

Artículo de Revisión

El futuro es hoy: Industria 4.0 y su contribución al desarrollo productivo y social

The future is now: Industry 4.0 and its contribution to productive and social development

Julio Alejandro González-Sigala¹, Víctor Alonso Domínguez-Ríos^{2*}, José René Arroyo-Ávila², y María del Rosario de Fátima Alvidrez-Díaz²

¹ Instituto de Estudios Avanzados SYSCOM. Calle Ignacio Ramírez #1003, Col. Santa Rosa, C.P. 31000, Chihuahua, Chih.

² Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Escorza #900, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih.

*Correspondencia: vdomingu@uach.mx (Víctor A. Domínguez Ríos)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v18i3.1615>

Recibido: 20 de agosto de 2024; Aceptado: 13 de diciembre de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Resumen

El desarrollo tecnológico que se ha presentado durante principios del siglo XXI ha revolucionado los sistemas industriales y empresariales con la adopción masiva de sistemas inteligentes y automatizados. La convergencia de nuevas tendencias tecnológicas, como el internet de las cosas, big data, robótica e inteligencia artificial ha creado un entorno interconectado, donde las tareas pueden llevarse a cabo de manera autónoma, aumentando la eficiencia y productividad, fenómeno denominado Industria 4.0. A pesar de sus atractivas y prometedoras ventajas, la implementación de la Industria 4.0 también ha dado lugar a implicaciones sustantivas en los ámbitos económico, social y cultural. Algunos temas como la sustitución de trabajadores por máquinas han generado preocupaciones sobre el desempleo y la desigualdad económica. Otro escenario similar surge al hacer cuestionamientos éticos sobre la privacidad de los datos y el uso responsable de la inteligencia artificial en decisiones críticas. Es por ello que, para aprovechar al máximo las ventajas de la Industria 4.0 y minimizar sus desafíos, es esencial realizar un análisis profundo de estas implicaciones y buscar un equilibrio en el que se tomen en cuenta criterios de aprendizaje, viabilidad técnica y conocimiento del medio en el que se pretende poner en práctica dicha tecnología.

Palabras clave: industria 4.0, inteligencia artificial, internet de las cosas, robótica, big data.

Abstract

The technological evolution of the early 21st century has revolutionized industrial and business systems with the mass adoption of intelligent and automated systems. The convergence of new technological trends such as the Internet of Things, big data, robotics and artificial intelligence has created an interconnected environment where tasks can be performed autonomously, increasing efficiency and productivity, a phenomenon known as Industry 4.0. Despite its attractive and promising benefits, the implementation of Industry 4.0 has also led to significant economic, social and cultural implications. Issues such as the replacement of workers by machines have raised concerns about unemployment and economic inequality. A similar scenario arises when ethical questions are raised about data protection and the responsible use of artificial intelligence in critical decisions. In order to maximize the benefits of Industry 4.0 and minimize its challenges, it is therefore essential to carry out a thorough analysis of these implications and to seek a balance that considers criteria such as learning, technical feasibility and knowledge of the environment in which the technology is to be implemented.

Keywords: Industry 4.0, artificial intelligence, IoT, robotics, big data.

1. Introducción

La economía y el sector productivo a nivel global pasan por una etapa de automatización que cada día crece de manera considerable. El surgimiento de nuevas tendencias como el internet de las cosas, computación en la nube, big data, inteligencia artificial, entre otros, han creado una brecha para que la industria de la manufactura pase a un plano en el que la tecnología crea soluciones cada vez más potentes y efectivas para atender tareas que originalmente eran complejas y repetitivas para ser ejecutadas por el ser humano.

Las nuevas tendencias tecnológicas no solo suponen un cambio en el panorama científico e industrial, sino que han forzado a la sociedad a adaptarse a los abruptos cambios que esto ha supuesto con el paso del tiempo. Se ha creado una dependencia sobre esta tecnología, constituyéndose como una pieza fundamental en el entorno competitivo actual; muchas organizaciones buscan dominar y comprender a fondo esta tecnología para usarla como una ventaja o valor agregado (Basco *et al.*, 2018).

Un claro ejemplo de lo anterior es planteado por Yandar Lobon y Moreno Ospina (2019), quienes describen cómo es que las tecnologías de la información han tenido una amplia contribución no solo en la industria manufacturera, sino también en los sistemas empresariales. Este efecto ha impulsado a directivos y colaboradores de diversos sectores a estudiar cuidadosamente la manera en que las nuevas tecnologías pueden ser utilizadas para mejorar sus procesos internos y dar una retroalimentación concreta y diversificada para intervenir en el proceso de toma de decisiones organizacionales. Es así que las nuevas propuestas tecnológicas han creado una revolución en la forma en que los individuos gestionan tareas de distinta complejidad y naturaleza.

En el campo de las ciencias y la tecnología, se emplea el término “revolución” para describir a todo aquello que crea un impacto y plantea ideas o métodos innovadores para satisfacer alguna necesidad. Desde una perspectiva más concreta, Schwab (2016) describe la revolución como un cambio abrupto y radical que se produce a lo largo de la historia, marcando un hito en la forma en

que la tecnología influye en las estructuras sociales y en los procesos que se llevan a cabo en la industria. Cabe destacar que la notoriedad de estos cambios puede tardar años en desplegarse, siguiendo un proceso gradual de evolución.

Por su parte, en un contexto productivo se considera como una revolución industrial a un proceso de cambio desencadenado por nuevas reglas en la repartición de poder y riqueza, hacia aquellos que proponen nuevas alternativas tecnológicas que generan un impacto notable en los procesos y métodos empleados en la industria. Esto no solo supone la creación de nuevos dispositivos, procesos o mecanismos, sino también incluye la innovación o adaptación de los ya existentes (Blanco *et al.*, 2019).

A lo largo de la historia se han presentado cuatro revoluciones industriales, las cuales han marcado notablemente el desarrollo y crecimiento de la industria contemporánea. En la Fig. 1 se puede visualizar el impacto tecnológico que ha supuesto cada revolución industrial desde el siglo XVIII hasta la actualidad.

