



ILNI
LA NAVE

Informe Industria 4.0

NOVIEMBRE 2023



Contenido

<u>Introducción</u>	3
<u>Entendiendo la Cuarta Revolución Industrial: La Industria 4.0</u>	5
<u>Contexto de la Industria 4.0</u>	6
<u>Antecedentes de la industria</u>	6
<u>El concepto de la Industria 4.0: La revolución industrial actual</u>	8
<u>Importancia de la Industria 4.0</u>	9
<u>El impacto de la Industria 4.0</u>	9
<u>Principales beneficios de la Industria 4.0</u>	10
<u>Principales retos de la Industria 4.0</u>	14
<u>Matriz DAFO de la Industria 4.0</u>	16
<u>Principales tecnologías de la Industria 4.0</u>	18
<u>Big Data y análisis de la Inteligencia Artificial (IA)</u>	20
<u>Integración horizontal y vertical</u>	22
<u>Computación en la nube</u>	23
<u>Realidad aumentada (RA)</u>	25
<u>Internet de las cosas (IoT)</u>	27
<u>Fabricación aditiva e impresión 3D</u>	29
<u>Robots autónomos</u>	34
<u>Simulación/gemelos digitales</u>	36
<u>Ciberseguridad</u>	39
<u>La convergencia tecnológica: del conjunto de tecnologías a la Smart Factory</u>	42
<u>El papel de las startups en la Industria 4.0</u>	45
<u>Principales tendencias en la Industria 4.0.</u>	46
<u>Casos de uso de startups, empresas y agrupaciones empresariales emergentes de la Industria 4.0</u>	49
<u>Inteligencia Artificial</u>	50
<u>Realidad Aumentada y Extendida</u>	50
<u>Computación en la nube (Cloud Computing)</u>	51
<u>Redes y conectividad</u>	52
<u>Robótica avanzada</u>	53
<u>Big Data y Analítica</u>	54
<u>Internet de las Cosas</u>	55
<u>Fabricación aditiva (Impresión 3D)</u>	57

Ciberseguridad, Transparencia y privacidad	57
Gemelo Digital	58
La Industria 4.0 y el sector público	60
Políticas e iniciativas de la UE relacionadas con la digitalización industrial	61
Políticas e iniciativas españolas relacionadas con la digitalización industrial	64
Políticas e iniciativas regionales relacionadas con la digitalización industrial	65
España	67
Cataluña	68
Comunidad de Madrid	70
Andalucía	72
Comunitat Valenciana	73
País Vasco	75
Galicia	76
Castilla y León	77
Canarias	79
Castilla-La Mancha	80
Aragón	81
Murcia	82
Islas Baleares	84
Asturias	84
Navarra	86
Extremadura	87
Cantabria	88
La Rioja	89
Tendencias más allá de la Industria 4.0	93
Industria 4.0 más allá del 2023 (Industria 5.0)	94
Tecnologías emergentes e innovaciones	96
El metaverso industrial	97
Nanotecnología y biotecnología	98
El 6G	99
Conclusiones	101
Bibliografía	103

Introducción

En un intento de comprender la realidad de la sociedad actual del siglo XXI, es fundamental entender la manera en la que nuevos descubrimientos científicos y tecnológicos han configurado aspectos fundamentales de la vida humana.

La revolución industrial es uno de los puntos de inflexión más significativos de la época moderna. Si tuviéramos que materializar esta revolución en un objeto tangible, la máquina de vapor (1767) sería sin duda uno de los más populares entre la comunidad científica. Un sistema que transforma la energía de una determinada cantidad de vapor de agua en trabajo mecánico supone un cambio radical no sólo a nivel industrial, sino económico, político, social y demográfico.

Algo a priori tan simple e intuitivo es capaz de darle la vuelta al status quo, produciendo una transición de una sociedad rural, dedicada a la producción agrícola a pequeña escala, al desarrollo de una masa de proletariado industrial ubicado en ciudades; un éxodo del campo a las zonas urbanas donde se sitúan las fábricas; una transición del sistema laboral basado en gremios que protegen a los sectores más artesanales a un sistema de producción extensivo en mano de obra; de un sistema económico muy limitado a las plusvalías; y del feudalismo y la monarquía absoluta a la democracia y el socialismo.

Todo esto se puede resumir en tres factores que condicionan el devenir de la sociedad: el progreso tecnológico, la acumulación de capital y la política empresarial.

La industria 4.0 supone la materialización de este progreso en los procesos industriales actuales. El dato, como nuevo “vapor” para las máquinas modernas, alimenta una economía digital en la que cada vez tienen un mayor peso los servicios.

La utilización de herramientas como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data facilitan la toma de decisiones en tiempo real, aumentando la productividad y reduciendo los costes. La digitalización masiva, tal y cómo se ha comentado, ya ha empezado a modificar las formas de producción, de interacción y de distribución de una forma más automatizada y descentralizada, por lo que se están reformulando muchos puestos de trabajo y, por lo tanto, la demanda de los perfiles profesionales necesarios para desarrollarlos.

A raíz de esta tendencia, durante varios años fue objeto de debate la capacidad de destrucción de trabajo de esta nueva industria digital. En los años posteriores a la crisis económica de 2008, surgieron espacios totalmente automatizados, como es el caso de las fábricas autónomas de Tesla¹ y los supermercados de Amazon Go², que prometían acabar con miles de empleos relacionados con tareas repetitivas.

Antes de que se produjera una avalancha neoludita, aparecieron importantes investigaciones que demostraron que el progreso tecnológico no solo no destruye empleo, sino que, de manera histórica, la tendencia a largo plazo ha sido siempre a la creación de empleo, pasando por periodos de transformación de la oferta y la demanda laboral. Precisamente, estas investigaciones vieron refutadas sus conclusiones cuando empresas como Tesla tuvieron que reincorporar a trabajadores en sus fábricas para poder llevar a cabo de manera correcta la producción de coches. Lo que parecía un paso gigantesco hacia un futuro automatizado y robotizado fue reconducido a los ritmos que el modelo económico y laboral actual permiten.

Las sociedades se enfrentan, de esta forma, a una nueva tragedia de los comunes. Si en el pasado los pastos representaban el recurso compartido, siendo esencial el uso sostenible del mismo, hoy, lo común es la capacidad de la sociedad para absorber los impactos de la tecnología sin caer en el desastre. Probablemente, la IA y el boom del último año es un ejemplo magnífico. El problema es que una tecnología no se puede desinventar.

Retomando el ejemplo de la IA, cualquier empresa podría argumentar que no tendría sentido limitar cuánto o con qué rapidez se despliega una IA cada vez más avanzada (si OpenAI no lo hace será Google o Meta), pero si todas lo hacen el resultado social podría ser un tragedia.

Resulta crucial para la industria 4.0 adaptar su ritmo de crecimiento y evolución a lo que demanda una sociedad fluctuante y que, en sociedades como la europea, prima un clima de protección al usuario, a su privacidad y a su estabilidad emocional.

¹ <https://www.xataka.com/automovil/acorazados-alienigenas-asi-ve-musk-sus-fabricas-sin-presencia-humana-en-cinco-anos>

² <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/asi-funciona-la-primera-tienda-fisica-de-amazon-sin-cajas-y-casi-sin-empleados>

Entendiendo la Cuarta Revolución Industrial: La Industria 4.0



Contexto de la Industria 4.0

Antecedentes de la industria

La Industria 4.0, también conocida como la Cuarta Revolución Industrial, es un término que se refiere a la integración de tecnologías avanzadas en los procesos de manufactura y producción industrial. Todo apunta a que los avances actuales son solo la primera etapa de un sinfín de nuevas tecnologías en todas las escalas. No obstante, es importante reconocer que esta no es la primera vez que la industria experimenta una transformación radical. Anteriormente, tal y como se puede apreciar en la siguiente Ilustración 1, hubo tres revoluciones industriales que también dejaron una profunda huella en la industria y el mundo.

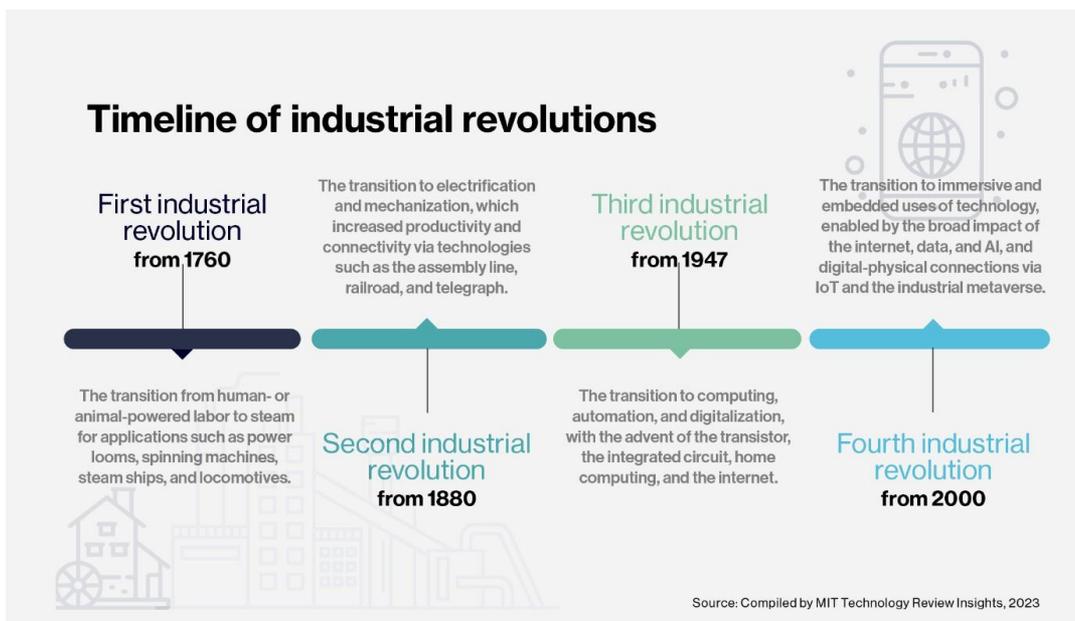


Ilustración 1. Las revoluciones industriales en el tiempo
Fuente: Elaboración propia a partir del informe “The emergent industrial metaverse” (MIT Technology Review Insight, 2023)

Antes de la Primera Revolución Industrial, la sociedad se encontraba principalmente en un estado agrario y artesanal. La vida estaba arraigada en comunidades rurales, donde la agricultura era la principal fuente de sustento. Las familias trabajaban en sus propias tierras, y la producción estaba limitada por los métodos manuales, animales y las herramientas disponibles eran simples en ese momento. Los oficios artesanales eran comunes. La vida y el trabajo estaban influenciados por los ciclos agrícolas y estacionales, la movilidad, el intercambio comercial estaban restringidos debido a las limitaciones en el transporte y las

comunicaciones. La sociedad era predominantemente rural. Fue así como a finales del siglo XVIII en Gran Bretaña se originó la **Primera Revolución Industrial** y marcó un cambio fundamental en la producción. Este proceso dio lugar a un cambio sociocultural y económico que trajo consigo una transformación única hasta entonces. En esta etapa, algunos de los principales actores de esta primera revolución fueron el carbón, la fuerza del agua y del vapor y el ferrocarril reemplazaron en gran medida el trabajo humano y animal, permitiendo la producción en masa y la creación de productos mediante máquinas en lugar de la labor manual. Dicha revolución, trajo la migración de personas de zonas rurales a las ciudades, donde se encontraban la industria.

Un siglo después, en la segunda mitad del siglo XIX, en Europa occidental, Estados Unidos y Japón, tuvo lugar un proceso de cambio en la sociedad con la invención de nuevos sistemas de comunicación, materiales, fuentes de energía y transportes que modelaron considerablemente el mundo tal y como se conocía. Gracias a esto, la **Segunda Revolución Industrial** introdujo avances clave, como las cadenas de montaje y el empleo de fuentes de energía como el petróleo, el gas y la electricidad. Estos recursos energéticos, junto con mejoras en las comunicaciones gracias al teléfono y el telégrafo, contribuyeron al acceso de nuevos bienes y servicios, así como a la producción en masa y a un grado inicial de automatización en los procesos de fabricación.

A continuación, dio lugar la **Tercera Revolución Industrial**, incorporando ordenadores e introduciendo a la sociedad en la era de Internet, las tecnologías multimedia, las telecomunicaciones avanzadas o el análisis de datos a los procesos de fabricación como la base fundamental a esta etapa. En definitiva, está basada en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). La digitalización de las fábricas comenzó con la incorporación de controladores lógicos programables (PLC) a la maquinaria. Esto ayudó a automatizar procesos, así como a recopilar y compartir datos, lo que representó un avance significativo en la fabricación. De esta manera, las tecnologías de la información potenciaron la segunda mitad del siglo XX hacia una globalización sin precedentes. No cabe duda de que el desarrollo de las TIC jugó un papel fundamental en el proceso de globalización, ya que estas tecnologías contribuyeron en gran medida a la conectividad de millones de personas en todo el planeta. Las sociedades de información y comunicación son aquellas en las que se utiliza de manera tanto intensiva como extensiva los ordenadores informáticos y las redes telemáticas. De esta manera, podemos observar que los procesos informativos y comunicativos, altamente influenciados por el desarrollo de Internet, han tenido una influencia significativa en el desarrollo de nuevas estructuras sociales.

En el presente siglo XXI surge un movimiento a nivel global, la **Cuarta Revolución Industrial**, o también conocida como la revolución de los datos. Se fundamenta en la aplicación de lo digital al proceso productivo e industrial de la economía. La denominada transformación digital y la tendencia a que todo esté interconectado y automatizado. Esta revolución busca crear fábricas inteligentes, altamente automatizadas y conectadas, mucho más eficientes y productivas. Además, pretende automatizar la toma de decisiones a nivel empresarial. En otras palabras, la Industria 4.0 abarca todas las facetas industriales, desde la fabricación hasta la producción a niveles globales, así como las estrategias empresariales.

Esta revolución es entendida como una serie de procesos conjuntos de transformación económica, social y tecnológica que son el resultado de la convergencia de determinadas tecnologías digitales, físicas y biológicas en una gran variedad de industrias. Por tanto, este proceso no solo tiene el potencial de introducir cambios disruptivos en los modelos de producción, distribución y consumo de todo tipo de bienes y servicios, sino también de moldear nuevos sistemas económicos y sociales sobre los cuales se fundamentarán las ciudades más desarrolladas en un futuro próximo. Al mismo tiempo, es probable que el desarrollo de las nuevas tecnologías cambie considerablemente la manera en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos.

El concepto de la Industria 4.0: La revolución industrial actual

La Cuarta Revolución Industrial viene impulsada por tendencias que incluyen el aumento exponencial de los datos, la conectividad y las mejoras en tecnologías computacionales. En otras palabras, según el economista y Fundador del Fondo Económico Mundial, Klaus Schwab, autor del término Industria 4.0 en el libro “La cuarta revolución industrial” (Klaus Schwab, 2016), afirma lo siguiente: “La cuarta revolución industrial es la confluencia de tres mundos: el físico, el digital y el industrial... Cambia nuestra economía, cambia la forma en que interactuamos y en cómo consumimos productos.”

La revolución industrial actual está marcada por un enfoque central en la digitalización y la transformación digital. La integración de tecnologías avanzadas, como el Internet de las Cosas, el Big Data, la Inteligencia Artificial, el aprendizaje automático y la computación en la nube, entre otras tecnologías, ha desencadenado una transformación profunda en la forma en que las empresas operan y producen bienes y servicios. La digitalización impulsa la automatización de procesos, lo que lleva a una mayor eficiencia y productividad en la industria.

La conectividad en tiempo real y el intercambio de datos a lo largo de toda la cadena de valor permiten una toma de decisiones más rápida y precisa, lo que, a su vez, impulsa la agilidad empresarial.

La transformación digital no se limita a la optimización de procesos internos; también afecta la relación con los clientes y la creación de nuevos modelos de negocio. La personalización de productos y servicios, la recopilación de datos para comprender mejor las necesidades de los consumidores y la capacidad de llegar a mercados globales son aspectos claves de esta revolución. Además, la ciberseguridad se ha vuelto esencial en esta era digital, ya que la interconexión de dispositivos y sistemas expone a las empresas a riesgos cibernéticos.

La Industria 4.0 tiene como objetivo reducir significativamente el tiempo de comercialización, acortando el período desde la concepción del producto hasta su lanzamiento al mercado. Esto conlleva una respuesta más ágil a las demandas cambiantes del mercado y una mayor competitividad en un entorno empresarial cada vez más dinámico.

Por ende, dicha revolución cuenta con dos objetivos principales. En primer lugar, busca aumentar la eficiencia y productividad de las operaciones industriales a través de la integración de tecnologías avanzadas, previamente mencionadas. Estas innovaciones reducen los costes y los tiempos de producción, mejorando así la eficiencia global de la industria. En segundo lugar, la Industria 4.0 promueve la personalización y flexibilidad en la producción, permitiendo la fabricación de productos altamente personalizados y adaptados a las necesidades individuales de los clientes. Esto se logra mediante tecnologías como la impresión 3D, que posibilitan diseños precisos y productos de alta calidad.

Importancia de la Industria 4.0

El impacto de la Industria 4.0

La llegada de la Cuarta Revolución Industrial está generando un impacto significativo en la sociedad, provocando una transformación radical en nuestra manera de vivir, trabajar y socializar. Esta revolución redefine nuestras economías, nuestras comunidades y la manera en que nos conectamos con el entorno global.

En el mercado laboral se proyecta que para 2025, los empleos digitales crezcan y se espera que se hayan creado 97 millones de nuevos puestos, según el informe “El futuro del empleo, en la cuarta revolución industrial” (Fundación Telefónica Movistar, 2022). A su vez, en el mismo informe se menciona que más del 40% de los trabajadores actuales deberán recibir formación para mantenerse actualizados y adaptarse al mercado laboral futuro que se avecina. Este incremento se debe gracias al avance de las tecnologías y el reemplazo de estas en los trabajos en muchos sectores, creando nuevas oportunidades de empleo en otros sectores. Este impacto varía dependiendo de los países y regiones, debido a que la situación económica en la que se encuentren. Los países con una economía altamente globalizada experimentarán un impacto más significativo, ya que sus trabajadores competirán directamente con aquellos de otras naciones. Se prevé que el impacto de la Cuarta Revolución Industrial en el mercado laboral será más acentuado en naciones en vías de desarrollo debido a la menor diversificación de sus economías y la escasez de trabajadores con habilidades especializadas.

La Industria 4.0 ha llevado a que diversas instalaciones industriales incorporen tecnología con el objetivo de optimizar, automatizar y modernizar sus operaciones, generando mejoras significativas en los niveles de productividad de las plantas. El aumento de las inversiones en fabricación aditiva y la irrupción de tecnologías digitales como el Internet de las cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA), el aprendizaje automático (ML), los servicios en la nube, el 5G, entre otras, están contribuyendo significativamente. Estas innovaciones se espera que generen una demanda sustancial en el ámbito de la Industria 4.0, marcando un camino hacia un futuro impulsado por la eficiencia y la automatización avanzada.

La creciente adopción de tecnología en todos los sectores impulsará el crecimiento del mercado. De acuerdo con el informe “Industry 4.0 Market” (Markets and Markets, 2021), el mercado global de la Industria 4.0 está proyectado a alcanzar los 165 500 millones de dólares para el año 2026, en comparación con los 73 900 millones de dólares en 2022. Este pronóstico se sustenta en una tasa de crecimiento anual compuesto del 20,6% a lo largo del período de previsión.

Principales beneficios de la Industria 4.0

Establecer que existe una estrecha relación entre ciencia y tecnología y el desarrollo de la sociedad es algo más que razonable. Los avances científicos y tecnológicos han determinado en gran medida el desarrollo de sociedades a lo largo de la historia de la humanidad. Desde el descubrimiento del fuego o la

invención de la rueda, hasta el desarrollo de inventos revolucionarios como la máquina de vapor, los descubrimientos científicos han tenido una influencia muy significativa en el establecimiento de modelos económicos, sistemas políticos, y estructuras de organización social.

De esta manera, como todo gran cambio tecnológico, esta revolución de la Industria 4.0 ofrece tanto grandes oportunidades como diversos desafíos.

A lo largo de la historia, se ha podido comprobar que, después de cada una de las revoluciones industriales que han ido transcurriendo desde el siglo XVIII, **la calidad de las personas** se incrementa exponencialmente de manera proporcional al transcurso de las diferentes revoluciones. El cambio tecnológico ha provocado transformaciones económicas y sociales en la vida cotidiana de la humanidad, reduciendo horas de trabajo manual y otorgando más tiempo al bienestar y crecimiento tanto demográfico como económico.

Durante todo este tiempo, la población mundial ha cambiado notablemente su nivel de vida. En representación de esto, la *Ilustración 2* refleja que la época en la que vivimos es mucho mejor que la de hace 200, 100 e incluso 50 años.

Por un lado, el aumento de la productividad resultó en que los bienes y servicios (alimentos, vestimenta, vivienda) fueran menos escasos. Por otro lado, la educación, medida por la habilidad básica de la alfabetización, está mejorando. Y se puede confirmar que esto continuará, ya que la cohorte más joven hoy en día está mejor educada que las personas de las cohortes mayores. Además, la proyección sugiere que para el año 2100, casi no habrá nadie sin educación formal y habrá más de 7 mil millones de personas que habrán recibido al menos educación secundaria.

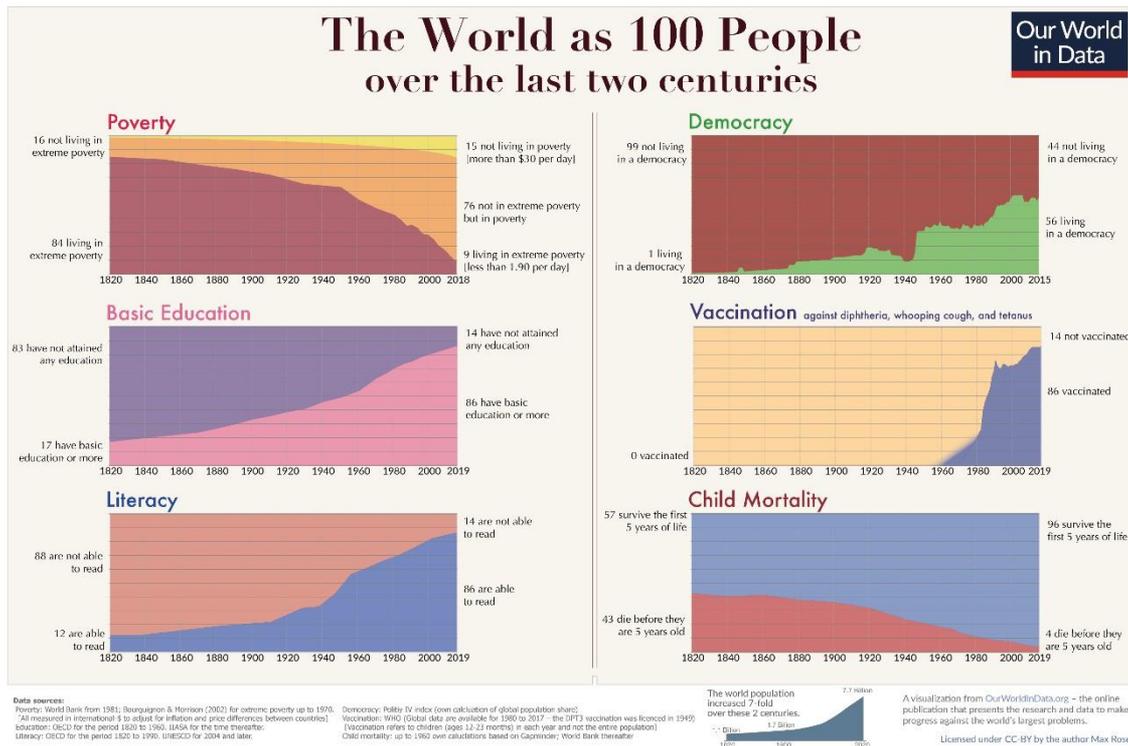


Ilustración 2. La evolución de la calidad de vida en el tiempo
 Fuente: Our World in Data (2016)

La Industria 4.0 aporta un valor diferencial en la automatización y digitalización de los sectores de la industria para conseguir **incrementar la productividad y maximizar la eficiencia de los procesos**. Esto es posible gracias a la combinación e interconexión de múltiples tecnologías como la Inteligencia Artificial, junto con la computación en la nube y otras innovaciones, posibilitan la aceleración de todos los procedimientos relacionados con la manufactura y la distribución. Del mismo modo, la incorporación de robots industriales puede amplificar la eficacia de las cadenas de producción y distribución. El resultado se traduce en procesos notablemente más ágiles, versátiles, funcionales, sostenibles y con capacidad de escalabilidad a largo plazo.

