a las empresas de herramientas específicas para la gestión de incidencias, alertas y acciones correctivas. En conjunto, ambas tecnologías potencian una gestión proactiva y basada en datos, paso previo a la implantación de inteligencia artificial.
- En niveles intermedios, el **IoT y la Sensorización** (9,7%) indican que cada vez más empresas apuestan por la captura en tiempo real de parámetros de proceso y producto, lo cual facilita un control más preciso y continuo. Por su parte, la **Robótica Aplicada a Calidad** (6,5%) y la **Inteligencia Artificial** (6,5%) comienzan a integrarse en los procesos de inspección y análisis, aportando mayor autonomía y capacidad predictiva. Aunque su presencia es todavía moderada, su crecimiento sugiere una evolución hacia la calidad predictiva y autónoma, apoyada en visión artificial y machine learning.
- Finalmente, las tecnologías de **Cloud y Conectividad** (3,2%) presentan una adopción más limitada, aunque su papel es clave como infraestructura habilitadora para compartir datos, conectar equipos y permitir el acceso remoto a la información de calidad.

### Tipos de tecnologías Industria 4.0 implantadas en los últimos cinco años en las áreas de calidad. 2025

TIPOS DE TECNOLOGÍAS	PESO SOBRE EL TOTAL DE TIPOS DE TECNOLOGÍAS MENCIONADOS (en %)
Digitalización del Control de Calidad	35,5
Automatización del Control de Calidad	22,6
Sistemas de Gestión Integrados (ERP, MES, SCADA)	19,4
Captura y Análisis de Datos	12,9
Software de Gestión de Calidad	12,9
Inteligencia Artificial (IA)	6,5
IoT y Sensorización	9,7
Robótica Aplicada a Calidad	6,5
Cloud y Conectividad	3,2

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del cuestionario "Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes"

#### En el ámbito del mantenimiento:

- El **Software de Gestión del Mantenimiento (GMAO)** se posiciona como la tecnología más implantada (38,2%), confirmando la apuesta por herramientas que permiten planificar, registrar y analizar de forma sistemática las intervenciones, optimizando recursos y mejorando la trazabilidad de activos y repuestos. Esta tendencia muestra que la digitalización del mantenimiento comienza por estructurar la información y centralizar los datos operativos.
- En segundo lugar, las tecnologías de **Cloud y Conectividad** (20,6%) y la **Digitalización del Mantenimiento** (17,6%) reflejan la consolidación de un ecosistema digital interconectado, en el que los equipos, sistemas y técnicos acceden a la información en tiempo real desde diferentes ubicaciones. Esto favorece modelos de mantenimiento remoto y colaborativo, al tiempo que reduce tiempos de respuesta y dependencias físicas.
- El **IoT y la sensorización** (14,7%) constituyen la base tecnológica para avanzar hacia un mantenimiento predictivo, al posibilitar la monitorización continua de variables físicas y estados de equipos. Su adopción indica que las organizaciones empiezan a invertir en infraestructuras de captura de datos que facilitan diagnósticos tempranos y decisiones basadas en condiciones reales de operación.
- La **Automatización del mantenimiento** (11,8%) y la **Inteligencia Artificial** (8,8%) representan un siguiente nivel de madurez digital. Su introducción permite automatizar tareas rutinarias, así como aplicar algoritmos de machine learning para detección de anomalías y optimización de estrategias de mantenimiento.

Aunque su implantación aún es limitada, marcan una tendencia hacia un mantenimiento cada vez más autónomo e inteligente.

- Las tecnologías de **Captura y Análisis de Datos** (5,9%), **Ciberseguridad** (5,9%) y **Gemelo Digital y Simulación** (5,9%) tienen un menor peso, pero son fundamentales para asegurar la protección de la infraestructura digital, la explotación avanzada de la información y la modelización virtual de activos. Su adopción temprana suele concentrarse en sectores de alta criticidad o empresas con estrategias de innovación avanzada.

#### Tipos de tecnologías Industria 4.0 implantadas en los últimos cinco años en las áreas de mantenimiento. 2025

TIPOS DE TECNOLOGÍAS	PESO SOBRE EL TOTAL DE TIPOS DE TECNOLOGÍAS MENCIONADOS (en %)
Software de Gestión de Mantenimiento (GMAO)	38,2
Cloud y Conectividad	20,6
Digitalización del Mantenimiento	17,6
IoT y Sensorización	14,7
Automatización del Mantenimiento	11,8
Inteligencia Artificial (IA)	8,8
Captura y Análisis de Datos	5,9
Ciberseguridad	5,9
Gemelo Digital y Simulación	5,9

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del cuestionario "Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes"

## 5.7. El papel de las personas en los proyectos Industria 4.0

Los trabajadores y los equipos desempeñan un papel fundamental en la implantación de cualquier proyecto de mejora dentro de las empresas. En el caso de la Industria 4.0, su rol adquiere una relevancia especialmente significativa, ya que la implantación de soluciones tecnológicas puede **modificar de forma sustancial la configuración de los puestos de trabajo, el contenido de los mismos y las necesidades de competencias técnicas y transversales.**

Es indispensable tener en cuenta el factor humano en las iniciativas de fabricación inteligente, desde la fase inicial de diseño. No hacerlo puede tener consecuencias imprevistas en los resultados de las soluciones implantadas.

Cabe mencionar, que en el análisis de los principales obstáculos a la implantación de tecnologías industria 4.0, la **falta de personal cualificado** se situaba en segundo lugar, después de los costes de implantación, y, en tercera posición, la **resistencia al cambio.**

Para minimizar estas problemáticas, es importante implicar desde un principio a todo el personal que, de manera directa o indirecta, estará vinculado a los proyectos. Para ello hay que crear herramientas de comunicación interna y diseñar acciones de información y de formación dirigidas a sensibilizar y capacitar al personal. En este sentido, cabe apuntar que, en el colectivo estudiado, cerca de la mitad de las empresas consultadas no disponen de un plan de formación específico en el marco de sus planes de implantación de tecnologías Industria 4.0 y de este grupo solo el 13% se plantea diseñarlo.

Un aspecto importante que debe preverse en los proyectos de Industria 4.0 son las necesidades de competencias de los perfiles profesionales vinculados tanto al diseño como a la implantación de dichos proyectos. Asimismo, es necesario considerar el impacto que los cambios resultantes en la operativa tendrán en las competencias requeridas tanto para los operarios y otro personal directo de producción como para el personal indirecto.

Según el cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”, la puesta en marcha de proyectos de transformación digital ha comportado nuevas necesidades de competencias por parte de las empresas.

La **gestión y análisis de datos** (apuntada por el 47,9% de las empresas consultadas) encabeza la lista de competencias más demandadas, reflejando la centralidad del **dato como recurso estratégico** en la toma de decisiones y en la optimización de los procesos productivos.

Le siguen la **programación y el software** (43,8%), y la **automatización y robótica** (37,5%), que subrayan la importancia de disponer de personal capaz de **diseñar, integrar y mantener sistemas automatizados**.

Las **competencias en tecnologías digitales, conectividad e IoT** (31,3%) y en **ingeniería** (22,9%) complementan el perfil técnico necesario para gestionar entornos productivos inteligentes.

La **inteligencia artificial** (20,8%) emerge como un campo en expansión, vinculado al análisis predictivo, la optimización de procesos y el mantenimiento inteligente.

Las **competencias transversales** en **gestión de proyectos** y **transformación digital** (16,7%) ponen de relieve la necesidad de perfiles híbridos, capaces de conectar la estrategia tecnológica con la gestión del cambio organizativo.

Las áreas de **mantenimiento** (16,7%) e **informática** (14,6%) continúan siendo relevantes para garantizar la operatividad técnica y el soporte de infraestructuras.

La **ciberseguridad** (10,4%), pese a su creciente importancia en entornos interconectados, aún presenta un grado de especialización limitado en las plantillas industriales.