Para cada revolución industrial se plantearon algunas barreras de entrada *ad hoc* a la época en que cada una se desarrolló, especialmente la resistencia al cambio que puede suponer innovar sobre procesos que dieron resultado durante décadas.

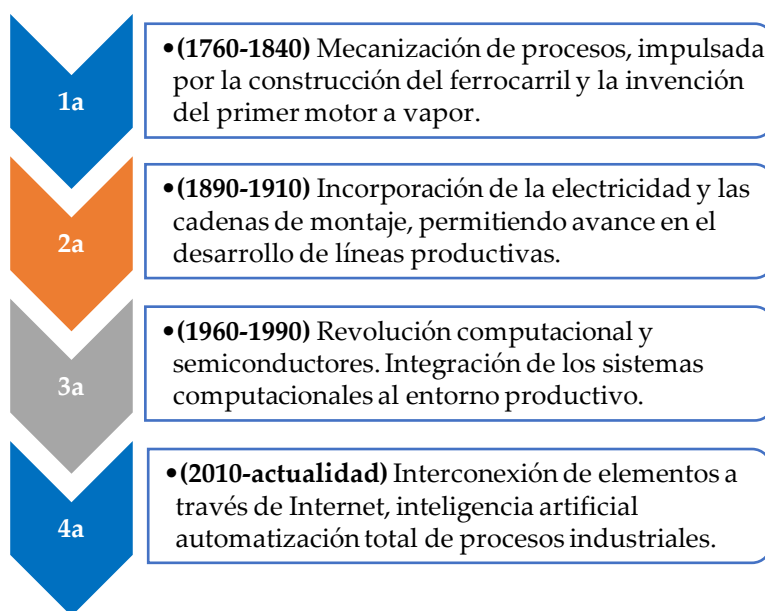


Figura 1. Línea evolutiva de las revoluciones industriales a través de la historia.

Figure 1. Evolutionary line of industrial revolution through history.

Referencia: (Schwab, 2016).

La primera revolución industrial refleja las primeras intenciones del hombre para aprovechar su ingenio en el diseño de nuevas máquinas/herramientas para facilitar su vida cotidiana. Dichas herramientas, a pesar de ser primitivas y simples, sirvieron como referente para las posteriores

revoluciones industriales, en donde se añadieron los primeros procesos semiautomáticos gracias a la integración de la electricidad y al desarrollo computacional, que se manifestaron durante la segunda y tercera revolución industrial, respectivamente.

Por su parte, la cuarta revolución industrial, también conocida como “Industria 4.0” recopila elementos de sus predecesoras, pero a su vez integra tecnologías y procesos que estuvieron en desarrollo y maduración durante décadas. Es conocida como la revolución en donde los elementos convergen y se interconectan entre sí, en un entorno automatizado e inteligente.

2. Metodología

Por lo anterior, el objetivo de este documento es realizar un estudio sobre la Industria 4.0, abordando las principales tendencias utilizadas para contribuir el desarrollo productivo y social mediante la aplicación de técnicas actuales y novedosas surgidas en la cuarta revolución industrial, para lo cual se emplea una metodología de revisión de literatura, recopilando y analizando estudios recientes sobre las características de diversos avances tecnológicos, desde su surgimiento hasta su implementación, permitiendo identificar tendencias clave, ventajas y desafíos en la adopción de la Industria 4.0 y observar la manera en la que pueden influir en los sistemas productivos y sociales.

3. Industria 4.0

El concepto de “Industria 4.0” se dio a conocer por primera vez en Alemania a principios de la década del 2010, cuando se expuso en la feria de Hannover de 2011 por una serie de especialistas, quienes, a través de diversos estudios realizados en el sector industrial de dicho país, abordaron la viabilidad de incorporar las nuevas tecnologías emergentes al ámbito productivo (Basco *et al.*, 2018).

La idea fundamental del concepto de Industria 4.0 es la digitalización de sistemas y procesos industriales, aunado a la interconexión de sistemas a través de herramientas de última generación, como: internet de las cosas, big data, inteligencia artificial, aprendizaje de máquina, robótica, entre otros. Industria 4.0 implica crear un entorno en el que la productividad sea maximizada, generando una independencia de la mano de obra humana, pero a su vez buscando una sinergia entre sistemas físicos y virtuales.

Pese a que la idea nace principalmente de un entorno enfocado a la industria, el concepto ha llegado a expandirse al punto de sentar las bases para la creación de casas y ciudades inteligentes que emplean el mismo tipo de tecnología (Joyanes Aguilar, 2017).

Reiterando en el contexto industrial, de acuerdo con Marr (2018), para que un sistema o fábrica pueda ser considerado como Industria 4.0 debe incluir cuatro características fundamentales:

- Interoperabilidad: haciendo referencia a máquinas, sensores, dispositivos y personas comunicándose entre ellos.
- Transparencia en la información: en donde los sistemas crean una referencia virtual del entorno físico, a través de la información que les es retroalimentada mediante sus sensores o periféricos.

- Asistencia técnica: refiriéndose a la manera en que los sistemas presentan la información de manera estructurada para ayudar a los humanos a tomar decisiones y resolver problemáticas, así como el relevo que pueden prestar en el desarrollo de tareas complejas o peligrosas para los mismos.
- Toma de decisiones descentralizada: en la que los sistemas toman decisiones por sí mismos, generando una autonomía.

La columna vertebral de un mecanismo de esta magnitud son los objetos conectados entre sí, convertidos en objetos inteligentes. Cada uno de los objetos anexos a esta red de interconexión debe aportar información al sistema principal para poder desencadenar alguna acción, ya sea humana o mecanizada. Para Joyanes Aguilar (2021) existen tres elementos fundamentales que marcan la pauta de un sistema 4.0:

- Controlador: se refiere al sistema electrónico o computacional que permite procesar la información acorde a la programación o instrucciones que recibe. Es fundamental que cuente con una integración a aplicaciones de Internet para permitir la interconexión entre plataformas.
- Sensor: es un dispositivo que permite convertir variables físicas del entorno en datos que sean procesables a nivel digital; generalmente captan información como: temperatura, velocidad, movimiento, proximidad, entre otros. A manera de analogía, si un sistema de control fuera el cuerpo humano, los sensores equivaldrían a los sentidos.
- Actuador: se refiere a cualquier dispositivo, ya sea electrónico, mecánico o incluso un híbrido, que permita generar un efecto físico sobre el entorno, por ejemplo: motores, luces o altavoces. Son el eslabón final en un sistema de control.