La **automatización** en la producción reduce fallos y, por tanto, hace más eficiente el proceso, lo que redundará en una reducción de costes en los procesos de producción y ofrece unos umbrales de rentabilidad más elevados. Con sistemas optimizados, robots autónomos y una interconexión eficiente de datos, los equipos se liberan de tareas repetitivas que pueden ralentizar la operación de la empresa y puede concentrarse en labores más estratégicas, lo que resulta en un incremento significativo de la productividad. En concreto, la reducción de costes se da gracias a la automatización de procesos, los cuales conllevan una mayor eficiencia y una mejora significativa en los niveles de producción. Este beneficio se refleja en una considerable disminución de los costes operativos y las horas de trabajo. Además, implica menores gastos en mano de obra,

resultados de producción superiores y, en muchos casos, un incremento en los márgenes de beneficio.

Por ende, los cambios en los procesos productivos y la implantación de la automatización como tecnología de gestión en diferentes industrias han ido transformando los perfiles laborales. El **desplazamiento laboral**, con la llegada y la implementación de nuevas tecnologías y la automatización de procesos, desaparecerán numerosos empleos en diversas profesiones. Este fenómeno no es ajeno a las revoluciones industriales previas, que también reconfiguraron radicalmente la estructura laboral. Sin embargo, es esencial reconocer que, a pesar de los temores iniciales de pérdida de empleo, la Industria 4.0 también abrirá un abanico de **nuevas oportunidades laborales** relacionadas con las nuevas tecnologías. La creación de empleos en campos como la programación, la ciberseguridad, la gestión de datos y la ingeniería de automatización, entre otros, marcará una respuesta a la demanda de habilidades especializadas necesarias para impulsar esta revolución industrial. En este sentido, aunque la Industria 4.0 cambiará de manera sustancial el panorama laboral, también ofrecerá un potencial para la generación de nuevos empleos y el desarrollo de carreras en el ámbito tecnológico.

Las estrategias más avanzadas y escalables, debido a la amplia información disponible hoy en día, se posiciona como uno de los activos más preciados para las empresas, lo que sitúa a la ciencia de datos y el Big Data como componentes esenciales en el contexto de la Industria 4.0. Esto resulta fundamental para optimizar la recopilación y el procesamiento de datos, desempeñando un papel crítico en la mejora de las estrategias empresariales, así como en la optimización de los sistemas de producción y flujos de trabajo. Así, la combinación de sistemas de datos avanzados, nuevas tecnologías y una mayor eficiencia en los flujos de trabajo puede proporcionar estrategias con capacidad de escalabilidad y resultados sobresalientes.

Por último, **mejores estándares de seguridad**. La Industria 4.0 marca un avance significativo en los estándares de seguridad industrial. Por ejemplo, los robots industriales no solo contribuyen a la reducción de costes de producción, sino que también asumen tareas peligrosas que previamente eran realizadas por operadores humanos, lo que disminuye los riesgos en el entorno de trabajo. Además, la incorporación de sistemas de seguridad y detección, en combinación con software de inteligencia artificial, tiene la capacidad de prevenir numerosos incidentes.

Principales retos de la Industria 4.0

Si bien la Industria 4.0 plantea beneficios significativos, también brinda una amplia gama de desafíos para el futuro. Las empresas que sean capaces de enfrentar estos retos con las estrategias y enfoques apropiados estarán en la mejor posición para destacar en sus respectivos mercados y mantenerse a la vanguardia de la industria.

Las revoluciones industriales traen consigo transiciones rápidas y, en muchos casos, impredecibles, tanto para las empresas como para los trabajadores. En el contexto de la Industria 4.0, algunos de los desafíos más significativos son los que se detallan a continuación.

La brecha de habilidades es otro de los desafíos que se enfrenta la revolución actual. Debido al constante surgimiento de nuevas tecnologías puede generar una significativa brecha de habilidades en el mercado laboral. Por un lado, las especializaciones se vuelven obsoletas a medida que las tecnologías evolucionan, lo que requiere que los profesionales actualicen sus conocimientos de manera constante. Según el artículo “Building the vital skills for the future of work in operations” (McKinsey Global Institute analysis 2022), se espera que la demanda de habilidades físicas y manuales asociadas a tareas repetitivas, como las realizadas en cadenas de montaje, disminuya en aproximadamente un 30%. Paralelamente, la demanda de competencias básicas en lectura, escritura y cálculo se proyecta que disminuirá en casi un 20%. Este cambio se atribuye principalmente a los avances tecnológicos, ya que la sociedad dependerá menos de la lectura tradicional y de realizar cálculos manuales, gracias a la automatización y las herramientas digitales. Este cambio en las exigencias del mercado laboral subraya la necesidad de una adaptación continua y el desarrollo de habilidades más especializadas en un entorno laboral en constante evolución.

La búsqueda y retención de talento especializado en estas tecnologías emergentes se convierte en un desafío para las empresas. No todos los profesionales podrán mantenerse al día con las cambiantes tendencias de la industria, lo que subraya la importancia de la formación continua y la adaptabilidad en un entorno laboral en constante evolución. Según el mismo estudio de McKinsey, la demanda de habilidades tecnológicas, como la codificación, se espera que experimente un incremento superior al 50%. Asimismo, se anticipa un aumento cercano al 33% en la demanda de habilidades cognitivas complejas.

Los costes de inversión, la adopción de nuevas tecnologías y la contratación de profesionales capacitados en estas áreas demanda una inversión inicial

considerable. No todas las empresas cuentan con los recursos necesarios para hacer frente a los costes asociados con la transición hacia la Industria 4.0, lo que se vuelve aún más evidente en el caso de las pequeñas y medianas empresas. Como resultado, estas organizaciones pueden enfrentar dificultades para mantener su competitividad en el mercado, ya que la falta de recursos para abrazar las innovaciones tecnológicas puede limitar su crecimiento y eficiencia operativa. No obstante, es importante poner en valor el papel de las startups, ya que, por su naturaleza, suponen una solución al problema descrito anteriormente. Su agilidad, mentalidad innovadora, flexibilidad y base tecnológica desempeñan un rol crucial en el ecosistema empresarial. Su capacidad para idear enfoques creativos y su disposición para arriesgarse en la implementación de tecnologías emergentes hacen que sean un catalizador clave en la transformación de diferentes sectores industriales, tal y como veremos en capítulos posteriores.

La evolución de la tecnología es otro de los retos para la industria y el desarrollo económico. Las tecnologías evolucionan de manera exponencial y, a su vez, esto se traduce en una mayor brecha entre las economías desarrolladas y subdesarrolladas. Esta desigualdad obedece a varios factores, como un poder adquisitivo o un estado de bienestar inferiores. Además, la velocidad de mejora de las nuevas tecnologías es cada vez más rápida, lo que mejora la eficiencia y la competitividad de aquellas empresas que consiguen adaptarse de manera más rápida al cambio, pero al mismo tiempo, esto continúa aumentando una desigualdad sobre las empresas que no tienen la capacidad de evolucionar al mismo ritmo.

De esta manera, la adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 también representa un desafío para las empresas, ya que exige una presión en el rendimiento constante y exitoso. La adaptación a la innovación puede llegar a resultar difícil no solo al integrar en las organizaciones, sino también al capturar un valor significativo sobre el uso de datos y analítica, inteligencia artificial y aprendizaje automático, entre otros.

Dentro de la interconexión de la Industria 4.0, la privacidad y seguridad de la información plantean desafíos a valorar. A medida que los sistemas digitales se vuelven más complejos, aumenta la probabilidad de posibles brechas de seguridad. En este sentido, cada usuario o dispositivo conectado al Internet de las cosas representa un potencial riesgo de seguridad. Además, la resolución de problemas de seguridad en estos sistemas se vuelve más complicada, y las consecuencias de posibles violaciones de seguridad pueden ser devastadoras. Es por eso por lo que la protección de datos y la ciberseguridad se convierten en

aspectos fundamentales en el entorno de la Industria 4.0 para garantizar un funcionamiento seguro y fiable de las operaciones industriales.

Relacionado con esto último, el robo de datos es una de las amenazas a las que más se teme y que está a la orden del día. La ciberseguridad se constata como un elemento habilitador para que la Industria 4.0 pueda seguir creciendo. Tiene que proteger tanto los componentes tecnológicos, como los procesos que forman parte de su negocio.

Matriz DAFO de la Industria 4.0

La herramienta DAFO (SWOT, en inglés), permite realizar una fotografía de la situación actual tanto interna como externa, y que a su vez ayuda a potenciar las fortalezas, superar las debilidades, controlar las amenazas y beneficiarse de las oportunidades a la hora de desarrollar una estrategia.

Gracias a los beneficios y retos analizados anteriormente, a los que se enfrenta la Industria 4.0, se ha creado una representación gráfica que recoge tanto las principales fortalezas y debilidades —análisis sobre los aspectos internos de la industria—, como oportunidades y amenazas —análisis sobre los aspectos externos de la industria—.

Tal y como se puede observar en la Tabla 1, en la primera columna se muestran aquellas características positivas que se han detectado a favor de la Industria 4.0 y, por ende, en la segunda columna se muestran aquellas dificultades que se deberán tener en cuenta para superarlas o mejorarlas. De esta manera, la siguiente matriz DAFO relativa a la Industria 4.0 permite analizar la realidad actual con el fin último de poder tomar decisiones en el futuro.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> *Aumento de la calidad de vida de la población (mayor educación, más puestos cualificados, mayores ingresos, menos pobreza) *Mayor eficiencia y productividad gracias a la automatización de procesos y la integración de sistemas inteligentes. *Reducción de costes operativos al eliminar procesos manuales y reducir errores y tiempos de inactividad. *Estrategias más avanzadas y escalables. *Mejora los estándares de la seguridad industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> *Costes de desarrollo y puesta en marcha. *Dependencia de un abanico de factores de éxito: inversión en I+D, brecha en habilidades necesarias, condiciones del entorno, etc. *Difícil la captura de valor real.

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>*Demanda de habilidades de carácter tecnológico en la oferta de nuevos puestos de trabajo.</p> <p>*Posibilidad de crear nuevos modelos de negocio y desarrollo de nuevos mercados punteros.</p>	<p>*Ciberseguridad, propiedad intelectual, privacidad del dato y la información (robo de datos)</p> <p>*Países menos desarrollados con dificultades para la adopción de la Industria 4.0.</p>

Tabla 1. Matriz DAFO de la Industria 4.0
Fuente: Elaboración propia

Principales tecnologías de la Industria 4.0



Las tecnologías juegan un papel fundamental en la revolución 4.0, impulsando a las empresas a embarcarse en una expansión y a invertir en la optimización y digitalización de sus operaciones. Estos avances tecnológicos que están en constante evolución y que impulsan esta revolución son diversos y multifacéticos.

Entre ellos, se encuentran elementos como el **Big Data**, que engloba la recolección y el análisis masivo de datos para obtener información valiosa, y el análisis de inteligencia artificial, que permite a las máquinas aprender, razonar y tomar decisiones de manera autónoma. Asimismo, la **integración horizontal y vertical** de sistemas es un factor clave, uniendo procesos internos y externos en la cadena de suministro para lograr una colaboración más eficiente entre socios comerciales. La **computación en la nube** se ha convertido en un pilar esencial, ofreciendo almacenamiento y procesamiento de datos de manera remota y flexible. La **realidad aumentada**, que superpone información digital en el entorno físico. El **Internet de las cosas (IoT)**, que conecta dispositivos entre sí para compartir información y mejorar la eficiencia. La **fabricación aditiva**, que permite la producción de objetos tridimensionales mediante la superposición de materiales, está transformando los métodos tradicionales de fabricación. Los **robots autónomos** están revolucionando la industria al realizar tareas complejas de manera autónoma, aumentando la productividad y la precisión. Los **gemelos digitales**, representaciones virtuales de sistemas y procesos físicos, permiten el monitoreo y la simulación para optimizar el rendimiento y la toma de decisiones. Por último, la **ciberseguridad** es crucial en este contexto, protegiendo los sistemas y datos críticos de posibles amenazas y ataques.

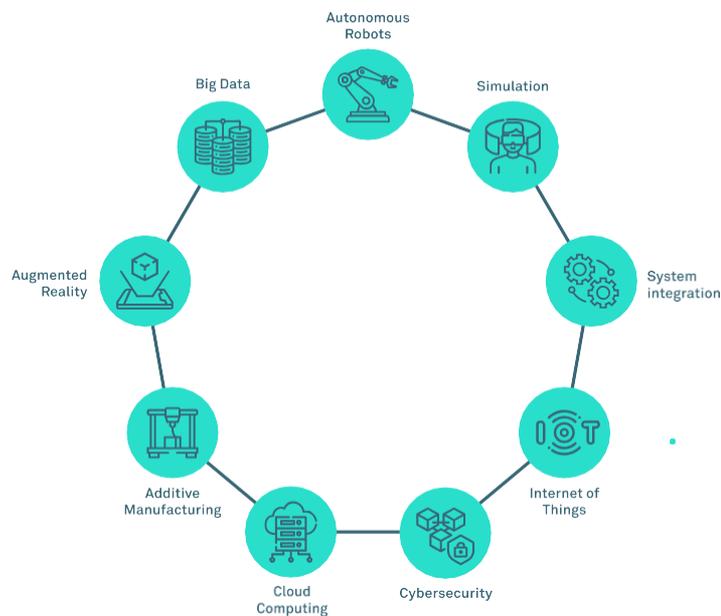


Ilustración 3. Principales tecnologías de la Industria 4.0
Fuente: Indx.com

Cada una de estas tecnologías tiene un impacto único y significativo en la industria, lo que motiva a sumergirse en un análisis más profundo de sus funciones y aplicaciones dentro del marco de la Industria 4.0. Esta exploración detallada permitirá comprender cómo cada herramienta tecnológica contribuye a la transformación de los procesos industriales, definiendo así un camino hacia un futuro más eficiente, seguro y avanzado.

Big Data y análisis de la Inteligencia Artificial (IA)

El término "Big Data" se refiere a conjuntos de datos extremadamente grandes y complejos que pueden ser analizados computacionalmente para revelar patrones, tendencias y asociaciones, especialmente relacionadas con el comportamiento humano y las interacciones. El Big Data se caracteriza por sus "5V", Volumen, que hace referencia a la gran cantidad de datos que se maneja, la Velocidad, la rapidez con la que se generan y se deben procesar los datos, la Variedad de fuentes y formatos de datos, la Veracidad que es la confiabilidad de los datos, y el Valor que se puede obtener al analizar los datos para tomar decisiones informadas.

Según el informe "Market Research Report" (Market Research Future, 2023), la Universidad Maryville prevé que la producción mundial de datos alcanzará más de 180 billones de gigabytes anuales para el año 2025. Este fenómeno se atribuirá en gran medida a las industrias que emplean activamente la Internet de las Cosas. Este inmenso volumen de datos generados no solo refleja el crecimiento exponencial de la conectividad y la digitalización en diversas esferas, sino que también resalta la creciente importancia del Internet de las cosas en la generación y gestión de información a nivel global.

La forma en la que se obtiene la información y se estructura pueden ser diferentes dependiendo de los datos que se están obteniendo. La obtención de los datos hoy en día cuenta con un abanico lugares donde se puede obtener la información y cada vez hay más y más lugares de donde se pueden obtener datos, y el volumen de fuentes que generan datos está en constante expansión, desde satélites en órbita hasta electrodomésticos como las tostadoras. Sin embargo, para su clasificación, las fuentes de datos suelen agruparse en tres categorías distintas.

- Los **datos sociales**, que generan los comentarios, las publicaciones, las imágenes y, cada vez más, los vídeos de las redes sociales.
- Los **datos de las máquinas**, que incluyen todos los dispositivos IoT con sensores que envían y reciben datos digitales, permitiendo a las empresas recopilar y procesar información de dispositivos, vehículos y equipos.
- Los **datos transaccionales**, algunos de los datos de más rápido movimiento y crecimiento del mundo, como son las transacciones de clientes, bancarias y de compra.

Los conjuntos de datos se suelen clasificar en tres tipos en función de su estructura:

DATOS ESTRUCTURADOS	DATOS NO ESTRUCTURADOS	DATOS SEMIESTRUCTURADOS
Son datos organizados en un formato predefinido, como hojas de cálculo, fáciles de categorizar y analizar, pero no siempre califican como Big Data por su relativa simplicidad en la gestión.	Consiste en información como publicaciones en redes sociales, archivos de audio o imágenes, difícil de capturar en bases de datos tradicionales, almacenada en datalakes o bases de datos NoSQL debido a su complejidad.	Son una combinación de datos estructurados y no estructurados, como correos electrónicos que contienen información organizada junto con contenido menos definido, permitiendo propiedades organizativas y detalles más flexibles.

Tabla 2. Clasificación de los datos.
Fuente: *Elaboración propia*

La Inteligencia Artificial (IA), los algoritmos de aprendizaje automático y los datos están muy relacionados debido a que la gestión de grandes conjuntos de datos se sustenta en sistemas con la capacidad de procesar y analizar cantidades masivas de información compleja y diversa. En este contexto, la interdependencia entre el Big Data y la Inteligencia Artificial es crucial. Los macrodatos no serían completamente funcionales sin la IA, la cual organiza y analiza estos datos de manera significativa. Por otro lado, la IA se apoya en la amplitud de los conjuntos de datos proporcionados por el Big Data para generar análisis sólidos y procesables. Esta relación es fundamental para desbloquear el potencial completo de la información, permitiendo avances en áreas como la toma de decisiones estratégicas, la innovación tecnológica y el desarrollo de soluciones inteligentes.

Dentro de la era de la Industria 4.0, los datos y la IA ofrecen una amplia gama de beneficios, permitiendo identificar patrones, tendencias y relaciones significativas en los datos. Estos avances no solo facilitan la toma de decisiones más informadas y precisas, sino que también empoderan a las empresas para comprender a profundidad a sus clientes, perfeccionar el desarrollo de productos y servicios, optimizar procesos internos, implementar un mantenimiento predictivo, gestionar riesgos de manera más efectiva y aumentar su competitividad en el mercado. Estos son solo algunos de los numerosos beneficios que ofrece la Big Data en el ámbito empresarial y estratégico. Los datos se rigen como un pilar fundamental para el avance de la Industria 4.0. Sin un desarrollo adecuado de esta tecnología, las herramientas y sistemas de la Industria 4.0 se ven limitados en la extracción del potencial valor de la información almacenada en las bases de datos empresariales, así como en la data generada por sensores, etiquetas RFID y dispositivos IoT. La capacidad para realizar análisis complejos sobre grandes volúmenes de datos es esencial para crear modelos predictivos, permitiendo que la maquinaria de la Industria 4.0 opere con autonomía y precisión.

Algunos ejemplos que podemos encontrar en la industria sobre el uso de Big data son en el sector automovilístico. Tesla³ emplea el análisis de grandes volúmenes de datos para potenciar la autonomía de sus automóviles eléctricos. La empresa recaba información de los sensores de sus vehículos a nivel global con el fin de mejorar tanto el desempeño como la eficiencia de sus baterías y sistemas de conducción autónoma. Otro ejemplo es el de la empresa Toyota⁴ que, haciendo uso del análisis de datos a gran escala se emplea una estrategia para mejorar la administración de las carretillas elevadoras inteligentes, considerando aspectos críticos como los costes, la seguridad, la productividad y el impacto ambiental.

Integración horizontal y vertical

Dentro de la industria 4.0, uno de los factores más importantes para la producción en una fábrica inteligente son la integración horizontal y vertical. La integración horizontal se enfoca en la interconexión dentro de un mismo nivel o

³ <https://bcasapp.com/blog/profesiones/ejemplos-de-big-data-en-empresas>

⁴ <https://blog.toyota-forklifts.es/big-data-futuro-industria-4.0>

sector de la cadena productiva, mientras que la verticalidad abarca desde la base operativa hasta las decisiones estratégicas empresariales.

La integración horizontal se refiere a la interconexión y coordinación de sistemas, equipos y procesos dentro de una misma etapa o nivel de la cadena de valor industrial. En este enfoque, las tecnologías digitales y la conectividad permiten que diferentes componentes y unidades de producción interactúen entre sí, compartiendo datos y colaborando de manera más eficiente. Esta integración facilita la optimización de la producción, mejora la sincronización de actividades, y puede aumentar la agilidad y flexibilidad de la empresa al permitir una mejor coordinación entre diferentes partes de la cadena de valor dentro del entorno de la Industria 4.0.

Ahora bien, la integración vertical se refiere a la conexión y coordinación de diferentes etapas o niveles de la cadena de valor de producción, desde la base operativa hasta los niveles estratégicos y de toma de decisiones en una empresa. Esta integración implica la conexión fluida y la comunicación entre los sistemas y procesos que abarcan desde la captura de datos en la producción hasta su análisis en sistemas de gestión empresarial, lo que permite una colaboración más estrecha entre las áreas operativas y de gestión. En la Industria 4.0, la integración vertical se potencia mediante la digitalización y la utilización de tecnologías como el Internet de las cosas, la computación en la nube, y la inteligencia artificial, lo que facilita la sincronización y optimización de la producción, así como la toma de decisiones basadas en datos en todos los niveles de la empresa.

Computación en la nube

La computación en la nube es un modelo tecnológico que permite acceder y gestionar recursos informáticos (como almacenamiento, servidores, bases de datos, redes, software, entre otros) a través de internet, en lugar de tenerlos localmente en un ordenador personal o en servidores físicos locales.

Ofrece también una gama de ventajas significativas. Es confiable, segura y accesible en todo momento. Además, resulta financieramente rentable, ya que las empresas pagan únicamente por los servicios que necesitan. Por otro lado, garantiza que los programas utilizados estén constantemente actualizados con las últimas versiones de las plataformas disponibles.

Según comentó Anurag Rana, analista de Bloomberg, en el artículo “Crecimiento de la nube se frena; primeros clientes se reducen y los nuevos dudan” (Servicio Bloomberg Professional, 2023), a pesar de que la computación de la nube representa solamente una quinta parte del mercado anual global de casi 1,9 billones de dólares en tecnología de la información (TI), en 2022, la nube aún cuenta con un vasto terreno para su desarrollo. Este crecimiento no ha alcanzado su punto final. Se prevé que la siguiente fase de crecimiento esté impulsada por grandes empresas que históricamente han dependido del almacenamiento y servidores locales, pero que ahora están transitando hacia el alquiler de computadoras a través de la web. Este cambio representa un pronóstico prometedor para el aumento significativo en la adopción de esta tecnología.

La computación en la nube ha revolucionado la forma en que las empresas y los usuarios acceden, almacenan y utilizan recursos informáticos, brindando flexibilidad, escalabilidad y eficiencia en costes, además de facilitar el acceso remoto a aplicaciones y datos desde cualquier lugar y dispositivo con conexión a internet. La tecnología en la nube actual sienta las bases de la mayoría de las tecnologías avanzadas y resulta vital en la Industria 4.0 debido a su capacidad para proporcionar escalabilidad instantánea, eficiencia en costes y acceso remoto a recursos informáticos. Este enfoque tecnológico permite a las empresas ajustar rápidamente sus capacidades informáticas según las demandas cambiantes de la producción, eliminando la necesidad de inversiones costosas en infraestructura física. Además, facilita el acceso remoto a datos y aplicaciones desde cualquier lugar, lo que fomenta la colaboración entre equipos distribuidos. Al ofrecer una plataforma centralizada para almacenar y analizar grandes volúmenes de datos generados por sistemas y sensores en la Industria 4.0, la computación en la nube posibilita la toma de decisiones informadas y la implementación eficiente de tecnologías emergentes como el Internet de las cosas y la inteligencia artificial. Esto contribuye significativamente a optimizar procesos industriales, mejorar la eficiencia operativa y promover la innovación en el entorno industrial moderno. Es por eso por lo que las empresas apuntan por el uso de estas tecnologías como son los casos de:

La empresa Coca-Cola⁵ ha migrado una parte considerable de su infraestructura de tecnología de la información a entornos en la nube. Esta transición ha posibilitado el aprovechamiento de la adaptabilidad y flexibilidad de la nube, generando mejoras significativas en la eficiencia y productividad a lo largo de toda la empresa, tanto en operaciones como en recursos humanos. Además, la adopción de la nube ha permitido a Coca-Cola acceder a información crítica en

⁵ <https://onwork.cloud/5-ejemplos-famosos-cloud-computing/>

tiempo real, lo que ha fortalecido la toma de decisiones y la transparencia en la organización.