#### Competencias requeridas como resultado de la implementación de tecnologías Industria 4.0 y empresas que las requieren (en %)

COMPETENCIAS	EMPRESAS (en %)
Análisis y gestión de datos	47,9
Programación y software	43,8
Automatización y robótica	37,5
Tecnologías digitales / conectividad / IoT	31,3
Ingeniería	22,9
Inteligencia artificial (IA)	20,8
Gestión de proyectos y transformación digital	16,7
Mantenimiento	16,7
Informática	14,6
Ciberseguridad	10,4
Otros	8,3

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del cuestionario "Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes"

Por otro lado, **las mayores dificultades** para cubrir los perfiles que requieren las empresas se refieren a algunos de ellos, por ejemplo:

- Perfiles híbridos, con conocimientos técnicos y visión de negocio.
- Ingenieros en diferentes ramas, esenciales para la planificación, diseño e implementación de tecnologías 4.0
- Especialistas en IT industrial, integración de sistemas, conectividad y digitalización de procesos
- Perfiles con habilidades en análisis, tratamiento y visualización de datos industriales
- Técnicos especializados en control, programación y mantenimiento de sistemas automatizados y robóticos
- Especialistas en IA aplicada a procesos industriales, incluyendo visión artificial y machine learning.
- Programadores de algoritmos de IA.

- Técnicos encargados del mantenimiento preventivo y correctivo, cada vez más digitalizado
- Operarios con formación técnica básica o intermedia, adaptados a entornos tecnológicos
- Perfiles con conocimientos informáticos generales, necesarios como soporte base

Para disponer del talento con las nuevas competencias que requiere la Industria 4.0, y ante las dificultades para encontrar los perfiles requeridos en el mercado de trabajo, la mitad de las empresas consultadas ha optado por apostar por la **polivalencia** y por **intensificar las acciones de formación del personal interno**, y un 40% han decidido **reforzar la colaboración con proveedores externos**. También se observa un interés creciente en incorporar a alumnos de **formación profesional en modalidad de formación dual** como una fórmula para formar al talento joven de perfil técnico (robótica, mecatrónica, mantenimiento...), que las empresas necesitan, con opciones futuras de integrarse en la plantilla.

## 5.8. Tendencias en la implantación de soluciones Industria 4.0

De cara a los próximos años, se espera una intensificación de la implantación de soluciones Industria 4.0 en la industria. Las empresas, en general, avanzarán en la digitalización y automatización de procesos.

De las empresas consultadas a través del cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”, más del 72% afirma que tienen previsto reforzar la implantación de tecnologías Industria 4.0 en los próximos años, el 26% todavía no lo ha decidido y el 2% restante reconoce que no incrementará su apuesta por la fabricación inteligente.

La evolución digital de las empresas dependerá de su grado de madurez tecnológica, de su capacidad financiera para acometer nuevos proyectos y de los resultados de las implantaciones realizadas. En cualquier caso, se prevé que las empresas **escalen a soluciones más complejas y que amplíen tanto las operaciones como las áreas de aplicación**.

Dos aspectos que impulsarán nuevos avances son la interoperabilidad total entre sistemas y datos, así como la evolución de las interfaces entre humanos y máquinas hacia interacciones por voz y mediante pantallas táctiles.

En el futuro, se prevé una mayor adopción de gemelos digitales para la simulación de procesos, de sistemas de visión artificial en las áreas de calidad y montaje final, de robótica industrial para operaciones de soldadura y de robótica de servicio en tareas logísticas. Asimismo, las aplicaciones de blockchain crecerán previsiblemente en procesos de trazabilidad y en iniciativas de economía circular.

También se ampliará el uso de soluciones más avanzadas de ciberseguridad y de aplicaciones de inteligencia artificial, tanto para intensificar la automatización de procesos como para generar datos predictivos que optimicen la toma de decisiones.

Además, la **inteligencia artificial podría potenciar el desarrollo de otras tecnologías**, por ejemplo, mediante la incorporación de algoritmos de optimización y diseño generativo en la impresión 3D. De forma similar, otras soluciones, como la robótica, la visión artificial o la sensorización avanzada, pueden experimentar un avance exponencial en sus prestaciones gracias a la integración de capacidades basadas en IA.

En cuanto al tipo de proyectos, los avances en los sistemas de captación de datos y su capacidad para generar información fiable sobre el consumo de piezas y equipos por parte de los clientes llevarán a **intensificar el desarrollo de servicios basados en la conectividad**, especialmente en ámbitos como el mantenimiento remoto y la asistencia postventa.

Por otro lado, se espera una progresiva **profesionalización de los proyectos de Industria 4.0**. En particular, este avance se reflejará en el proceso clave de diagnóstico previo de necesidades y análisis de soluciones, en la gestión de personas y equipos, así como en la estandarización de los procesos digitales, lo que facilitará su expansión en la planta.

Las empresas seguirán contando, en gran medida, con el **apoyo de colaboradores externos expertos** como vía para acceder a soluciones especializadas y avanzadas. Asimismo, esta colaboración permitirá compensar la falta de talento interno con las competencias técnicas y transversales requeridas, especialmente ante las dificultades para captar en el mercado laboral los perfiles profesionales necesarios.

En relación a la evolución futura de las tecnologías a continuación se indica qué tipo de soluciones ganarán previsiblemente peso en las áreas de fabricación, logística, calidad y mantenimiento, de acuerdo con los resultados del cuestionario “Implantación de la Industria 4.0. Impacto, beneficios e inconvenientes”.

- En el ámbito de **fabricación**, se espera un crecimiento de la **inteligencia artificial**, seguida por la **captura y análisis de datos** y los **sistemas de información y control**. Esto evidencia un paso hacia modelos de producción más autónomos, interconectados y basados en datos, donde la analítica avanzada y la IA desempeñarán un papel central en la eficiencia y flexibilidad de la planta.
- En **logística**, la tendencia se repite: la **IA** lidera las previsiones, seguida de herramientas de **gestión logística, IoT y automatización**, lo que indica una apuesta por la optimización de la cadena de suministro y la mejora de la trazabilidad.
- En el área de **mantenimiento**, las empresas prevén invertir en **software de gestión, digitalización e IA**, lo que contribuirá a la consolidación del mantenimiento predictivo y la gestión digital de activos. Tecnologías como el **IoT** y la **conectividad en la nube** mantienen su importancia como soporte para la monitorización continua de equipos.
- En **calidad**, destacan la **digitalización del control de calidad** y la **inteligencia artificial**, seguidas del **software de gestión** y la **captura de datos**. Este patrón confirma la tendencia hacia sistemas de calidad más automatizados, predictivos y basados en análisis de datos, donde la IA se aplicará para detección de defectos, visión artificial y predicción de fallos.

## 5.9. Conclusiones del análisis de experiencias

El análisis de experiencias de implantación de soluciones Industria 4.0 en empresas industriales permite extraer una serie de conclusiones relevantes sobre el grado de avance, los resultados obtenidos y los factores que condicionan el éxito de estos proyectos.

En primer lugar, se constata que la digitalización industrial avanza de forma gradual y heterogénea. La mayoría de empresas, especialmente las PYMES, inicia su transformación a través de proyectos acotados, centrados en áreas concretas y con un enfoque pragmático basado en la mejora de la eficiencia operativa. La existencia de diagnósticos previos sólidos y el escalado progresivo se revelan como elementos clave para orientar correctamente las inversiones.

Los resultados muestran un impacto significativo en productividad, calidad, eficiencia energética y reducción de costes. Sin embargo, la capacidad de las tecnologías Industria

4.0 para generar nuevas oportunidades de negocio es todavía limitada y se concentra en empresas con un alto grado de madurez, experiencia previa en innovación y una base sólida en procesos optimizados. La servitización, el desarrollo de nuevos servicios basados en datos y la innovación de producto permanecen en una fase inicial.

La estrategia marcada desde la Dirección y la colaboración con proveedores especializados se confirman como los principales impulsores de éxito. La cultura organizativa y la trayectoria previa en mejora continua y en innovación también condicionan positivamente la adopción tecnológica. En contraste, los costes de implantación y la falta de personal cualificado emergen como los principales obstáculos, especialmente para las PYMES. La resistencia al cambio, la insuficiente estandarización de procesos y las carencias en infraestructura tecnológica dificultan la obtención de resultados consistentes.

En cuanto a las tecnologías implantadas, predominan las soluciones de captura y análisis de datos, la digitalización de procesos, la robótica y los sistemas de información y control. La inteligencia artificial, el gemelo digital, la visión artificial y la ciberseguridad muestran niveles de adopción aún reducidos, aunque se perfilan como ámbitos de crecimiento prioritario en los próximos años. La implantación tecnológica varía por área funcional: fabricación presenta el mayor nivel de digitalización, seguida por mantenimiento, calidad y logística.

El papel de las personas es determinante. Las empresas destacan la necesidad de nuevas competencias técnicas, principalmente análisis de datos, programación, automatización y robótica, así como habilidades de gestión de proyectos y transformación digital. Las dificultades para captar estos perfiles en el mercado laboral están llevando a reforzar la formación interna, la polivalencia del personal y la colaboración con agentes externos, además de un creciente interés en la formación dual.