3.1 Internet de las cosas (IoT)

De esta manera, los sensores se encargan de comunicar el entorno físico con la Internet y brindan información digital al controlador, mismo que, con base en su programación interna, dará una instrucción a los actuadores para atender alguna necesidad en el entorno. La idea que se plantea sobre tener múltiples dispositivos conectados entre sí como sensores, controladores y actuadores, está estrictamente relacionada con el crecimiento de la Internet, sin embargo, existe un concepto que correlaciona estrechamente la conexión del entorno físico con el virtual a través de Internet, al cual se le denomina internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés).

Este concepto se introdujo por primera vez en el año 2009 por el profesor Kevin Ashton del Instituto Tecnológico de Massachusetts, quien, debido a las circunstancias de crecimiento tecnológico de la época, nombró de esta manera al fenómeno de interconexión de dispositivos a través de Internet. Después de ello, otros autores y especialistas en la materia han elaborado conceptos cada vez más complejos sobre el IoT, un ejemplo de ello son Cruz-Vega *et al.* (2015), quienes lo nombran como un paradigma tecnológico que define la conectividad a Internet de cualquier objeto sobre el que se permita medir parámetros físicos o actuar, así como las aplicaciones y tratamiento de datos inteligentes relacionados con los mismos.

Por su parte, la empresa de tecnologías de información y comunicación *Cisco Systems* define el concepto de IoT como la manera de reunir personas, procesos, datos y cosas para conseguir que las

conexiones a la red sean más efectivas para convertir la información en nuevas capacidades y experiencias para las empresas y personas (López Suba, 2019).

El internet de las cosas ha permitido una gran evolución, no solo en aspectos industriales, sino también en la vida cotidiana de las personas por medio del concepto *smart homes*, que propone viviendas totalmente automatizadas, en donde los individuos pueden conocer y manipular casi cualquier parámetro a través de Internet, por ejemplo, la temperatura de sus habitaciones, el nivel de iluminación de sus viviendas, el riego y estado de salud de sus plantas, entre otros. El monitoreo de aspectos de la salud humana también se ha facilitado gracias a la gran cantidad de sensores incorporados en accesorios como relojes, pulseras y teléfonos móviles. Con estos dispositivos es posible conocer sobre el estilo de vida de los individuos y sus tendencias metabólicas. Un equipo simple, como el reloj inteligente, o *smart watch*, puede dar lecturas en tiempo real del ritmo cardiaco, presión, cantidad de pasos recorridos durante el día, entre otras (Villa Crespo y Morales Alonso, 2023).

Más allá del plano individual, también se ha hecho notar esta aceptación cotidiana del IoT con el surgimiento de las primeras ciudades inteligentes. Joyanes Aguilar (2021) describe el siglo XXI como el siglo de las ciudades, puesto que la mitad de la población mundial vive en ellas y se prevé que esto aumente cada vez más. Se espera que las ciudades desarrollen una esencia hiperconectada y colaborativa, cambiando radicalmente la interacción entre sus habitantes.

Se pueden abordar diversas nociones del concepto de ciudad inteligente, la Unión Internacional de Telecomunicaciones las define como ciudades innovadoras que aprovechan las tecnologías de la información y comunicación (TIC's) para optimizar los servicios urbanos, mejorando la calidad de vida de sus habitantes desde una perspectiva económica, social y medioambiental.

3.2 Telecomunicaciones

No obstante, no solo el desarrollo de la Internet y sus conceptos derivados, como el IoT, han sido relevantes en el desarrollo de la Industria 4.0. Un factor fundamental en el impulso de los procesos digitalizados ha sido el destacable progreso en el ámbito de las telecomunicaciones, específicamente hablando de los distintos protocolos de conectividad inalámbrica a corto alcance, como el *WiFi* y *Bluetooth*, el constante crecimiento de anchos de banda y la expansión territorial que ha permitido que cada vez más puntos del planeta tengan interconexión (Gilchrist, 2016).

Lo anterior se puede visualizar en la Tabla 1, haciendo una retrospectiva de cómo las redes de telefonía móvil han evolucionado en las últimas cinco décadas, permitiendo el tráfico de volúmenes de información cada vez más grandes, así como un aumento exponencial en la velocidad de transmisión de los mismos.

Tabla 1. Evolución de las redes de telefonía celular.**Table 1.** Evolution of cellular telephone networks.

Generación	Año	Tipo de tráfico	Velocidad
1G	1980	Protocolo analógico. Solo voz.	2.4 Kbit/s
2G	1990	Protocolo digital. Voz y SMS.	64 Kbit/s
3G	2003	Multimedia. Voz y datos.	2 Mbit/s
4G	2009	Protocolo IP. Datos y video.	100 Mbit/s
5G	2020	Banda ancha móvil. IoT.	1 Gbit/s

Referencia: (Garrell y Guilera, 2019).

En la actualidad, las redes 4G y 5G se encuentran en mayor crecimiento, sin embargo, sus predecesoras no han desaparecido por completo, pues aún son usadas en aplicaciones donde no se requiere un gran volumen de datos o velocidad de transmisión de información.

La red 4G ha sido un gran propulsor para la interconexión de equipos, pues se basa completamente en el protocolo IP (*Internet Protocol*) permitiendo así la convergencia entre redes cableadas e inalámbricas. Por su parte, la red 5G ha hecho una importante aportación al crecimiento de la Industria 4.0, debido a que está estrechamente relacionada con el concepto de IoT, la cual permitió que para el año 2020 hubieran más de 50,000 millones de dispositivos inteligentes conectados a Internet (Fig. 2) (Garrell y Guilera, 2019). Por otro lado, Yañez (2022) prevé que la red 5G será el precursor de nuevos paradigmas tecnológicos, como una mejor educación a distancia, monitoreo médico e incluso ciudades inteligentes e interactivas para sus habitantes.