La cadena minorista Walmart constituye otro caso ejemplar de integración de soluciones basadas en Cloud Computing. Ha trasladado una porción considerable de su estructura informática a servidores alojados en la nube. Este cambio ha posibilitado a Walmart mejorar la eficiencia en diferentes áreas de la organización, abarcando desde la logística y el control de inventarios hasta el análisis de datos y la toma de decisiones estratégicas. Además, la adopción de la nube ha incrementado la capacidad de adaptación y la seguridad informática de la infraestructura de Walmart.

Realidad aumentada (RA)

La realidad aumentada es una tecnología que combina elementos del mundo físico con elementos generados digitalmente, permitiendo una experiencia en la que la información digital se superpone y se integra con el entorno real. Esta tecnología ofrece una visión mejorada del mundo real a través de dispositivos como smartphones, tabletas o gafas especiales, al superponer gráficos, imágenes o información contextual sobre lo que vemos en tiempo real.

Podemos encontrar tres tipos de realidades, la realidad aumentada, virtual y mixta, aunque las diferencias entre ellas son sutiles, cada tipo de tecnología interactúa de forma distinta con los mundos real y virtual.

REALIDAD VIRTUAL (RV)	Saca a las personas del mundo real y las sumerge por completo en un mundo virtual. En ese mundo virtual de imágenes y sonidos, los usuarios pueden moverse en todas direcciones, manipular objetos y mucho más.
REALIDAD AUMENTADA (RA)	Mejora o aumenta el mundo real con información digital. Aunque las aplicaciones de realidad aumentada funcionan a través de dispositivos móviles como teléfonos inteligentes o tabletas, en entornos industriales y de fabricación en los que resulta beneficioso para el usuario tener las manos libres, las gafas o auriculares son las mejores puertas de acceso a la experiencia de la RA.
REALIDAD MIXTA (RM)	Mezcla imaginación y realidad de modo que los usuarios pueden ver e interactuar simultáneamente con el mundo real y el entorno virtual.

Tabla 3. Tipos de realidades

Fuente: Elaboración propia

Todas estas realidades traen consigo una variedad de beneficios. La realidad aumentada ofrece una gama diversa de ventajas en entornos industriales y de fabricación. Facilita el desarrollo de productos al permitir la visualización y prueba de prototipos virtuales, agilizando así los procesos de diseño y reduciendo los costes asociados. Además, simplifica las tareas de fabricación al proveer a los trabajadores con instrucciones visuales precisas, minimizando errores y optimizando la eficiencia en la producción. En la gestión de almacenes, la RA optimiza la identificación y seguimiento del inventario, mejorando la precisión en la gestión de productos. Este enfoque tecnológico también eleva la participación y compromiso de los empleados al proporcionarles herramientas interactivas para tareas laborales, fomentando un entorno colaborativo. Además, la RA contribuye a la reducción de riesgos al ofrecer procedimientos de seguridad mejorados y simulaciones de escenarios de emergencia, preparando a los trabajadores para situaciones críticas. En conjunto, la realidad aumentada emerge como una herramienta integral en la industria 4.0 y fabricaciones modernas, mejorando procesos, seguridad y la experiencia laboral.

Es tanto el funcionamiento que se le puede dar a la tecnología, que el mercado global de la realidad aumentada según el informe “Market Analysis Report” (Grandview Research, 2021) se valoró en 38 560 millones de dólares en 2022 y se proyecta un aumento a una tasa compuesta anual (CAGR) del 39,8% desde 2023 hasta 2030. El creciente interés de los principales actores del mercado, tales como Google LLC, Microsoft Corporation, Apple, Inc. y otras empresas destacadas, hacia la implementación de la realidad aumentada está abriendo nuevas oportunidades en diversos campos. En la industria de medios y entretenimiento, particularmente en el ámbito de los juegos, se está utilizando la realidad aumentada para ofrecer a los jugadores una experiencia más inmersiva, utilizando gráficos, vídeo y audio de alta calidad, lo cual se considera un aspecto determinante para el crecimiento venidero.

Pero bien dentro de la industria podemos ver empresas con diferentes ejemplos sobre la implementación de la RA, como lo son:

BMW⁶ que, dentro de la industria automovilística, emplea gafas de Realidad Aumentada para asistir a los empleados durante el proceso de soldadura. Mediante un sistema de seguimiento óptico que monitorea los LED infrarrojos de

⁶ <https://www.ienhance.co/blog/como-las-empresas-estan-aplicando-la-realidad-aumentada-en-la-fabricacion>

la máquina, estas gafas orientan al trabajador hacia un punto específico de soldadura, asegurando así la precisión en el proceso.

Por otro lado, en la industria aeroespacial la empresa Lockheed Martin⁷ implementó gafas de realidad aumentada para precisar los puntos de anclaje durante la fabricación de la nave espacial Orion de la NASA. En esta situación, las indicaciones se superpusieron al objeto físico, facilitando a los trabajadores la ejecución ágil de labores de manufactura de alta complejidad.

Internet de las cosas (IoT)

Es un concepto que describe la interconexión de dispositivos físicos con el internet, permitiendo que estos objetos se comuniquen y compartan datos entre sí sin necesidad de intervención humana directa. En otras palabras, se trata de la conexión de dispositivos cotidianos a la red para recopilar y compartir información. Estos dispositivos pueden ser variados, desde electrodomésticos inteligentes como refrigeradores o lavadoras, hasta sensores en maquinaria industrial, sistemas de transporte, dispositivos médicos y más. Utilizan sensores integrados y tecnologías de conexión (como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, entre otros) para recopilar datos del entorno o de su propio funcionamiento, y luego enviar esa información a otros dispositivos o a sistemas de procesamiento de datos para su análisis y utilización. Esta interconexión de dispositivos inteligentes permite optimizar procesos, mejorar la eficiencia, crear nuevas experiencias de usuario y ofrecer soluciones innovadoras en diferentes sectores.

En el contexto de la Industria 4.0, podemos encontrar el Internet Industrial de las Cosas (IIoT), el cual se refiere a la aplicación específica del concepto del Internet de las Cosas en entornos industriales y de fabricación. El IIoT se centra en la interconexión de dispositivos, sensores y sistemas dentro de las infraestructuras industriales para mejorar la eficiencia, la productividad y la toma de decisiones en entornos de fabricación y procesos industriales. El IIoT se utiliza para conectar y automatizar máquinas, equipos y procesos industriales mediante sensores, dispositivos inteligentes y tecnologías de conectividad. Permite la recopilación de datos en tiempo real, análisis avanzado y toma de decisiones basadas en información precisa, lo que facilita la optimización de la producción, el

⁷ <https://www.ienhance.co/blog/como-las-empresas-estan-aplicando-la-realidad-aumentada-en-la-fabricacion>

mantenimiento predictivo, la mejora de la eficiencia energética y la reducción de costes operativos en entornos industriales.

Con respecto al valor y al crecimiento de la IoT, el artículo “el IoT resiste a pesar de la recesión económica” (IoT Analytics, 2023). En el año 2022, el gasto mundial en tecnologías IoT para empresas alcanzó los 201 miles de millones de dólares. Para el 2023 se proyecta un crecimiento del 19%, llegando a alcanzar los 238 miles de millones de dólares. Además, según las estimaciones de IoT Analytics, se espera un crecimiento constante del mercado de Internet de las Cosas, con una tasa compuesta anual de crecimiento (CAGR) del 19,4%, previéndose un alcance de 483 miles de millones de dólares entre 2022 y 2027.

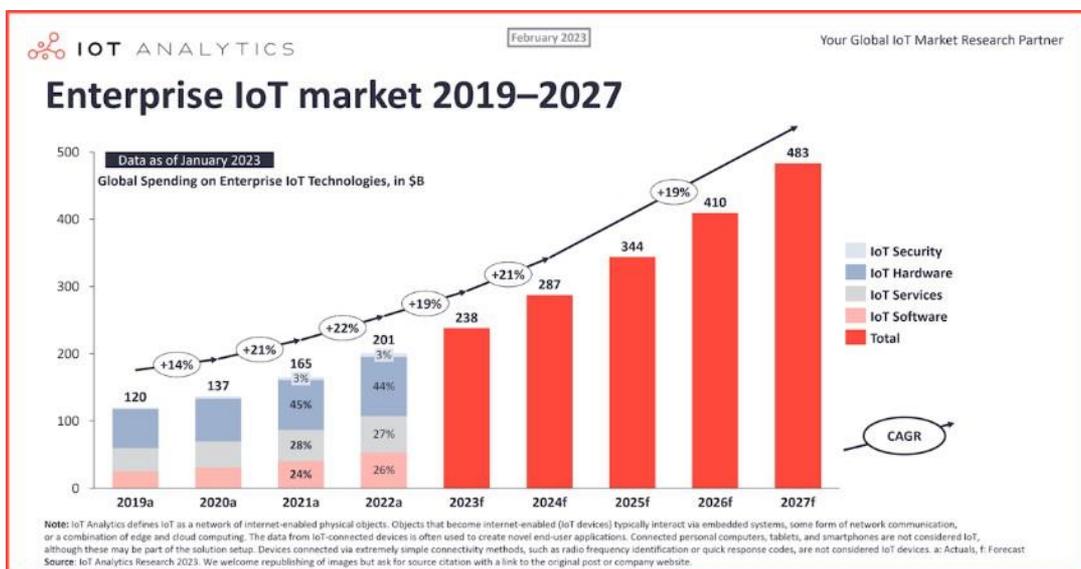


Gráfico 1. Mercado del IoT empresarial 2019-2027
 Fuente: IOT ANALYTICS, 2023

En la actualidad, múltiples empresas están enfocadas en la implementación y desarrollo de tecnologías asociadas al Internet de las Cosas (IoT). Como ejemplo, podemos encontrar a Repsol ⁸ que está liderando la adopción de tecnologías de vanguardia a través de sus plataformas de Internet de las cosas. Estas plataformas permiten la gestión y recopilación de datos en tiempo real provenientes de distintos dispositivos y máquinas. El enfoque principal es acortar los tiempos de desarrollo, fomentar la colaboración efectiva entre los equipos operativos, mejorar las soluciones existentes y facilitar una evolución constante en su tecnología.

⁸ <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/internet-de-las-cosas/index.cshml>

En el sector de Gas Licuado de Petróleo (GLP), Repsol ha lanzado el innovador proyecto Telemedida. Esta iniciativa emplea sensores estratégicamente ubicados en los tanques de almacenamiento, lo que les permite monitorear de manera continua el consumo de los clientes. Este sistema inteligente garantiza un suministro oportuno del producto cuando es necesario, asegurando así una atención eficiente y satisfactoria a los usuarios.

Por otro lado, el Repsol Technology Lab es un centro de vanguardia dedicado a la innovación y tecnología. En este espacio, se supervisan diversas áreas, incluyendo el comportamiento y rendimiento de las baterías durante su proceso de carga. Además, en el ámbito industrial, la aplicación de la Plataforma IoT posibilita una optimización integral del rendimiento de los activos, ofreciendo herramientas para mejorar la eficiencia operativa y el control de los procesos, entre otros aspectos. Esta integración de tecnologías avanzadas proporciona a Repsol una visión más amplia y estratégica para impulsar su liderazgo y competitividad en el mercado.

Además, en sus estaciones de servicio, han implementado una conectividad continua que les permite recopilar datos en tiempo real sobre el funcionamiento y uso de las instalaciones. Esta información detallada les brinda la oportunidad de comprender mejor los hábitos de consumo, el flujo de clientes y otros patrones relevantes. Al aprovechar estos datos, la empresa puede realizar ajustes inteligentes y estratégicos para optimizar la eficiencia energética en sus estaciones de servicio, lo que resulta beneficioso tanto desde el punto de vista operativo como en términos de sostenibilidad.

Fabricación aditiva e impresión 3D

La fabricación aditiva, también conocida como manufactura aditiva, consiste en un conjunto de tecnologías que posibilitan la creación de objetos tridimensionales de manera gradual mediante la aplicación sucesiva de capas de distintos materiales, ya sea, por ejemplo, plástico, metal o yeso.

Por un lado, dentro de las **tecnologías comprendidas en la fabricación aditiva se encuentra la impresión 3D, la cual es importante diferenciar**. A pesar de presentar similitudes en su funcionamiento, la impresión 3D se caracteriza por tener restricciones más marcadas en cuanto a la cantidad de producción y el tamaño, siendo utilizada específicamente para la creación de piezas individuales o puntuales. Por otro lado, la fabricación aditiva se destaca por su aplicación en

la producción a gran escala de materiales o biomateriales en contextos empresariales.

Tal y como se puede observar en la siguiente Tabla 4, uno de los principales beneficios tanto de la fabricación aditiva como de la tecnología de impresión 3D es que presentan ventajas estratégicas y operativas en la producción. En concreto, una de las características diferenciales que ofrece la fabricación aditiva es la capacidad que presenta para producir piezas muy ligeras y, por otro lado, la impresión 3D como tecnología implícita en la fabricación aditiva, entre otros, ofrece un valor diferencial en la personalización de productos.

FABRICACIÓN ADITIVA	IMPRESIÓN 3D
<ul style="list-style-type: none"> • En términos de eficiencia, destaca al optimizar significativamente los tiempos de producción, lo que agiliza los procesos y reduce los costes asociados a la manufactura de cada pieza. • La fabricación aditiva potencia el ahorro económico, permitiendo producir piezas de forma digital, reduciendo la necesidad de mantener grandes inventarios y almacenamiento de materiales. • Capacidad de imprimir piezas más ligeras mediante el uso de estructuras orgánicas y biomateriales, contribuyendo al ahorro energético, puesto que se requiere menos energía para producir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología que destaca en sostenibilidad, utiliza únicamente los materiales necesarios, minimizando el impacto ambiental y optimizando los recursos de la empresa. • La integración con el IoT mejora la eficiencia operativa y la toma de decisiones basada en datos. • Mejora el diseño al permitir la creación de formas geométricas más eficientes funcionalmente y facilita una personalización más amplia de los productos, permitiendo diversificar modelos de productos y adaptarse más rápidamente a las demandas cambiantes del mercado.

Tabla 4. Características diferenciales entre la fabricación aditiva y la impresión 3D
 Fuente: *Elaboración propia*

Según Mordor Intelligence en su informe “Análisis del tamaño y la participación del mercado de fabricación aditiva y materiales, tendencias y pronósticos de crecimiento (2023 - 2028)”, se espera que el tamaño de mercado de fabricación aditiva y materiales crezca de 65,4 mil millones en 2023 a 167,5 mil millones de dólares en 2028, a una tasa compuesta anual de 20,70% durante dicho periodo.

Las tecnologías más comunes que están involucradas en la fabricación aditiva 3D se clasifican en el tipo de material sobre el que se utiliza, siendo las más conocidas la fabricación aditiva en plástico y en metal. En concreto, las ventas en fabricación aditiva para piezas metálicas aumentaron un 27,2% en 2022, siendo 2397 el número de máquinas de metal vendidas en el año 2021 (Wolhers

Report, 2023). Esto demuestra que, en un futuro próximo, la cantidad de empresas que utilicen la fabricación aditiva para el modelado conceptual, la creación de prototipos, la producción personalizada y en serie, aumente significativamente.

Según el mismo informe “3D printing and additive manufacturing” de Wohlers, el 34,9% de todos los sistemas de fabricación aditiva instalados en el mundo se encuentran en Norteamérica, Europa y Asia/Pacífico, representando un 34,9%, 30,7% y 28,4%, respectivamente.

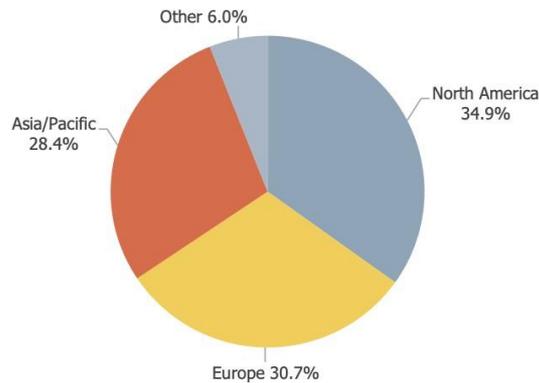


Ilustración 4. Distribución geográfica de la adopción de tecnologías de fabricación aditiva medida por la instalación de sistemas industriales
Fuente: (Wohlers Report, 2023)

A nivel global, los sectores que utilizan más la fabricación aditiva para la producción de piezas finales en la industria son los que se muestran a continuación.

SECTOR	CASO DE USO / APLICACIÓN
Aeroespacial	La industria aeroespacial utiliza la impresión 3D para fabricar piezas y prototipos , aprovechando la ligereza de estas piezas para reducir el peso de los aviones, lo que disminuye el consumo de combustible y el impacto ambiental. La empresa Boeing ⁹ , en uno de sus aviones, conocido como "Dreamlines 787", presenta un hito para la industria al incorporar 30 componentes fabricados mediante impresión 3D. No obstante, el logro más significativo ha sido la fabricación completa de una cabina de avión mediante esta tecnología de impresión.

⁹ <https://imprimakers.com/es/empresas-que-no-imaginabas-que-utilizarian-la-impresion-3d/>

<p>Energía</p>	<p>La impresión 3D está revolucionando el sector energético al facilitar la creación de componentes y piezas personalizadas para turbinas eólicas, paneles solares y equipos de generación de energía. La compañía General Electric¹⁰ ha implementado la tecnología de impresión 3D para desarrollar palas más livianas destinadas a sus motores a reacción GE9X. Además, ha establecido una colaboración con la empresa COBOD para la creación de torres de turbinas eólicas mediante impresión 3D.</p>
<p>Salud y medicina</p>	<p>La impresión 3D en la industria de la salud produce implantes metálicos para rodillas, cráneos, columna o caderas, y equipos médicos a costes reducidos. Asu vez se está experimentando con la creación de medicinas con el uso de las impresoras 3D, Además, ha revolucionado la odontología al permitir la fabricación de implantes, prótesis dentales o modelos anatómicos, así como modelos quirúrgicos y audífonos para la planificación preoperatoria. La empresa estadounidense Arcomedlab¹¹, se destaca a nivel global por su innovación en tecnología, centrándose en la fabricación personalizada de implantes de hueso sintético mediante impresión 3D, utilizando un biopolímero denominado PEEK para este propósito.</p>
<p>Bienes de consumo</p>	<p>Una de las aplicaciones más interesantes de la fabricación aditiva es la producción de piezas de uso final y, en concreto, la producción de piezas para calzado se está convirtiendo en una aplicación popular. Grandes empresas como Nike¹² y New Balance¹³ utilizan la fabricación aditiva para crear las suelas de sus zapatillas. En el caso de Nike, usa la tecnología para hacer los tacos de las botas de fútbol y fútbol americano, además de que siguen innovando en la creación de zapatillas con la impresión 3D y la fabricación aditiva. En el caso de New Balance, esta ha innovado en una suela diseñada mediante sinterización láser, logrando así una zapatilla de running que equilibra a la perfección resistencia y flexibilidad para brindar una comodidad excepcional. En España Podoactiva¹⁴ ha creado plantillas personalizadas. Como valor diferencial,</p>

¹⁰ <https://www.rapiddirect.com/es/blog/3d-printing-in-the-energy-sector>

¹¹ <https://www.3dnatives.com/es/arcomedlab-implante-craneal-impreso-3d-011120232/#/>

¹² <https://imprimakers.com/es/empresas-que-no-imaginabas-que-utilizarian-la-impresion-3d/>

¹³ <https://imprimakers.com/es/empresas-que-no-imaginabas-que-utilizarian-la-impresion-3d/>

¹⁴ <https://www.podoactiva.com/plantillas->

personalizadas#:~:text=Todas%20las%20plantillas%20personalizadas%20Podoactiva,del%20mundo%20con%20ingenier%C3%ADa%20propia.

	<p>esta empresa capta datos del cliente antes de que comience la producción.</p>
Automoción	<p>Otra gran compañía que ha invertido en la fabricación aditiva es General Electric¹⁵ que ha sido una empresa destacada en la adopción de la impresión 3D, demostrando en sus instalaciones de producción de motores que los productos resultantes son más resistentes y livianos en comparación con los fabricados mediante métodos convencionales. Además, han encontrado otra utilidad para la impresión 3D en la creación de componentes como válvulas, otorgando una libertad de diseño significativa. Esta tecnología aditiva ha simplificado enormemente el proceso de prototipado en comparación con las técnicas tradicionales, facilitando la elaboración de modelos.</p>
Alimentación	<p>La aplicación de la impresión 3D en la industria alimentaria posibilita la personalización y producción de alimentos, además de facilitar la creación de prototipos para nuevos productos alimenticios. La principal empresa chocolatera de Estados Unidos, "Hershey's"¹⁶, ha desarrollado una impresora 3D especializada en chocolate, capaz de imprimir a diversas temperaturas requeridas por el chocolate, con variados puntos de fusión y características de enfriamiento. Otra empresa que utiliza esta tecnología para la creación de alimentos es Novameat que puede incorporar estructuras jerárquicas y anisótropas para crear fibras y microfibras que desvelan la textura de la carne y otros alimentos.</p>
Construcción	<p>Las impresoras 3D tienen aplicaciones versátiles en la construcción, desde la creación de prototipos arquitectónicos hasta la fabricación de piezas con materiales como hormigón, fibra y geopolímeros. A su vez, la impresión 3D se ha empleado en proyectos ambiciosos, como la construcción de edificios enteros, hoy en día alrededor existen varias empresas encargadas de la construcción de casas utilizando dicha tecnología, una de las empresas es SQ4D¹⁷ que ha finalizado la edificación de la casa impresa en 3D más grande documentada hasta la fecha a nivel mundial. Este hogar, construido completamente en el lugar, abarca unos 180</p>

¹⁵ <https://imprimakers.com/es/empresas-que-no-imaginabas-que-utilizarian-la-impresion-3d/>

¹⁶ <https://imprimakers.com/es/empresas-que-no-imaginabas-que-utilizarian-la-impresion-3d/>

¹⁷ <https://www.3dnatives.com/es/top-10-con-las-mejores-casas-impresas-en-3d-25022020/#/>

metros cuadrados y fue impresa en tan solo cuarenta y ocho horas, distribuidas a lo largo de ocho días.

Tabla 5. Casos de uso y aplicaciones de la impresión 3D
Fuente: Elaboración propia

En concreto, en España, el mercado de la fabricación aditiva se está utilizando en diversos sectores. La cobertura porcentual de los sectores que representan un mayor uso de la fabricación aditiva son los siguientes sectores: el aeroespacial (16%), los bienes de consumo (16%), la automoción (15%) y la salud (14%).

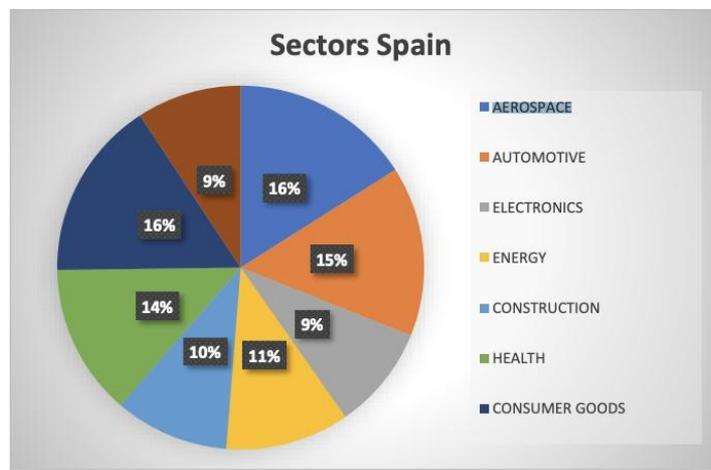


Ilustración 5. Sectores más importantes en fabricación aditiva en España
Fuente: Report on Additive Manufacturing (CLLAIM, s.f.)

