

## La industria 5.0: nuevos enfoques e implicaciones en los procesos productivos, las personas y el medio ambiente

### Industry 5.0: New Approaches and Implications for Productive Processes, People, and the Environment

*Juana Hernández-Chavarria<sup>a</sup>*

---

#### Abstract:

The objective of this study is to analyze the conceptualization and implications of the emerging Industry 5.0 and its impact on productive processes, the environment, and human beings. The paper presents the main characteristics of Industry 5.0, its new contributions to technological development, global trends related to environmental protection, and the relationship between technology and individuals from a cooperative approach. This perspective emphasizes the complementarity between the physical capabilities provided by machines and the intellectual capabilities of human beings, for the benefit of both the industrial and social sectors. A documentary approach was employed through a review of 40 scientific articles retrieved from the DOAJ, SciELO, SAGE, and PLOS ONE databases, as well as the ResearchGate platform and Google Scholar search engine, covering the period from 2010 to August 2023. The selection was carried out using keywords and Boolean operators to identify the main elements of Industry 5.0, the changes and challenges it faces, and its impact on techno-social development.

#### Keywords:

*Industry 5.0; environment; productive processes; sustainability; technological development.*

---

#### Resumen:

El objetivo de este trabajo es analizar la conceptualización e implicaciones de la naciente industria 5.0 y su impacto en los procesos productivos, el medio ambiente y el ser humano, se presentan las principales características, las nuevas aportaciones al desarrollo tecnológico, las tendencias globales sobre el cuidado del medio ambiente y el vínculo entre la tecnología y el individuo desde un enfoque de cooperación, donde existe complementariedad entre la capacidad física que aportan las máquinas y la capacidad intelectual del ser humano para beneficio de los sectores industrial y social. Se realizó un abordaje documental con una revisión de 40 artículos científicos de bases de datos de DOAJ, Scielo, SAGE, PLOS ONE, la plataforma de Researchgate y el buscador de Google académico, dentro del periodo del 2010 a agosto de 2023, la selección fue por medio de palabras clave y operadores booleanos que permiten identificar los principales elementos de la industria 5.0, los cambios y retos que enfrenta y su impacto en el desarrollo tecno-social.

#### Palabras Clave:

*Industria 5.0, medio ambiente, procesos productivos, sustentabilidad, desarrollo tecnológico.*

---

#### Introducción

El avance y cambios en los modos de producción ha marcado el rumbo de la humanidad a lo largo de la historia, dichos procesos están enmarcados en olas tecnológicas que han determinado la forma en que se fabrican productos y servicios a nivel mundial. Las revoluciones tecnológicas son

procesos que han impactado en importantes transformaciones en torno a técnicas, maquinaria y procesos que provocan cambios y avances a nivel económico, tecnológico y social. Los avances industriales no solo delinean los modos de producción, sino también los estilos de vida, de consumo, las dinámicas del empleo y tienen un

---

<sup>a</sup> Autor de Correspondencia, SECIHTI – Tecnológico Nacional de México | Instituto Tecnológico de Durango | Durango-Durango | México, <https://orcid.org/0000-0003-0268-6280> Email: [juana.hernandez@itdurango.edu.mx](mailto:juana.hernandez@itdurango.edu.mx)

impacto directo en el uso de los recursos naturales (Altamar Martínez, 2023).

La industrialización de la humanidad está enmarcada precisamente en distintas revoluciones tecnológicas. El punto de inicio se identifica en la llamada revolución industrial que históricamente marcó el inicio de la industrialización en el siglo XVII, posteriormente se identifican cuatro cambios tecnológicos reconocidos y una quinta en desarrollo, la cual plantea grandes cambios y retos a nivel social y medioambiental.

La transición de un tipo de industria a otra tiene que ver con innovaciones tecnológicas cada vez más complejas, con impactos directos en los sistemas productivos y en el papel que juega ser humano dentro de ellos, donde se comienza a sustituir la fuerza y habilidades del ser humano por otro tipo de fuentes de energías, lo que permitió pasar de la producción artesanal hasta la fábrica inteligente.

Los avances industriales abrieron y ampliaron nuevas capacidades a través de las máquinas y los motores, posteriormente la complejidad aumentó, donde el impacto se centra en la generación de información y en la potenciación de las capacidades intelectuales humanas con el uso de computadores, redes de comunicación y robots (Martínez, 2014).