3.3 Big data

Al concretarse la interconexión y comunicación de dispositivos (a través de cualquier medio, ya sea físico o inalámbrico) se hace posible una de las condiciones más importantes en materia de Industria 4.0, pues esto provoca la aparición de una gran variedad de datos y en grandes volúmenes. Esta información plasmada en forma de datos es de suma importancia, pues es el elemento de entrada que se procesa para generar alguna acción o tomar una decisión.

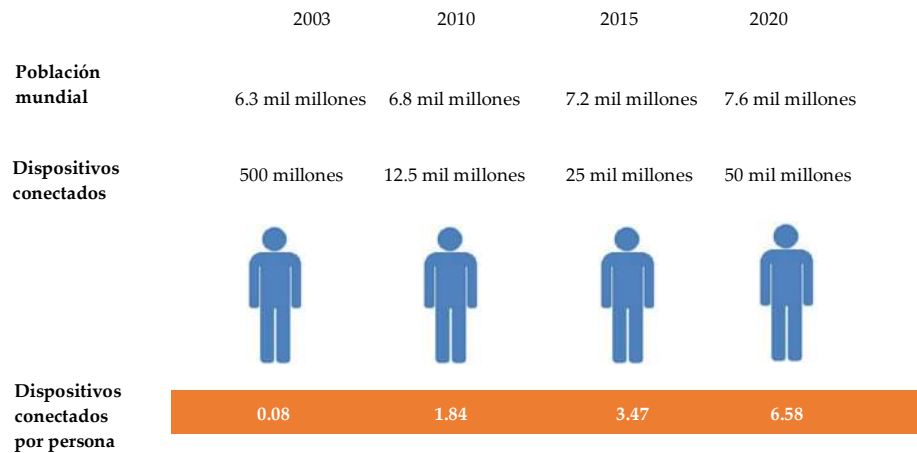


Figura 2. Proyección de equipos interconectados a la red por habitante.

Figure 2. Projection of equipment interconnected to the network per inhabitant.

Referencia: (López Suba, 2019).

De la información presentada en la Fig. 2, analizando la cantidad de dispositivos conectados por persona en cada uno de los años señalados, es posible ajustar un modelo de regresión logarítmico el cual tiene la forma:

$$y = a + b \ln(x) \quad \text{Ec. (1)}$$

donde:

- y es la cantidad de dispositivos conectados por persona,
- x es el año,
- a es la intersección (o el valor de y cuando $x=1$),
- b es la pendiente (la tasa de cambio en y en función del cambio en x).

Lo anterior con la intención de predecir la cantidad de dispositivos conectados en el 2025 y 2030, dando como resultado la información presentada en la Fig. 3, la cual sugiere una desaceleración para los años siguientes.

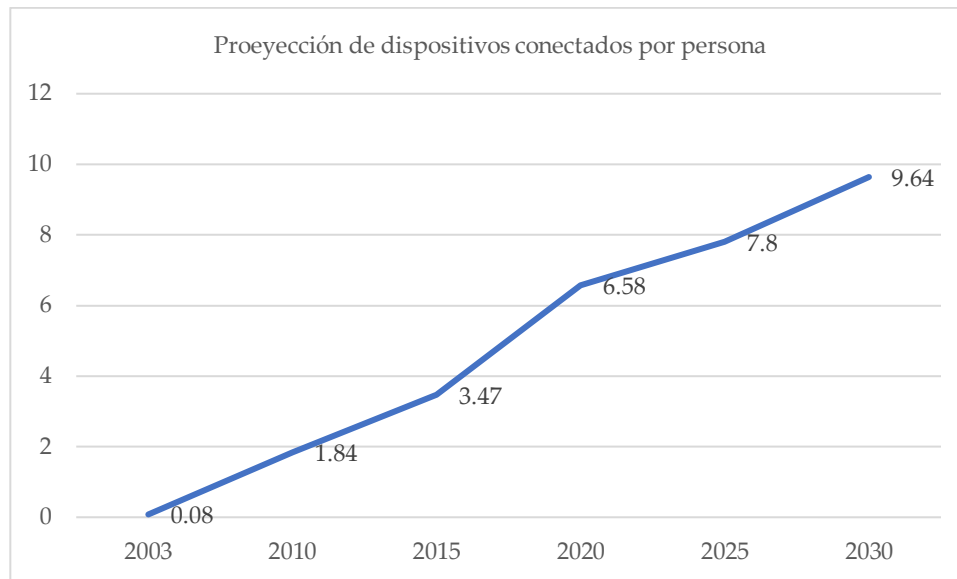


Figura 3. Proyección de dispositivos conectados por persona con un modelo de regresión logarítmica.

Figura 3. Projection of connected devices per person with a logarithmic regression model
Referencia: (Propia del autor).

Desde la perspectiva de Fernández-Lasquetty Quintana (2020) los datos son como “el petróleo del siglo XXI”, por ello, una vez que son adquiridos y almacenados, es de suma importancia contar con sistemas que sean capaces de procesarlos, lo cual supone un gran reto para las herramientas de software convencional, pues su capacidad se ve cada vez más limitada cuando los datos adquieren mayor volumen.

En este escenario, nace el concepto de *big data* para dar nombre a grandes volúmenes y diversos tipos de datos que no pueden ser tratados adecuadamente por herramientas de software tradicionales, por lo que precisan de otro tipo de técnicas y algoritmos para tener una correcta gestión. *Big data* tiene implicaciones en la Industria 4.0 por la forma en que se lleva a cabo la recopilación de datos a través de distintos sensores y elementos de entrada, así como en la capacidad de emplear estos datos en beneficio de un entorno productivo; de ahí que los datos se convierten en la materia prima de la inteligencia artificial (Marr, 2018).