Robots autónomos

La Industria 4.0 ha dado lugar a una nueva generación de robots autónomos que realizan tareas con mínima intervención humana. Estos robots varían significativamente en tamaño y funciones; desde drones que analizan inventarios hasta robots móviles autónomos diseñados para tareas de recogida y colocación. Equipados con tecnología avanzada que incluye inteligencia artificial, sensores y capacidades de visión artificial, estos robots están habilitados para abordar tareas complejas y delicadas. Son capaces de reconocer, analizar y tomar decisiones basadas en la información que recopilan del entorno en el que operan.

En la actualidad, las empresas buscan mantener su competitividad en un mercado cada vez más desafiante. En este contexto de la Cuarta Revolución

Industrial, los robots juegan un papel fundamental para garantizar la supervivencia empresarial. La rápida expansión de los robots autónomos en diversos campos industriales se explica por su eficacia y rapidez al llevar a cabo las tareas asignadas, aspectos clave que impulsan su adopción generalizada.

Es por eso por lo que los robots ya son parte del día a día en las fábricas y se espera según el informe “Mercado de internet de las cosas (IoT): crecimiento, tendencias, impacto de COVID-19 y pronósticos (2023 - 2028)” (Mordor Intelligence, 2022) que el valor de robots colaborativos alcanzara los 12 300 millones de dólares para el 2025. De igual manera en el informe “World Robotics 2023 Report: Asia ahead of Europe and the Americas” (The International Federation of Robotics, 2023) destaca el crecimiento continuo en la instalación anual de robots en las fábricas. Según el informe, en 2022 se registraron 553 000 robots instalados, y se prevé un aumento del 7% para el año 2023, alcanzando aproximadamente 593 000 robots en funcionamiento. Este crecimiento se proyecta mantenerse constante con un incremento del 7% anual hasta el 2026, totalizando 718 000 nuevos robots en la industria para ese año.

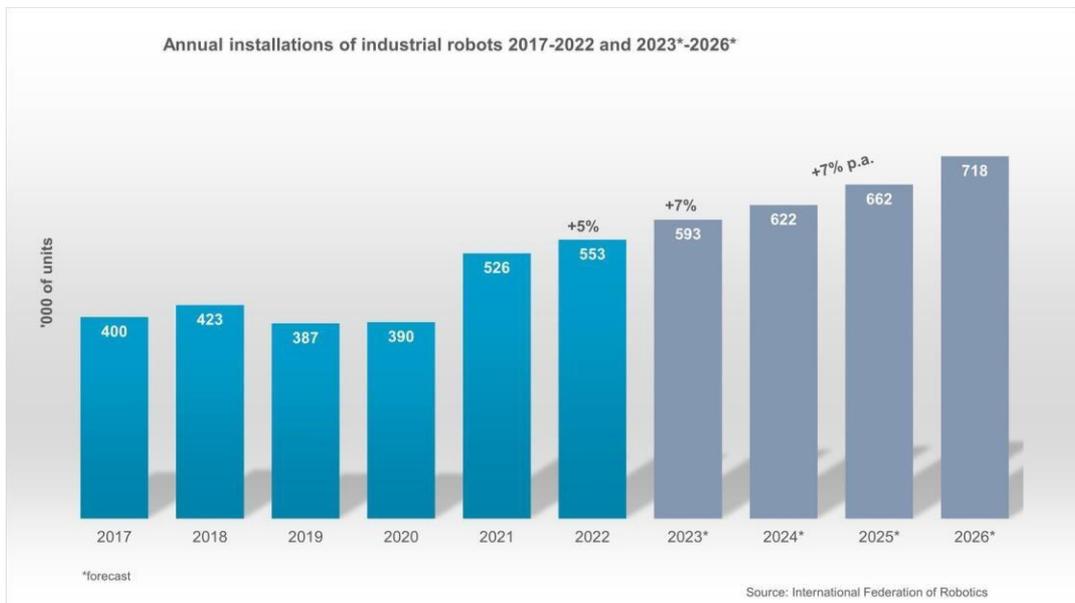


Gráfico 2. Instalación anual de robots industriales

Fuente: World Robotics 2023 Report: Asia ahead of Europe and the Americas (The International Federation of Robotics, 2023)

La Cuarta Revolución Industrial nos ofrece la oportunidad de acceder a la robótica autónoma, la cual presenta una amplia gama de beneficios en diversos sectores industriales. Entre estas ventajas destacan la mejora en la seguridad laboral, el incremento en la productividad, la reducción de errores, la optimización de procesos logísticos, además de otros beneficios significativos. Estos avances

en la robótica autónoma están transformando la manera en que se llevan a cabo las operaciones en la industria, proporcionando un panorama prometedor en términos de eficiencia y resultados mejorados.

Zara¹⁸ empresa de grupo Inditex, cuenta con hasta 14 fábricas automatizadas en España y en todas ellas se pueden encontrar decenas de robots autónomos, que entre sus tareas esta desde hacer corte de los patrones hasta el tinte de las telas para hacer las prendas. Al tener el en funcionamiento en sus fábricas las maquinas autónomas estas funcionan tan rápido que la empresa puede llevar un producto desde la etapa de diseño al piso de ventas en tan solo 10 días, con el enorme ahorro en los costes que eso supone.

Por otro lado, la empresa Amazon¹⁹ cuenta con más de 750 000 robots trabajando en sus almacenes alrededor del mundo, el objetivo de estos robots autónomos y con inteligencia artificial es ayudar a liberar carga de trabajo y mejorar la seguridad de los trabajadores humanos. Las funciones de los robots con los que cuentan hoy en día en sus almacenes son principalmente el desplazamiento por los grandes almacenes para transportar paquetes, cajas y otros ítems, de un lugar a otro. A su vez actualmente están probando con la incorporación de dos robots²⁰, uno de aspecto humanoide que su función es ayudar a mover, agarrar y ordenar mercancías. Y, por otro lado, crearon una máquina de embalaje que gracias a su inteligencia artificial y al ser autónoma, crea bolsas de papel a medida para cada producto, ayudando a reducir el volumen de material de embalaje que se usan en los miles de productos que envía la compañía.

Simulación/gemelos digitales

El gemelo digital, es una pieza fundamental de la Industria 4.0, es una representación virtual precisa de una máquina, producto o sistema del mundo real, basada en datos recopilados por sensores de IoT. Este gemelo virtual replica objetos físicos, como motores de aviones, componentes de automóviles o estructuras arquitectónicas, integrando información en tiempo real proveniente

¹⁸ <https://www.muyminteresante.es/actualidad/37692.html>

¹⁹ <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/amazon-tiene-cuatro-nuevos-robots-para-trabajar-sus-almacenes-autonomos-repletos-ia-para-liberar-carga-trabajo-a-humanos>

²⁰ https://www.lespanol.com/omicrono/tecnologia/20231020/robot-autonomo-amazon-jubilara-mozos-almacen-mueve-ordena-paquetes/803419865_0.html

de sensores y tecnologías de Big Data. Con la ayuda de la Inteligencia Artificial, el Cloud Computing y el Machine Learning (ML), estos datos son procesados para crear una réplica dinámica que emula, analiza y responde como su contraparte física.

Los gemelos digitales incorporan una red de sensores en objetos físicos, que recolectan datos sobre su funcionamiento, como producción de energía, temperatura y condiciones ambientales. Estos datos se transmiten y procesan para luego ser aplicados en la copia virtual, permitiendo realizar simulaciones, estudiar rendimientos y proponer mejoras. El objetivo principal es generar información valiosa que pueda ser aplicada nuevamente al objeto físico original para optimizar su funcionamiento y mantenimiento.

Estos presentan una gama amplia de ventajas y beneficios significativos. Incluyen la capacidad de monitorear los procesos en tiempo real de manera remota, permitiendo una supervisión constante y a distancia. Asimismo, posibilitan el mantenimiento predictivo al detectar y abordar problemas potenciales en las máquinas antes de que se conviertan en fallas mayores, lo que contribuye a minimizar tiempos de inactividad y costes. Además, gracias al análisis de datos e información, los gemelos digitales tienen la capacidad de identificar riesgos futuros, lo que proporciona a las empresas la oportunidad de tomar medidas preventivas. Por último, estos gemelos digitales facilitan la optimización de recursos al mejorar la eficiencia en la cadena de producción, lo que conduce a una mejora general en la productividad y calidad del trabajo realizado. A su vez en diversos aspectos industriales también podemos encontrar diversos beneficios. En el ámbito de la Investigación y Desarrollo (I&D), estos gemelos posibilitan una investigación más eficaz y un diseño de productos más acertado al proporcionar una amplia cantidad de datos sobre posibles resultados de rendimiento. Esto brinda a las empresas información clave que les permite optimizar sus productos incluso antes de iniciar la producción, reduciendo costes y mejorando la calidad. Además, una vez que un producto está en producción, los gemelos digitales continúan siendo útiles al reflejar y monitorear los sistemas de fabricación para mantener la máxima eficiencia en todo el proceso. Por último, en la etapa final del ciclo de vida del producto, los gemelos digitales ayudan a los fabricantes a tomar decisiones informadas sobre el tratamiento adecuado, como el reciclaje, al permitirles determinar qué materiales de los productos pueden recuperarse y reutilizarse de manera efectiva. Esta capacidad para proporcionar información valiosa en diferentes etapas del ciclo de vida del producto destaca la utilidad y la versatilidad de los gemelos digitales en la industria moderna.

A nivel mundial se proyecta según el informe de “Análisis del tamaño del mercado y las acciones de los gemelos digitales tendencias y pronósticos de crecimiento (2023-2028)” (Mordor Intelligence, 2022) que el mercado de gemelos digitales será valuado en 19 mil millones de dólares en 2023, experimente un notable aumento, alcanzando los 92 mil millones de dólares para el año 2028. Se anticipa un crecimiento constante con una tasa compuesta anual del 36,9% durante el período de pronóstico entre 2023 y 2028.

Empresas de carácter mundial están usando los gemelos digitales en algunas de las funciones que se comentaron con anterioridad algunas de ellas son:

Bosch²¹, la empresa fabricante a nivel mundial de productos electrónicos y electrodomésticos, en su planta en Dresde, ha integrado un extenso gemelo digital. Esta innovadora plataforma alberga una impresionante colección de más de 500 000 modelos en 3D. Gracias a esta tecnología, los empleados tienen la capacidad de llevar a cabo tareas de mantenimiento de manera más eficaz y remota. Además, el gemelo digital ofrece la oportunidad de optimizar las numerosas líneas de producción presentes en la planta, lo que se traduce en una gestión más eficiente y una mejora notable en la productividad.

La cadena de supermercados francesa Intermarché ²²ha desarrollado un gemelo digital de una de sus tiendas físicas mediante la recopilación de datos provenientes de estantes y sistemas de ventas habilitados para el Internet de las cosas. Esta implementación permite a los gerentes de tienda realizar una gestión sencilla del inventario y experimentar con diferentes diseños de la tienda para evaluar su efectividad.

Por otro lado, la empresa, Unilever PLC²³ está empleando gemelos digitales para mejorar y adaptar sus procesos de producción. Ha establecido modelos virtuales de sus plantas industriales, donde los sensores de IoT en cada sitio recopilan datos de rendimiento en tiempo real, como la temperatura y la velocidad del motor, los cuales son enviados a la nube empresarial. Mediante el empleo de análisis avanzados y algoritmos de aprendizaje automático, los gemelos digitales de IoT pueden simular escenarios hipotéticos complejos. Esto ayuda a identificar las condiciones operativas óptimas, permitiendo a los fabricantes emplear materiales con mayor precisión y reducir el desperdicio de productos que no

²¹ <https://www.europapress.es/motor/sector-00644/noticia-bosch-utiliza-inteligencia-artificial-fabrica-semiconductores-dresde-alemania-20210526163208.html>

²² <https://www.softq.com/blog/5-digital-twin-examples-in-different-industries>

²³ <https://www.softq.com/blog/5-digital-twin-examples-in-different-industries>

cumplen con los estándares de calidad. Actualmente, Unilever opera ocho gemelos digitales en distintas regiones como Norteamérica, Sudamérica, Europa y Asia.

Ciberseguridad

La ciberseguridad se ha convertido en un aspecto crucial en la era digital actual. Se refiere a las prácticas, tecnologías y procesos diseñados para proteger sistemas, redes, dispositivos y datos contra amenazas cibernéticas. Con el constante aumento de la conectividad, el almacenamiento de datos en la nube y la interconexión de dispositivos a través del Internet de las Cosas, la seguridad cibernética se vuelve aún más relevante. Los ciberataques pueden generar consecuencias devastadoras que van desde el robo de información confidencial hasta la interrupción de servicios esenciales, incluso dañando la reputación de una empresa. Estos incidentes representan un desafío significativo en la sociedad actual. Los diversos tipos de ataques cibernéticos se pueden clasificar en distintas categorías, cada una con sus propias características y riesgos particulares asociados:

- **Ataques de Ingeniería Social:** Esta técnica implica manipular a las personas para obtener información confidencial. Los ciberdelincuentes buscan persuadir a individuos para que revelen datos sensibles con el propósito de obtener ganancias o acceso a información privilegiada.
- **Ataques de Malware:** El malware comprende software malicioso como virus, gusanos, spyware y adware, capaces de infectar sistemas informáticos. Un ejemplo común es el ransomware, que bloquea el acceso a archivos o sistemas y exige un rescate para desbloquearlos.
- **Ataques al Internet de las Cosas (IoT):** Con el crecimiento exponencial de dispositivos IoT, los ciberataques se han diversificado. Estos dispositivos presentan múltiples vulnerabilidades, siendo susceptibles a ataques como el de intermediarios, de denegación de servicio (DoS), malware, ataques permanentes de denegación de servicio (PDoS) y ataques de día cero.
- **Amenazas Persistentes Avanzadas (APT):** Las APT involucran ataques sofisticados en múltiples etapas, permitiendo que los piratas informáticos se infiltren en redes sin ser detectados. Permanecen en la red durante

períodos prolongados para acceder a datos confidenciales o interrumpir servicios esenciales.

- **Ataques de Denegación de Servicio (DoS):** Estos ataques, incluyendo los ataques distribuidos de denegación de servicio (DDoS), buscan dejar temporal o indefinidamente inoperable un servidor o red. Esto se logra inundando el sistema con tráfico, impidiendo que los usuarios legítimos accedan a los servicios.

La diversidad de posibles ciberataques destaca la importancia de implementar medidas de ciberseguridad robustas. Estas medidas abarcan desde la instalación de firewalls y sistemas de detección de intrusiones hasta la encriptación de datos, la autenticación de múltiples factores y la formación del personal en prácticas de seguridad informática. En el contexto de la industria 4.0, prevenir tales ataques se convierte en una prioridad crucial para las empresas.

Las empresas ya están adoptando estrategias más integrales y avanzadas que involucran el monitoreo continuo de amenazas, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para detectar y responder rápidamente a posibles brechas de seguridad. Además, la colaboración entre entidades gubernamentales, empresas privadas y profesionales de la ciberseguridad se ha vuelto fundamental para compartir información, identificar patrones de ataque y desarrollar mejores prácticas de protección cibernética. Este enfoque integral busca fortalecer las defensas digitales y mitigar los riesgos en un entorno cada vez más interconectado y dependiente de la tecnología.

Según la “Guía Mundial de Gasto en Seguridad” (International Data Corporation (IDC), 2023), se proyecta que el gasto global en soluciones y servicios de seguridad alcance los 219 000 millones de dólares en 2023, lo que representa un incremento del 12,1% en comparación con 2022. Las inversiones previstas en hardware, software y servicios asociados a la ciberseguridad se aproximarán a los 300 000 millones de dólares en 2026. Este aumento se impulsa debido a la constante amenaza de ciberataques, la necesidad de garantizar entornos de trabajo seguros y la demanda de cumplir con las normativas de privacidad y gobernanza de los datos.

Empresas como Coca-Cola y Volkswagen, cuentan con protocolos de ciberseguridad, en el caso de Coca-Cola FEMSA²⁴ en México cuenta con un programa de gestión de riesgos de ciberseguridad, pero bien en junio del 2023

²⁴ <https://coca-colafemsa.com/wp-content/uploads/2023/06/23-06-12-Coca-Cola-FEMSA-Cybersecurity-Incident-Update.pdf>

tuvieron un incidente de ciberseguridad. Y gracias a su poder de detección activaron inmediatamente su protocolo de protección y respuesta de ciberseguridad, y llevaron a cabo una evaluación forense con la asistencia de expertos independientes para determinar el alcance del incidente.

Por otro lado, la empresa Volkswagen²⁵ creó una empresa aparte llamada Cymotive Technologies que se centra en la ciberseguridad en los coches y la industria automovilística, esta trabaja con empresas que fabrican automóviles para ayudarles a hacer sus vehículos más seguros contra los problemas de Internet y de computadoras. Les ofrecen servicios desde el inicio hasta el final, asegurado de que estos problemas no afecten a sus autos.

²⁵ <https://cso.computerworld.es/social-security/volkswagen-fundara-una-empresa-de-ciberseguridad-para-evitar-ataques-en-los-coches>

La convergencia tecnológica: del conjunto de tecnologías a la Smart Factory



Las smart factories, o fábricas inteligentes, representan el futuro de la manufactura industrial. Estas instalaciones utilizan tecnologías de vanguardia como las que se han mencionado con anterioridad: el internet de las cosas, la inteligencia artificial, el análisis de datos, la automatización avanzada para optimizar y revolucionar los procesos de producción, y otras tantas tecnologías.

Una fábrica digital inteligente opera mediante la integración de maquinaria, personal y grandes volúmenes de datos en un sistema interconectado digitalmente. Estos entornos, conocidos como smart factories, no se limitan únicamente a la recolección y análisis de datos; van más allá, aprendiendo de cada experiencia. La capacidad de interpretar y extraer información estratégica de conjuntos de datos les permite prever tendencias y eventos futuros. Además, estas fábricas inteligentes son capaces de recomendar y poner en marcha flujos de trabajo en fabricación y procesos automatizados, impulsados por el análisis predictivo.

Una característica distintiva de las smart factories es su búsqueda constante de mejoras en los procesos. Estas instalaciones se autocorrijen y optimizan de manera automática, generando un entorno adaptable y en constante evolución. No solamente son capaces de mejorar por sí mismas, sino que también tienen la capacidad de enseñar y empoderar a sus trabajadores humanos, brindando mayor resiliencia, productividad y seguridad en el entorno de trabajo.

Las tecnologías de smart factory aportan una serie de beneficios sustanciales a las empresas, principalmente en términos de productividad y eficiencia. Están especialmente diseñadas para minimizar la dependencia de prácticas reactivas, transformando la gestión de la cadena de suministro en un enfoque más resiliente y ágil, capaz de adaptarse con mayor rapidez a los cambios del entorno.

Además de la mejora en la gestión y la operatividad, estas tecnologías promueven la sostenibilidad y la seguridad en los procesos de fabricación. Permiten un uso más eficiente de los recursos, reduciendo el impacto ambiental y fomentando prácticas más amigables con el entorno. Al mismo tiempo, al implementar medidas avanzadas de seguridad, se protege la integridad de los datos y se minimiza el riesgo de amenazas cibernéticas.

Otro beneficio crucial es la mejora de la calidad de los productos y la experiencia del cliente. Al permitir una producción más precisa y controlada, las smart

factories aseguran la consistencia y fiabilidad de los productos. Esto se traduce en una mayor satisfacción del cliente al recibir productos de alta calidad y confiabilidad, fortaleciendo así la relación empresa-cliente y mejorando la reputación de la marca.

El mercado de las fábricas inteligentes según el informe “Análisis de tamaño y participación del mercado de fábricas inteligentes tendencias y pronósticos de crecimiento (2023 - 2028)” (Mordor Intelligence, 2023), se calcula en aproximadamente 323 mil millones de dólares en 2023, con una proyección de alcanzar los 514 mil millones para el año 2028. Se anticipa un crecimiento constante anual del 9,7% durante el período previsto (2023-2028) para este sector.

Existen numerosos ejemplos de empresas que ya cuentan con fabricas inteligentes. Siemens ²⁶es una empresa reconocida a nivel global en tecnología e ingeniería y líder en innovación en sectores como la electrificación, la automatización y la digitalización. La empresa cuenta con una smart factory en Wichita (Estados Unidos) en la cual se pueden encontrar tecnologías como gemelos digitales, plataformas industriales de IoT y análisis avanzados, para así mejorar considerablemente la calidad del producto.

General Electric también es otro ejemplo de smart factory. La empresa multinacional estadounidense está enfocada en la aplicación de la transformación digital y la innovación en los procesos de fabricación industrial. Para ello, han desarrollado el Proficy Smart Factory (MES), una serie de soluciones tanto locales como basadas en la nube, que integran tecnologías como el Internet de las Cosas, el Aprendizaje Automático y el análisis predictivo para mejorar el proceso de producción. A través del MES, logran en sus fábricas la conexión entre el mundo digital y físico, asegurando una gestión integral altamente eficiente de las operaciones.

²⁶ <https://www.muycomputerpro.com/2023/11/02/mejores-smart-factories>

El papel de las startups en la Industria 4.0



Principales tendencias en la Industria 4.0.

Hoy, nos encontramos en plena transformación digital de nuestra economía y convertir la industria en una industria inteligente se ha convertido en un objetivo prioritario a nivel global. Para su contribución, se ha creado una importante red de organizaciones que apuestan por la tecnología, la innovación abierta y el emprendimiento para promover el avance del sector.

Al mismo tiempo que las grandes corporaciones están adoptando gradualmente el paradigma de la Industria 4.0 con una tendencia creciente de automatización industrial para integrar nuevas tecnologías con el fin de mejorar el entorno laboral, crear nuevos modelos de negocio, aumentar la productividad y la calidad de los productos, la contribución de las startups juega un papel clave a la hora de superar los límites existentes.

En base a las tendencias de financiación y de inversión actuales, el aumento de la financiación inicial y los acuerdos de fusiones y adquisiciones es una métrica clave a considerar para la tendencia de crecimiento de la Industria 4.0 y las startups. Con relación al informe “The rise of Industry 4.0 in 5 stats” (IOT ANALYTICS, 2022):

- Por un lado, la financiación anual de las empresas emergentes activas en la Industria 4.0 ha aumentado un +319 % entre 2011 y 2021. En concreto, en el año 2021, se gastó un total de 2200 millones de dólares de financiación en empresas emergentes que desarrollan tecnología relacionada con la Industria 4.0.
- Por otro lado, se anunciaron un total de 2513 acuerdos en el período de 11 años. Aun así, es cierto que el número total de rondas de financiación disminuyó cuando llegó la COVID-19 en 2020 y últimamente también se ha visto afectado por la inflación y la desaceleración relacionada con la guerra.