Para Arencibia Pardo, Peña Rodríguez y Pardo Gracia, (2020), las distintas revoluciones tecnológicas han perseguido como fin principal el aumento de la productividad y la riqueza empresarial, consideran que el papel del trabajador ha ido pasando a segundo término y ha sido sujeto de explotación y sustitución por máquinas. Incluso existe la discusión sobre la relación entre el avance industrial y el aumento del desempleo y la falta de ética en la relación del hombre y los grandes avances tecnológicos, principalmente en la industria 4.0, debido al desarrollo de modernas tecnologías como la realidad aumentada, la sofisticación de los softwares y la inteligencia artificial. Algunos datos plantean que para el 2030, el 30% de la fuerza laboral a nivel mundial, tendrán que buscar un nuevo empleo consecuencia de la automatización de los sistemas productivos que modifican las demandas físicas e intelectuales en las industrias (Semana, 2020).

Actualmente, los cambios tecnológicos son cada vez más rápidos y en periodos de tiempo cortos, debido a la búsqueda constante de la productividad y la disminución de costos productivos, donde se ha desdibujado el papel del ser humano en la dinámica industrial. En este escenario es que surge la propuesta de la industria 5.0, la cual plantea que es necesario parar y replantear las relaciones humano-tecnologías, es decir, el papel del ser humano en los sistemas de producción, además prioriza la atención a los problemas ambientales globales, incluso es catalogada como una revolución industrial verde.

El objetivo de este trabajo es analizar la conceptualización e implicaciones de la industria 5.0, se presentan las principales características, discusión sobre las nuevas aportaciones al desarrollo tecnológico, las tendencias globales sobre el cuidado del medio ambiente y el vínculo entre la tecnología

y el individuo desde un enfoque de cooperación, donde existe complementariedad entre la capacidad física que aportan las máquinas y la capacidad intelectual del ser humano para beneficio de los sectores industrial y social.

### **Evolución industrial a través de las distintas revoluciones tecnológicas**

A continuación, se hace un breve recorrido sobre la evolución industrial desde la industria 1.0 hasta los inicios de la industria 5.0.

**Industria 1.0** surgió en Inglaterra a finales del siglo XVIII (17600-1840) con la primera máquina de vapor, la cual fue una invención de Thomas Newcomen y fue perfeccionado por James Watt en 1785 (Rozo-García, 2020), en este periodo también se ubica el primer telar mecánico, dichos avances tecnológicos cambiaron el escenario de la sociedad inglesa, que se enfrentaba a una nueva forma de organización del trabajo donde se pasaba del feudalismo al capitalismo, es llamada revolución industrial debido a los grandes avances disruptivos en esa época. Pasaron 120 años para que los cambios tecnológicos de este periodo se expandieran a nivel mundial (Orellana-Daube, 2020).

La revolución industrial es el primer ejemplo de la vinculación entre la ciencia, la investigación tecnológica y la industria (Coluccia, 2012). La gran aportación de la máquina de vapor fue el reemplazo de la fuerza humana por la energía generada por el valor, lo cual se extendió a otro tipo de medios de transporte como los barcos de vapor y las locomotoras por lo que las mercancías y las personas se podían desplazar a grandes distancias, en cuanto a los medios de comunicación aparecen el telégrafo y el teléfono (Pilevari and Farzad, 2021).

Se pasó de una economía basada en el comercio y en actividades agrícolas a una mecanizada e industrializada en el medio urbano (Sánchez, 2017). Estos cambios radicales permitieron la expansión de industrias como la metalurgia, el transporte, la textil y la siderúrgica, donde se dio una transición del uso de insumos de madera a máquinas de hierro, y un aumento en la productividad industrial, lo que permitió un crecimiento y desarrollo económico acelerado (Rozo-García, 2020; Pilevari and Farzad, 2021; González-Hernández *et al.*, 2021).

A nivel social, la población rural se movió al ámbito urbano para trabajar en las fábricas relacionadas con la industria del algodón, la lana, la minería y las ferreteras, en el sector rural empezaron los avances en la mecanización de la agricultura. La primera revolución industrial marcó el inicio de la aplicación de la administración científica en el ámbito productivo y propició la primera ruptura en las estructuras socioeconómicas, al pasar de la producción artesanal a la de talleres con máquinas y herramientas de productos a escala.

