

Industria 4.0. La cuarta revolución industrial

Apellidos, nombre	García Ortega, Beatriz (beagaror@doctor.upv.es)
Departamento	Departamento de Organización de Empresas
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

Este documento nos introduce en la Industria 4.0, en qué consiste, cuáles son sus herramientas, qué cambios y transformaciones trae consigo y los grandes retos para nuestra sociedad.

2 Objetivos

Los objetivos de este artículo son:

- Introducirnos en el mundo de la Industria 4.0.
- Conocer en qué tecnologías se sustenta.
- Tomar conciencia sobre los cambios y transformaciones que implica.
- Reflexionar sobre los retos a los que se enfrenta nuestra sociedad en esta transformación.

3 Introducción

Para hacernos una idea de su relevancia, la **Industria 4.0**, conocida también como la **cuarta revolución industrial**, la industria digital o la industria inteligente, está llamada a **transformar** no sólo las empresas y la forma de hacer negocios, sino también **nuestras vidas y el mundo tal y como lo conocíamos hasta hace muy poco tiempo**.

Este concepto, del que se empezó a hablar en el 2011, está teniendo gran repercusión en los últimos años. Podemos encontrar una creciente cantidad de artículos científicos, libros, documentales, foros, formación, etc. Para desarrollar todo su potencial, los diferentes actores (gobiernos, administraciones, empresas y otros agentes, profesionales y el conjunto de la sociedad) han de empezar conociendo el concepto, cómo se articula, sus implicaciones, los desafíos que plantea. Es además esencial que los profesionales adquieran las competencias necesarias para desenvolverse en un nuevo entorno.

En este objeto de aprendizaje, introduciremos en qué consiste, con qué tecnologías contamos, cómo efectivamente esta revolución puede contribuir a transformar y mejorar nuestro mundo, y cuáles son los grandes retos que afronta el ser humano en esta transición.

4 Desarrollo

Seguramente muchos de nosotros hemos oído hablar de la Industria 4.0, pero ¿de dónde surge este concepto? ¿qué es realmente? ¿en qué consiste? ¿en qué se fundamenta? ¿cómo se materializa? ¿qué cambios conlleva? ¿qué retos nos plantea?... ¡Vamos allá!

4.1 La Industria 4.0. Origen y concepto

Industria 4.0, me suena, pero... ¿qué es realmente?

Como hemos adelantado en la introducción, se empieza a hablar de la Industria 4.0 en el año 2011, concretamente en el salón de la tecnología industrial de la Feria de Hannover. El término se empezó a utilizar para describir las nuevas tendencias en la industria.

Hablamos pues de un concepto relativamente reciente. A fecha de elaboración de este objeto de aprendizaje (finales de 2020), la Industria 4.0 no es algo ya consolidado; apenas se ha empezado a esbozar todo su potencial, con un grado de implementación desigual según sectores y ámbitos, y seguramente la mayoría de nosotros no seamos todavía plenamente conscientes de la dimensión que puede alcanzar, o incluso tengamos una nebulosa en cuanto a qué es realmente. De hecho, su propio carácter transformador y de retroalimentación puede hacer que dentro de poco tiempo tengamos que replantearnos su explicación.

Podemos decir que se trata de un **nuevo hito en ciernes**, que supone **una profunda transformación de nuestra sociedad**. De ahí que se relacione con una nueva revolución. Pero ¿cómo hemos llegado hasta aquí? Existe un amplio consenso en identificar en las siguientes revoluciones a nivel industrial de un modo similar al mostrado en la Figura 1, y que vamos a repasar.