Finalmente, las tendencias apuntan a un avance sostenido de la digitalización industrial. Las empresas prevén ampliar la adopción de tecnologías más avanzadas, basar sus decisiones en datos, extender la automatización inteligente y profesionalizar los procesos de diagnóstico y diseño de proyectos. La inteligencia artificial, los sistemas interoperables, los gemelos digitales, la robótica avanzada y las aplicaciones de conectividad serán protagonistas en la próxima fase de transformación industrial.

## 6. RETOS DE LA EXPANSIÓN DE LA FÁBRICA INTELIGENTE EN LA INDUSTRIA ESPAÑOLA

En este apartado se lleva a cabo la identificación de cuestiones que es importante considerar de cara a impulsar el avance de la fabricación inteligente en la industria española, con el propósito de ganar competitividad en los mercados internacionales, pero también para conseguir un mayor desarrollo de la industria.

Con este objetivo se ha elaborado un **análisis DAFO sobre la expansión de la Industria 4.0 y la optimización de sus resultados**.

Para confeccionar este análisis de debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades, se ha considerado la información generada en el marco de esta investigación así como diversas fuentes documentales, que se han completado con la opinión de representantes del sector empresarial, de expertos y de agentes del sector de la formación y de las administraciones.

### 6.1. Debilidades

En este punto se describen aspectos que afectan negativamente a la expansión de la Industria 4.0 y que están ligados al perfil de las empresas o a su funcionamiento interno.

#### 1. Características del tejido industrial

La industria española se caracteriza por un peso más elevado de las PYMES, en comparación con los países más industrializados de europea<sup>28</sup>.

Este dato es importante porque se observan grandes diferencias de penetración de soluciones 4.0 entre pequeñas, medianas y grandes empresas. Además, el grado de complejidad de las aplicaciones, en general, también está directamente relacionado con el tamaño.

---

<sup>28</sup> European Commission — Joint Research Centre (JRC) & Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (DG GROW) (2025). “Annual Report on European SMEs 2024/2025”. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2025.

Las PYMES, frente a las empresas de mayor tamaño, presentan limitaciones relacionadas con la falta de recursos económicos y humanos. Además, suelen partir de una base menos sólida en mejora de procesos y en conocimiento sobre las tecnologías, sus aplicaciones y las ayudas públicas disponibles para desarrollar proyectos.

Por otro lado, además del tamaño empresarial, el grado de industrialización y la distribución sectorial de la industria son factores que explican por qué la expansión de la Industria 4.0 avanza a diferentes ritmos en el territorio español.

En el grupo de compañías de mayor tamaño dentro de la industria española, las filiales de grupos multinacionales extranjeros tienen un peso significativo<sup>29</sup>. Este factor puede influir en el papel que desempeña la innovación dentro de las estrategias de Industria 4.0 de algunos grandes grupos industriales, especialmente cuando estas compañías concentran una parte relevante de su actividad de I+D en centros o plantas ubicados en otros países<sup>30</sup>.

## **2. Información y conocimientos insuficientes**

La Industria 4.0 surge como un objetivo de desarrollo industrial y no está vinculada de forma directa a tecnologías o soluciones específicas. Esto explica que su alcance pueda resultar difuso para algunas empresas.

Además, las tecnologías que hacen posible la fábrica inteligente evolucionan con rapidez, lo que genera incertidumbre sobre cuáles son las soluciones más adecuadas para cada organización. Este desconocimiento puede llevar a decisiones erróneas al definir la hoja de ruta o incluso a adoptar tecnologías únicamente por tendencia.

Hay que subrayar el papel clave de la Dirección en la puesta en marcha de proyectos de digitalización y automatización con carácter transformador. En este sentido, puede considerarse una debilidad la existencia de empresas, especialmente PYMES, cuyos líderes carecen de los conocimientos tecnológicos o de la visión estratégica necesaria para impulsar con éxito iniciativas vinculadas a la Industria 4.0.

---

<sup>29</sup> Lo pone de relieve el estudio “Empresas con accionistas extranjeros en España” de INFORMA D&B. (2025).

<sup>30</sup> Según European Commission (2014), aunque la I+D de las empresas multinacionales se ha internacionalizado, una parte muy importante, y en muchos casos mayoritaria, de su esfuerzo de I+D sigue concentrándose en el país donde se ubica la sede, especialmente en determinados sectores industriales.

En ocasiones, las barreras para avanzar en proyectos de digitalización o automatización provienen del propio cliente, ya sea por la falta de conocimientos técnicos suficientes o por la desconfianza en la confidencialidad y/o la seguridad de los datos.

### **3. Implantación limitada de algunas tecnologías**

La baja penetración de algunas tecnologías, así como el escaso avance en la adopción de soluciones más complejas en determinados ámbitos, supone un obstáculo relevante para progresar hacia la fabricación inteligente y para optimizar los resultados de las inversiones en términos de productividad y de aumento de cifra de negocios. Como se ha comentado, esta situación se da especialmente entre las empresas de menor tamaño.

En ocasiones, el objetivo de implementar tecnologías propias de la Industria 4.0 se enfrenta a diversas dificultades técnicas, derivadas tanto del bajo grado de implantación previo de herramientas de mejora de procesos como de los problemas de interoperabilidad entre los sistemas heredados y las nuevas tecnologías.

Cabe hacer una mención especial a la implantación de sistemas digitales de seguridad. En general, la adopción insuficiente de estas soluciones se da en compañías que ya están avanzando en conectividad y captura de datos. De hecho, se puede afirmar que no se está otorgando a la ciberseguridad el papel estratégico que debería tener en los proyectos de Industria 4.0, en particular en el colectivo de pequeñas y medianas empresas<sup>31</sup>.

### **4. Escasos resultados en innovación y menor avance en logística**

Los proyectos de Industria 4.0 se orientan prioritariamente a la mejora operativa, mientras que la innovación sigue teniendo un papel reducido. Además, los resultados obtenidos en términos de generación de nuevas oportunidades de negocio y de incremento de la cifra de negocios son aún muy limitados.

---

<sup>31</sup> En el estudio “Sme digitalisation for competitiveness. The 2025 OECD D4SME Survey” en su edición de 2025 (Bianchini, M. y Lasheras, M., 2025) queda reflejado que las PYMES aplican, principalmente, medidas básicas como contraseñas seguras y autenticación de dos factores, en cambio, es insuficiente la adopción de medidas más avanzadas, como evaluaciones de ciberseguridad con expertos externos y formación periódica del personal.

El avance de la fabricación inteligente no presenta el mismo grado de progreso en todas las áreas operativas. En las actividades de logística se observa una menor implantación de soluciones 4.0 que en las operaciones de fabricación, mantenimiento o calidad.

#### **5. Necesidades de talento de difícil cobertura y acciones insuficientes de reskilling y/o upskilling**

El diseño y desarrollo de proyectos vinculados a la Industria 4.0 requiere profesionales con formación en disciplinas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). Además, a medida que las fábricas se vuelven más inteligentes, crece la demanda de perfiles híbridos, capaces de integrar conocimientos en tecnologías de la información, analítica de datos y procesos industriales para aportar valor en entornos altamente digitalizados.

La falta de talento adecuado es una de las cuestiones que las empresas perciben como uno de los principales inconvenientes de cara a la puesta en marcha y desarrollo de proyectos Industria 4.0. La adaptación de competencias del talento interno es una vía que puede reducir el impacto de este problema. Sin embargo, del análisis de experiencias se deduce que hay un alto porcentaje de empresas que no han diseñado todavía un plan de reskilling/upskilling en el marco de los proyectos de implantación de soluciones inteligentes en sus procesos de fabricación.

#### **6. Proyectos de Industria 4.0 centrados exclusivamente en la implantación de tecnologías**

Dar un contenido únicamente tecnológico a los proyectos Industria 4.0 puede explicar el fracaso de algunas iniciativas para avanzar hacia la fabricación inteligente.

La estandarización de procesos, la calidad de los datos, la infraestructura tecnológica, las competencias técnicas necesarias y la identificación de proveedores externos constituyen la base para configurar el proyecto.

Hay que incorporar a las personas desde el diseño, organizar equipos multidisciplinares e implicar a Recursos Humanos.