**Industria 2.0** Se ubica entre 1870 y 1914, el gran avance tecnológico en esta época fue la aparición de la electricidad que dio paso a la producción en serie, la cadena de montaje

y la división del trabajo, lo que permitió un aumento de la eficiencia y el rendimiento industrial (Pilevari and Farzad, 2021). En este periodo se ubica la aparición de la industria automotriz con la empresa Ford Motor Company e incipientes avances en la industria aeronáutica y cinematográfica (Rozo-García, 2020).

Es una nueva etapa en el proceso de industrialización donde la industria del transporte, la industria química y la petrolera son centrales (González-Hernández et al., 2021). Comienza el uso de mayor diversidad de materias primas como el acero, el zinc, aluminio, níquel y cobre y nuevas formas de energía como la electricidad, el gas natural y el uso del petróleo. La investigación científica y tecnológica tuvo una mayor aplicación a nivel industrial que se materializó en tres tipos de maquinaria 1) turbinas capaces de generar energía eléctrica 2) los acumuladores eléctricos que permitían transportar a electricidad y 3) los motores capaces de convertir la electricidad en energía productiva para las máquinas (Zhang y Yang, 1999).

Para el caso de los avances científicos se identifica la pasteurización y la conservación de alimentos y la fabricación de fertilizantes. El desarrollo de nuevos materiales dio paso a la fabricación de forma cíclica y continua, lo cual sentó las bases para el nacimiento de la tercera revolución industrial (González-Hernández et al., 2021).

**Industria 3.0** es catalogada como la era de la automatización y de la informática de la mano de la electrónica, las tecnologías de la información (TI) dentro de las fábricas (Pilevari and Farzad, 2021 Orellana-Daube, 2020). Se originaron grandes cambios en los sistemas de manufactura con apoyo de las tecnologías, surgen los sistemas de producción esbelta (lean manufacturing), la producción flexible, la producción justo a tiempo y la producción integrada por computadora, se inicia el uso de las tecnologías informáticas para la automatización de los procesos productivo., lo cual impactó en la variedad de productos, el volumen de producción y los tiempos de entrega (González-Hernández et al., 2021).

Se identifican tres pilares en la tercera revolución industrial 1) el aprovechamiento de energías renovables, 2) construcciones capaces de producir su propia energía y 3) el uso de hidrógeno para almacenar energía (Lastra, 2017). El este periodo surge la energía nuclear y las energías amigables con el medio ambiente como la energía eólica, energía solar y la biomasa, donde se convierten azúcares vegetales en gases que pueden generar electricidad y la energía geotérmica que se extrae del calor almacenado en la tierra (González-Hernández et al., 2021). En este periodo hubo desarrollos tecnológicos con el uso de computadoras, el desarrollo de software aplicados a la producción y la creación del internet, la miniaturización de partes electrónicas y la fabricación de los primeros celulares (González-Hernández et al., 2021; Pilevari and Farzad, 2021; Orellana-Daube, 2020).

**Industria 4.0** La aparición del término industria 4.0 surgió en Alemania en el 2011, en sus inicios era usada para hacer

referencia a la “fábrica inteligente” (Rozo-García, 2020). Los principios de esta industria eran vistos como una estrategia para fortalecer la posición de Alemania como líder en la fabricación y proveeduría de equipos y soluciones con base en las tecnologías de la información dentro de la industria.

La industria 4.0 plantea una estrecha relación entre la industria y los productos y sistemas inteligentes a través de sistemas ciber físicos, el internet de las cosas, la hiperconectividad, el Big data y la realidad aumentada y virtual (Arévalo, 2020). “La cuarta revolución industrial fusiona los sistemas físicos, los sistemas digitales y los sistemas biológicos, para generar una red de producción inteligente donde los distintos componentes interaccionan y colaboran entre sí, lo cual modifica trascendentalmente la forma en que vemos y nos interrelacionamos con el mundo” (Rozo-García, 2020: 4).

En las fábricas inteligentes, los sistemas de producción, los componentes y las personas están conectados a través de la red, debido a la adopción de las TIC para la progresiva automatización de los procesos productivos. A nivel organizacional los principios básicos son la planificación estratégica, la gestión participativa y la difusión de estándares tecnológicos en la organización (González-Hernández et al., 2021; Pilevari and Farzad, 2021).

En este contexto, la fabricación está estrechamente vinculada a la robótica colaborativa, la simulación de procesos, los sistemas de fabricación flexible, la impresión en 3 y 4 D, la aplicación de la bio y la nanotecnología, la fabricación aditiva autónoma, la robótica colaborativa, los sensores y la comunicación en red con conectividad inalámbrica, lo que permite un entorno de fabricación colaborativa conectada a la recopilación y procesamiento de datos de forma automatizada, con una interconexión entre lo físico, lo virtual y lo digital (CIC, 2017; Abdi et al., 2018; Popkova, Ragulina and Bogoviz, 2019; Banholzer, 2022).