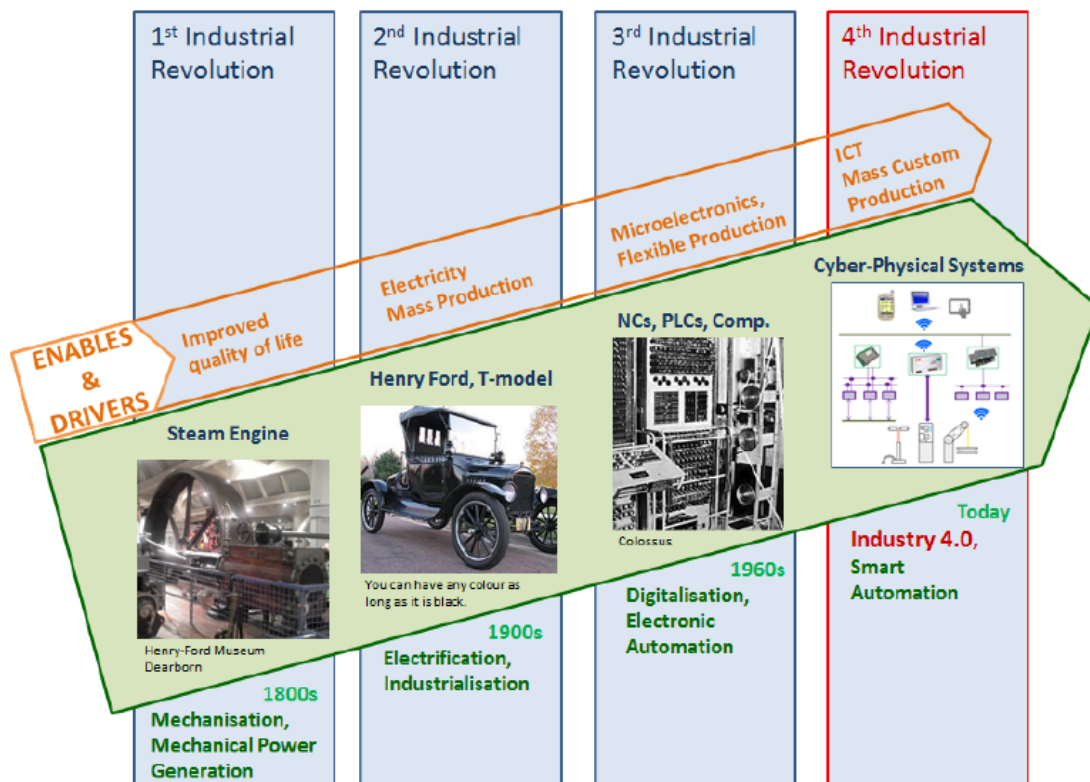


Figura 1. Las distintas revoluciones industriales. Fuente: Roiko (2017).

- **Primera revolución industrial:** comienzo del uso de máquinas para reemplazar el trabajo humano o animal, desarrollo de equipos y transporte basados en la energía a vapor y la energía hidráulica, lo que propició un aumento de la producción y caída de costes (segunda mitad del siglo VIII).
- **Segunda revolución industrial:** desarrollo de la electricidad aplicado a fines domésticos e industriales, las líneas de ensamblaje y la producción en serie de Henry Ford que redujo de nuevo drásticamente los costes (finales del siglo XIX).

- **Tercera revolució industrial:** automatització i flexibilització de la producció usant la electrònica, la tecnologia de la informació i els PLCs (a partir de mitjans del segle XX).
- **Cuarta revolució industrial:** Indústria 4.0. Tecnologies de la Informació i Comunicació, automatització intel·ligent de sistemes ciberfísics amb control descentralitzat i hiperconectivitat avançada...

La **Indústria 4.0** se planteja com a la **incorporació efectiva de les últimes tecnologies**, eines tecnològiques i digitals a nostre abast i altres noves per desenvolupar, **per a l'optimització de les mètodes de treball i estratègies**.

Los principis en los que se basa es el seguimiento y análisis en tiempo real de los procesos, la monitorización remota y virtual de los mismos para hacerlos más eficientes y predecibles y evitar fallos, la autonomía de los diferentes sistemas ciberfísicos en el análisis de datos y toma de decisiones y la modularización del sistema para producir de un modo flexible y personalizado, adaptable a cambios de demanda.