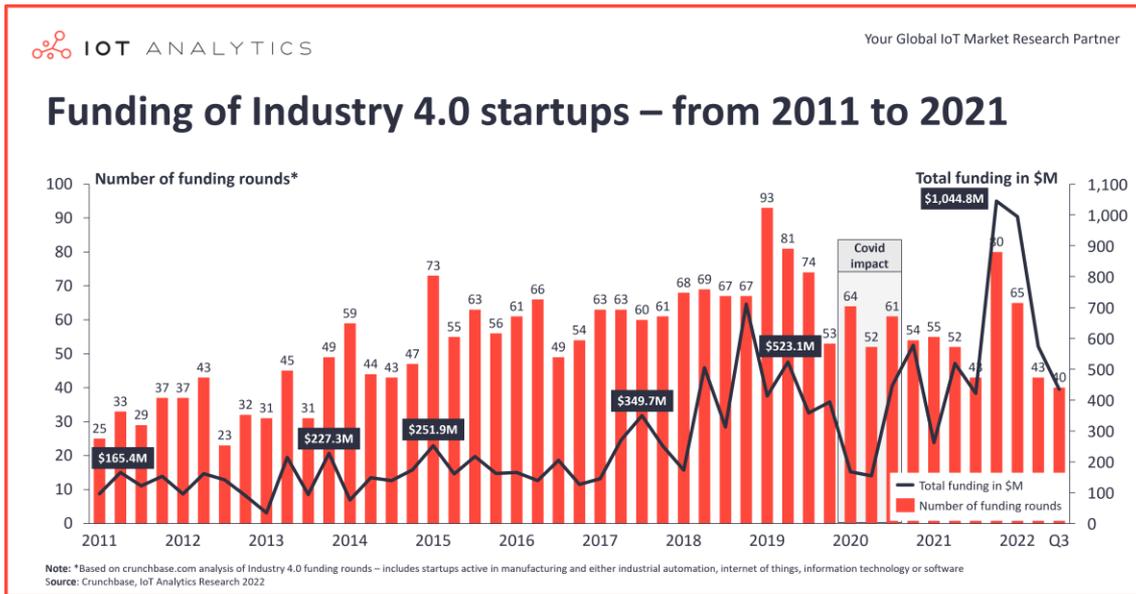


Ilustración 6. Financiación de startups en la Industria 4.0 (2011 -2021)
 Fuente: IOT ANALYTICS, 2022

Así, dos aspectos a destacar importantes sobre la necesidad de financiación en empresas emergentes tecnológicas y rápido crecimiento es que, en primer lugar, requieren una inversión inicial de capital significativa y, por otro lado, esto conlleva a que exista una demanda global de talento tecnológico cada vez superior, debido a las habilidades y el conocimiento requeridos para el desarrollo y la adopción de las nuevas tecnologías.

Según el informe “Industry 4.0 Trend Report” (StartUs insights, 2023), el empleo de técnicas de Inteligencia Artificial en dispositivos y procesos constituye la principal tendencia de la Industria 4.0, seguida de las tecnologías de Realidad Aumentada y Extendida, la Computación en la nube o las Redes y la Conectividad, entre otras. En total, tal y como se puede observar en la *Ilustración 6*, existen diez tecnologías principales con mayor impacto en las startups hoy en día. Esto se traduce a que, cada vez más, las empresas emergentes desarrollan soluciones para el lugar de trabajo industrial con el fin de garantizar la seguridad y la eficiencia del proceso de fabricación. Por ejemplo, la recopilación de datos mediante la implantación de la computación en la nube y en los bordes y el diseño de soluciones de ciberseguridad permiten a las empresas sentar las bases para la creación de fábricas inteligentes. Asimismo, las soluciones robóticas avanzadas que comprenden robots móviles autónomos y robótica de enjambre, así como el desarrollo de software robótico es también una parte importante de las tendencias de la industria 4.0.

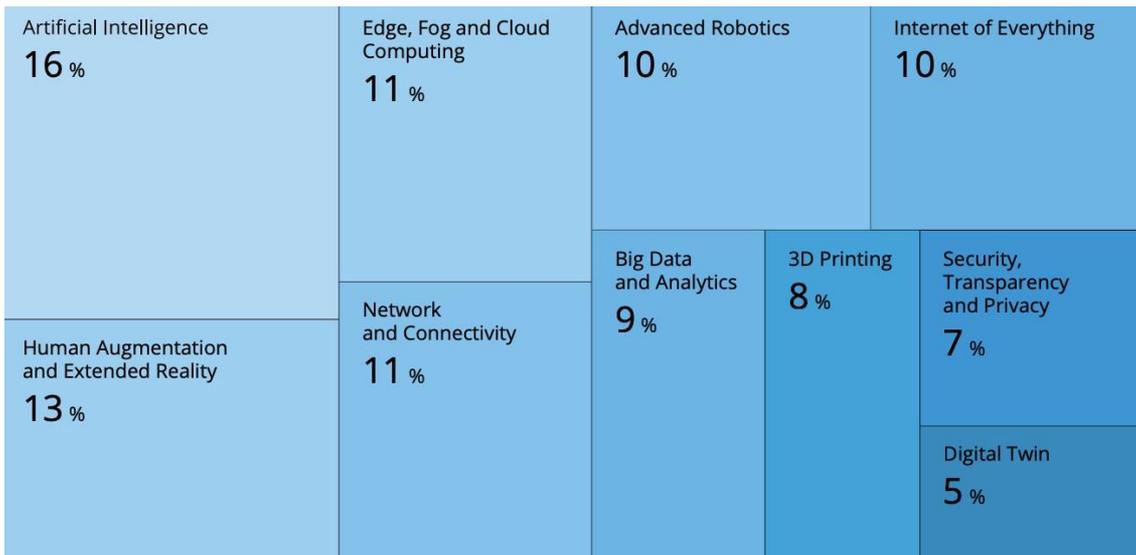


Ilustración 7. Tendencias más relevantes y su impacto en la Industria 4.0

Fuente: StartUs insights, 2023

No obstante, la Industria 4.0 está llena de desafíos para las empresas emergentes. Hoy, muchas empresas se plantean cómo podrían crear o mejorar sus empresas utilizando nuevas tecnologías y datos. Pero no siempre se atreven a asumir los riesgos asociados: la modernización requiere inversiones, y el periodo de amortización puede llevar años.

Al mismo tiempo, la fabricación basada en datos abre nuevos modelos de negocio y oportunidades de beneficio. Las tecnologías de datos aportan nuevos modelos de negocio de la Industria 4.0. Estos modelos ofrecen creación de valor basada en datos, nuevos actores en la cadena de valor, nuevas formas de cooperación entre empresas y nuevas formas de generar ingresos. Con ello, la nueva era de la Industria 4.0 está poniendo en primer plano la cuestión de cómo los actores industriales pueden capturar valor utilizando dichas tecnologías. Y es que, al utilizar herramientas y metodologías de estos campos, podemos crear un proceso replicable que supere las brechas del nuevo panorama industrial y que genere modelos extraídos directamente del conocimiento y la experiencia de los actores industriales.

Casos de uso de startups, empresas y agrupaciones empresariales emergentes de la Industria 4.0

Según el artículo de investigación “Business Model Generation for Industry 4.0: A “Lean Startup” Approach” (Atlantis Press, 2020), existen cuatro modelos de negocio definidos, experimentados y viables con la aparición de la Cuarta revolución industrial:

- **Fabricante.** Entidades productoras que implementan un entorno de producción impulsado por el Internet de las cosas.
- **Proveedor de tecnología.** Entidades que existen en la cadena de suministro de fabricación y proporcionan soluciones tecnológicas (por ejemplo, software, análisis, servicios en la nube, etc.) para otros actores de la Industria 4.0. No necesariamente tienen que proporcionar una plataforma completa, sino elementos tecnológicos que son esenciales para una fábrica “inteligente”.
- **Plataforma como servicio.** Entidades con una plataforma integrada, diseñada como un producto. Según este modelo, una empresa proporcionaría una plataforma para la Industria 4.0, que actuaría como una solución *plug-and-play* para las partes relevantes a lo largo de la cadena de valor.
- **Mercado de datos de la Industria 4.0.** Entidades que generalizan el uso de datos. El mercado de datos de la Industria 4.0 trata con partes interesadas que podrían organizarse dentro de una plataforma para ayudarles a vender y comprar datos, creando valor a partir de la disponibilidad de datos que de otro modo estarían desorganizados e inalcanzables. Un actor con este modelo de negocio podría facilitar que otros actores de la Industria 4.0 que no estén preparados o no sean capaces de utilizar los datos que ellos mismos producen adquieran una nueva fuente de ingresos.

Independientemente del modelo de negocio, cada vez son más las entidades emergentes con un caso de éxito diferencial con relación a la Industria 4.0, que se benefician de las oportunidades de transformación y beneficios que aportan al sector. Estas empresas de nueva creación, conocidas como startups, tienen

en común la disposición a acceder a las nuevas tecnologías, de manera que les permitan acelerar su transformación y ser más competitivas.

A continuación, se muestra una selección de empresas tecnológicas emergentes de gran potencial y con prometedores modelos de negocio que se sustentan en la incorporación de las principales tecnologías de mayor impacto en la Industria 4.0 (tal y como se puede observar en la Ilustración 6).

Inteligencia Artificial

Nombre de la empresa: Mistral AI

Web: <https://mistral.ai/>

Año de fundación: 2019

País: Francia

Área de especialización: Industria

Descripción principal: La empresa se especializa en crear modelos de IA potentes, útiles y eficientes desde el punto de vista computacional, con un fuerte enfoque investigador y una mentalidad empresarial acelerada.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Mistral AI, impulsa la IA para servir a la comunidad abierta y a sus clientes empresariales. Están comprometidos a impulsar la revolución de la IA mediante el desarrollo de modelos de peso abierto que están a la par con las soluciones propietarias.

Nombre de la empresa: Oqton

Web: <https://oqton.com/>

Año de fundación: 2017

País: Estados Unidos

Área de especialización: Fabricación

Descripción principal: Plataforma basada en IA para integrar los datos con el fin de racionalizar la producción y el rendimiento de las fábricas.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: La plataforma basada en la nube integra y utiliza datos de todas las fases del ecosistema industrial, como el diseño, la producción y la cadena de suministro. Con el tiempo, la IA aprende continuamente de estos datos para generar información crítica que mejore la productividad general.

Realidad Aumentada y Extendida

Nombre de la empresa: ULS Robotics

Web: www.ulsrobotics.com

Año de fundación: 2018

País: China

Área de especialización: Industria

Descripción principal: Startup que desarrolla una plataforma tecnológica de exoesqueletos.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Muchos trabajadores del taller sufren fatiga, debilidad y otras molestias físicas debido a la naturaleza repetitiva y monótona de sus tareas. El uso de exoesqueletos en el taller ayuda a los trabajadores a realizar sus tareas de forma eficiente esfuerzo físico. Los exoesqueletos suelen proporcionar apoyo para la cintura, las extremidades superiores y las extremidades inferiores.

Nombre de la empresa: Bexreal

Web: <https://bexreal.com/>

Año de fundación: 2020

País: España

Área de especialización: Fabricación

Descripción principal: La empresa mediante la Realidad aumentada y la mixta AR/XR buscan transformamos la forma de hacer las cosas en la industria.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Bexreal se especializa en la transformación de la fuerza laboral hacia un enfoque adaptado a los trabajadores 4.0, al mismo tiempo que optimizamos sus procedimientos operativos mediante flujos digitales fáciles de implementar y aprovechar. Su enfoque garantiza el acceso oportuno, ubicuo y con modalidad “manos libres” a toda la información crucial en el momento y lugar pertinentes. Además, colabora estrechamente para implementar nuevos servicios como asistencia remota, reuniones inmersivas, guías autoformativas y herramientas de inteligencia empresarial, adaptándonos a sus necesidades específicas.

Computación en la nube (Cloud Computing)

Nombre de la empresa: Edgise

Web: <https://www.edgise.com/>

Año de fundación: 2019

País: Bélgica

Área de especialización: Industria

Descripción principal: La startup belga Edgise ofrece desarrollo de hardware como un servicio para aplicaciones informáticas de vanguardia.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial:

Edgise visualiza escenarios donde los sistemas inteligentes y sostenibles puedan generar beneficios tanto en la Tierra como en el espacio y otros ámbitos.

Mejores prácticas: Las instalaciones de Edge computing, junto con IIoT (Internet industrial de las cosas), mejoran en gran medida la velocidad, la seguridad y la eficiencia del proceso de fabricación proceso de fabricación al acelerar la ejecución de algoritmos.

Nombre de la empresa: Atrio

Web: <https://atrio.io/features/#>

Año de fundación: 2018

País: Estados Unidos

Área de especialización: Industria

Descripción principal: Plataforma de computación única definida por software.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Las capacidades de computación en nube mejoran de fabricación al proporcionar información rápida sobre todos los pasos de la fabricación. La plataforma creada por Atrio ofrece una única red informática que integra una infraestructura común y servicios y servicios en la nube para crear, gestionar y operar entornos híbridos y multinube.

Mejores prácticas: La empresa crea servicios computacionales en la nube de alto rendimiento para empresas y ofrecen un mercado informático, sin ser un proveedor de servicios en la nube.

Redes y conectividad

Nombre de la empresa: BehrTech

Web: <https://behrtech.com/solutions/manufacturing/>

Año de fundación: 2018

País: Canadá

Área de especialización: Industria

Descripción principal: Startup canadiense que desarrolla MIOTY, una solución LPWAN estandarizada por el European Telecommunications Standards Institute para IIoT. Las soluciones LPWAN son ideales para conectar numerosas máquinas en complejos industriales, ya que tienen un alcance suficiente y unos bajos costes de implementación.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Mejora la calidad y el control de la producción, la seguridad de los trabajadores, el cumplimiento de la normativa y la gestión energética con la conectividad inalámbrica MYTHINGS para redes de sensores.

Nombre de la empresa: Coretigo

Web: <https://www.coretigo.com/technology/>

Año de fundación: 2017

País: Israel

Área de especialización: Fabricación

Descripción principal: Startup que ofrece un servicio de comunicación inalámbrica IIoT basado en el estándar inalámbrico IO-Link. es un protocolo de comunicación que funciona punto a punto y está normalmente por cable.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Ayuda en la comunicación inalámbrica entre sensores, actuadores y controladores. Permite manejar un gran número de dispositivos manteniendo una baja latencia y alta fiabilidad.

Robótica avanzada

Nombre de la empresa: ROBCO

Web: <https://www.robco.de/>

Año de fundación: 2020

País: Alemania

Área de especialización: Fabricación

Descripción principal: Startup alemana que desarrolla kits de robots modulares y soluciones de automatización basadas en software.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: La guía de automatización robótica de la startup propone la configuración del robot más adecuada junto con una formación virtual basada en escaneos líder del entorno de producción. Además, los robots son plug-and-play, cuentan con múltiples tamaños para una personalización masiva y utilizan interfaces y análisis basados en la nube.

Nombre de la empresa: Mantis Robotics

Web: <https://www.mantis-robotics.com/>

Año de fundación: 2020

País: Estados Unidos

Área de especialización: Fábricas y almacenes

Descripción principal: Startup que desarrolla robots receptivos para fábricas y entornos de almacén flexibles. Utilizan detección táctil y tecnología de movimiento de seguridad para eliminar la necesidad de vallas y dispositivos de seguridad externos.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: La compañía está desarrollando los primeros robots con capacidad de adaptación en entornos de fabricación y almacenes versátiles, donde humanos y robots pueden colaborar sin comprometer la eficiencia.

Mejores prácticas: La solución hace que los entornos de trabajo con humanos y robots colaborativos sean mucho más seguros al tiempo que reduce el espacio que ocupan los sistemas robóticos actuales.

Nombre de la empresa: Sesto Robotics

Web: <https://www.sestorobotics.com/>

Año de fundación: 2017

País: Singapur

Área de especialización: Logística industrial

Descripción principal: Empresa especializada en el desarrollo y la fabricación de robots móviles autónomos para aplicaciones industriales. Estos robots se utilizan principalmente en entornos de fabricación y logística para llevar a cabo tareas de transporte y manipulación de materiales de manera autónoma y segura.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Los robots móviles autónomos de Sesto Robotics están diseñados para colaborar con los trabajadores en el entorno de trabajo, mejorando la eficiencia operativa y optimizando los flujos de trabajo en la industria.

Nombre de la empresa: Theker Robotics

Web: <https://www.sestorobotics.com/>

Año de fundación: 2022

País: España

Área de especialización: Industria

Descripción principal: Es una plataforma tecnológica que combina hardware y software para facilitar la implantación de robots en procesos de fabricación destacando la industria energética y el medio ambiente.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: La plataforma está diseñada para simplificar el proceso de implementación de robots. La empresa tiene el acceso a todos los tipos de robots y soluciones de IA, siempre adoptando la última tecnología y ofreciendo un precio competitivo para automatizar sus procesos a la medida de sus necesidades.

Mejores prácticas: Más de 100 entidades confían en sus tecnologías.

Big Data y Analítica

Nombre de la empresa: Xentara

Web: <https://xentara.io/>

Año de fundación: 2020

País: Alemania

Área de especialización: Fabricación

Descripción principal: Plataforma de convergencia, control y comunicaciones industriales universales con capacidad en tiempo real.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: La empresa cuenta con una amplia gama de habilidades para todo tipo de propósitos diferentes y crece continuamente.

Nombre de la empresa: Curiosity

Web: <https://curiosity.ai/>

Año de fundación: 2018

País: Alemania

Área de especialización: Industria y empresas

Descripción principal: Plataformas de software para extraer conocimientos de datos estructurados y no estructurados. La plataforma se integra con la infraestructura de datos existente de datos existente y proporciona conocimientos accesibles industrial.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Curiosity combina todas las fuentes de datos relevantes en un grafo de conocimiento que posteriormente ayuda a crear herramientas personalizadas de búsqueda y exploración.

Nombre de la empresa: Qsee

Web: <https://qsee.io/>

Año de fundación: 2019

País: Israel

Área de especialización: fabricación

Descripción principal: Desarrolla herramientas de análisis prescriptivo y predictivo para fabricantes. El software es capaz de predecir los resultados de calidad del producto para cada lote de producción e incluso para productos individuales.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Qsee realiza análisis de causas en las unidades de fabricación para identificar los factores ocultos que contribuyen a la baja productividad y envía alertas para evitar los tiempos de inactividad.

Mejores prácticas: Los fabricantes inteligentes están utilizando la tecnología de QSEE para mejorar la productividad de sus plantas y, al mismo tiempo, evitar incumplimientos, ahorrar en costes operativos, energía y contaminación ambiental.

Internet de las Cosas

Nombre de la empresa: Dfxbot

Web: <https://dfxbot.com/>

Año de fundación: 2020

País: India

Área de especialización: Fábricas y almacenes

Descripción principal: Startup que crea sensores basados en IoT para el seguimiento y la gestión de inventario en tiempo real. Aprovechan la informática de vanguardia para comunicar datos de inventario en tiempo real con registros completos de todas las transacciones de inventario.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: La startup ofrece un panel interactivo con información sobre el uso, el tiempo del ciclo y los gastos de inventario.

Nombre de la empresa: iSIMplatform

Web: <https://isimplatform.io/>

Año de fundación: 2020

País: Turquía

Área de especialización: Industria

Descripción principal: Plataforma de orquestación de IoT que permite gestionar todos los sensores en una única plataforma independientemente de la marca y el modelo. Plataforma de software para digitalizar los equipos y las operaciones de las fábricas. Gestiona sistemas industriales inteligentes e integrados a través de mapas y modelos 2D y 3D.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: La característica distintiva de iSIMPlatform reside en su diseño arquitectónico innovador que posibilita la creación de infraestructuras requeridas para conectar eficientemente todos los subsistemas. Esto implica correlacionar datos recolectados, tomar decisiones automáticas y llevar a cabo análisis de tendencias y predicciones a través del equipo de Big Data.

Nombre de la empresa: Comulus

Web: <https://cumulusds.com/>

Año de fundación: 2018

País: Estados Unidos

Área de especialización: Industria

Descripción principal: Comulus se especializa en soluciones de gestión de datos y servicios en la nube. Ofrece productos y servicios centrados en almacenamiento, gestión y análisis de datos, así como en infraestructura de nube. La empresa proporciona herramientas y servicios para ayudar a las empresas a optimizar su manejo de datos, permitiendo la escalabilidad, la seguridad y la eficiencia en la gestión de la información.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: La empresa se ha utilizado para más de 7 000 000 trabajos completados con éxito en sitios y proyectos como el suyo. Su tecnología especialmente diseñada es muy apreciada por los equipos de campo y de oficina.

Fabricación aditiva (Impresión 3D)

Nombre de la empresa: AMBOTS

Web: <https://ambots.net/>

Año de fundación: 2018

País: Estados Unidos

Área de especialización: fabricación

Descripción principal: Solución autónoma de fabricación aditiva haciendo uso de robots enjambre. La startup AMBOTS resuelve este cuello de botella utilizando un método propio de impresión 3D basado en trozos.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Los diseños digitales se dividen en tareas más pequeñas que realizan varios tipos diferentes de robots. En la actualidad, la fabricación aditiva está limitada por el tamaño del producto.

Mejores prácticas: su misión es acelerar la transición a una civilización con fabricación totalmente autónoma y bajo demanda.

Nombre de la empresa: Exaddon

Web: <https://www.exaddon.com/>

Año de fundación: 2019

País: Suiza

Área de especialización: fabricación

Descripción principal: Ofrece un sistema de CERES, que imprime a escala micrométrica.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: CERES utiliza tecnología electroquímica para lograr microfabricación, realizando el proceso a temperatura ambiente y eliminando el postprocesado. El sistema imprime objetos metálicos complejos de tamaños comprendidos entre 1 micrómetro y 1.000 micrómetros.

Mejores prácticas: Exaddon es la primera y única tecnología disponible actualmente en el mercado, con capacidad para imprimir en 3D muestras complejas a mesoescala, como microláminas, microrresortes, micropilares y muestras microtensiles con resolución submicrométrica.

Ciberseguridad, Transparencia y privacidad

Nombre de la empresa: Alias Robotics

Web: <https://aliasrobotics.com/>

Año de fundación: 2017

País: España

Área de especialización: Industria

Descripción principal: Startup que desarrolla un sistema inmunitario para robots (RIS), una plataforma de protección de puntos finales para robots.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: La empresa también ofrece una grabadora de datos segura para investigar ciberataques o fallos de funcionamiento en robots.

Mejores prácticas: La empresa también ofrece una grabadora de datos segura para investigar ciberataques o fallos de funcionamiento en robots.

Nombre de la empresa: Adolus

Web: <https://adolus.com/>

Año de fundación: 2017

País: Canadá

Área de especialización: Industria

Descripción principal: Startup que ofrece un proceso de actualización seguro para dispositivos integrados.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Los ciberdelincuentes pueden interferir en el proceso de actualización y poner en peligro las instalaciones industriales engañando al personal para que instale archivos infectados. Adolus desarrolla FACT, que resuelve este problema trabajando con los proveedores de equipos para recopilar huellas dactilares únicas de los archivos y las compara con las recibidas por los fabricantes.

Gemelo Digital

Nombre de la empresa: i4Twins

Web: <https://i4twins.com/>

Año de fundación: 2021

País: Canadá

Área de especialización: Industria

Descripción principal: Startup canadiense que crea una plataforma de gemelos digitales sin código para construir, validar, simular y probar diseños industriales.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Además, la plataforma abierta admite múltiples sistemas operativos, utiliza inteligencia artificial (IA) y contiene un repositorio para compartir y administrar diseños y descripciones.

Nombre de la empresa: WareBee

Web: <https://warebee.com/>

Año de fundación: 2021

País: Reino Unido

Área de especialización: Logística industrial

Descripción principal: Startup con plataforma de gemelo digital para automatizar los procesos de toma de decisiones en las operaciones de almacén. Guía a los usuarios a través del proceso de creación de un modelo 2,5D de almacenes. Esto incluye piso, áreas y zonas, tipos de pasillos, límites de acceso, perfiles de estanterías y más. Además, los modelos de la plataforma cuentan con vista de ubicación y compartimento de existencias, información de artículos y visualización de secuencia de ruta de selección.

Resultados y beneficios diferenciales/Valor diferencial: Los análisis de almacén de la plataforma brindan además a los gerentes de almacén decisiones basadas en datos, mientras que su auditoría de almacén automatiza el monitoreo del cumplimiento y reduce los riesgos.

La Industria 4.0 y el sector público



Políticas e iniciativas de la UE relacionadas con la digitalización industrial

Europa 2020 representa la estrategia de la Unión Europea para el período 2010-2020. Entre las destacadas "iniciativas emblemáticas" de este plan se encuentra "Una agenda digital para Europa", diseñada con el propósito de aprovechar los beneficios económicos y sociales sostenibles derivados de un mercado único digital. En concordancia con este objetivo, la Comisión inició la implementación de la estrategia para el mercado único digital de la Unión Europea en 2015.