En otras palabras, la transformación de la industria mediante la adopción de técnicas y procesos basados en las TIC para gestionar y optimizar todos los aspectos de los procesos de fabricación y la cadena de suministro (Alexa, Pîslaru and Avasilcai, 2022).

La industria 4.0 ha permitido la aparición de disciplinas híbridas como la biomedicina, la mecatrónica y la bioingeniería que han tenido grandes cambios en los procesos de producción y han permitido el uso de nuevos materiales o materiales compuestos (Orellana-Daube, 2020). El avance tecnológico de la industria 4.0 ha sido la base para los grandes cambios en la vida social en ámbitos como la salud, el transporte, el empleo, el ocio y el transporte, donde la digitalización y los sistemas de información juegan un papel preponderante (Orellana-Daube, 2020).

La I 4.0 permite la fusión del mundo real y virtual en los sistemas de producción y en la sociedad, los principales beneficios son la eficiencia, la agilidad, la innovación, la reducción de costos y el incremento de los ingresos en las industrias. Sin embargo, existe una discusión sobre el

impacto negativo de esta revolución tecnológica en las personas, donde se observa un aumento del reemplazo del ser humano por máquinas en busca de aumentar la productividad, incluso, algunos autores no la consideran adecuada en un contexto de crisis climática mundial (Banholzer, 2022; Orellana-Daube, 2020). Precisamente en esta discusión se encuentra el nacimiento de la industria 5.0, como una continuidad de la industria 4.0, pero con un enfoque que rescata la posición del ser humano en el desarrollo industrial y el papel central de la sustentabilidad. En la tabla 1 se presentan los aspectos centrales de la revolución industrial antes descrita.

**Tabla 1. Evolución industrial de la 1.0 a la 5.0.**

| Industria | Periodo   | Caracterizado por            | Explicación                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------|-----------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.0       | 1780      | Mecanización                 | Producción industrial basada en máquinas que funcionaban a base de agua y vapor.                                                                                                                                              |
| 2.0       | 1870      | Electrificación              | Producción en masa mediante líneas de montaje.                                                                                                                                                                                |
| 3.0       | 1970/1980 | Automatización/globalización | Automatización mediante electrónica y ordenadores. Deslocalización de la producción a economías de bajo costo.                                                                                                                |
| 4.0       | Hoy       | Digitalización               | Introducción de dispositivos conectados, análisis de datos, y tecnologías de inteligencia artificial para automatizar procesos.                                                                                               |
| 5.0       | Futuro    | Personalización              | La Industria 5.0 se centra en la cooperación entre hombre y máquina, cómo la inteligencia humana trabaja en armonía con la computación cognitiva, lo que resulta en productos y servicios centrados en el ser humano/usuario. |

Fuente: tomando de (Aslam et al., 2020).

## Metodología

Se realizó un abordaje documental sistemático con una revisión de 40 artículos científicos del 2010 a agosto de 2023. Las variables que se tomaron en cuenta dentro de la búsqueda fueron 1) las características de la 5.0, 2) los avances en el desarrollo tecnológico y productivo de este nuevo paradigma, 3) El papel del individuo o la rehumanización de la industria, 4) las aportaciones para el cuidado del medio ambiente y la sustentabilidad y 5) su influencia en la inclusión y la innovación con un enfoque social.

La búsqueda se realizó en bases de datos de revistas científicas como DOAJ, Scielo, SAGE, PLOS ONE y en la plataforma de Researchgate y el buscador Google académico del 2010 a agosto de 2023. Las palabras clave de búsqueda, tanto en español como en inglés y los operadores booleanos utilizados fueron: industria 5.0 “or” revolución 5.0, industria 5.0 “and” desarrollo tecnológico, industria 5.0 “and” empresas, industria 5.0 “and” sustainability, industria 5.0 “and” inclusión social, industry 5.0 “and” digital society, lo que permitió identificar los principales elementos y aportaciones de esta industria y su impacto en el desarrollo tecnológico y social derivado de la fusión de las capacidades humanas y la tecnología, así como identificar los cambios en los procesos industriales en relación a los avances tecnológicos previos.