## 6.2. Fortalezas

En este apartado se describen aspectos que constituyen puntos fuertes en el análisis de las posibilidades de expansión de la Industria 4.0 en la industria española.

Estas fortalezas se refieren a los resultados de los proyectos Industria 4.0 y a algunos rasgos de la industria y del ecosistema que favorece el desarrollo de la fabricación inteligente.

### 1. Resultados de los proyectos Industria 4.0

La implantación de soluciones inteligentes estaría impactando en mejoras operativas de empresas que las están poniendo en marcha con éxito. Esto es relevante porque constituye un estímulo importante para seguir invirtiendo y crecer sobre la base de lo que funciona.

### 2. Acciones para la información y la capacitación

La evolución constante de las tecnologías exige una actualización permanente de los conocimientos técnicos y de los casos de uso más relevantes. Para responder a esta necesidad, algunas empresas promueven que su personal asista periódicamente a jornadas, talleres, acciones formativas o ferias especializadas que les permitan renovar y ampliar la información de que disponen.

Existen también ejemplos destacables de cooperación entre empresas y centros de formación profesional a través de programas duales de formación técnica, que actúan como una vía eficaz de captación de talento joven. En determinados casos, esta colaboración está contribuyendo a que los centros formativos enriquezcan sus planes de estudio incorporando contenidos digitales alineados con las necesidades actuales de las empresas.

### 3. Composición sectorial de la industria española

La implantación de soluciones en empresas tractoras actúa como un estímulo para el desarrollo de proyectos de fabricación inteligente en su red de proveedores, socios y clientes

Conviene destacar el peso de la cadena de valor del sector de la automoción en la industria española, concretamente en Cataluña, Comunidad Valenciana, Castilla y León, Aragón, Navarra y Galicia. Se trata del sector líder en la implantación de sistemas de mejora de procesos y ha incorporado con rapidez soluciones tecnológicas en sus planes de optimización operativa.

En algunas comunidades autónomas existe también una presencia significativa de grandes empresas de otros sectores, como la alimentación, la farmacia o la electrónica, que han integrado con éxito tecnologías de digitalización y automatización (en Cataluña, Madrid, País Vasco, Comunidad Valenciana, Castilla y León, Castilla La Mancha, Andalucía o Galicia, entre otras).

La industria de la construcción de maquinaria, igualmente con fuerte presencia en determinadas regiones (País Vasco, Navarra y Cataluña), está liderando los procesos de aprovechamiento y valoración de los datos como fuente de nuevas oportunidades de negocio.

El desarrollo del sector de las energías renovables está impulsando la expansión de la Industria 4.0 en comunidades como Castilla-La Mancha, Andalucía, Aragón. Galicia, Navarra, Castilla y León o Extremadura, donde se concentran proyectos eólicos y fotovoltaicos. Del mismo modo, el sector aeroespacial y de defensa, con polos destacados en Andalucía, Comunidad de Madrid, País Vasco, Castilla La Mancha o Aragón, se encuentran en una clara fase de crecimiento y actúan como importantes impulsores de la transformación digital industrial.

#### **4. Red sólida y diversa de proveedores Industria 4.0**

Encontrar al proveedor de soluciones adecuado es fundamental. Las empresas lo consideran uno de los principales impulsores de sus proyectos y una de las claves de su éxito.

En España se ha consolidado una red sólida y diversa de proveedores de soluciones Industria 4.0, con especial presencia en las áreas más industrializadas. Está formada por fabricantes de bienes y equipos que han desarrollado nuevas líneas de negocio orientadas a la prestación de soluciones Industria 4.0, así como por fabricantes e integradores de tecnologías inteligentes, compañías de software, consultoras,

ingenierías, start-ups, centros tecnológicos, departamentos universitarios y expertos independientes<sup>32</sup>.

## **5. Agentes que integran el ecosistema Industria 4.0**

El ecosistema Industria 4.0 está formado por ferias, hubs tecnológicos<sup>33</sup>, clústeres empresariales, organizaciones sectoriales y otros agentes de apoyo. Todos ellos están desempeñando un papel muy relevante en la difusión de tecnologías, casos de uso, buenas prácticas y oportunidades de acceso a ayudas públicas. Además, facilitan el contacto entre empresas y proveedores y están impulsando el desarrollo de proyectos de implantación y de innovación.

En el ámbito de la Industria 4.0, disponer de un ecosistema sólido y que funcione de manera eficaz es fundamental para su avance. Esto se debe a que se trata de un fenómeno que irrumpe sin un contenido completamente delimitado, asociado a tecnologías que evolucionan rápidamente y en el que el éxito de la implantación depende en gran medida de identificar al socio tecnológico adecuado.

## **6.3. Amenazas**

En este apartado se consideran diferentes aspectos del entorno que constituyen amenazas para el avance de la Industria 4.0 como fuente de desarrollo industrial.

### **1. Considerar a las PYMES un colectivo homogéneo.**

Las pequeñas y medianas empresas industriales presentan realidades muy diversas en cuanto a las soluciones inteligentes que aplican, los resultados obtenidos y los desafíos a los que se enfrentan.

A menudo se tiende a generalizar sobre las desventajas y dificultades que experimentan las PYMES. Sin embargo, es fundamental reconocer esta heterogeneidad a la hora de

---

<sup>32</sup> El documento “Presente y Futuro de la Industria 4.0 en España. Análisis y perspectivas de los servicios de consultoría e Ingeniería. Informe 2024” (De la Cuerda, 2024) incluye una identificación de proveedores de la Industria 4.0.

<sup>33</sup> Algunos ejemplos son el DFactory Barcelona, el Basque Digital Innovation Hub, el Asturias Digital Innovation Hub o el Digital Innovation Hub Industry 4.0 – Burgos.

diseñar medidas de apoyo a la Industria 4.0, para que las actuaciones se ajusten realmente a las necesidades y niveles de madurez de cada tipología de empresa.

## **2. Presencia de grupos extranjeros entre los proveedores Industria 4.0**

Es importante señalar que, entre los proveedores de Industria 4.0 de mayor tamaño que operan en el mercado español, una proporción significativa pertenece a grupos extranjeros, especialmente en ámbitos como la robótica industrial, la automatización y el control (PLC, SCADA, MES), la sensórica avanzada o los sistemas de visión artificial.

Este aspecto es relevante, en la medida que en los grupos multinacionales es habitual que una parte importante de las actividades de I+D se centralice en los países donde se ubican sus sedes corporativas o grandes centros de decisión.

## **3. Un sistema educativo y de formación profesional incapaz de incrementar de forma notable la generación de talento STEM**

Las dificultades para cubrir las necesidades de talento técnico constituyen un problema que afecta a determinados sectores industriales desde hace décadas, como es el caso del metal. En la actualidad, los problemas de captación y retención de algunos perfiles profesionales se han extendido a numerosas actividades económicas de los sectores primario, secundario y terciario.

Este escenario plantea importantes desafíos para incrementar en los próximos años el número de personas con las competencias técnicas y transversales que requerirá la expansión de la Industria 4.0.

Conviene subrayar la muy baja representación de las mujeres en los puestos de trabajo de perfil STEM, tanto en roles de especialista como en posiciones de ingeniería.

#### **4. Competencia internacional por el talento**

El requisito de nuevos perfiles para desarrollar y trabajar en entornos Industria 4.0 se enfrenta a las dificultades de captación y retención de perfiles profesionales en disciplinas STEM en España y en otros territorios<sup>34</sup>.

En este tipo de perfiles existe una fuerte competencia internacional, ya que se trata de un ámbito en expansión en todos los países industrializados. Algunos de estos países ofrecen condiciones salariales más atractivas que las disponibles para muchos profesionales en las empresas españolas.

#### **5. Riesgos de ciberseguridad en entornos interconectados**

La creciente interconexión de equipos, sistemas y datos en la Industria 4.0 aumenta la exposición a ciberataques que pueden comprometer la continuidad operativa, la integridad de la información y la seguridad de las infraestructuras industriales.

La incorporación de dispositivos IoT, la integración entre tecnología operacional (OT) y sistemas IT, así como las cadenas de suministro digitalizadas, amplían las superficies de ataque y requieren capacidades avanzadas de protección, monitorización y respuesta.

La falta de preparación específica en ciberseguridad industrial supone una amenaza que puede limitar la confianza y ralentizar la adopción de soluciones digitales.