En el marco de la estrategia para el mercado único digital y por impulso del Consejo, en abril de 2016, la Comisión lanzó la iniciativa llamada "Digitalización de la Industria Europea" (DIE). En el ámbito industrial, la influencia de la UE se limita a respaldar las acciones de los Estados miembros. Así, la iniciativa se fundamenta en una "Comunicación" de la Comisión en lugar de un reglamento de la UE. La meta de la Comisión es brindar apoyo a los Estados miembros en la formulación e implementación de sus estrategias de digitalización. Aunque la elección de una comunicación facilita la interacción rápida con los Estados miembros y el sector privado, carece de poder normativo. El propósito de esta iniciativa, de carácter no vinculante, es fortalecer la competitividad de la UE en el ámbito de las tecnologías digitales y asegurar que todas las empresas europeas, sin importar su sector o ubicación, y sin importar su tamaño, puedan aprovechar plenamente las innovaciones digitales.

Según la Comunicación, se espera que la iniciativa DIE movilice hasta 50 000 millones de euros en inversiones públicas y privadas a nivel de la UE, tanto a nivel nacional como regional, en un plazo de cinco años desde su inicio en 2016. Aunque se especifica claramente el importe de la financiación de la UE en gestión directa, la Comunicación no detalla los montos de otras fuentes de financiamiento de la UE. La iniciativa DIE se basa en las iniciativas nacionales relacionadas con la digitalización de la industria y las complementa, organizándose en torno a cinco pilares fundamentales.



Ilustración 8. Iniciativas nacionales relacionadas con la digitalización
Fuente: Tribunal de Cuentas Europeo.

En 2018, la Comisión introdujo la propuesta del primer programa Europa Digital, diseñado para el período 2021-2027 y respaldado por un presupuesto de 9 200 millones de euros. Este programa, bajo la gestión de la Comisión, se propuso contribuir a la iniciativa DIE. Los fondos asignados se sumarían a otros recursos disponibles para la digitalización industrial entre 2021 y 2027, como Horizonte Europa y los Fondos EIE. Europa Digital se concentraría en cinco áreas clave: informática de alto rendimiento, inteligencia artificial, ciberseguridad y confianza, capacidades digitales avanzadas, y el despliegue y mejor uso de las capacidades digitales e interoperabilidad.

De acuerdo con la propuesta, aproximadamente el 10% de los fondos se destinarían a los centros de innovación digital, con el propósito de establecer capacidades en toda la Unión Europea. Estos centros, concebidos como centros de conocimientos técnicos, serían cofinanciados por los Estados miembros y tendrían la función de respaldar el desarrollo digital de las empresas locales.

En abril de 2020, tanto el Consejo como la Comisión presentaron conjuntamente al Parlamento una "Hoja de ruta para la recuperación" después del brote de coronavirus, con el objetivo final de construir una Europa más resiliente, sostenible y justa. Este plan destaca que la transición ecológica y la transformación digital desempeñarán "un papel central y prioritario en la reactivación y modernización de nuestra economía".

En la reunión del Consejo de Ministros celebrada el 27 de abril de 2021, se otorgó la aprobación al Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR).

Este plan establece la estrategia española para el periodo 2021-2025, con el objetivo de emplear los fondos asignados por Europa para abordar los impactos de la crisis del COVID-19 mediante una serie de reformas e inversiones. El PRTR español recibió la aprobación de las instituciones europeas a través del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (MRR) durante la reunión del Consejo de Asuntos Económicos y Financieros de la Unión Europea (ECOFIN) el 13 de julio de 2021.

El PRTR se organiza en torno a cuatro ejes transversales: transición ecológica, transformación digital, cohesión social y territorial, e igualdad de género. Estos ejes se concretan mediante diez políticas palanca y 30 componentes que conforman un programa compuesto por 102 reformas y 110 inversiones, con un horizonte temporal hasta el año 2023. Cada componente se focaliza en un desafío u objetivo específico, incorporando reformas e inversiones destinadas a alcanzar dichos objetivos o superar los desafíos.

Dentro de las diez políticas palanca del Plan, el Ministerio de Trabajo y Economía Social (MITES) participa en cuatro componentes, presentando inversiones para los años 2021-2023 por un total de 2647 millones de euros. Estos cuatro componentes incluyen:

1. En la política palanca 4, "Una Administración para el siglo XXI", el componente 11 se enfoca en la "Modernización de las Administraciones públicas".
2. Dentro de la política palanca 6, "Pacto por la ciencia y la innovación. Refuerzo a las capacidades del Sistema Nacional de Salud", el componente 18 aborda la "Renovación y ampliación de las capacidades del Sistema Nacional de Salud".
3. En la política palanca 7, "Educación y conocimiento, formación continua y desarrollo de capacidades", el componente 19 se centra en el "Plan Nacional de Competencias Digitales (digital skills)".
4. Dentro de la política palanca 8, "Nueva economía de los cuidados y políticas de empleo", el componente 23 trata las "Nuevas políticas públicas para un mercado de trabajo dinámico, resiliente e inclusivo".

Políticas e iniciativas españolas relacionadas con la digitalización industrial

Desde 2015, la Secretaría General de Industria y de la PYME ha venido desarrollando la estrategia de Industria Conectada 4.0, reconociendo la importancia y trascendencia de la transformación digital para el sector industrial.

La mencionada estrategia se gestó a través de un proceso participativo en el que tanto el sector público como el privado no solo analizaron los desafíos que enfrenta la industria en esta cuarta revolución industrial, sino que también contribuyeron al contenido de la estrategia destinada a guiar la transformación digital de las empresas industriales.

La estrategia Industria Conectada 4.0 se orienta hacia tres objetivos fundamentales:

1. Aumentar el valor añadido industrial y fomentar el empleo cualificado en el sector.
2. Impulsar un modelo industrial futuro para la industria española, promoviendo los sectores industriales futuros de la economía y fortaleciendo la oferta local de soluciones digitales.
3. Desarrollar palancas competitivas diferenciales que beneficien a la industria española e impulsen sus exportaciones.

Estos objetivos principales se concretan en un plan que abarca cuatro líneas de actuación y ocho áreas estratégicas, cada una con sus correspondientes iniciativas.



Ilustración 9. Líneas de actuación y estratégicas
 Fuente: *Industria Conectada 4.0 – Estrategia Nacional IC 4.0*

Las diversas labores y colaboraciones realizadas dentro del marco del Grupo de Trabajo de Administraciones Públicas han permitido identificar las diversas iniciativas implementadas por todas las Administraciones Públicas en España para promover la Industria 4.0.

A continuación, se muestra una actualización del trabajo realizado por el departamento nacional de Industria Conectada 4.0 y tiene por objetivo establecer un marco comparativo entre regiones para determinar aquellos puntos que puedan ser de interés para la administración pública madrileña.

Políticas e iniciativas regionales relacionadas con la digitalización industrial

Para establecer un marco que permita comparar las diferentes iniciativas y estrategias definidas a nivel territorial en España, se ha tomado como referencia el trabajo realizado por Industria Conecta 4.0 en 2020 y se ha actualizado con la información más reciente. A través del benchmarking propuesto, se pueden conocer las grandes áreas de trabajo de las CCAA en materia de industria 4.0 y observar las diferencias entre unas y otras, poniendo en el centro a la Comunidad de Madrid y sus actuaciones sobre este campo.

Según el mapa de la industria 4.0 desarrollado por Atlas Tecnológico (2021), se han identificado un total de 1633 empresas en diversos sectores relacionados con esta industria. Estas empresas se distribuyen en áreas como la Consultoría Tecnológica e Informática (275), la Automatización e Industrialización de Procesos (182), la Fabricación aditiva y la impresión 3D (90), el Internet de las Cosas, IoT (179), el Análisis de Datos y el Big Data (196), el Cloud Computing (95), la Robótica (75), la Realidad Aumentada (39), la Ciberseguridad (95), la Inteligencia Artificial (99), los vehículos autónomos -Automatic Guided Vehicle- (13), el Prototipado (57), la Smart City (69), el Diseño Industrial (129), y el desarrollo de Software (268).

De este conjunto de empresas, 504 tienen su sede en Cataluña, 357 en la Comunidad de Madrid, 277 en la Comunidad Valenciana, 171 en Murcia, 155 en Castilla y León, 106 en el País Vasco, 96 en Andalucía, 60 en Aragón, 41 en Galicia, 33 en Asturias, 21 en Navarra, 15 en Extremadura, 13 en Cantabria, 10 en Castilla la Mancha, 9 en La Rioja, 7 en Canarias y 1 en Baleares. Estos datos proporcionan una visión detallada de la distribución geográfica de las empresas involucradas en el panorama de la Industria 4.0 en España.

España

Iniciativas de sensibilización

- Concienciación y Comunicación:
 - Congreso Anual Industria Conectada 4.0
 - Premios Nacionales Industria Conectada 4.0
 - Página web Industria Conectada 4.0
 - Boletín Informativo IC4.0
 - Cuenta de Twitter
 - Catálogo de Iniciativas Regionales para el Fomento de la Industria 4.0
- Formación académica y laboral. Iniciativas y programas en colaboración con la Escuela de Organización Industrial:
 - Programas Apoyo COVID-19
 - Inmersión Digital Industria COVID-19

Iniciativas estratégicas

- Estrategia Nacional Industria Conectada 4.0:
 - Estrategia para impulsar la digitalización de la industria española
 - Modelo de gobernanza público-privado
 - Red europea de DIH: selección de DIH nacionales
 - Marco regulatorio y estandarización: Especificaciones UNE 0060-2018 y 0061- 2019

Iniciativas de asesoramiento

- Herramienta de Autodiagnóstico Digital Avanzada: HADA
- Programa ACTIVA Industria 4.0
- Programa ACTIVA Ciberseguridad

- Programa 12 Retos de la Industria 4.0
- Programa Crecimiento Empresarial

Iniciativas de apoyo financiero

- Programa de Financiación Industria Conectada 4.0
- Programa de Apoyo a las Agrupaciones Empresariales Innovadoras con enfoque 4.0:
 - Convocatoria 2020 publicada en BOE nº 152 de 29 de mayo de 2020.

Cataluña

Iniciativas de sensibilización

- Presencia en congresos de referencia: IoT Solutions World Congress, Advanced Factories Expo & Congress, In(3D)ustry, Smart City Expo & World Congress, Mobile World Congress, Big Data Congress, Fórum Industria 4.0, HannoverMesse, etc.
- Informes tecnológicos: sobre oferta tecnológica 4.0 disponible en Cataluña y oportunidades de negocio (IoT, 3D Printing, AI, 5G, Ciberseguridad, etc.)
- Desayunos de Innovación: divulgación buenas prácticas de empresas a partir de experiencias sobre Industria 4.0.
- MarketPlace Industry 4.0: talleres dinamización oferta de tecnología Industria 4.0 y demanda industrial.
- Formación Industria 4.0: “Programa de inmersión digital en Industria 4.0. Programa para directivos de pymes” (Fundación EOI) + “Curso Industria 4.0” para profesionales de empresas industriales.
- Misiones tecnológicas: en el ámbito de la Industria 4.0 (Formnext).

Iniciativas estratégicas

- Programa ProACCIÓ 4.0: programa de ayudas y servicios 4.0 dirigido a pymes. Ventana única en para sensibilizar, acompañar y asesorar las empresas catalanas.
- Acuerdo estratégico "Pacto Nacional para la Industria" en Cataluña: con un eje específico en "Industria 4.0 y digitalización" orientado a acompañar a la empresa en su proceso de transformación digital.
- Plataformas de Networking: CatLabs, IoT Catalonia Alliance, Catalonia Smart Drone, Robótica Industrial, Industrial Ring, etc.
- Programa Cataluña Clústers: iniciativas de colaboración empresarial, muchas con grupos de Trabajo Industria 4.0.
- Impulsar infraestructuras estratégicas vinculadas a la Industria 4.0: "Digital Innovation Hub de Cataluña" y despliegue de servicios asociados (en definición). "DIHs locales" ya operativos (IAM 3D HUB, Catalonia AI DIH, 5GBarcelona, EcoSysTem Hub for high performMance compUting , etc..)
- 4Motors of Europe, grupo de trabajo "Industria del futuro".

Iniciativas de asesoramiento

- Europa: acompañamiento a empresas a "Work Programmes H2020" (ámbitos Industria 4.0). Se incluye la participación como agencia, en proyectos europeos de impacto en la empresa
- Grandes proyectos de I+D+I: con empresas, agentes I+D y entidades sectoriales (subvención) como programa Nuclis I+D (proyectos de empresas colaborativos e internacionales) - (subvención)
- Programa INNOTECH (pymes): I+D Industria 4.0 (subvención)
- Tecnospring INDUSTRY: ayuda del 100% de la contratación de personal de I+D experimentado durante 2 años (subvención).
- Cupones a la Industria 4.0, subvenciones a Pymes para contratación de servicios de asesoramiento a proveedores acreditados para la realización de Diagnosis 4.0, o la implementación de actuaciones 4.0

- ICF Industria 4.0: Préstamos para proyectos de Industria 4.0 - Pymes (> 200.000 €) y grandes empresas (> de 800.000 €). Hasta 80% de la inversión (bonificación hasta 2% del tipo de interés).

Iniciativas de apoyo financiero

- Servicio de orientación en Industria 4.0 a la empresa: - Servicio diagnóstico avanzado 4.0 a la pyme (en definición) - Oficina de transformación digital de Cataluña (SecartysRed.es) - Servicio de orientación en manufactura 3D
- Mapa de capacidades tecnológicas 4.0 en Cataluña: Portal “Industry 4.0 Technology suppliers” (en elaboración) asociado al “Catalonia Industry Suppliers”
- Directorios de proveedores con capacidades en Industria 4.0: Barcelona & Catalonia Startup Hub, TECNIO (proveedores de tecnología diferencial), asesores acreditados en Industria 4.0, etc.
- Brokerage Events, a través de la red EEN. Apoyo a la búsqueda socios proyectos I+D colaborativos internacionales.
- Diagnóstico HADA y convocatoria ACTIVA INDUSTRIA 4.0, vía convenio de colaboración con Fundación EOI y MINCOTUR (en función anualidad).

Comunidad de Madrid

Iniciativas de sensibilización

- Maletec Industry: Salón Internacional de Soluciones Tecnológicas para la Industria y Smart Factory
- Industria 4.0: más allá de la automatización y la conectividad
- Big Data: comprender y gestionar para vender más
- 12 jornadas de presentación de las líneas de ayuda y del concepto Industria 4.0

Iniciativas estratégicas

- Estrategia para el fomento de la Industria 4.0 en la Comunidad de Madrid:
- Compromiso político para impulsar la transformación digital de la industria madrileña
- Madridtech
- Plan de dinamización del ecosistema madrileño de innovación

Iniciativas de asesoramiento

- Herramienta de autodiagnóstico HADA:
- Convocatoria de ayudas Activa Industria 4.0. mediante convenio EOI-Comunidad de Madrid
- ACTIVA 4.0
- Diagnóstico y planes de acción para la transición de las empresas del Corredor del Henares hacia la Industria 4.0

Iniciativas de apoyo financiero

- Cheque Innovación
- Línea de ayudas a proyectos de excelencia complementarias a H2020, Instrumento PYME
- Programa de ayudas a la industria 4.0 y para la modernización de polígonos industriales
- Plan Estratégico de Subvenciones para la concesión directa, en el ejercicio 2021, de ayudas para Pymes industriales madrileñas que pongan en marcha nuevos proyectos de industria 4.0 relacionados con la transformación digital de procesos, productos o modelos de negocio.
- Apoyo y fomento a la creación y desarrollo de empresas jóvenes e innovadoras (startups)
- Subvención a proyectos empresariales de I+D+i
- Apoyo a la Puesta en Marcha de Proyectos de Industria 4.0

Andalucía

Iniciativas de sensibilización

- Jornadas Transformación Digital en diferentes sectores productivos.
- Jornada Tecnologías Habilitadoras en la Industria 4.0 dirigidas al sector TIC
- Programa de Sensibilización sobre Industria 4.0 dirigida a empresas industriales (2018)
- Diagnóstico de la Industria 4.0 en Andalucía (2018)

Iniciativas estratégicas

- ESTRATEGIA INDUSTRIAL ANDALUCÍA (EIA) y ESTRATEGIA DE IMPULSO DEL SECTOR TIC (TIC2020)
- Grupo de Trabajo Industria 4.0 para el desarrollo de oportunidades identificadas en el ámbito de la Industria 4.0.
- Plan Acción Empresa Digital.
- Plan de Acción Crece Industria

Iniciativas de asesoramiento

- En desarrollo del Convenio Industria Conectada 4.0 con Andalucía:
 - HADA, difusión de la herramienta autodiagnóstico.
 - Convocatoria de ayuda Activa Industria 4.0
 - Programa Empresa Digital dirigido a PYMES.
 - Elaboración de un mapa de capacidades andaluzas en BigData e IoT
 - Nuevas soluciones Big Data e IoT, dirigidos al sector TIC.
 - Digital Innovation Quotient (Programa de Diagnóstico y Benchmarking IMPROVE para la Innovación Digital)
- Brokerage Events, a través de la red EEN.

- Apoyo a la búsqueda socios proyectos I+D colaborativos internacionales a través de la EEN

Iniciativas de apoyo financiero

- Programa de Incentivos a la Transformación Digital en las PYMES (37M€): contratación de servicios de análisis y diagnóstico y transformación en las siguientes áreas: e-commerce, e-marketing, digitalización procesos de negocio, confianza digital. Ayudas del 50%/Max 75 000€
- Programa de Incentivos a la I+D+I. (84M€)
- Proyectos de Desarrollo Experimental
- Proyectos de Innovación en procesos y organización
- Proyectos Colaborativos y Proyectos Singulares
- Unidades de Innovación Conjunta: proyectos en colaboración entre empresas y OOII
- Financiación a la participación en proyectos internacionales de I+D+i.
- ERANET (proyectos de I+D de empresa sector 4.0)

Comunitat Valenciana

Iniciativas de sensibilización

- Iniciativa DINAMIZA-CV – Apoyo a medidas de divulgación a través de Entidades de interfaz (Clusters, Parques Científicos, asociaciones empresariales, ...) y de apoyo para la puesta en marcha y dinamización de plataformas web colaborativas para la difusión de contenidos relacionados con la temática de i40 y sostenibilidad.

Iniciativas estratégicas

- Agenda Industria 4.0 Comunitat Valenciana
- Plan de actuación regional en i4.0 enmarcado en la Estrategia Regional de Especialización Inteligente RIS3 CV. Consta de 5 Ejes: Personas;

sostenibilidad; cohesión; madurez y posicionamiento. 15 retos y 40 líneas de actuación.

- Plataforma Col.Lab Connect:
 - Plataforma regional para la canalización de la oferta de soluciones y capacidades de fabricación y suministro de productos que resultan de urgencia consecuencia de la crisis sanitaria COVID-19.
- Plataforma Europea S3 de Modernización Industrial:
 - Participación en grupo temático europeo "Industria 4.0 y pymes". Arranque de pilotos y demostradores 4.0.

Iniciativas de asesoramiento

- Convenio Industria Conectada 4.0:
 - HADA, herramienta autodiagnóstico.
 - Activa Industria 4.0
- Servicios asesoramiento:
 - Universidades
 - Parques científicos
 - Institutos tecnológicos
 - Clústeres y entidades
- EEN SEIMED:
 - Acceso a servicios y programas europeos
 - Organización de Brokerage events.
- DIHs, Digital Innovation Hubs JRC:
 - HUB4MANUVAL robótica y sistemas ciberfísicos.
 - DATACYCLE HUB big data e inteligencia artificial
 - DINAPSIS DIH
 - INSOMNIA DIH
 - ESPAITEC DIH

Iniciativas de apoyo financiero

- Plan de I+D e innovación empresarial. Programas específicos de impulso a la industria 4.0:
 - INNOVAi4.0-CV – Transformación digital
 - DIGITALIZA-CV – Digitalización de pyme
 - INNOVATEiC-CV – Soluciones TEIC
 - CREATEC-CV – Creación EBTs
- Nuevas medidas contra crisis sanitaria COVID-19
 - Digitaliza TELETRABAJO-CV – Teletrabajo y negocio@ en pyme
- Plan de dinamización territorial para la nueva industria sostenible:
 - DINAMIZA-CV – Apoyo a entidades para difusión y concienciación en i 4.0
- Plan de Institutos Tecnológicos:
 - Línea de generación y transferencia de conocimiento
 - Línea de apoyo a demostradores 4.0 en cooperación con empresas

País Vasco

Iniciativas de sensibilización

- Evento Basque Industry 4.0: celebrada en 2019 la 6ª edición.
- Empresa Digitala: Difusión nuevas tecnologías.
- Barnetegi Teknologiko: Jornadas sobre tecnologías asociadas al concepto 4.0.

Iniciativas estratégicas

- Estrategia Basque Industry 4.0.: Estrategia vasca en el ámbito 4.0.
- Grupo de pilotaje: definición de líneas estratégicas y de actuación en 4.0.

Iniciativas de asesoramiento

- Basque Digital Innovation Hub: Espacio para acelerar la transformación digital de las empresas.
- Bind 4.0: Aceleradora de startups en tecnologías 4.0.
- Basque Cybersecurity Centre: Promover la incorporación de la ciberseguridad en las empresas vascas

Iniciativas de apoyo financiero

- Hazitek: Apoyo a proyectos de Investigación Industrial o Desarrollo Experimental.
- Basque Industry 4.0: Apoyo a proyectos de transferencia de tecnología en el ámbito 4.0. hacia empresas industriales.
- Industria Digitala: Apoyo a la incorporación de TEIC en pymes industriales manufactureras.
- Peba: Apoyo a la extensión de banda ancha ultrarrápida em polígonos industriales.
- Ciberseguridad Industrial: Apoyo a la convergencia e integración de los sistemas de protección ante ciberataques para entornos IT/OT.
- Renove Industria 4.0: Apoyo a la adquisición de maquinaria y/o equipamiento avanzado (hardware y software) para la implementación de proyectos de industria 4.0

Galicia

Iniciativas de sensibilización

- Agencia Gallega de Innovación: desarrollo de jornadas periódicas con temáticas transversales y/o sectoriales:
- IGAPE: capacita directivos, tendencias, retos y oportunidades de la Industria 4.0 en eventos trimestrales

Iniciativas estratégicas

- Agenda de Competitividad Galicia Industria 4.0 2015-2020
- Completo análisis y definición de planes de acción bienales con indicadores de seguimiento y asignación presupuestaria
- Estudio Skills 4.0
 - Estudio de habilidades y destrezas más demandas
 - Estudio de oportunidades Industria 4.0
 - Estudio de 11 sectores y análisis de situación comparada y recomendaciones sectoriales
 - Estudio del estado del arte de las tecnologías facilitadoras Industria 4.0
- Catálogo de servicios para el impulso de la industria 4.0 (en curso)

Iniciativas de asesoramiento

- ACTIVA 4.0
 - Servicios de diagnóstico. Programa Reacciona TIC - Asistencia y diagnóstico para la identificación de soluciones
 - Servicios de implantación. Programa Reacciona TIC - Soporte en la implantación de soluciones

Iniciativas de apoyo financiero

- Formación Industria 4.0
 - Talleres ayudas a la digitalización Industria 4.0
- Industrias del futuro 4.0 – Fomento de la inversión privada para la financiación de la inversión
 - Programa de cantera digital

Castilla y León

Iniciativas de sensibilización

- Programa Centr@Tec (Capacitación, Transferencia de Tecnología y Apoyo a la I+D+i Empresarial), en colaboración con los Centros Tecnológicos desde el 2017:
- Amplia oferta de jornadas demostrativas (4h), con casos de éxito de empresas, así como Talleres de Capacitación en nuevas Tecnologías de 8h (cerca de 250 actuaciones con la participación de más de 5 100 asistentes)
- Programa práctico-formativo específico en los ámbitos de Ciberseguridad y Digitalización (estancias de 6 meses complementadas con formación específica)

Iniciativas estratégicas

- Plan de Industria 4.0 de Castilla y León
- Grupo de Trabajo de Industria 4.0 (desde 12/2017 ecosistema de colaboración entre los principales stakeholders regionales en materia de Industria 4.0)
- Desarrollo de Planes Sectoriales en Industria 4.0
- Desarrollo de Oferta Regional de Soluciones Tecnológicas y Habilitadores para la Industria 4.0:
 - Catálogo web de soluciones 4.0 desarrolladas por empresas y agentes de innovación regionales
- Servicio de Vigilancia Tecnológica en Industria 4.0 (boletines quincenales y cerca de 2 500 suscriptores)

Iniciativas de asesoramiento

- Convenio de colaboración con MINCOTUR (EOI)
- HADA (Castilla y León NIVEL DINÁMICO de madurez digital)
- ACTIVA INDUSTRIA 4.0 (más de 30 empresas industriales beneficiarias)
- Servicio de Orientación y Asesoramiento a Empresas y Autónomos en Ciberseguridad y Teletrabajo COVID-19 Iniciativa, de carácter solidario, que nace desde el propio sector empresarial: AEI Ciberseguridad y AETICAL, e ICE, en el marco del Cybersecurity Innovation Hub (.cybersecuritydih.es/). Incluye:

- Servicio de orientación y asesoramiento, con un sistema de acceso rápido a un formulario de contacto, en materia de Teletrabajo, Ciberseguridad y Ayudas y Financiación.
- Servicio de Información y Recursos. Se recogen los activos actuales sobre Teletrabajo, Ciberseguridad y Ayudas y Financiación, orientados a PYMES (CATYBER)

Iniciativas de apoyo financiero

- Subvenciones dirigidas al fomento de la industria 4.0 o digitalización industrial (2023)
- La junta destina cuatro millones de euros para subvenciones dirigidas al fomento de la industria 4.0

Canarias

Iniciativas de sensibilización

- Jornadas de divulgación:
 - Networking Industria 4,0 en Gran Canaria y Tenerife
 - Foros empresariales en el resto de las islas.
- Acciones formativas

Iniciativas estratégicas

- Entornos colaborativos: CIDIHub Canarias. Proyecto I4MS. HPC Supercomputador TEIDE (ITER)
- Plataforma VTCAN, Red Canaria de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva, sectores industriales estratégicos

Iniciativas de asesoramiento

- Activa 4.0

Iniciativas de apoyo financiero

- ACTIVA INDUSTRIA 4.0: colaboración con 6 asesorías ofertadas financiando el 47,4%
- Línea de actuación I: apoyo a la inversión productiva, en convocatoria de subvenciones para la modernización y la diversificación del sector industrial
- Línea de actuación II: inversión en equipamientos, dotaciones e infraestructuras en el espacio industrial, en convocatoria de subvenciones para la regeneración y dinamización de áreas industriales existentes.