Un **sistema ciberfísic** en la Indústria 4.0 no es més que un sistema físic o mecanisme, per exemple una màquina, dotat de capacitats de computació i de comunicació, estretament connectat amb Internet, de manera que actua i interactua amb altres sistemes o persones de forma intel·ligent. Un exemple que dins de poc serà quotidià serà el del vehicle autònom, capaç de conviure i interactuar amb altres vehicles, amb els seus passatgers o amb les mercaderies, amb els peatons, en el tràfic...

Todo ello se consigue gracias a las ventajas que nos brindan las nuevas tecnologías, por ejemplo, la **hiperconectividad entre personas y equipos y entre equipos entre sí** que nos brindan las actuales vías de comunicación, la gran capacidad de recoger, enviar, almacenar y gestionar datos o la **autonomía e inteligencia de las máquinas**, que pasan a asumir buena parte de lo que veníamos haciendo los humanos.

La Indústria 4.0 se puede entender como una **nueva forma de abordar las expectativas, retos y desafíos** que tenemos por delante **como sociedad a través del uso y combinación adecuada de las nuevas tecnologías**. El concepto 4.0 es aplicable **más allá de la optimización de procesos dentro de la propia industria** o del ámbito empresarial. Es extensible a cualquier organización, administración, etc. De hecho, está empezando a cambiar algunos aspectos de nuestra vida en ámbitos como la domótica, el transporte (vehículos autónomos), la gestión y funcionamiento de las ciudades (concepto de Smart Cities o ciudades inteligentes), edificios inteligentes ...

La Indústria 4.0 se fundamenta en definitiva en la digitalización y virtualización de los procesos industriales y no industriales y de gestión de la información, la vinculación de las tecnologías digitales y los medios de producción o de ejecución para generar fábricas o sistemas inteligentes, comunicados e interactivos con otros sistemas y en general con su entorno, con el objetivo de mejorar todos estos procesos.

Con lo anterior nos hemos acercado desde diferentes perspectivas a la Indústria 4.0. Nos detendremos ahora en las herramientas que pueden hacer todo ello posible, lo que nos ayudará a entender un poco más qué es todo esto de la Indústria 4.0.

4.2 La Indústria 4.0. Herramientas

¿Cuáles son las herramientas que propician la Indústria 4.0?

Existe en la actualidad un conjunto de valiosas herramientas tecnológicas y digitales como el Internet de las Cosas, el Big Data, la Inteligencia Artificial, la Computación en la Nube, la

Robòtica, la Realidad Aumentada, la Simulaci3n Virtual, el Blockchain, la Nanotecnologí, el 5G, la sens3rica, la impresi3n 3D o incluso los drones, entre otros. A continuaci3n, repasamos brevemente en qu3 consisten algunas de ellas.