3.4 Inteligencia Artificial (IA)

Por su parte, la inteligencia artificial (IA) es una rama de la informática que estudia la inteligencia humana y busca replicarla en máquinas físicas o virtuales. Algunos autores, como Teigens *et al.* (2018) han llegado a proyectar la inteligencia artificial al futuro como “el contenedor” de la sabiduría humana. Si bien la IA aún no ha logrado replicar la conciencia del ser humano, sí ha podido replicar e incluso superar considerablemente la estructura del pensamiento y la lógica humana.

La IA ha sido una herramienta tan versátil que ha podido ser implementada en múltiples aplicaciones, a tal punto que las personas desconocen que muchos de los procesos industriales o de la vida cotidiana ya tienen intervención de IA. Blanco *et al.* (2019) enlistan los campos de aplicación más destacables para la inteligencia artificial:

- **Generación de lenguaje natural:** consiste en generar texto a partir de datos obtenidos a manera de comunicar ideas con congruencia y precisión, facilitando las tareas de redacción para las personas. Estos mecanismos se encuentran en herramientas como servicio automático al cliente y generación de informes.
- **Reconocimiento de voz:** son sistemas que tienen la capacidad de analizar la acústica y la fonética de la voz humana, y entenderla para poder ejecutar acciones o brindar información. Estos sistemas se emplean principalmente en motores de búsqueda o en asistentes de voz para casas inteligentes.
- **Agentes virtuales:** consiste en aplicaciones capaces de interactuar con humanos y dar una respuesta natural, un ejemplo de ello son los *bots* que se manejan en sistemas de servicio al cliente y soporte técnico que pretenden dar al usuario una experiencia similar a la que tendría al tratar con un agente humano.
- **Plataformas de aprendizaje de máquina:** es una rama de la IA que busca, a través de técnicas avanzadas de proceso de información y análisis del entorno, que las máquinas creen su propio conocimiento, sin necesidad de haberlo precargado.
- **Aprendizaje profundo:** es un tipo especial de aprendizaje de máquina basado en redes neuronales, tiene como principal objetivo replicar la estructura del cerebro humano para la toma de decisiones y pensamiento lógico.
- **Biométrica:** se trata de un tipo de tecnología que estudia la identificación y procesamiento de características físicas de rasgos humanos y de composición del cuerpo. Permite identificar huellas, rostros, voz, lenguaje corporal, entre otros.
- **Automatización robótica:** se refiere a la integración de elementos mecánicos, electrónicos e informáticos para lograr el cumplimiento de tareas de manera automatizada, buscando sustituir la intervención humana en entornos donde se requiere una máxima productividad o bien, donde las tareas a realizar sean repetitivas o impliquen algún riesgo para la integridad física de las personas.

3.5 Robótica

Pese a que los conceptos descritos anteriormente han mostrado una evolución notable, y han tenido un impacto en la tecnología moderna, la robótica es uno de los campos más alusivos al concepto de Industria 4.0, ya que recopila de una manera integral elementos de otras áreas para el desarrollo de sus productos finales. La fusión de la robótica con el uso y análisis de grandes volúmenes de datos, la integración con internet industrial de las cosas y las estrategias de ciberseguridad, han marcado una pauta en los procesos de fabricación de la industria moderna.

Las innovaciones de la robótica, en conjunto con el crecimiento de la demanda en el sector productivo, han fomentado que la incorporación de este tipo de tecnología a las líneas de producción sea cada vez más notable. Según el estudio realizado en 2017 por la Federación Internacional de Robótica (FIR por sus siglas en inglés) se proyectó que solo entre los años 2014 y 2016 habría un aumento de 1.4 millones de robots involucrados en el sector productivo industrial, en donde el mayor porcentaje de participantes corresponde al sector automotriz, seguido por las industrias eléctrica/electrónica y metal mecánica. Para el caso de los sectores de alimentos y química, caucho y plástico, así como los dos restantes (otro y sin especificar), aunque no tienen números altos, resalta que ninguna de ellas ha tenido una reducción en el stock durante ese periodo; lo anterior se ilustra en la Fig. 4 (Basco *et al.*, 2018).