#### **6. Evolución incierta del sector automoción**

La volatilidad de la demanda en el sector de la automoción, los cambios en plataformas y homologaciones, así como la entrada de nuevos OEMs y modelos de compra, suponen barreras tecnológicas y de inversión, y conllevan un riesgo de pérdida de volumen en las cadenas de valor locales.

De hecho, la evolución del sector de la automoción en España y en Europa puede constituir una amenaza para el despliegue y desarrollo de la Industria 4.0, si se produce un desfase entre las exigencias de transformación de los sistemas de fabricación y tecnológicos y la capacidad real de adaptación del tejido industrial.

---

<sup>34</sup> Coykendall, J., & Hardin, K. (2024) estiman que en Estados Unidos en los próximos diez años, podrían quedar vacantes 1,9 millones de empleos en la industria manufacturera si no se abordan los desafíos del talento.

## **7. Posición de China en fabricación avanzada**

La posición de liderazgo de China en fabricación avanzada representa una amenaza competitiva para el desarrollo de la Industria 4.0 en España y en Europa. El país asiático combina una gran capacidad inversora, políticas industriales a largo plazo y una integración acelerada de tecnologías digitales, robótica e inteligencia artificial en sus procesos productivos. Esta ventaja escala su productividad y reduce los costes de manufactura, lo que amplía la brecha tecnológica y de competitividad con economías industriales europeas.

Además, China se ha convertido en el principal proveedor mundial de equipos, componentes y tecnologías vinculados a la Industria 4.0, desde robótica industrial y sensores hasta sistemas de automatización y comunicaciones industriales, lo que incrementa la dependencia tecnológica externa y el riesgo de vulnerabilidad en las cadenas de suministro

## **8. Entorno geopolítico**

Las tensiones geopolíticas incrementan la incertidumbre energética, encarecen suministros críticos, como semiconductores o tierras raras, y pueden interrumpir cadenas de suministro esenciales para la digitalización industrial.

Asimismo, el aumento de la ciberactividad asociada a conflictos internacionales añade riesgos operativos en las fábricas conectadas.

El avance del proteccionismo, reflejado en el incremento de aranceles y en nuevas restricciones a la exportación, amenaza la competitividad exterior de los equipos tecnológicos avanzados de fabricación española. Además, podría limitar el crecimiento de la industria española dependiendo del alcance de las medidas proteccionistas.

## **9. Evolución inadecuada de otros factores de entorno que influyen en el avance de la Industria 4.0**

En este apartado deben considerarse aquellos aspectos del entorno cuya evolución es ajena a la acción directa de las empresas, pero que ejercen un impacto determinante en el éxito de la Industria 4.0. Son factores que, si no se gestionan adecuadamente, aprovechando lo que funciona y corrigiendo lo que no, pueden limitar el desarrollo

futuro de la fabricación inteligente en España y, en particular, en determinadas comunidades autónomas.

Entre ellos destacan:

- Las políticas públicas de apoyo, especialmente aquellas orientadas a facilitar la transformación digital de las PYMES.
- La disponibilidad de infraestructuras digitales avanzadas.
- El refuerzo de la red de suministro eléctrico a medida que aumenten las necesidades de capacidad.
- El acceso a fuentes de energía a un coste competitivo.
- El buen funcionamiento del sistema de generación de talento técnico, profesional, universitario y de formación continua.
- La adecuada coordinación entre los agentes del ámbito productivo y tecnológico.
- La estabilidad del marco regulatorio.
- Un entorno financiero que incentive la inversión en innovación y automatización.

De forma particular, la reducción progresiva de los fondos europeos procedentes del programa NextGenerationEU supondrá previsiblemente una disminución significativa de los recursos públicos destinados a innovación y digitalización. Conviene señalar que España ha sido uno de los países más beneficiados por los fondos europeos de recuperación económica impulsados tras la crisis provocada por la COVID-19.

## 6.4. Oportunidades

En este apartado se hace mención a la evolución de las tecnologías que propician la Industria 4.0 y cuyo avance ofrece grandes posibilidades de mejora de los resultados operativos y abre enormes oportunidades de negocio. También se apuntan las oportunidades de estimular la innovación, la adaptación de los sistemas de generación de talento y los impactos positivos de la tecnología en la eficacia de estos sistemas.

En el capítulo de las oportunidades hay que apuntar el papel de la industria 4.0 en las políticas industriales y de innovación y la apuesta por la expansión de los sectores vinculados a la economía verde y de las cadenas de valor de los mercados aeroespacial y defensa, que son importantes tractores del desarrollo de las tecnologías de la información en los procesos de fabricación.

## **1. Desarrollo tecnológico en el ámbito de la Industria 4.0**

El panorama de la Industria 4.0 ha cambiado radicalmente desde que se acuñó el concepto<sup>35</sup>, debido a la evolución acelerada de las tecnologías de la información y su capacidad de hibridación con los equipos físicos.

Las aplicaciones de las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 avanzan de forma constante de la mano de los trabajos de I+D+i desarrollados por centros generadores de conocimiento, corporaciones e ingenierías en ámbitos como la conectividad, la interoperabilidad, la potencia de cómputo, el hardware, los sensores, la robótica avanzada, la inteligencia artificial, la ciberseguridad industrial, la fabricación aditiva, los gemelos digitales o el edge computing.

Los avances en I+D+i en el campo de la fabricación inteligente abren nuevas posibilidades de implantación de soluciones orientadas a lograr mejoras operativas y a generar nuevas fuentes de ingresos, aplicables a todo tipo de empresas, con independencia de su tamaño y de las características de su actividad productiva.

En particular, destaca el enorme potencial que ofrece el desarrollo de la inteligencia artificial. Asimismo, el progreso futuro de la computación cuántica representa un vector de transformación de gran relevancia, aunque todavía en fase temprana. Su capacidad para resolver problemas complejos de optimización, simulación de materiales y modelización industrial promete acelerar de forma exponencial el desarrollo y la eficiencia de numerosos procesos productivos.

## **2. Estimular la innovación del tejido industrial a través de la innovación abierta**

La Industria 4.0 ofrece una gran oportunidad para que las empresas industriales impulsen su capacidad innovadora mediante modelos de innovación abierta que fomenten la colaboración con startups, centros tecnológicos, universidades y proveedores especializados.

Este enfoque permite acelerar el desarrollo de soluciones digitales, reducir riesgos y costes de I+D, y facilitar la incorporación de tecnologías avanzadas.

---

<sup>35</sup> Gregolinska, E. et al. (2022) en “Capturing the true value of Industry 4.0” exponen que “la fábrica digital actual se ve muy diferente de la fábrica líder de hace diez años. Los avances en datos y analítica, inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (ML), junto con la amplia oferta de proveedores tecnológicos, permiten a los fabricantes elegir entre cientos de posibles soluciones y aplicaciones tecnológicas para mejorar su forma de trabajar.”

Asimismo, la cooperación entre empresas y la participación en ecosistemas de innovación en fabricación avanzada pueden fortalecer la competitividad del tejido industrial español y favorecer la creación de nuevas soluciones y modelos de negocio.

### **3. Adaptar los sistemas de generación de talento técnico a los requerimientos actuales y futuros de la transformación digital**

La transformación digital está generando nuevos empleos y modificando, en mayor o menor medida, los ya existentes. Esto exige que el sistema de generación de talento se adapte para responder a las necesidades presentes y futuras de las empresas, lo que implica un proceso de transición en el sistema educativo y en la formación profesional.

En el ámbito de la formación profesional técnica, se observa la incorporación progresiva de contenidos relacionados con la digitalización y la automatización, así como el despliegue de programas de actualización dirigidos al profesorado.

Del mismo modo, la oferta universitaria está creciendo para dar respuesta a las necesidades de diseño, dirección e implantación de proyectos de Industria 4.0, ampliando la disponibilidad de perfiles especializados capaces de liderar la transformación digital en las organizaciones.

### **4. Mejorar la capacitación de las personas, reducir los problemas de captación de profesionales y conservar y transferir el conocimiento**

Los avances tecnológicos vinculados a la Industria 4.0 representan una oportunidad para reforzar la capacitación de los trabajadores mediante nuevas herramientas formativas y entornos de aprendizaje digital.

Al mismo tiempo, la automatización y la adopción de tecnologías avanzadas pueden aliviar parte de las dificultades actuales de captación de talento técnico, permitiendo a las empresas optimizar recursos, cubrir vacantes críticas y elevar la cualificación del conjunto de la plantilla.

Herramientas digitales, como la IA generativa, ayudan a conservar y transferir el conocimiento, reduciendo así el impacto negativo de la rotación de personal, especialmente en puestos de trabajo críticos para la empresa.