## Resultados y Discusión

La génesis del concepto de industria 5.0 o también llamada sociedad 5.0 se ubica en el discurso del primer ministro japonés Shinzo Abe en 2016, en su planteamiento sugiere la necesidad de un crear un vínculo entre la 4.0 y la sociedad 5.0 como alternativa al impacto social de la digitalización y los problemas y desafíos que aquejan a las sociedades industriales modernas (Banholzer, 2022). Se discutía la necesidad de un cambio en el sector industrial hacia una nueva forma de relacionarse entre el ser humano y las máquinas, así como la viabilidad de la continuidad de la industria 4.0, y la necesidad de migrar hacia un enfoque de sostenibilidad y economía circular. Otro de los precursores de esta nueva visión en la Comisión Europea que considera que es necesario integrar a la innovación, la investigación y la política industrial en un marco normativo donde haya un “convenio verde”, es decir, una industria y sociedad verdes (European Commission, 2021; European Commission, 2022). Para la Comisión Europea, es una oportunidad de materializar innovaciones radicales, nuevas oportunidades en torno a la interacción hombre-máquina y capitalizar el valor agregado del trabajo humano (Europea, 2021). La sociedad 5.0 no estaría enfocada solo en la productividad sino también en crear mecanismos para enfrentar problemas sociales actuales, es una propuesta donde el ser humano y la máquina se reconcilian y trabajan en perfecta simbiosis (Longo, Francesco; Padovano, Antonio Umbrello, 2020).

Waldenberger expone que para crear una sociedad en el marco de la I 5.0 se deben eliminar barreras en cinco áreas: 1) ministerios y agencias, 2) sistemas legales, 3) tecnología, 4) recursos humanos y 5) aceptación a nivel público (Waldenberger, 2018). La industria 5.0 es la transformación del sector de la fabricación a una fabricación moderna para que el hombre y la máquina puedan realizar el trabajo de la mano para lograr más resultados y en menor tiempo (Pilevari and Farzad, 2021).

La justificación de este argumento es por la sustitución masiva de personal por robots o máquinas mediante la inteligencia artificial, como se planteaba en la I 4.0, lo cual ha mostrado resultados positivos a nivel industrial, sin embargo, la industria 5.0 plantea que si los humanos regresan a los procesos de producción se podrá impactar en la plena satisfacción del cliente sin dejar de lado la producción en masa y la personalización de la producción (Corral, 2020; Pilevari and Farzad, 2021).

Desde este argumento la cooperación hombre-máquina plantea el re-empoderamiento del ser humano con el uso de la tecnología en el centro de los procesos de producción, sin dejar de lado las aportaciones de la industria 4.0, lo que contribuye a fortalecer las capacidades laborales y de producción, es decir, propone una estrecha cooperación entre los humanos y los sistemas tecnológicos (Mantilla Avendaño, 2019; Bryndin, 2020).

En la I 5.0 la "tecnología buscando unir máquinas y humanos en un contexto de desarrollo de la inteligencia artificial, pero con prevalencia del humano sobre cualquier creación suya en el sentido de su recuperación y desarrollo de virtudes humanas lentamente extraviadas en los desarrollos tecnológicos anteriores" (Mantilla Avendaño, 2019: 17). En otras palabras, la propuesta central de la industria 5.0 es lograr integrar las habilidades de los humanos con los robots, con la idea de que trabajando en conjunto se tengan mejores resultados de desempeño sacando lo mejor de ambos ámbitos, una manera de trabajo en la que los hombres y las máquinas reinventan los procesos productivos.

### **Principales características de la I 5.0**

El enfoque de la I 5.0 relaciona el trabajo conjunto del ser humano y las máquinas, donde existe una activa colaboración provocando una sincronía entre los robots y los trabajadores, de tal suerte que se complementan y se combina la capacidad creativa del intelecto humano, experiencia y capacidad de decisión con la fuerza de trabajo de las máquinas, en dicha colaboración la parte humana juega un papel más importante que la producción robótica en masa automatizada (Demir, Döven and Sezen, 2019; Østergaard, 2018; Gotfredsen, 2016). Bajo este esquema hay una nueva oportunidad de producir y entregar productos y servicios específicos y personalizados en función de las necesidades y deseos de los clientes, haciendo uso de la inteligencia artificial y sistemas automatizados y digitales, existe un espacio compartido de interacción hombre-

máquina (Bryndin, 2020; Oliveira and Ring, 2020; (Pilevari and Farzad, 2021).