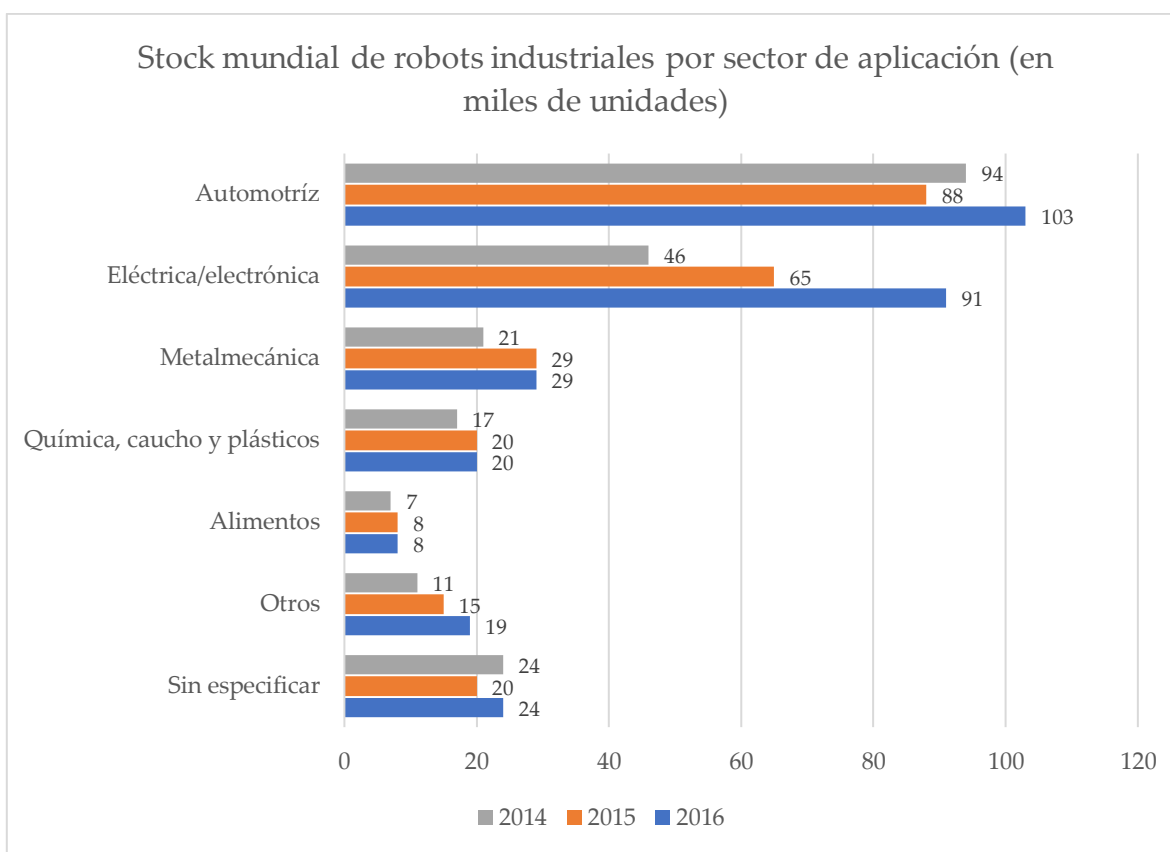


Figura 4. Crecimiento del stock mundial de robots industriales por sector de aplicación.

Figure 4. Growth in the global stock of industrial robots by application sector.

Referencia: (Basco *et al.*, 2018).

De la Fig. 4, resulta interesante obtener el porcentaje de crecimiento del stock mundial de robots en cada uno de los sectores enmarcados, del 2014 al 2016. En la Tabla 2 se puede observar que aún y cuando el sector automotriz es el que cuenta con un stock más amplio, su crecimiento es el menor en comparación con los otros rubros claramente especificados. El sector con un notable crecimiento es

el de eléctrica/electrónica, logrando casi duplicar la cantidad en existencia en los años referenciados. Independientemente de los incrementos, todos los rubros detallados tienen una tendencia al alza.

Tabla 2. Incremento porcentual en el stock de robots a nivel mundial (miles de unidades).
Table 2. Percentage increase in the global stock of robots (thousands of units).

Sector	2014	2016	Incremento porcentual
Automotriz	94	103	10 %
Eléctrica/electrónica	46	91	98 %
Metalmecánica	21	29	38 %
Química, caucho y plásticos	17	20	18 %
Alimentos	7	8	14 %
Otros	11	19	73 %
Sin especificar	24	24	0 %

Referencia: (Propia del autor).

4. La expansión tecnológica

Si bien la robótica ha tenido un crecimiento y aceptación notables, existe una contraparte que propone la idea de limitar la robótica solo a aquellas acciones que sean imprescindibles, y justifiquen su uso al salvaguardar la vida humana. En la perspectiva de Basco *et al.* (2018), el uso desmedido de esta tecnología puede llevar a una destrucción del empleo para aquellos que prestan mano de obra en la industria, ya que, desde el punto de vista de un empleador, la inversión a largo plazo de un robot puede ser lo suficientemente redituable para poder prescindir de la colaboración humana.

Un contraste de lo anterior es presentado por Martínez Aguiló (2019) quien defiende la expansión tecnológica que ha generado la Industria 4.0. Si bien algunos puestos de trabajo primarios han desaparecido por causa de la tecnología, también es un hecho que su integración requiere de expertos que diseñen, pongan en marcha y den mantenimiento a estos sistemas, lo cual supone nuevas oportunidades para quienes se capacitan en este sector. El término "Trabajador 4.0" hace alusión a esta fuerza de trabajo capacitada en la tecnología de la Industria 4.0.

En este sentido, Escalante Ferrer y Mendizábal Bermúdez (2019) señalan seis competencias emergentes que debe poseer un Trabajador 4.0:

- Pensamiento crítico y solución de problemas complejos
- Competencias digitales laborales
- Competencias lingüísticas
- Competencias de aprendizaje permanente (saber reaprender)
- Competencias socioemocionales para el trabajo 4.0
- Competencias para el trabajo transdisciplinar

Es así que la tecnología no pretende sustituir el trabajo humano, sino que genera un cambio de plano donde las personas pueden enfocarse en realizar tareas de menor riesgo y, a su vez, asegurar la correcta aplicación de la tecnología. Si bien estos sistemas pueden ser autosuficientes hasta cierto punto, para que pueda existir un robot realizando un trabajo o un algoritmo computacional en marcha, debe haber trabajo e intervención humana de por medio, por lo cual la tecnología aún depende de las personas.

Basco *et al.* (2018) resaltan que en el ámbito global se observa una tendencia que empieza a tomar forma en la búsqueda de estrategias de los gobiernos para promover la incorporación de las tecnologías 4.0; sin embargo, son muy pocos los países que han redefinido sus políticas con base en este tema. Por su parte, México organiza su iniciativa al respecto sobre tres pilares:

- Promover la creación de clústers sobre las capacidades territoriales existentes.
- Potenciar la aplicación de IoT para que México se convierta en un líder regional de soluciones digitales y análisis de *big data*, a fin de aumentar la complejidad de las exportaciones.
- Consolidar a México como líder regional en la oferta de recursos humanos calificados para gestionar la producción y generación de negocios en el contexto de la Industria 4.0.

Lo anterior conlleva, en primera instancia, a un replanteamiento en el sistema educativo nacional, con la intención de que las nuevas generaciones desarrollen competencias para atender esta situación y que, al incorporarse al mercado laboral, cuenten con una capacitación acorde a las necesidades y demandas de la Industria 4.0. De igual forma, las empresas deberán incluir en su visión la formación y capacitación continua, de forma que sus empleados desarrollen habilidades con la intención de que puedan incorporarse a nuevas funciones según lo exija el desarrollo tecnológico de la empresa. Adicionalmente, la legislación mexicana debe ser adaptada para que contemple todos los aspectos laborales, sociales y culturales que una revolución de tal magnitud trae consigo, lo que generará reformas, generación de políticas públicas y adaptación de la legislación actual.