## **5. Papel de la Industria 4.0 en las políticas industriales y de innovación**

La creciente prioridad de la Industria 4.0 en las políticas industriales y de innovación europeas, nacionales y autonómicas constituye una oportunidad para acelerar las inversiones en tecnologías habilitadoras (IoT, robótica, IA, ciberseguridad, entre otras).

Las administraciones públicas están impulsando programas de ayudas y desarrollando acciones de sensibilización y acompañamiento dirigidas a favorecer la transformación digital del tejido productivo.

Además, los objetivos de autonomía estratégica y sostenibilidad están promoviendo el desarrollo de sectores como la energía, la salud, el agroalimentario, la movilidad o la defensa, que fundamentan su crecimiento en el fortalecimiento de la capacidad industrial y en la innovación, especialmente en el ámbito de la digitalización de procesos.

## **6. Perspectivas de crecimiento de cadenas de valor tractoras de la fabricación inteligente**

En este punto es necesario hacer una mención especial a las oportunidades que la economía circular, la descarbonización de los procesos y la eficiencia energética ofrecen para el desarrollo de la Industria 4.0.

Las crecientes exigencias normativas y la mayor sensibilidad hacia la sostenibilidad ambiental están impulsando proyectos basados en IoT para optimizar la eficiencia energética, aplicaciones de inteligencia artificial orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente las de alcance 3, y soluciones de blockchain destinadas a garantizar la trazabilidad ambiental de productos y procesos.

Además, las empresas del sector energético se han consolidado como grandes usuarias de tecnologías de digitalización. Estas soluciones les permiten optimizar la gestión de redes, mejorar la eficiencia operativa, integrar fuentes renovables y monitorizar en tiempo real activos e infraestructuras críticas, favoreciendo así un modelo energético más inteligente y sostenible.

Por último, las oportunidades de crecimiento en España de sectores altamente innovadores, en particular aquellos vinculados a tecnologías avanzadas aplicadas a productos y procesos, como el sector aeroespacial y de defensa, representan un motor de expansión de gran relevancia para la Industria 4.0, al impulsar el desarrollo y la adopción de soluciones digitales de alto valor añadido (gemelos digitales, sistemas de

mantenimiento predictivo basados en IA. plataformas de fabricación aditiva integradas con análisis de datos, sistemas avanzados de control y automatización para procesos críticos con monitorización en tiempo real, soluciones complejas de ciberseguridad...)

## **7. Aumento de las oportunidades de desarrollo económico e industrial**

Las tecnologías digitales ofrecen importantes oportunidades para mejorar la competitividad y generar nuevas líneas de negocio en empresas industriales que operan en entornos marcados por fuertes incertidumbres y amenazas externas.

De hecho, un contexto caracterizado por la volatilidad de los mercados y la creciente competencia internacional, especialmente de actores como China y Estados Unidos, está actuando como estímulo para acelerar los proyectos de digitalización y automatización. En situaciones de elevada presión competitiva y/o incertidumbre, numerosas empresas están reforzando sus planes de automatización de procesos con el objetivo de consolidar o mejorar su posición en el mercado. En algunos casos, esta dinámica está impulsando transformaciones estratégicas que implican una reducción de la producción local, combinada con un incremento de la inversión en el desarrollo de software propio y en soluciones de servitización.

Por otro lado, la digitalización y la automatización de las operaciones de fabricación están favoreciendo la relocalización de determinadas actividades productivas en territorio español.

A medida que avanza la expansión de la Industria 4.0, se observa un crecimiento significativo de las actividades de ingeniería e innovación dentro de las empresas industriales.

Las posibilidades de negocio asociadas a la digitalización trascienden el ámbito estrictamente industrial. La automatización, la robotización, la sensórica, la impresión 3D y la analítica de datos se extenderán progresivamente a todos los sectores de la economía y la sociedad. Asimismo, el avance de la digitalización requerirá nuevas infraestructuras en los sectores de las comunicaciones y la energía.

Este escenario abre perspectivas relevantes para industrias como la fabricación de productos metálicos, componentes plásticos, material eléctrico, equipos y componentes electrónicos, maquinaria industrial o equipos robóticos. A ello se suma el potencial de crecimiento derivado de la exportación de tecnología y de la prestación de servicios

avanzados, que se consolidarán como vías adicionales de expansión para las empresas más innovadoras.

## **8. Optimizar el papel de elementos palanca**

Diversos aspectos han desempeñado un papel clave en el impulso de proyectos vinculados a la Industria 4.0, como las líneas de ayuda a las PYMES, los programas de financiación de proyectos de I+D+i o la creación de hubs tecnológicos.

Su desarrollo también está ligado al despliegue de infraestructuras de comunicaciones y energía, a la evolución de la normalización y la regulación, así como a la formación de talento con las competencias técnicas y habilidades adecuadas.

El avance de la transformación digital industrial aconseja revisar las acciones emprendidas y evaluar su impacto, con el fin de identificar casos de éxito, detectar ineficiencias y replantear las iniciativas y programas existentes para maximizar su efectividad en los próximos años.

### DAFO sobre la expansión de la Industria 4.0 y la optimización de sus resultados.

<b>DEBILIDADES</b>	<b>FORTALEZAS</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Características del tejido industrial</li> <li>2. Información y conocimientos insuficientes</li> <li>3. Implantación limitada de algunas tecnologías</li> <li>4. Escasos resultados en innovación y menor avance en logística</li> <li>5. Necesidades de talento de difícil cobertura y acciones insuficientes de reskilling y/o upskilling.</li> <li>6. Proyectos de Industria 4.0 centrados exclusivamente en la implantación de tecnologías</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resultados de los proyectos Industria 4.0.</li> <li>2. Acciones para la información y la capacitación</li> <li>3. Composición sectorial de la industria española.</li> <li>4. Red sólida y diversa de proveedores Industria 4.0</li> <li>5. Agentes que integran el ecosistema Industria 4.0</li> </ol>
<b>AMENAZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Considerar a las PYMES un colectivo homogéneo</li> <li>2. Presencia de grupos extranjeros entre los proveedores Industria 4.0</li> <li>3. Un sistema educativo y de formación profesional incapaz de incrementar de forma notable la generación de talento STEM</li> <li>4. Competencia internacional por el talento</li> <li>5. Riesgos de ciberseguridad en entornos interconectados.</li> <li>6. Evolución incierta del sector automoción</li> <li>7. Posición de China en fabricación avanzada</li> <li>8. Entorno geopolítico</li> <li>9. Evolución inadecuada de otros factores de entorno que influyen en el avance de la Industria 4.0</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollo tecnológico en el ámbito de la Industria 4.0</li> <li>2. Estimular la innovación del tejido industrial a través de la innovación abierta.</li> <li>3. Adaptar los sistemas de generación de talento técnico a los requerimientos actuales y futuros de la transformación digital</li> <li>4. Mejorar la capacitación de las personas, reducir los problemas de captación de profesionales y conservar y transferir el conocimiento.</li> <li>5. Papel de la Industria 4.0 en las políticas industriales y de innovación</li> <li>6. Perspectivas de crecimiento de cadenas de valor tractoras de la fabricación inteligente</li> <li>7. Aumento de las oportunidades de desarrollo económico e industrial</li> <li>8. Optimizar el papel de elementos palanca</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia

## 6.5. Conclusiones sobre los retos que presenta la expansión de la Industria 4.0

La consolidación de la fábrica inteligente en España requiere afrontar un conjunto de retos estructurales, organizativos, humanos y tecnológicos que condicionan la capacidad del tejido industrial para avanzar en la transformación digital y capturar plenamente los beneficios asociados a la Industria 4.0.

Estos retos, identificados a partir del análisis DAFO y del estudio de experiencias empresariales, pueden agruparse en cinco grandes ámbitos.

### 1. Retos derivados de las características del tejido industrial

El tejido industrial español está compuesto mayoritariamente por PYMES que presentan una elevada heterogeneidad en capacidades tecnológicas, madurez digital y experiencia en mejora de procesos. Este factor constituye uno de los principales desafíos para escalar la fabricación inteligente.

Existen sectores tractoros de la Industria 4.0, como la automoción, cuya evolución futura resulta incierta.

Por otro lado, también hay sectores tractoros de la fabricación inteligente con interesantes perspectivas de desarrollo, como aquellos vinculados a la economía verde, el ámbito aeroespacial o la defensa.