Castilla-La Mancha

Iniciativas de sensibilización

- Workshop en industria 4.0 en eDigiregion
- V edición del Foro para la Innovación y la Tecnología de Castilla-La Mancha (FITCLM) el 27 de febrero de 2019, destinado a la compra pública de innovación y cooperación público- privada en innovación.
- Jornadas presentación convocatoria subvenciones transformación digital de la industria manufacturera.

Iniciativas estratégicas

- Programa Activa Crecimiento", perteneciente a la familia de programas "Activa", es una iniciativa del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo en el desarrollo de su Estrategia Nacional de Industria Conectada 4.0. Iniciativas de asesoramiento

Iniciativas asesoramiento

- ACTIVA INDUSTRIA 4.0 en colaboración con MINCOTUR y EOI.

Iniciativas de apoyo financiero

- Subvenciones destinadas a la transformación digital y modernización de los sistemas de gestión del padrón municipal de las entidades locales

- El Gobierno regional impulsa una novedosa línea de ayudas dotadas con 1.2 millones de euros para apoyar la creación y fortalecimiento de ecosistemas industriales
- Préstamos reembolsables a través del Programa INNOVA ADELANTE.

Aragón

Iniciativas de sensibilización

- Jornadas varias: Jornadas sobre Industria 4.0: Encuentra la tecnología que necesitas. El papel de los clúster en la transformación de la empresa a la Industria 4.0. “Viaje a la industria de futuro”. Excelencia y futuro en los sectores estratégicos de Aragón. Industria 4.0 como factor clave de la competitividad.
- VII Encuentro UIMP: Industria 4.0 como factor clave de la competitividad
- Roadmap Formativo: Programa de talleres de formación en necesidades de la industria 4.0. Programa Líderes 4.0
- Difusión e información
 - Página web: <https://aragonindustria40.es/> y cuenta Twitter: @Aragon_I40
 - Guía para la implantación de la Industria 4.0 en Pymes

Iniciativas estratégicas

- Plan Estratégico
 - Estrategia Aragón Industria 4.0. Aprobada en Junio 2017 por Consejo de Industria.
 - Creación Comisión Especializada del Consejo de Industria para la Industria 4.0
- Entornos Colaborativos
 - DIH Aragón Centro de Innovación Digital de Aragón
 - Plataforma Aragón Industria 4.0: Identificación de habilitadores; Casos prácticos; Artículos;

Iniciativas de asesoramiento

- ACTIVA INDUSTRIA 4.0 en colaboración con el MINECO y EOI
- Promoción y asesoría uso herramienta HADA
- Asesoramientos dentro del Programa de Ayudas a la Industria y la Pyme en Aragón (PAIP)

Iniciativas de apoyo financiero

- Programa de Ayudas a la Industria y la Pyme en Aragón (PAIP). Ayudas para la Industria 4.0 y las iniciativas de valor añadido de las PYME
- Ayudas para la Transformación y Desarrollo Industrial en Aragón, Línea TDI-FEDER

Murcia

Iniciativas de sensibilización

- Webinars:
 - Transformación digital en el Turismo
 - Ciberseguridad y Teletrabajo
 - Lean Digital
 - Automatización y gestión de datos.
- Capacitación
 - Programa Smart I4.0
 - Master Industria 4.0
- Congresos y ferias:
 - ADITIVA 40. Congreso de Fabricación Aditiva
 - Murcia Inteligencia Artificial

Iniciativas estratégicas

- Estrategia Murcia Industria 4.0
 - Capital Humano 4.0
 - Habilitadores tecnológicos 4.0
 - Transformación industrial 4.0
 - Cooperación clústeres 4.0
 - Mejora del entorno productivo 4.0
- Cátedra Industria 4.0
- Agenda para el impulso industrial y tecnológico de la Región de Murcia

Iniciativas de asesoramiento

- Murcia Digital Innovation Hub Programa Activa Industria 4.0 Matching oferta /demanda
 - Catálogo Online habilitadores: <http://murciaindustria40.es/>
 - Elevator Pitch
 - Encuentros empresariales
- Diagnósticos y modelos de negocio
 - Diagnósticos y planes de digitalización para pymes
 - Innovación y optimización de los modelos de negocios
 - Diagnósticos y auditorias de ciberseguridad para industrias

Iniciativas de apoyo financiero

- Beneficiarios empresas:
 - Programa de ayuda para la transformación digital de la empresa de la Región de Murcia (Empresa 4.0)
 - Cheque TIC y Cheque Innovación
- Beneficiarios habilitadores Industria 4.0:
 - Programa de apoyo a las empresas innovadoras y /o de Base Tecnológica

Islas Baleares

Iniciativas de sensibilización

- Insight Lab: espacio de información dirigido a los colectivos del sector de la moda de las Islas Baleares.
- Exposa by IDI: servicio de asesoramiento personalizado en el diseño de un espacio expositivo para los productos industriales.
- Curatislands: proyecto dirigido a los diseñadores, productores artesanales e industriales de los sectores de la moda y hábitat de las Islas Baleares.

Iniciativas estratégicas

- Ley de la Industria (nuevo en Julio 2017)
- Plan Industrial (aprobación en 2018). Hay una línea de trabajo específica de digitalización.

Iniciativas de asesoramiento

- ACTIVA INDUSTRIA 4.0: Programa de asesoramiento especializado y personalizado, realizado por entidades consultoras acreditadas y con experiencia en implantación de proyectos de Industria 4.0 En colaboración con MINCOTUR y EOI.

Iniciativas de apoyo financiero

- Ayudas y Subvenciones públicas
- Ayudas para la modernización y digitalización industrial.

Asturias

Iniciativas de sensibilización

- WEB: noticias, agenda, habilitadores, programas...
<http://asturiasindustria40.es/>

- Jornadas de divulgación
 - XXVII Encuentros Empresariales de Asturias: Europa en el horizonte: especialización y colaboración.
 - Talleres sectoriales de digitalización: Agro, Metal, Madera...
 - Jornadas sobre tecnologías de vanguardia en el campo de la digitalización: Desayunos Tecnológicos del ciclo ESPACIO TEC I4.0.
 - Red de Centro SAT (talleres, seminarios y píldoras formativas).

Iniciativas estratégicas

- Programa Industria 4.0 Asturias. Se está preparando este programa para coordinación de todas las actuaciones de i4.0 de Asturias.
- Vanguard Initiative. Plan de colaboración entre regiones europeas.

Iniciativas de asesoramiento

- ACTIVA 4.0
 - Incubación. Incubadora i4.0: desarrollo de habilitadores (IDEPA-CEEI).
 - Red de Centros SAT (CTIC-IDEPA). Asesoramiento y diagnósticos E-empresa.

Iniciativas de apoyo financiero

- Programa Open Innovation 4.0: desarrollo de estrategias de digitalización de grandes empresas tractoras mediante la colaboración con startups (habilitadores).
- Ayudas a Proyectos de I+D+i:
 - Innova-IDEPA (digitalización de la industria. Industria 4.0).
 - Cheques (implantación soluciones TIC).
 - Ayuda a proyectos de I+D+i en el ámbito de la Industria Conectada 4.0.
 - Programa Proof of Concept.
- Agencia de Ciencia, Competitividad Empresarial e Innovación Asturiana (AsDIH. Programas de ayudas)

Navarra

Iniciativas de sensibilización

- Jornadas de divulgación
 - Jornadas de divulgación organizadas por distintas entidades (blockchain, ciberseguridad, fabrica 4.0, inteligencia artificial...).
 - Presentación de la Oficina de Transformación Digital financiada por la entidad pública Red.es.
 - Industria Navarra Summit.
- Iniciativas de formación
 - AIN Asociación de la Industria Navarra.
 - Cámara Navarra.
 - Club de Marketing de Navarra – ESIC.
 - Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra.
 - Servicio Navarro de Empleo – Nafar Lansare.
 - Apoyo a acciones formativas.
 - Aula móvil interactiva para sensibilizar a trabajadores sobre la Industria 4.0.
- Proyecto de Laboratorio de Ciencia de Datos promovido por Departamento de Desarrollo Económico.

Iniciativas estratégicas

- Estrategia de Especialización Inteligente de Navarra.
- Plan Industrial de Navarra 2020.
- Proyecto 4.0 Ready.
 - Gobierno de Navarra participa en el proyecto 4.0 Ready del Programa Interreg Europe.

Iniciativas de asesoramiento

- Web de la Industria 4.0
- Web industriavarra40.com información de:
 - Diagnóstico de la Industria 4.0 en Navarra.
 - Catálogo de habilitadores tecnológicos Activa Industria 4.0.
- Convenio con Fundación EOI y SGIPYME en 2019-2020.
- 2019 Convocatoria de ayudas para contratación de asesoramiento especializado dirigido a elaborar planes de transformación digital.

Iniciativas de apoyo financiero

- Subvenciones para programas de formación dirigidos a personas ocupadas y vinculados a la Estrategia de Especialización Inteligente S4 de Navarra 2023
- Ayudas a la inversión en empresas agroalimentarias.
- Ayudas a la inversión de pymes industriales.
- Convocatoria de Fomento de la Empresa Digital de Navarra.

Extremadura

Iniciativas de sensibilización

- Foro Conecta Empresas:
 - Espacio demostrador de empresas con tecnologías habilitadoras.
 - Talleres formativos para facilitar la transformación digital de las empresas.
- Jornada informativa del programa Activa.
- Foro Emprende: Talleres de VR, fabricación aditiva, espacio demostrativo y de asesoramiento con relación a tecnologías de la empresa y soluciones para cliente.
- Creación de un catálogo de habilitadores tecnológicos de Extremadura.
- Alta formación directiva en materia de Industria 4.0.

Iniciativas estratégicas

- El Plan de Empleo de Extremadura 2022/23 se ha diseñado para dar respuesta a los nuevos proyectos industriales.
- Conformación y gestión de grupo de empresas tractoras de la industria conectada en Extremadura como prescriptores de la aplicación de tecnologías en el tejido productivo de la región.

Iniciativas de asesoramiento

- Colaboración con el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, a través de la Fundación EOI, en el desarrollo del programa Activa, a través del cual se está trabajando en el asesoramiento de 16 PYMES industriales de la región. Se pretende dar continuidad en la participación de este programa a lo largo de 2020, trabajando de esta manera en el asesoramiento con un mayor número de empresas.

Iniciativas de apoyo financiero

- Incentivos autonómicos a la inversión empresarial.

Cantabria

Iniciativas de sensibilización

- Jornadas de divulgación Factoría de Futuro Cantabria: 2 jornadas anuales sobre aspectos tecnológicos de la Industria 4.0. Desde 2016 se ha potenciado la celebración de 8 jornadas con la presencia de empresas del ámbito industria 4.0 y con mejores prácticas implementadas en empresas locales a través de la convocatoria regional de Industria 4.0
- Colaboración con la EOI para la celebración de actividades de divulgación regionales. Formación especializada en el sector de la automoción y colaboración con el sector de la construcción marítima.

Iniciativas estratégicas

- Estrategia Innovación Cantabria 2016/30

- Cambio cultural y de modelo industrial.
- Generación de conocimiento.
- Transferencia de tecnología.
- Emprendimiento.
- Factoría de futuro Cantabria
 - Desarrollar mecanismos formativos y divulgativos para afrontar con éxito la transición hacia la industria 4.0.
 - Acelerar la inversión de las empresas en TICs.
 - Elaboración y actualización del Análisis Estratégico de Habilitadores de Industria 4.0.

Iniciativas de asesoramiento

- Asesoramiento especializado Industria 4.0: Realización de programa piloto para el asesoramiento personalizado a empresas que han sido beneficiarias de un proyecto de Industria 4.0 para su continuidad y posterior desarrollo a través de diagnósticos tecnológicos en sus ediciones de 2017, 2018 y 2019.

Iniciativas de apoyo financiero

- Oficina de Transformación Digital de las empresas de Santander desde ASCENTIC.
- Convocatoria INDUSTRIA 4.0 2023.
- Participación en proyectos europeos sobre Industria 4.0 y digitalización industrial
- PROYECTO DIGITAL REGIONS: mejora en la adaptación de las políticas de innovación para apoyar la especialización inteligente en el sector manufacturero.

La Rioja

Iniciativas de sensibilización

- Jornadas de divulgación:

- 10 jornadas: Estrategia Industria Conectada en La Rioja: hacia una industria más inteligente; Tecnologías para la transformación digital I: Internet de las cosas (IoT) y Robótica Colaborativa. II◊Fabricación aditiva y realidad aumentada. II◊Talento. La seguridad en robótica colaborativa. Futuro en español: agricultura de precisión y agroindustria 4.0. Respuestas para entender la industria 4,0. Sector calzado. Aplicaciones prácticas de la industria 4.0 en las pymes. Desayuno tecnológico: Implementando la I4.0 Standard Profil. Casos de éxito Industria Conectada 4.0.
- Acciones formativas
- Cursos organizados por Think TIC.

Iniciativas estratégicas

- Estrategia de especialización inteligente de La Rioja (S3) 2021-2027.

Iniciativas de asesoramiento

- ACTIVA 4.0

Iniciativas de apoyo financiero

- Programa de Estructuras y Sistemas TIC e Industria conectada 4.0.
- Línea I+D. Proyectos de I+D+i vinculados al desarrollo y/o aplicación de aplicaciones-sistemas-tecnologías industriales (Industria 4.0).
- ACTIVA 4.0.
- Convenios de colaboración con clúster y centros tecnológicos en los que se incluyen objetivos específicos relacionados con el impulso de la industria conectada en sus sectores.

Se observa, por tanto, un posicionamiento relativamente moderado en cuanto a iniciativas regionales en materia de promoción de la industria 4.0. Si es importante destacar que existe una definición estratégica, lo cual es la base para cualquier tipo de actuación futura. No obstante, se observan ciertas áreas de mejora, como por ejemplo, el desarrollo de actividades formativas, una iniciativa de vigilancia tecnológica y la facilitación de colaboraciones internacionales. También sería interesante llevar a cabo brokerage events. Los brokerage events son eventos de intermediación o encuentros de negocios organizados con el objetivo de facilitar y fomentar la colaboración entre diferentes actores, como empresas, investigadores, instituciones académicas y organismos públicos. Estos eventos proporcionan un espacio propicio para establecer conexiones, intercambiar conocimientos, explorar oportunidades de colaboración y promover la cooperación en proyectos conjuntos.

En un brokerage event, los participantes suelen tener la oportunidad de presentar sus perfiles, intereses y capacidades, lo que facilita la identificación de posibles colaboradores o socios estratégicos. Estos eventos a menudo están vinculados a áreas específicas, sectores industriales, o programas de financiamiento, lo que permite un enfoque más dirigido y eficiente en la búsqueda de colaboraciones. Son particularmente comunes en el ámbito de la investigación y la innovación, donde se buscan sinergias entre empresas, centros de investigación y otras entidades para desarrollar proyectos conjuntos, acceder a financiamiento y aprovechar oportunidades de mercado. Los brokerage events contribuyen así a fortalecer la colaboración y acelerar el desarrollo de proyectos innovadores.

Finalmente, sería muy deseable llevar a cabo iniciativas que fomenten el apoyo económico a empresas y la transferencia de conocimiento entre la ciencia básica y la investigación hacia las empresas.

Tendencias más allá de la Industria 4.0



Industria 4.0 más allá del 2023 (Industria 5.0)

Las revoluciones industriales son procesos que van evolucionando a lo largo de los años dependiendo de las tecnologías y los mercados en diferentes periodos temporales. De esta manera la actual revolución industrial comúnmente conocida como Industria 4.0, ya está evolucionando hacia la Industria 5.0.

El término Industria 5.0 se empezó a deliberar a partir del impacto surgido por la Covid-19, que ha puesto en alerta a los expertos y a la industria, reconsiderando los métodos de trabajo actuales y los cambios del entorno. De ahí, surgió la Industria 5.0, la cual enfatiza el progreso económico no solo mediante la innovación, sino también a través del reconocimiento de las personas y su contexto circundante. De esta manera, el origen de la Industria 5.0 se identifica a principios de 2021 a través de la Comisión Europea, con la intención de redirigir el rumbo del sector hacia un modelo de producción que aproveche la tecnología para mejorar su competitividad y, al mismo tiempo, contribuir de manera positiva al bienestar social.

No obstante, esta nueva revolución, de momento, no viene a sustituir a la anterior industria, sino que surge para complementar el avance proporcionado por diversas tecnologías y fortalecer la relación beneficiosa entre humanos y máquinas. De esta manera, a partir de la Industria 5.0, las empresas que se introduzcan en esta nueva era obtendrán oportunidades significativas con relación a los siguientes aspectos:

- Mayor calidad de los productos y servicios, debido a que ofrece a las empresas oportunidades para mejorar la eficiencia mediante la automatización y sistemas conectados.
- Mayor volumen de datos recopilados que, con la colaboración de la Inteligencia Artificial, mejora la producción al detectar fallos y mejorar la calidad de productos y servicios. En definitiva, El uso de sistemas inteligentes interconectados o el análisis de datos avanzados permite la detección temprana de problemas, mejorando la calidad del producto.
- Mayor accesibilidad y conectividad, mejorando la eficiencia y la productividad a través de la automatización y digitalización de sistemas de producción.

Por ende, las principales características que diferencian la Industria 4.0 respecto a la reciente Industria 5.0 son las que se muestran en la siguiente Tabla 7.

CARACTERÍSTICAS	INDUSTRIA 4.0	INDUSTRIA 5.0
Enfoque	Automatización y tecnología para la mejora de la eficiencia en la fabricación y la producción.	Creación de procesos de fabricación sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.
Énfasis	Uso de datos y análisis para optimizar procesos.	Importancia de la interacción y colaboración humana
Competencias	IoT, AI, ML para la automatización de tareas y decisiones	Combinación de tecnologías avanzadas con habilidades humanas y creatividad.
Uso	Robots y máquinas autónomas para tareas repetitivas, peligrosas o de precisión	Desarrollo de nuevas habilidades y competencias entre los trabajadores humanos.
Fábricas	Fábricas inteligentes para la auto optimización de los procesos productivos	Sistema de producción integrado y flexible para adaptarse a las necesidades del cliente y a las tendencias del mercado.
Tecnologías	Gemelos digitales y herramientas de simulación para la optimización de procesos productivos	Tecnologías avanzadas como la nanotecnología y la biotecnología para la creación de nuevos materiales y productos.
Eficiencia	Mantenimiento predictivo, monitoreo remoto y análisis de datos en tiempo real para mejorar la eficiencia y reducir costes.	Priorización de la sostenibilidad y las prácticas de producción éticas para minimizar los residuos y reducir el impacto ambiental.

Tabla 7. Características Industrias 4.0 y 5.0
 Fuente "The path from Industry 4.0 to Industry 5.0" (ATOSS)

Tres de las características que más destacan en esta nueva variante de la industria son el **protagonismo de las personas**, priorizando la protección de la sociedad para que se beneficie de la transición digital y de las ventajas que ofrece la tecnología; la **resiliencia**, considerada por su capacidad de adaptación y priorización ante aspectos económicos, ecológicos, digitales y sociales y la **sostenibilidad**, que implica acciones destinadas a disminuir la huella de carbono o la adopción de sistemas de producción que se basen en energías renovables.

Tecnologías emergentes e innovaciones

En la transición hacia la Industria 5.0, se espera una progresión y optimización de tecnologías ya existentes en la Industria 4.0. La ciberseguridad respaldada por sistemas de blockchain, la gestión y análisis de grandes volúmenes de datos, el Internet de las cosas, la computación en la nube o la incorporación de robots autónomos, representan pilares fundamentales que continuarán evolucionando y desempeñando un papel crucial en la transformación industrial.

- La ciberseguridad, se potenciará mediante el uso de sistemas basados en blockchain, proporcionando un nivel más alto de seguridad y protección para los datos y sistemas de las empresas.
- El Big Data y el Internet de las cosas seguirán siendo un recurso valioso, permitiendo a las industrias tomar decisiones más informadas y precisas basadas en el análisis de datos complejos y diversos.
- La computación en la nube seguirá siendo un facilitador clave para el almacenamiento y procesamiento ágil de grandes cantidades de datos, ofreciendo flexibilidad y escalabilidad a las operaciones industriales.
- Los robots autónomos, con capacidades mejoradas de aprendizaje y autonomía, serán una parte integral de la Industria 5.0, contribuyendo a la eficiencia y productividad en entornos de fabricación y logística.

Estas tecnologías, aunque no son exclusivas de la Industria 5.0, experimentarán un desarrollo más avanzado y su implementación será más eficiente, impulsando la innovación y la competitividad en las industrias orientadas al futuro.

No obstante, se anticipa la llegada de nuevas tecnologías actualmente en fase de desarrollo, así como innovaciones aún desconocidas. Este constante avance tecnológico abre la puerta a descubrimientos y soluciones que podrían revolucionar diversos sectores industriales en la Industria 5.0. Estas innovaciones, que actualmente están en sus primeras etapas de investigación y desarrollo, tienen el potencial de transformar radicalmente los procesos de fabricación y las operaciones empresariales, ofreciendo soluciones más eficientes, sostenibles y adaptadas a las demandas futuras del mercado.

Dentro de las tecnologías futuras podemos encontrar **el metaverso industrial**, los avances en la **nanotecnología** y la **biotecnología** para la creación de nuevos materiales y productos y la **tecnología 6G**.

El metaverso industrial

Annika Hauptvogel, directora de gestión de tecnología e innovación de Siemens, en el informe “The emergent industrial metaverse” (MIT Technology Review, 2023), describe el metaverso industrial como “inmersivo, que hace que los usuarios se sientan como si estuvieran en un entorno real; colaborativo en tiempo real; lo suficientemente abierto para que diferentes aplicaciones interactúen sin problemas; y con la confianza de las personas y empresas que participan”. En definitiva, mucho más que un simple mundo digital. El metaverso industrial es la convergencia de tecnologías individuales que pueden crear un entorno industrial inmersivo virtual o virtual/físico.