De una manera u otra, la Industria 4.0 aún cuenta con un largo camino por recorrer, pues la pérdida de empleos no es la única limitante actual. Un estudio realizado por *NTT Data* y el Observatorio de la Industria 4.0 en España durante el 2021, describe una serie de factores que las empresas reportan y que han constituido un estancamiento en el crecimiento y propagación de esta tecnología en el sector industrial de dicho país (Fig. 5) (Fundación Telefónica, 2023).

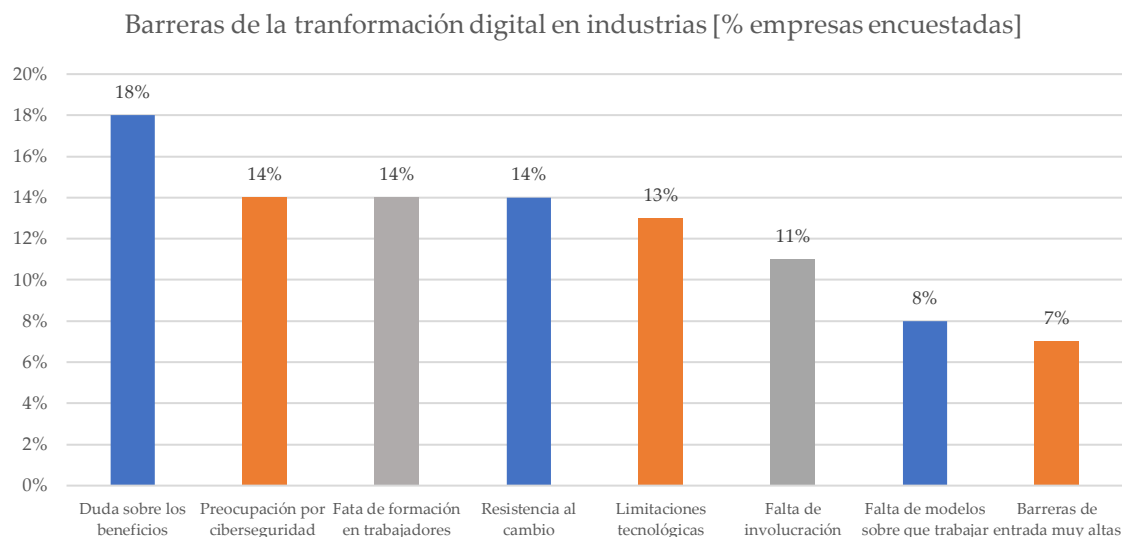


Figura 5. Factores limitantes en el crecimiento de la Industria 4.0 en España durante el 2021.

Figure 5. Limiting factors in the growth of Industry 4.0 in Spain during 2021.

Referencia: (Fundación Telefónica, 2023).

En el caso de México, el concepto de Industria 4.0 ha mostrado un notable desfase en cuanto a progreso, si se compara con países desarrollados. Según lo expuesto en el Foro de Industria 4.0: Retos de México 2018, el impacto de este tema en la economía de nuestro país es del 0.6 % del producto interno bruto (PIB), mientras que en otros países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) ronda un 2.4 %, dejando ver el gran reto que la comunidad tecnológica de este país debe asumir para aumentar su competitividad (Abraham *et al.*, 2018).

Ante la creciente necesidad de procesos inteligentes, en contraste con el rezago tecnológico que presentan diversos países, es la innovación tecnológica la pieza fundamental que une la cadena de engranes de la transformación 4.0. La innovación debe ser asumida por las industrias como una actividad permanente en la que todos sus departamentos estén suscritos, con una perspectiva abierta a adoptar y compartir ideas con otras culturas y entornos. Los planes estratégicos basados en innovación tecnológica encaminarán, de manera gradual, a las empresas a incorporar las herramientas de vanguardia que se dispongan en ese momento (Lázaro, 2019).

La idea de adoptar la tecnología deberá ir más allá de un proceso, y convertirse en una filosofía y estilo de vida para todos aquellos involucrados en el ámbito. Es por ello que el concepto de Industria 4.0 es mucho más que solo factores orientados a máquinas y líneas de producción, y ha trascendido a un plano sociocultural en el que diversos autores, entre los que destacan Garrell y Guilera (2019), definen el concepto de "Sociedad 4.0". Esta idea describe el radical cambio que ha experimentado la sociedad tras la integración de tecnologías de vanguardia a la vida cotidiana, hace alusión a una fuerte dependencia a la tecnología por parte de las personas, ya que la caída de algún sistema o red, incluso por un par de horas, genera pérdidas millonarias y un estado de paranoia por parte de los usuarios que se quedan incomunicados.

Otro factor destacable de la Sociedad 4.0, es el nivel de información al que se puede acceder, pues debido a la facilidad de medios disponibles es cada vez más difícil que una persona permanezca aislada al conocimiento de algún dato o suceso. Sin embargo, esto también abre una brecha a la desinformación dado que la información puede ser fácilmente manipulada, o bien, ser comunicada de manera errónea. De esta manera, es común que, al tener acceso a grandes volúmenes de información, las personas decidan solo hurgar sobre la capa superficial de la misma, evitando que exista un enriquecimiento de otras fuentes o recursos. Es así que surge el planteamiento de preguntas éticas y responsabilidades relacionadas con el uso de inteligencia artificial, haciendo necesario establecer marcos éticos y regulaciones adecuadas para guiar el desarrollo y la implementación de estas tecnologías de manera responsable.

La Industria 4.0 trae consigo un conjunto de implicaciones tecnológicas, pero también modifica el entorno de una manera sociocultural, económica y ética. Las próximas revoluciones industriales deberán buscar la manera de romper con las limitantes que la actual revolución trae consigo, así como proponer nuevas tendencias y estilos de innovación que tengan como principal directriz mejorar la calidad de vida de las personas (Jumbo González, 2021).

5. Conclusiones

La Industria 4.0 representa una revolución tecnológica que está transformando profundamente la economía y el sector productivo a nivel global. A través de la incorporación de tecnologías como el internet de las cosas, big data, robótica e inteligencia artificial, se ha generado un gran sector de oportunidades en la industria manufacturera, permitiendo que la tecnología brinde soluciones cada vez más potentes y efectivas para tareas complejas y repetitivas que antes eran ejecutadas por humanos.