### 2. Retos vinculados al desarrollo y ejecución de proyectos Industria 4.0

La implantación de soluciones digitales exige una visión integral que vaya más allá de la adquisición de tecnología. Aspectos como la estandarización de procesos, la calidad y disponibilidad de los datos, la adecuación de las infraestructuras, la capacitación interna y la gobernanza de proyectos son elementos esenciales para el éxito.

Sin embargo, muchos proyectos siguen centrados exclusivamente en la eficiencia operativa, con escasa orientación hacia la innovación, los nuevos modelos de negocio o el desarrollo de servicios digitales asociadas a los productos.

Además, integrar tecnologías avanzadas en sistemas y procesos poco modernizados genera resultados pobres, dificultades técnicas y mayores costes de implantación.

Un reto central es aumentar la ambición y el alcance estratégico de los proyectos, promover la planificación transversal, reforzar la profesionalización en la gestión del

cambio y difundir casos de uso de alto valor que reduzcan la incertidumbre y aceleren la toma de decisiones<sup>36 37</sup>.

### **3. Retos asociados a la disponibilidad y generación de talento técnico**

La escasez de perfiles técnicos y STEM continúa siendo una de las barreras más relevantes para la expansión de la Industria 4.0. La demanda de talento híbrido, capaz de integrar procesos industriales, tecnologías digitales, análisis de datos, automatización e inteligencia artificial, crece de forma mucho más rápida que la oferta.

Aunque el sistema educativo, la formación profesional y los programas de capacitación avanzada dan pasos en su adaptación, todavía se requiere una respuesta más ágil y sostenida en el tiempo. La actualización de docentes, la ampliación de la oferta universitaria especializada, la formación dual y los programas de recualificación de profesionales en activo deben escalarse para dar respuesta a las necesidades reales del tejido industrial.

El principal reto consiste en establecer mecanismos sólidos para la generación, atracción y retención del talento, que aseguren un flujo continuo de profesionales capaces de afrontar la rápida evolución tecnológica. A ello se suma el desafío de incrementar la presencia de mujeres en las profesiones STEM, en paralelo a la expansión de la Industria 4.0.

### **4. Retos vinculados a la evolución y la complejidad tecnológica**

La rápida evolución de las tecnologías habilitadoras, especialmente la inteligencia artificial, la analítica avanzada, la robótica, la sensórica, la ciberseguridad y la conectividad, exige a las empresas una capacidad continua de aprendizaje, actualización e inversión.

La dificultad para seleccionar soluciones adecuadas, la falta de estandarización y las barreras de interoperabilidad entre sistemas heredados y nuevas plataformas son desafíos frecuentes que condicionan la eficacia de los proyectos.

---

<sup>36</sup> Como ejemplo de ruta para la profesionalización, el documento “Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies – UPDATE 2020 – (acatech STUDY)” (Schuh, G. et al., 2020) se elaboró como una guía para evaluar el grado de madurez en Industria 4.0 de una empresa y definir las acciones necesarias para avanzar en su transformación digital. La guía se articula en un modelo de seis etapas de madurez, donde la consecución de cada etapa aporta beneficios adicionales.

<sup>37</sup> El informe “acatech Maturity Index Smart Services: Shaping the transformation of businesses to smart service providers (acatech STUDY)” (Dumitrescu, R et al. , 2023), presenta un modelo para ayudar a las empresas industriales a planificar y gestionar su transformación hacia modelos de negocio basados en servicios inteligentes, a través de seis etapas de madurez.

España cuenta con un número creciente de proveedores especializados, centros tecnológicos, clústeres y agentes del ecosistema. El reto es fortalecer su papel como socios estratégicos y aprovechar su potencial para convertir la digitalización no solo en un medio para mejorar procesos, sino también en una oportunidad para desarrollar productos, servicios y tecnología propia de alto valor añadido.

### **5. Retos asociados a factores del entorno**

La expansión de la Industria 4.0 está condicionada por factores que exceden el marco de actuación individual de las empresas:

- La creciente competencia de China y Estados Unidos en fabricación avanzada.
- La volatilidad geopolítica, con impactos en energía, materias primas y cadenas de suministro.
- El avance del proteccionismo y la incertidumbre comercial.
- La futura reducción de fondos europeos ligados al NextGenerationEU.
- Las necesidades crecientes de infraestructuras energéticas y de comunicaciones avanzadas.

Estos factores requieren políticas públicas estables, visión estratégica de largo plazo, una mayor coordinación entre administraciones y agentes del ecosistema, y una evaluación rigurosa del impacto de programas, ayudas y hubs tecnológicos para maximizar su eficacia.

Los retos identificados muestran que la expansión de la Industria 4.0 en España implica actuar simultáneamente sobre tecnología, talento, procesos, gobernanza e infraestructuras.

La clave reside en elevar el nivel de ambición, reforzar la base tecnológica del tejido industrial, acelerar la profesionalización en la implantación de soluciones digitales, facilitar la disponibilidad de talento cualificado y consolidar un entorno que favorezca la inversión, la innovación y la colaboración.

## 7. REFLEXIONES FINALES

El momento actual constituye un punto de inflexión para el futuro de la industria española. Las decisiones políticas, los marcos regulatorios y las estrategias empresariales que se adopten en los próximos años determinarán el papel que España desempeñará en las cadenas mundiales de valor, así como su capacidad para alinearse con los países líderes en competitividad industrial o, por el contrario, consolidar una posición rezagada dentro del contexto europeo.

En este escenario, la cuarta revolución industrial se erige como un vector decisivo de transformación estructural. La Industria 4.0 está reconfigurando de manera profunda los modelos de fabricación, distribución y gestión empresarial, abriendo la puerta a ganancias sustanciales en eficiencia operativa, calidad, flexibilidad, sostenibilidad y capacidad de respuesta ante entornos inciertos. Su contribución a la economía circular, la digitalización verde y la descarbonización la sitúan, además, como un instrumento clave para avanzar hacia un modelo industrial más sostenible y resiliente.

Del mismo modo, la Industria 4.0 está transformando el empleo industrial, generando nuevos perfiles profesionales, modificando el contenido de los puestos de trabajo y exigiendo competencias mucho más complejas e híbridas. Esta evolución plantea desafíos, pero también oportunidades únicas para crear empleo cualificado y de alto valor añadido.

Sin embargo, apostar por la transformación digital como objetivo prioritario no es suficiente.

La Industria 4.0 será un verdadero motor de crecimiento industrial solo si es capaz de traducirse en mayor capacidad de innovación, desarrollo de soluciones propias y una inserción más sólida en las cadenas globales de suministro.

Para ello, resulta indispensable:

- **Analizar con rigor el punto de partida**, para orientar políticas y decisiones empresariales hacia una digitalización que no solo sea rápida, sino eficaz.
- **Escalar desde la mejora de la productividad hacia la innovación**, desarrollando soluciones propias y nuevos modelos de negocio.
- **Fortalecer y activar cadenas de valor tractoras**, capaces de generar demanda de equipos, sistemas y servicios inteligentes de origen nacional.
- **Aprovechar las oportunidades asociadas a la Sociedad 5.0.**

En definitiva, la Industria 4.0 puede y debe convertirse en un gran impulsor del crecimiento industrial y económico de España. Para lograrlo, será necesario combinar visión estratégica, compromiso de largo plazo y una acción coordinada que integre tecnología, talento, innovación, sostenibilidad e inversión.

El momento es crítico y las oportunidades son importantes, aprovecharlas determinará la capacidad de la industria española para construir un futuro más competitivo, autónomo y generador de valor.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

ACCIÓ. (2025). “La indústria 4.0 a Catalunya”. Generalitat de Catalunya.

ADEGI (2025). “Situación de las empresas industriales de Gipuzkoa ante el reto de la Industria 4.0: Resultados de la encuesta 2025”. Julio. ADEGI.

Benages, E. et al (2025). “La economía digital en España. Avances y retos por regiones y sectores. Informe 2025”. COTEC e IVIE

Bianchini, M. y Lasheras, M. (2025). “Sme digitalisation for competitiveness. The 2025 OECD D4SME Survey”. OECD SME and Entrepreneurship Papers

Blanco, R.; Fontrodona, J. y Poveda, C. (2017), “La industria 4.0: el estado de la cuestión”. Economía Industrial, núm. 406.

Bristol, H., de Boer, E., de Kroon, D., Hou, F., Shahani, R., & Torti, F. (2024a). “Adopting AI at speed and scale: The 4IR push to stay competitive”. McKinsey & Company / World Economic Forum.