- **Internet de las Cosas.** El internet tradicional conectaba personas con personas. El Internet de las Cosas o IoT (*Internet of Things*) interconecta a trav3s de la red a personas a trav3s de sus dispositivos electr3nicos, entornos, dispositivos, veh3culos y m3quinas de forma que permite la recogida e intercambio de datos e informaciones entre todos ellos seg3n se requiera. Los sistemas ciberfísicos se comunican entre sí con otros sistemas y con las personas en forma de tela de araña, tanto de su propia organizaci3n como con otros agentes de la cadena de valor, como proveedores, clientes o usuarios.
- **Big Data.** Vivimos en la sociedad de la informaci3n. Los datos ya se consideran el recurso m3s valioso, por encima del petr3leo. Las empresas que dominen los datos dominar3n los negocios. Es algo que ya estamos viendo. Pensemos en algunas empresas como Google o Facebook. El concepto de Big Data se refiere a la ingente y creciente cantidad de datos de enorme complejidad que se maneja y se transmite a gran velocidad en el entorno 4.0, lo que requiere de aplicaciones informáticas específicas para su procesamiento, la gesti3n y el an3lisis de los datos.
- **Inteligencia Artificial.** La Inteligencia Artificial o AI (*Artificial Intelligence*) consiste en la capacidad por parte de una computadora de realizar funciones como percibir, razonar, resolver problemas, usar un lenguaje, extrapolar, aprender de la experiencia, etc. Representa modelos de computaci3n que pueden realizar actividades propias de los seres humanos en base al razonamiento y la conducta, dos de las características esenciales en el ser humano. La cantidad de datos en el mundo crece exponencialmente, en una cantidad y complejidad imposible de procesar por los humanos. La Inteligencia Artificial permite manejar tal cantidad de informaci3n, interpretarla, de tal modo que las m3quinas pueden tomar sus propias decisiones, con una intervenci3n cada vez menor de las personas.
- **Computaci3n en la Nube.** Tambi3n conocido como *Cloud Computing*, implica compartir datos, servicios, aplicaciones y uso de software entre diferentes ubicaciones y sistemas alojados de forma remota. As3 se consigue que la empresa utilice únicamente los recursos en el momento que los necesite, con el consiguiente ahorro de costes.
- **Realidad Aumentada.** Mediante un conjunto de tecnolog3as, se puede visualizar en un dispositivo una parte de la realidad con informaci3n gr3fica ańadida.
- **Simulaci3n Virtual.** Consiste en la realizaci3n de simulaciones, an3lisis est3ticos y dinámicos del comportamiento de un sistema, donde se pueden poner a prueba las prestaciones de un diseńo sin necesidad de prototipos.
- **Rob3tica.** Robots inteligentes, capaces de trabajar aut3nomamente, sin la asistencia o supervisi3n del ser humano, siendo adem3s capaces de aprender y automatizar el trabajo de otros robots.
- **Blockchain.** Conocidos como cadenas de bloques seguros. Constituye un sistema de seguridad imposible de reproducir o copiar, puesto que la informaci3n en un bloque solamente se puede editar modificando todos los bloques posteriores.

- **5G.** Es un nuevo estándar de comunicación que multiplica el ancho de banda y la velocidad, y en definitiva la hiperconectividad en tiempo real.
- **Sensórica.** Los sensores transforman cualquier fenómeno físico en una señal medible o en información interpretable. La Industria 4.0 no sería posible sin el desarrollo de potentes y fiables sensores inteligentes y conectados. Son los que registran los datos e información de los que se alimentan los sistemas inteligentes para procesarlos, interpretarlos e intercambiarlos. Son vitales para el control y mejora de los procesos. Además de los sensores cada vez más sofisticados, fiables y precisos que ya se venían utilizando como los de proximidad, temperatura, presión, nivel, humedad, vibraciones, etc., toman cada vez más auge los de visión artificial y escaneado, los biométricos relacionados con la salud, los de análisis de composición química, sensores de agua en los árboles, etc. En el desarrollo de sensores intervienen por ejemplo la nanotecnología o la impresión 3D.

Como podemos observar, todas estas herramientas tecnológicas se apoyan y conjugan entre sí como instrumentos para el desarrollo de la Industria 4.0.

La Figura 2 es útil a la hora de visualizar cómo se articula esta transformación 4.0:

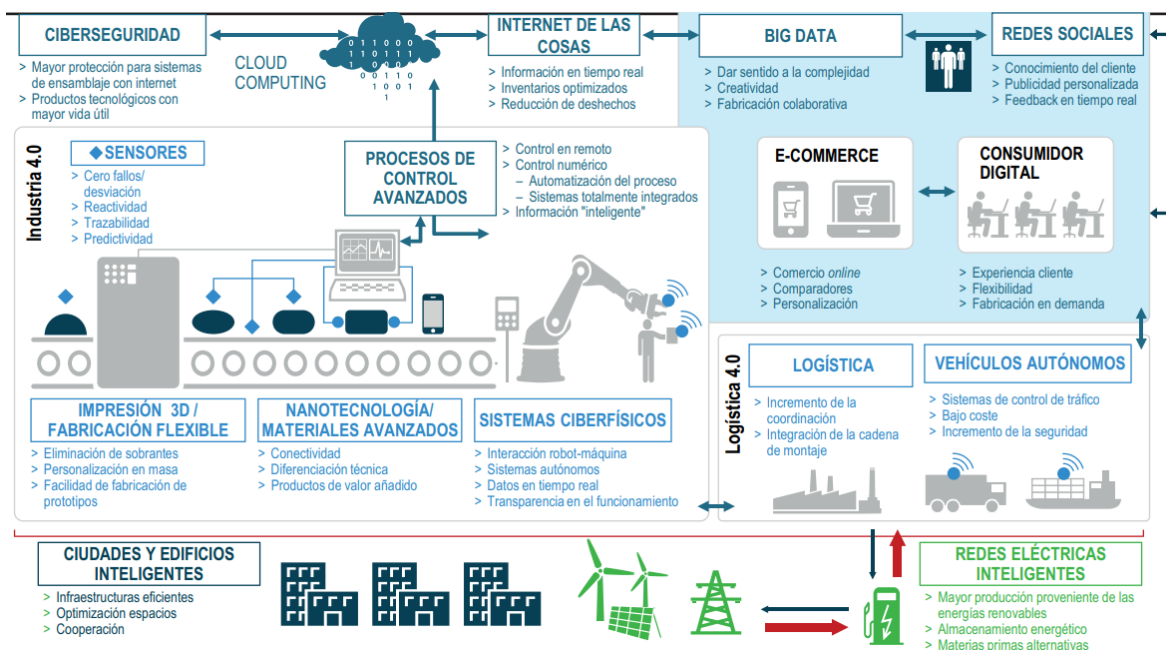


Figura 2. Ecosistema de la digitalización y el concepto 4.0. Fuente: Berger (2016).

4.3 Cambios que conlleva la Industria 4.0

Actividad 1: Ya tenemos una primera idea de dónde surge y en qué consiste la Industria 4.0, así que... ¡llega el momento de interactuar!
 Tomemos unos minutos para reflexionar sobre las siguientes cuestiones ¿con lo visto hasta ahora, qué podemos esperar de la Industria 4.0? ¿qué cambios va a suponer? Anotarlo y compararlo con el contenido de este apartado. ¡Seguro que aportas nuevos aspectos o perspectivas!

Aunque hablemos en futuro, algunos de estos cambios ya están muy presentes en industrias como la del automóvil, si bien la transformación no ha hecho más que empezar y a buen seguro irá ganando terreno en más y más sectores y ámbitos fuera de lo que entendemos por industria de fabricación de bienes y equipos.

4.3.1. Integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TCIs) en la Industria y Servicios

En la Industria 4.0, los procesos de fabricación están totalmente automatizados, y se optimizan a sí mismos, mediante la integración de las herramientas presentadas.

La integración de los procesos bajo el concepto 4.0 en la industria se extiende más allá de la producción y gestión de inventarios, desde los proveedores al usuario final, identificando todo aquello que genera realmente valor para el cliente en toda la cadena y eliminando lo superfluo o prescindible.

4.3.2. Transformación de las industrias de fabricación en empresas de TCIs

Las empresas cada vez se parecerán más entre sí, ya que sus productos incorporarán cada vez más tecnologías de la información y serán su componente principal, diferenciándose en el envoltorio. Las empresas tendrán que mirar más allá de sus competidores tradicionales en su sector (ejemplos Tesla o Google en el desarrollo de vehículos eléctricos y autónomos).

Seguramente las empresas que no se adapten e incorporen las TCIs a sus productos y servicios acabaran probablemente perdiendo su sitio o desapareciendo, como ocurrió en su día con Nokia en el desarrollo de los smart phones.

4.3.3. Mayor competencia e innovación

Se espera que la competencia se incrementará, por ejemplo con empresas que podrán participar en diversos sectores, con unos costes a la baja por los ahorros que supone la optimización de los procesos y a priori una menor diferenciación. Esto propicia que las empresas se vean impulsadas a una mayor innovación, favorecida a su vez por la propia Industria 4.0.

4.3.4. Cambio de paradigma

- La combinación de las múltiples tecnologías emergentes supone una **transformación** no sólo en lo que hacemos y cómo lo hacemos, sino también en lo que somos, con cambios en la forma de hacer **negocios**, la **economía**, la **sociedad** y el propio **individuo**. En definitiva, cambiará nuestras vidas. Estos **profundos cambios a nivel global** son los que dan significado al concepto de cuarta revolución.
- Un nuevo mundo dominado por los datos, cuyo control otorga poder.
- En un proceso de rápida transformación, la **velocidad** será más si cabe un elemento clave en la supervivencia y éxito de las empresas.