Es de esperar que al introducir nueva tecnología y al crear una fuerte dependencia sobre ella, habrá opiniones diversas sobre sus implicaciones económicas y sociales. Es de suma importancia para los impulsores de dichas soluciones tecnológicas, el saber exponer sus beneficios y lograr hacerlos tangibles para aquellos que pudieran verse amenazados por ellas. Si bien es cierto que algunas actividades humanas pueden llegar ser remplazadas por máquinas y robots, esto no supone un relevo de las personas, sino que invita a que aquellos que desempeñaban labores que podían comprometer su salud o su integridad, a que apuesten por capacitarse y adquirir el conocimiento necesario para diseñar, implementar y dar mantenimiento a equipos de alta tecnología.

A poco más de una década desde el surgimiento del concepto de Industria 4.0, existen numerosos casos de éxito. Las empresas buscan alinear sus procesos a entornos digitalizados e interconectados entre sí; esto demuestra que muchas de ellas han logrado que su puesta en marcha sea redituable, pese a que la inversión en adquisición, capacitación y mantenimiento puedan ser elevados en un principio.

A pesar de lo remota que pueda parecer la idea, la próxima revolución industrial puede llegar mucho antes de lo pensado, pues el desarrollo tecnológico avanza a pasos agigantados. Se espera así, que la siguiente generación de tecnología tome elementos de sus predecesoras y los mejore. Aún existen distintos aspectos tecnológicos, sociales y éticos que trazan una barrera en el panorama actual de la Industria 4.0, pero que serán antecedentes útiles para mejorar las tecnologías emergentes.

Como trabajos futuros, se plantea la necesidad de analizar cada una de las tecnologías de la Industria 4.0, con la finalidad de determinar el impacto de cada una de ellas, ampliando el panorama y encaminado el rumbo hacia la cuarta revolución industrial.

Conflicto de interés

Los autores no tienen conflicto de interés que declarar.

6. Referencias

- Abraham, A., Gandhi, N., & Pant, M. (2019). *Innovation on Bio-Inspired Computing and Applications*. Kochi: Springer. <https://goo.su/U6DDtjD>
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el futuro*. Buenos Aires: Inter-American Development Bank. <https://publications.iadb.org/es/industria-40-fabricando-el-futuro>
- Blanco, F., Castro, J. M., Gayoso, R. A., & Santana, W. (2019). *Las Claves de la Cuarta Revolución Industrial*. Barcelona: Libros de cabecera. pp. 1-20. <https://goo.su/Gze10X>
- Cruz-Vega, M., Oliete-Vivas, P., Morales-Ríos, C., González, C., Cendón Martín, B., & Hernández Seco, A. (2015). *Las tecnologías IoT dentro de la industria conetada 4.0*. Madrid: Fundación EOI. <https://goo.su/3cxALx4>
- Escalante Ferrer, A. E., & Mendizábal Bermúdez, G. (2019). *Formación universitaria, trabajo y género en la Cuarta Revolución Industrial (Primera ed.)*. Morelos, Mex.: Porrúa, UAEM. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/1284>
- Fernandez-Lasquetty Quintana, J. (2020). *Hacia un modelo para la economía de datos*. *TELOS*, 113: 128. <https://goo.su/kG2aei>
- Fundación Telefónica. (2023). *Sociedad digital en España 2023*. Madrid: Penguin Random House Editorial. <https://goo.su/J600C1X>
- Garrell Guiu, A. (2019). *La Industria 4.0 en la sociedad digital*. España: ICG Marge, SL. <https://goo.su/K8kACve>
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The industrial internet of things*. Bang Khen: Apress. <https://goo.su/cgjNb>
- Joyanes-Aguilar, L. (2017). *Industria 4.0: La cuarta revolución industrial*. Ciudad de México: Alfaomega. <https://goo.su/cTxLb>
- Joyanes-Aguilar, L. (2021). *INTERNET DE LAS COSAS*. Ciudad de México: Alfaomega. <https://goo.su/cUaEuC>
- Jumbo-González, W. (2021). *Filosofía, tecnociencia e industria 4.0: Una mirada desde el medioambiente*. Editorial Universitaria Abya-Yala. <https://goo.su/wVz48Qg>
- Lázaro, J. (2020). *Gestión de la innovación*. Ciudad de México: Universo de Letras. <https://goo.su/LCDkfAQ>

- López-Suba, M. (2019). *Internet de las cosas: Transformación digital de la sociedad*. Madrid: Ra-Ma Editorial. <https://goo.su/xjh9X5s>
- Marr, B. (2018). *Data strategy: Cómo beneficiarse de un mundo de big data, analytics e internet de las cosas: Como beneficiarse de un mundo de big data, analytics e internet de las cosas*. Colombia: Ecoe Ediciones. <https://goo.su/HYitIA>
- Martínez-Aguiló, J. (2019). *Industria 4.0: la transformación digital en la industria*. Barcelona: Editorial UOC. <https://goo.su/xQqcaT>
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. España: Penguin Random House Grupo Editorial España. <https://goo.su/xZVabnl>
- Teigens, V., Skalfist, P., & Mikelsten, D. (2018). *Inteligencia artificial: la cuarta revolución industrial*. Stanford: Cambridge Stanford Books. <https://goo.su/knHxzry>
- Villa-Crespo, E., & Morales-Alonso, I. (2022). *Ciberseguridad IoT y su aplicación en ciudades inteligentes*. Madrid: Ra-Ma. <https://goo.su/rxRn71U>
- Yandar-Lobon, M. A., & Moreno-Ospina, J. M. (2019). *La industria 4.0 desde la perspectiva organizacional*. Bogotá: Editorial Universitario Servand Garcés. <https://alinin.org/wp-content/uploads/2020/07/La-industria-40.pdf>
- Yañez, F. (2022). *Mundo 4.0: El futuro de la sociedad tecnológica*. Madrid: Marcombo. <https://goo.su/RGukETu>

2024 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>