Bristol, H., de Boer, E., de Kroon, D., Hou, F., Shahani, R., & Torti, F. (2024b). “How manufacturing’s Lighthouses are capturing the full value of AI”. McKinsey & Company / World Economic Forum.

Caballar, R. D. (2024.). “Generative AI vs. predictive AI: What’s the difference? “. IBM Think. <https://www.ibm.com/think/topics/generative-ai-vs-predictive-ai-whats-the-difference>

Calza, E., Soguero Escuer, J., Fabiani, J., & De Prato, G. (2024). “Advanced Manufacturing Study: Preliminary findings on the EU’s Advanced Manufacturing industry in the global landscape”. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Castelo Branco, I. et al. (2023). "Assessing the Industry 4.0 European divide through the country/ industry dichotomy". *Computers & Industrial Engineering* 176.

Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación. (2021). "Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry". Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

Comité Económico y Social Europeo. (2025). "Dictamen del Comité Económico y Social Europeo — Industria 5.0: cómo hacerla realidad" (Dictamen de iniciativa) (C/2025/108). *Diario Oficial de la Unión Europea, Serie C*. ELI.

Coykendall, J., & Hardin, K. (2024). "2025 Manufacturing Industry Outlook". Deloitte Insights – Deloitte Research Center for Energy & Industrials. <https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing-industrial-products/manufacturing-industry-outlook.html>

De la Cuerda (2024). "Presente y Futuro de la Industria 4.0 en España. Análisis y perspectivas de los servicios de consultoría e Ingeniería. Informe 2024". *Structurît*

Dumitrescu, R., Riemensperger, F., & Schuh, G. (Eds.). (2023). "acatech Maturity Index Smart Services: Shaping the transformation of businesses to smart service providers (acatech STUDY)". acatech – National Academy of Science and Engineering.

European Commission. (2014). "Study on the relationship between the localisation of production, R&D and innovation activities: Literature review". Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Commission, Joint Research Centre, Fabiani, J., Soguero Escuer, J., Calza, E., Dunker, C. and De Prato, G. (2024). "Strategic Insights into the EU's Advanced Manufacturing Industry: Trends and Comparative Analysis". Publications Office of the European Union, Luxembourg.

European Commission — Joint Research Centre (JRC) & Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (DG GROW) (2025). "Annual Report on European SMEs 2024/2025". Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2025.

European Parliament. (2016). "Industry 4.0". Policy Department A: Economic and Scientific Policy, Directorate-General for Internal Policies

Folgado, F. J., Calderón, D., González, I., & Calderón, A. J. (2024). "Review of Industry 4.0 from the perspective of automation and supervision systems: Definitions, architectures and recent trends". *Electronics*, 13(4), 782.

García-Moreno, S. (2025). "Digital transformation towards Industry 4.0 in Spain: An analysis of the progress of Smart Factory implementation". *Romanian Journal of Economics*, 60(1), pp. 42-65

Gaus, T. (2025). "2025 Smart Manufacturing and Operations Survey: Navigating challenges to implementation". Deloitte Insights.

Gobierno de España – Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. (2022). "España Digital 2026"

Gregolinska, E. et al. (2022). "Capturing the true value of Industry 4.0", McKinsey, 13 de abril, [https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/capturing-the-true-value-of-industry-four-point-zero?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/capturing-the-true-value-of-industry-four-point-zero?utm_source=chatgpt.com)

Hermann, M., Tobias, P. y Otto, B. (2015). "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review". Technische Universität Dortmund, Chair of Industrial Information Management. Working Paper N. 01/2015.

INE (Varias ediciones), "Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas".

INFORMA D&B. (2025). "Empresas con accionistas extranjeros en España". Dirección de Estudios.

International Telecommunication Union (2012) "Recommendation ITU-T Y.2060. Overview of the Internet of Things". Telecommunication Standardization Sector of ITU

ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC). (2021). "White Paper on Smart Manufacturing" (ed. C. Johnsson). ISO.

Joint Research Centre. (2025). "Work in the Digital Era: How Technology is Transforming Work and Occupations". European Commission, Luxembourg: Publications Office of the European Union

Kagermann, H., Wahlster W. y Helbig, J. (2013). "Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group". Germany: Federal Ministry of Education and Research

Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., Schuh, G., & Wahlster, W. (Eds.). (2016). "Industrie 4.0 in a global context: Strategies for cooperating with international partners". Munich: acatech / Herbert Utz Verlag.

Karger, R. (2021), "Ten Years of Industrie 4.0: Germany Driving Industrial AI as the Means to Future Value Creation". *DFKI News*, 1, 6–11. [https://www.wolfgang-wahlster.de/wp-content/uploads/Ten\\_Years\\_of\\_Industrie\\_4\\_0.pdf](https://www.wolfgang-wahlster.de/wp-content/uploads/Ten_Years_of_Industrie_4_0.pdf)

Kiehne, J. y Olaru, M. (2017), “Implementing Industrie 4.0 Strategies: Beyond Technical Innovations – oral”. Conference Paper. The Bucharest University of Economic Studies, Romania.

Lund, S., Manyika, J., Bughin, J., Woetzel, J., & Sanghvi, S. (2019). “A future that works: AI, automation, employment, and productivity”. McKinsey Global Institute.

Manganelli, A.-G. (2019). “Reptes i oportunitats de les pimes catalanes en la Indústria 4.0”. Generalitat de Catalunya, Departament d’Empresa i Coneixement, Direcció General d’Indústria. Col·lecció Papers de l’Observatori de la Indústria.

Maurer, I., Dertouzos, J., Goel, U., Tolstinev, D., & Scarinci, E. (2025). “Powering the remanufacturing renaissance with AI”. McKinsey & Company.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España (2015). “Industria Conectada 4.0. La transformación Digital de la Industria Española”. Informe Preliminar. Gobierno de España.

National Institute of Standards and Technology (NIST) (2014). “Smart Manufacturing Operations Planning and Control: Program Plan (FY2014) “. NIST Engineering Laboratory.

National Institute of Standards and Technology (2017). “Framework for Cyber-Physical Systems: Volume 1, Overview“. Special Publication 1500-201, versión 1.0, 2017. U.S. Department of Commerce

Negro, A. y Tovar F. J. (2021), “Evidencias e incertidumbres de la industria 4.0 en España: un relato en construcción”, Panorama Social, núm. 34, segundo semestre.

NTT DATA y Observatorio de la Industria 4.0 (2024). “Smart Industry 4.0. Los retos en el camino hacia la transformación digital. VII Edición. 2024”.

OECD (2024a), “OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier”. OECD, Publishing, Paris.

OECD (2024b), “OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 2): Strengthening Connectivity, Innovation and Trust”. OECD, Publishing, Paris.

Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (ONTSI) y Red.es (2024). “Informe de digitalización de las pymes 2024.Un análisis comparado”. Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial. Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública.

Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (2025). “Indicadores de uso de inteligencia artificial en las empresas españolas. Edición 2025 – Datos 2024”. Red.es;

Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial, Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública.

Ramakrishnan, R. (2025). “When to Use GenAI Versus Predictive AI”. MIT Sloan Management Review, marzo.

Schuh, G., Anderl, R., Dumitrescu, R., Krüger, A., & ten Hompel, M. (Eds.). (2020). “Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies – UPDATE 2020 – (acatech STUDY) “ Munich: acatech – National Academy of Science and Engineering.

Solanki, S. M. (2023). “Industry 4.0 and Smart Manufacturing: Exploring the integration of advanced technologies in manufacturing”. Revista Review Index Journal of Multidisciplinary, 3(2), 36–46.

Stankovic, M., Gupta, R., & Figueroa, J. E. (2017). “Industry 4.0: Opportunities behind the challenge. Background paper”. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO).

Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). “Implementing smart factory of Industrie 4.0: An outlook”. International Journal of Distributed Sensor Networks, 12(1), Article 3159805.

World Economic Forum (2023), “Global Lighthouse Network: Shaping the Next Chapter of the Fourth Industrial Revolution”, White Paper

World Economic Forum. (2023b). “Advanced Manufacturing: A New Narrative (Briefing Paper) “. World Economic Forum.

World Economic Forum. (2023c). “The Future of Industrial Strategies: Five Grand Challenges for Resilient Manufacturing (White Paper) “. World Economic Forum.

World Economic Forum (2025), “Future of Jobs Report 2025. Insight Report”, january.