‘En el nuevo mundo, no es el pez grande el que se come al pez pequeño, sino es el pez rápido el que se come al pez lento’. Frase de Klaus Schwab, Fundador y Presidente Ejecutivo del Foro Económico Mundial.

Los que no se adapten rápidamente a los nuevos cambios tecnológicos tenderán a perder relevancia y a desaparecer. A su vez, se beneficiarán las empresas más rápidas innovando no sólo en el producto, sino también en su propio modelo de negocio, en su dirección estratégica, en la gestión de sus activos y de sus canales, en su relación con clientes o usuarios...

- La relevancia y **dominio** que tendrán las propias **herramientas tecnológicas y digitales**. Las empresas que ya basan su negocio en plataformas tecnológicas ganan cada vez más importancia y están desplazando a las empresas tradicionales como más valoradas por los inversores.
- Transformación y probablemente reducción de los puestos de trabajo. **Vuelco al actual** panorama del **mercado laboral**. La Industria 4.0 tiende a eliminar la participación humana de aquellos procesos que son repetitivos o cuyas decisiones se basan en datos históricos. Mozos de almacén, operarios, transportistas, taxistas, y un largo etcétera. Por el contrario, aumentarán por ejemplo los puestos relacionados con la creación e implementación de nuevas tecnologías, con mayor necesidad de profesionales capaces de diseñar e innovar, desarrollar productos, organizar procesos o directivos conscientes y preparados para liderar esta transformación entre otros.
- **Acentuación** de la nueva **cultura digital**. Hoy día, la gran mayoría de nosotros ya estamos hiperconectados a través de nuestros dispositivos móviles, tablets, ordenadores. Los utilizamos como herramienta de trabajo, de acceso a la información, entretenimiento y de relaciones sociales. Con la Industria 4.0, se acentúa más si cabe nuestra dependencia y uso de dispositivos electrónicos.

Esta transformación sin precedentes representa una oportunidad única para hacer un mundo mejor, más justo, más sostenible. Con ello enlazamos con los grandes retos que afronta nuestra sociedad en esta transición.

4.4 Los grandes retos de la Industria 4.0 para nuestra sociedad

Actividad 2: Nos detenemos de nuevo y nos preguntamos ¿qué retos nos puede plantear la Industria 4.0 para nuestro mundo? Anotar igualmente nuestras reflexiones y contrastar con lo siguiente. Seguro que encontramos coincidencias... ¿o no?

La Industria 4.0 ha llegado para quedarse y ganar cada vez más presencia en nuestras vidas, pero afronta grandes retos para nuestra sociedad a la hora de extender su implementación y manejar los cambios que trae consigo. Veamos algunos de los más relevantes.

- La Industria 4.0 se presenta como una **gran oportunidad para atacar** de forma decidida los **desafíos medioambientales, sanitarios, sociales y económicos que tenemos por delante como sociedad**. Las nuevas tecnologías a nuestro alcance nos permiten abordar la optimización de los procesos, hacerlos más eficientes y seguros, y eliminar todo aquello que no aporta valor, y esto es positivo. Al mismo tiempo, supone un hito que puede contribuir decisivamente a minimizar nuestro impacto sobre el planeta, abordar los problemas sociales y sanitarios y llevar a cabo una transición justa.

Si las máquinas nos van a ayudar y a facilitar la vida, van a ir asumiendo paulatinamente parte de nuestro trabajo, lo van a realizar de un modo más eficiente y circular, con menos recursos y desperdicios, eliminando trabajos innecesarios, deberíamos tratar de trasladar estos beneficios a toda la sociedad y a nuestro planeta.