De esta manera, el metaverso industrial revolucionará la forma en la que se realiza el trabajo, y a su vez generará un valor significativo para las empresas y la sociedad en general. Así, el metaverso industrial ayuda a las organizaciones a acelerar sus procesos cotidianos, como optimizar sus sistemas, infraestructuras y procesos, mediante la combinación de la tecnología Blockchain con la Inteligencia Artificial o el Internet de las cosas. Al permitir a las empresas modelar, crear prototipos y numerosas iteraciones de diseño en tiempo real y en un entorno inmersivo antes de utilizar recursos físicos y humanos en un proyecto, las herramientas industriales del metaverso marcarán el comienzo de una nueva era de resolver problemas del mundo real digitalmente.

Si bien las aplicaciones del metaverso industrial aún se están desarrollando, la eficiencia de los recursos habilitada por las soluciones de este nuevo escenario puede aumentar la competitividad empresarial y al mismo tiempo impulsar el progreso hacia los objetivos de sostenibilidad, resiliencia o desmaterialización.

Algunos de los principales hallazgos del informe mencionado anteriormente son:

- El metaverso industrial une el mundo digital y el real. Permitiendo un intercambio constante de información o datos con el fin último de resolver digitalmente problemas del mundo real. Esto implicará un cambio en la forma en la que operan las organizaciones. Con ello, el metaverso industrial también influirá en un cambio sobre la vida cotidiana social, modificando la forma que podemos experimentar el entorno físico, viajar o cómo trabajamos. El metaverso industrial, permitirá un nuevo nivel de colaboración inmersiva, permitiendo romper las barreras geográficas entre las personas en el trabajo, y esto requerirá de profesionales con habilidades digitales avanzadas tanto para el diseño, desarrollo y programación de las soluciones como desde la operación de los propios metaversos.

- El gemelo digital, considerado como una representación virtual de procesos y sistemas de la vida real, es un componente central del metaverso. La nueva era de los gemelos digitales estará habilitada para la inteligencia artificial y estará vinculada en ecosistemas de metaversos.
- Dar vida al metaverso industrial requiere diseñar y construir mercados, sistemas de pago, marcos regulatorios para herramientas y aplicaciones del mercado y para la privacidad y seguridad de la sociedad. Para ello, será necesario ensamblar los diferentes actores del metaverso, desde empresas establecidas hasta nuevas empresas y desde gobiernos hasta usuarios.

La industria manufacturera parece bien posicionada para la adopción del metaverso industrial. Dado el importante enfoque de las empresas encuestadas en el ecosistema de producción según el informe “Industrial Metaverse Study” (Deloitte and Manufacturing Leadership Council, 2023), la simulación de procesos y el monitoreo en tiempo real/gemelo digital fueron los dos casos de uso más comunes (*Ilustración 10*).

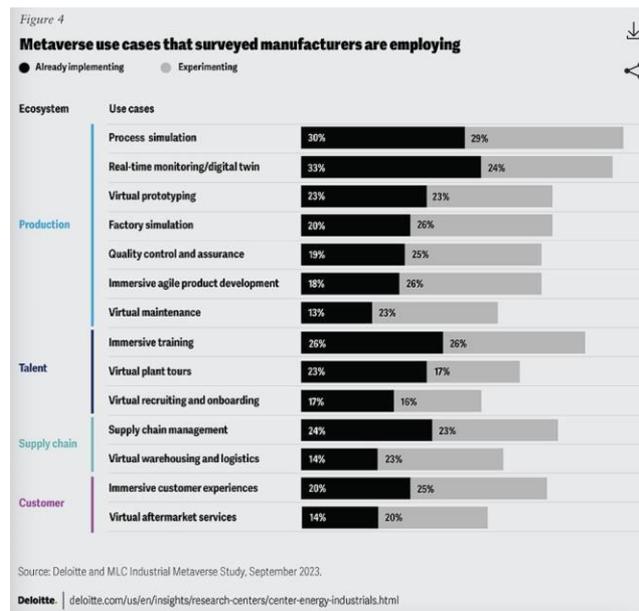


Ilustración 10. Casos de uso del metaverso industrial más utilizados según la encuesta
Fuente: Deloitte and MLC Industrial Metaverse Study (2023)

Nanotecnología y biotecnología

Los avances en nanotecnología y biotecnología están revolucionando la creación de nuevos materiales a nivel molecular y celular. Por un lado, la nanotecnología permite manipular la materia a escala nanométrica, creando estructuras y materiales con propiedades únicas, con mayor resistencia, conductividad o

capacidad de absorción. Por otro lado, la biotecnología se enfoca en utilizar organismos vivos, células o biomoléculas para diseñar y producir materiales innovadores y sostenibles.

La combinación de estas disciplinas ha dado lugar a la creación de materiales avanzados con aplicaciones en campos tan diversos como la medicina, la electrónica, la energía renovable o la fabricación, abriendo nuevas posibilidades para el desarrollo de tecnologías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente. Esta convergencia promete transformar significativamente el futuro de la industria, ofreciendo la posibilidad de crear materiales más fuertes y versátiles con propiedades únicas que pueden ser aplicados en diversos sectores industriales.

Por ejemplo, en la industria automotriz, estos nuevos materiales podrían mejorar la eficiencia de combustible al reducir el peso de los vehículos, mientras que, en la industria aeroespacial, podrían permitir la construcción de estructuras más resistentes y ligeras para aviones y naves espaciales. En el campo de la medicina, estos materiales innovadores podrían revolucionar la fabricación de dispositivos médicos más efectivos y biocompatibles. Además, su aplicación en energía, electrónica, y otras áreas industriales, podría potenciar el desarrollo de tecnologías más avanzadas y sostenibles, impactando positivamente en la eficiencia, la productividad y la reducción del impacto ambiental.

El 6G

El 6G, también conocido como sexta generación de tecnología inalámbrica, es una futura evolución de las redes de comunicación móvil que se espera suceda a las actuales redes 5G. Se prevé que el 6G ofrezca una conectividad aún más rápida, confiable y avanzada, con velocidades de transmisión de datos significativamente mayores que las del 5G.

Esta tecnología se encuentra en sus etapas iniciales de investigación y desarrollo, pero se espera que ofrezca mejoras significativas en la velocidad de conexión o en la capacidad para manejar una mayor cantidad de dispositivos conectados simultáneamente. Además de impulsar avances revolucionarios en diversos sectores e integrar innovaciones como la Inteligencia Artificial, la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, el Internet de las cosas, la computación cuántica y otras tecnologías emergentes para expandir las posibilidades de comunicación inalámbrica en el futuro. Esto significa una mayor eficiencia en la transmisión de datos, permitiendo la comunicación instantánea entre dispositivos y sistemas, así como la posibilidad de desarrollar aplicaciones y servicios innovadores en áreas como la salud, la fabricación inteligente, el transporte, la energía y muchos otros sectores.

Además, se espera que el 6G ofrezca una mayor capacidad para manejar una cantidad masiva de dispositivos conectados simultáneamente, abriendo nuevas oportunidades para la automatización, la toma de decisiones autónoma y la transformación digital en la industria.

Conclusiones

La industria 4.0 supone un nuevo salto evolutivo no solo en el ámbito industrial y científico sino, como se ha visto a lo largo de la historia moderna, en las estructuras sociales, económicas, educativas, laborales y de poder. El dato es considerado como “el nuevo oro” o el “nuevo petróleo”. Una nueva fuente de alimentación del actual modelo productivo y que supone un factor de crecimiento exponencial para el sistema económico. Como se ha visto anteriormente, los datos permiten incrementar la eficiencia de los procesos, la mejora en la toma de decisiones y el abaratamiento de costes, con el consiguiente aumento del margen de beneficios.

El uso de los datos funciona como “combustible” de numerosas tecnologías desarrolladas en los últimos años. En este informe se han analizado las nueve tecnologías más mencionadas por la literatura existente, anticipando incluso aquellas que formarán parte de la siguiente revolución tecnológica.

Las nuevas tecnologías suponen un cambio de paradigma industrial basado en tres pilares fundamentales: la robotización, la virtualización y la descentralización. Pero, tal y como anticipamos en la introducción, es importante tener en cuenta el contexto en el que nos movemos en la actualidad. La tecnología tiene que estar al servicio de los ciudadanos, facilitando su vida y protegiendo aquellas cuestiones que resultan primordiales para ellos. De lo contrario, la situación podría tornar en una situación de aversión a la tecnología.

En este sentido, la Unión Europea es, con toda probabilidad, la región mundial que más vela por el cumplimiento de estándares y normativas de seguridad respecto a la protección, privacidad y confidencialidad de la información digital de sus ciudadanos. A su vez, promueve el crecimiento responsable de su industria en un entorno medioambiental que cada vez preocupa más a la sociedad.

La estrategia de industria 4.0 internacional se traslada al ámbito nacional y regional para su correcta adaptación al contexto. En este sentido, la Comunidad de Madrid cuenta con las bases para el desarrollo de una industria 4.0 sostenible en el tiempo. Existen ciertos puntos de mejora, entre los que destacan la promoción de espacios de encuentro entre el campo de la investigación y el sector empresarial.

La industria 5.0 supone un horizonte temporal bastante más próximo de lo que podemos esperar y es crucial para el desarrollo de una economía y sociedad

futura la correcta adopción de estrategias adecuadas que permitan coger la nueva ola de progreso, crecimiento y empleo.

Como hemos visto en el informe, existen numerosas iniciativas privadas de explotación de las nuevas tecnologías. En este sentido y en línea con lo mencionado anteriormente, Madrid tiene que ser capaz de promover espacios de encuentro entre la ciencia y las empresas. También debe generar condiciones que faciliten la atracción de ideas tecnológicas innovadoras, así como de promocionar el talento y el capital humano innovador.

Madrid con un entorno social, institucional y económico prácticamente único en toda España, y su foco estratégico debe centrarse en cultivar la innovación, la investigación y la adopción de tecnologías avanzadas. Para lograrlo, es esencial fomentar la colaboración entre empresas, centros de investigación y entidades gubernamentales, creando un ecosistema que favorezca la convergencia de la industria con las tecnologías emergentes. De esta manera, Madrid podrá consolidarse como un referente en la transformación industrial, no solo abrazando la Industria 4.0, sino liderando el camino hacia la próxima fase evolutiva, la Industria 5.0.

Bibliografía

6 amazing ways to use augmented reality in manufacturing: Program-Ace. Program. (2021, December 3). <https://program-ace.com/blog/augmented-reality-in-manufacturing/>

Adel, A. (2022, September 8). Future of industry 5.0 in society: Human-Centric Solutions, challenges and prospective research areas - Journal of Cloud Computing. SpringerOpen. <https://journalofcloudcomputing.springeropen.com/articles/10.1186/s13677-022-00314-5>

Alicia. (2023, September 20). Ejemplos de big data en empresas que lo Petan. Blog de Bcas. <https://bcasapp.com/blog/profesiones/ejemplos-de-big-data-en-empresas>

Augmented reality: The future of manufacturing | SAP. (n.d.-a). <https://www.sap.com/sea/products/scm/industry-4-0/what-is-augmented-reality.html>

Baloutsos, S., Karagiannaki, A., & Mourtos, I. (2020, July 5). Business model generation for industry 4.0: A “lean startup” approach. The International Technology Management Review. <https://www.atlantispress.com/journals/itmr/125941681/view#sec-s5.3>

Big Data: The Next Frontier for Business | SAP. (n.d.-b). <https://www.sap.com/products/technology-platform/what-is-big-data.html>

campusMVP. (n.d.). Integración horizontal y vertical en la industria 4.0. campusMVP.es. <https://www.campusmvp.es/recursos/post/integracion-horizontal-y-vertical-en-la-industria-4-0.aspx>

Castañón, N. (2023, October 23). El robot Autónomo de Amazon Que Jubilará a Los Mozos de Almacén: Mueve y Ordena Los Paquetes. El Español. https://www.elespanol.com/omicron/tecnologia/20231020/robot-autonomo-amazon-jubilara-mozos-almacen-mueve-ordena-paquetes/803419865_0.html

Cathy. (2023, April 24). Impresión 3D en el sector Energético: Una Descripción Completa. rapiddirect. <https://www.rapiddirect.com/es/blog/3d-printing-in-the-energy-sector>

Claim project. (n.d.-c).

https://www.claimprojectam.eu/documents/CLLAIM_D1.1_Report%20on%20AM.pdf

Cloud computing: The future of it | SAP. (n.d.-d).

<https://www.sap.com/products/technology-platform/what-is-cloud-computing.html>

Cobots, D. C. (2021, September 20). Industria 4.0: Oportunidades y retos en su implementación. CADE Cobots. <https://cadecobots.com/industria-4-0-oportunidades-y-retos-en-su-implementacion/>

Cybersecurity incident update - coca-colafemsa.com. (n.d.-e). <https://coca-colafemsa.com/wp-content/uploads/2023/06/23-06-12-Coca-Cola-FEMSA-Cybersecurity-Incident-Update.pdf>

Cybersecurity: The Future of Financial Security | SAP. (n.d.-f).

<https://www.sap.com/products/financial-management/what-is-cybersecurity.html>

Cymotive. (2022, June 14). <https://www.cymotive.com/>

Delgado, S. (2023, November 3). Las 10 mejores smart factories Del Mercado. MuyComputerPRO. <https://www.muycomputerpro.com/2023/11/02/mejores-smart-factories>

Deloitte. (2023, September 14). Exploring the industrial metaverse. Deloitte Insights.

<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/industrial-metaverse-applications-smart-factory.html>

Download Free Industry Innovation reports by Startus insights. StartUs Insights. (2023a, June 9). <https://www.startus-insights.com/resources/>

Ellingrud, K., Gupta, R., & Salguero, J. (2020, August 7). Building the vital skills for the future of work in operations. McKinsey & Company.

<https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/building-the-vital-skills-for-the-future-of-work-in-operations#/>

El Futuro del Empleo, en la cuarta revolución industrial. Fundación Telefónica Movistar | Colombia. (2023, August 18).

<https://www.fundaciontelefonica.co/noticias/el-futuro-del-empleo-en-la-cuarta-revolucion-industrial/>

Enric. (2022, December 14). Industria 5.0: Qué Es y sus características.

Advanced Factories. <https://www.advancedfactories.com/industria-5-0->

[caracteristicas/#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20de%20%E2%80%9Cindustria%205.0,impacto%20positivo%20en%20la%20sociedad](#)

Fabricación Aditiva y Materiales Tamaño del Mercado y análisis de acciones - informe de investigación de la industria - tendencias de crecimiento.

Fabricación aditiva y materiales Tamaño del mercado y análisis de acciones - Informe de investigación de la industria - Tendencias de crecimiento. (n.d.).

<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-additive-manufacturing-and-material-market-industry>

Facal, R. (2023, August 30). Importancia de los robots autónomos en la industria 4.0. MINT. <https://mintforpeople.com/noticias/robots-autonomos-industria-40/>

Ford, B., & Day, M. (2023, March 20). Crecimiento de la Nube Se Frena; Primeros clientes se reducen y los nuevos dudan | bloomberg. Bloomberg.com.

<https://www.bloomberg.com/latam/blog/crecimiento-de-la-nube-se-frena-primeros-clientes-se-reducen-y-los-nuevos-dudan/>

Franco. (2023, August 4). Industria 4.0: La Cuarta Revolución Industrial (2023). ThePower Business School. <https://www.thepowermba.com/es/blog/industria-4-0-la-cuarta-revolucion-industrial>

Gemelos Digitales: Qué Es, ejemplos y tipos. REPSOL. (2023a, September 11). <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/gemelos-digitales/index.cshhtml>

Gupta, A. (2023, November). Industry 4.0 market size, share, Growth Report 2023-2030. Industry 4.0 Market Size, Share, Growth Report 2023-2030. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/industry-4-0-market-2375>

HOFER, A. (n.d.). 5 digital twin examples in different industries. SOFTEQ. <https://www.softeq.com/blog/5-digital-twin-examples-in-different-industries>

How we work, live, and interact the emergent industrial metaverse. (n.d.-g).

https://wp.technologyreview.com/wp-content/uploads/2023/03/MITTR_Siemens_The-Emergent-Industrial-Metaverse.pdf?trk=public_post_comment-text

IFR International Federation of Robotics. (n.d.). World Robotics 2023 report: Asia ahead of Europe and the Americas. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas>

Imprimakers. (2021, January 1). Empresas que no imaginabas que utilizarían la impresión 3D. <https://imprimakers.com/es/empresas-que-no-imaginabas-que-utilizarian-la-impresion-3d/>

Industry 4.0 market size, share, Industry Trends & Growth Drivers 2030. MarketsandMarkets. (n.d.). <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industry-4-market-102536746.html#:~:text=The%20global%20industry%204.0%20market,39.12%25%20from%202021%20to%202022>

Industry 4.0: The Future of Manufacturing | SAP. (n.d.-h). <https://www.sap.com/products/scm/industry-4-0/what-is-industry-4-0.html>

Industry 4.0: The future of manufacturing. SAP. (n.d.). <https://www.sap.com/products/scm/industry-4-0/what-is-industry-4-0.html#:~:text=Industry%204.0%20can%20be%20defined,Data%2C%20robotics%2C%20and%20automation.>

Insights, M. T. R. (2023, September 15). The emergent industrial metaverse. <https://www.technologyreview.com/2023/03/29/1070355/the-emergent-industrial-metaverse/>

Integración horizontal y vertical en fábricas inteligentes. inteligentes. (2022, November 17). <https://www.copadata.com/es/industrias/integracion-horizontal-vertical/#:~:text=La%20integraci%C3%B3n%20horizontal%20consiste%20en,de%20negocios%20de%20la%20compa%C3%B1a%20Da.>

Internet de las cosas (IOT) tamaño del mercado, Tendencias, Crecimiento (2022 - 27). Internet de las cosas (IoT) Tamaño del mercado, tendencias, crecimiento (2022 - 27). (n.d.). <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/internet-of-things-moving-towards-a-smarter-tomorrow-market-industry>

Internet de las cosas: Qué es, usos y ejemplos. REPSOL. (2023b, September 11). <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/internet-de-las-cosas/index.cshtml>

Juan Luis de los Ríos Sánchez. (2023, March 24). Industria 4.0: Qué Es, beneficios y ejemplos. Thinking for Innovation. <https://www.iebschool.com/blog/industria-cuarta-revolucion-industrial-business-tech-logistica/>

La realidad aumentada en la manufactura (5 Casos de Uso). La realidad aumentada en la manufactura (5 casos de uso). (n.d.).

<https://www.ienhance.co/blog/como-las-empresas-estan-aplicando-la-realidad-aumentada-en-la-fabricacion>

M., A. (2022, July 28). Las Mejores casas impresas en 3d del mercado. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/top-10-con-las-mejores-casas-impresas-en-3d-250220202/>

M., A. (2023, October 31). Arcomedlab desarrolla El Implante craneal impreso en 3d Más Grande del Mundo. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/arcomedlab-implante-craneal-impreso-3d-011120232/#:~:text=Arcomedlab%20es%20una%20startup%20Americana,con%20un%20biopol%C3%ADmero%20llamado%20PEEK>

Mercado de Fábricas Inteligentes - Tamaño, Participación, tendencias y análisis de la industria. Mercado de fábricas inteligentes - Tamaño, participación, tendencias y análisis de la industria. (n.d.).

<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/smart-factory-market>

Ministerio de Trabajo y Economía Social. (n.d.). Preferencias de Privacidad. ¿Qué es el PRTR?. Ministerio de Trabajo y Economía Social. https://www.mites.gob.es/es/plan_recuperacion/que_es/index.htm#:~:text=El%20Consejo%20de%20Ministros%20en,a%20trav%C3%A9s%20de%20un%20conjunto

Mira Galiana, J. (n.d.). Big data en la industria 4.0, Cómo funciona y por qué es el futuro. Toyota. <https://blog.toyota-forklifts.es/big-data-futuro-industria-4.0>

Miralvés, A. (2023, February 16). Ejemplos cloud computing en Empresas: Onwork IT & cloud. OnWork. <https://onwork.cloud/5-ejemplos-famosos-cloud-computing/>

Muy Interesante. (2021, June 16). Las empresas que ya Están Sustituyendo a humanos por robots. Muy Interesante.

<https://www.muyinteresante.es/actualidad/37692.html>

Our global reach - OECD. (n.d.-i). <https://www.oecd.org/about/members-and-partners/>

The path from industry 4.0 to industry 5.0. Industry 5.0 vs Industry 4.0: What are the differences? (n.d.-a). <https://www.atoss.com/en/insights/blog/from-industry-4-0-to-industry-5-0>

The path from industry 4.0 to industry 5.0. Industry 5.0 vs Industry 4.0: What are the differences? (n.d.-b). <https://www.atoss.com/en/insights/blog/from-industry-4-0-to-industry-5-0>

PricewaterhouseCoopers (Ed.). (n.d.). Claves e Inversiones estratégicas para una España 5.0. PwC. <https://www.pwc.es/es/publicaciones/economia/claves-e-inversiones-estrategicas-espana-50.html>

The Rise of Industry 4.0 in 5 stats. IoT Analytics. (2022, October 21). <https://iot-analytics.com/industry-4-0-in-5-stats/>

Romero, P. (2023, February 27). Gemelos Digitales en la industria 4.0. Geinfor ERP. <https://geinfor.com/gemelos-digitales-en-la-industria-4-0/>

Roser, M. (2023, November 13). The short history of global living conditions and why it matters that we know it. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/a-history-of-global-living-conditions>

Rus, C. (2021, June 13). Amazon tiene cuatro nuevos robots para trabajar en sus almacenes: Autónomos y repletos de IA para liberar carga de trabajo a los humanos. Xataka. <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/amazon-tiene-cuatro-nuevos-robots-para-trabajar-sus-almacenes-autonomos-repletos-ia-para-liberar-carga-trabajo-a-humanos>

Sarrión Romero, J. A. (2023, June 28). Ciberseguridad en la industria 4.0. OpenWebinars.net. <https://openwebinars.net/blog/ciberseguridad-en-la-industria-40/>

Shirer, M. (n.d.). New IDC spending guide forecasts worldwide security investments will grow 12.1% in 2023 to \$219 billion. IDC. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS50498423#:~:text=The%20Worldwide%20Security%20Spending%20Guide,and%20five%20company%20size%20bands>.

StartUs Insights. (2023b, February 25). 10 industry 4.0 startups to watch in 2023. <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/industry-4-0-startups/>

StartUs Insights. (2023c, October 12). Top 10 industry 4.0 trends in 2024. <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-industry-4-0-trends-innovations-in-2021/>

Schwab, K. (2016). La cuarta revolución industrial. Editorial Debate.

Tallo, C. O. (2016, September 16). Volkswagen Fundará Una Empresa de Ciberseguridad para Evitar Ataques en los coches. SOCIAL SECURITY | CSO España. <https://cso.computerworld.es/social-security/volkswagen-fundara-una-empresa-de-ciberseguridad-para-evitar-ataques-en-los-coches>

Technology. NOVAMEAT TECH. (n.d.). <https://www.novameat.com/our-technology>

What is Industry 4.0 and how does it work?. IBM. (n.d.-c). <https://www.ibm.com/topics/industry-4-0>

What is IoT? The Future of Business | SAP. (n.d.-j). <https://www.sap.com/products/artificial-intelligence/what-is-iot.html>

Wohlers report 2023 - Wohlers Associates. (2023). <https://wohlersassociates.com/wp-content/uploads/2023/03/Wohlers-Report-2023-Executive-summary.pdf>

¿Qué es la computación en la nube?. IBM. (n.d.-a). <https://www.ibm.com/es-es/topics/cloud-computing>

¿Qué es un gemelo digital?. IBM. (n.d.-b). <https://www.ibm.com/es-es/topics/what-is-a-digital-twin>

¿Qué es una smart factory? | SAP insights. (n.d.-i). <https://www.sap.com/spain/products/scm/what-is-a-smart-factory.html>

¿Qué es la industria 4.0 y qué impacto tiene en la sociedad y en el medioambiente?. Montega. (2022, December 16). <https://montega.es/blog/que-es-la-industria-4-0-y-que-impacto-tiene-en-la-sociedad-y-en-el-medioambiente/>