- Como hemos visto, en los próximos años hará falta una gran cantidad de profesionales debidamente cualificados, y muchos de los perfiles actuales van a quedar obsoletos, provocando un vuelco en el mercado laboral. Este cambio exigirá una rápida y efectiva adecuación de las políticas para incentivar la **adaptación del mercado laboral**, así como de políticas sociales para tratar de que no haya personas o colectivos damnificados o que se queden descolgados.
- El derecho a la desconexión digital será también más necesario si cabe, por el incremento en la hiperconectividad relacionada con el entorno laboral.
- Se necesitan **gobiernos** que acierten en **legislar y arbitrar esta transformación**, empresas y otras organizaciones que ejerzan su responsabilidad social corporativa, universidades, institutos de enseñanza, institutos tecnológicos, colegios profesionales y otras entidades que formen a los profesionales, contribuyan y promuevan buenas prácticas, y una sociedad que sepa exigir, e influir sobre el resto de los actores en la buena dirección.

Por otro lado, los gobiernos y administraciones públicas han de realizar importantes esfuerzos en la implementación de las nuevas tecnologías, para **que el sector público no se quede atrás** y pueda sumarse a este tsunami transformador.

Las propias **empresas** de muchos sectores, y especialmente aquellas **pequeñas y medianas** lo tendrán más difícil por la carencia de recursos. Se debe trabajar en solucionar la carencia de infraestructuras, de comunicación, el elevado coste de interconectar lugares menos poblados o con empresas más aisladas.

- La **ciberseguridad** es otro de los grandes retos. Hay que prevenir posibles ataques informáticos que pueden poner en riesgo a todo el sistema, tomar el control de procesos críticos, robar información privada o confidencial y generar pérdidas millonarias.
- Un nuevo mundo donde el **dominio de los datos** es una de las mayores **fuentes de poder**, con la amenaza que ello supone.
- Por último, los **riesgos de una indebida utilización de las nuevas tecnologías y máquinas** para usos criminales o armamentísticos, o incluso de que la inteligencia artificial quede fuera de control son amenazas latentes. Existe un debate entre gobiernos, empresas, universidades y la comunidad científica sobre los principios y valores éticos que deben regir, con disciplinas emergentes como la 'roboética'.

Como ejemplo, el Parlamento Europeo aprobó en 2017 una resolución para desconectar a máquina autónomas o robots en caso de que amenacen la vida del ser humano, e incluso se ha planteado un futuro estatus jurídico específico como 'persona electrónica' con 'derechos y obligaciones'. La realidad supera muchas veces la ficción.

En definitiva, la adecuada gestión de estos avances y profundos cambios es sin duda uno de los grandes retos a los que se enfrenta nuestra sociedad.

5 Cierre

En este objeto de aprendizaje perseguíamos tener una primera visión de la Industria 4.0, en qué tecnologías se sustenta, cómo supone una auténtica revolución que implica profundas transformaciones, un cambio de paradigma, y que al mismo tiempo plantea grandes oportunidades y amenazas para nuestro mundo.

Para cerrar esta primera visión de la Industria 4.0, nos quedaría abordar en detalle su implementación efectiva, sus aspectos clave y dificultades en este proceso. A este respecto, se completa la bibliografía consultada con artículos científicos que tratan específicamente su implementación.

6 Bibliografía

6.1 Artículos:

Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899-919

Calabrese, A., Levaldi Ghiron, N., & Tiburzi, L. (2020). 'Evolutions' and 'revolutions' in manufacturers' implementation of industry 4.0: a literature review, a multiple case study, and a conceptual framework. *Production Planning & Control*, 1-15.

Gabriel, M., & Pessl, E. (2016). Industry 4.0 and sustainability impacts: Critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 14(2), 131.

Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 11(5), 77-90.

Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction. *Production Planning & Control*, 31(10), 799-815

Veile, J. W., Kiel, D., Müller, J. M., & Voigt, K. I. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*

6.2 Libros:

Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro* (Vol. 647). Inter-American Development Bank

Popkova, E. G., Ragulina, Y. V., & Bogoviz, A. V. (Eds.). (2019). *Industry 4.0: Industrial revolution of the 21st century* (p. 253). Springer.

Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.

6.3 Informes:

Berger, R. (2016). España 4.0: el reto de la transformación digital de la economía. *Roland Berger: Madrid, Spain*.