En esta nueva modalidad de cooperación e interacción, las actividades repetitivas y uniformes son asignadas a los robots y las actividades innovadoras, creativas y de supervisión son desarrolladas por los trabajadores. Esta división del trabajo aumenta la responsabilidad reguladora del ser humano en la producción y la fabricación y, en consecuencia, se esperan mejoras en la calidad de los productos y servicios, no significa dejar atrás las aportaciones de la I 4.0, al contrario, es gracias a ella que la I 5.0 puede desarrollarse (Bryndin, 2020).

Nuevos enfoques como la bioeconomía son centrales y permiten el correcto manejo de los recursos biológicos, con el objetivo de alcanzar un equilibrio entre los elementos del medio ambiente, la industria, la economía y la sostenibilidad (Demir, y Cicibas, 2017; Demir, Döven and Sezen, 2019). Este equilibrio necesita el fortalecimiento de dos tipos de relaciones, por un lado, la vinculación entre la tecnología y la sociedad, y por el otro, la interacción entre los individuos y la sociedad donde la tecnología deja de ser central y pasa a ser un punto de interconexión (Deguchi, 2020).

La tecnología desarrollada en la I 4.0 es fundamental en este nuevo ordenamiento de las relaciones dentro de los sistemas industriales, se plantea dar prioridad al impacto/ beneficio social, es decir ver a la tecnología como un aliado y no como un adversario o sustituto de empleos, sino un elemento para lograr un desarrollo sostenible, es decir, un enfoque con mayor contenido social (Pereira, Lima y Charrúa-Santos, 2020). La visión de la I 5.0 planteada en Japón es similar a la propuesta europea de "Green Deal", donde el discurso planteaba la relación entre la industrialización y su impacto en la humanidad, desde una perspectiva sostenible, centrada en el ser humano y resiliente, donde los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) juegan un papel importante para el bien común (Europea, 2021). Por lo que el factor humano ahora es considerado como un operador resiliente ante el uso y adaptación de sistemas inteligentes, pero sobre todo ante situaciones de alta incertidumbre (Breque, De Nul and Petridis, 2021).

El Green Deal es una propuesta con metas a 2050, con el objetivo de lograr un impacto climático neutral, donde se materialicen tecnologías innovadoras basadas en la electrificación, el hidrógeno verde o el uso de biomasa (Neuhoff, 2021). Para lograr estas propuestas se requieren acciones como la eficiencia en el uso de materiales o propuestas como la economía circular para reducir la demanda de producción primaria de materiales básicos. Es innegable que aún es limitada la disponibilidad de potenciales energías renovables, debido al costo de su desarrollo y de las grandes cantidades de energía que demandan, además de la necesidad de participación de los sectores productivos, las instituciones gubernamentales y la sociedad civil (Mazzucato, 2017; Kattel, Mazzucato, Algers and Mikheeva, 2021).

Autores como Carro Suárez y Sarmiento Paredes (2022), resaltan que es primordial enfatizar “la importancia de que el factor humano sea considerado como un elemento significativo en el proceso de innovación que conlleve al desarrollo e implementación de tecnologías sustentables” (p. 3). Para estos autores los trabajadores son el recurso productivo más ágil y flexible, aunque también es el más frágil por su naturaleza humana. De acuerdo a Pilevari and Farzad, (2021), la industria 5.0 tiene cuatro características fundamentales, a saber: 1) el uso de materiales inteligentes, 2) los dispositivos inteligentes, 3) la automatización inteligente y 4) los sistemas inteligentes (ver tabla 2).

Tabla 2. Principales características de la industria 5.0

| # | Elementos                 | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Autores                                                                                                              |
|---|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Materiales inteligentes   | -Propiedades que permiten modificaciones a través de la temperatura, la luz, la humedad, etc.<br><br>-Se utilizan en distintas industrias como la textil, medicina, la electrónica y la industria aeroespacial.                                                                                                                       | (X. Li, Shang, & Wang, 2017),(Hakanen & Rajala, 2018),(Yang et al., 2019),(Haleem & Javaid, 2019a)                   |
| 2 | Dispositivos inteligentes | -Las capacidades informáticas son una característica destacada de los dispositivos inteligentes en la Industria 5.0.<br>-Capacidad de conexión en dispositivos inteligentes para una gestión y supervisión eficaces.<br>-Las cámaras conectadas a Internet en dispositivos inteligentes mejoran el sistema de control de operaciones. | (Crutzen, 2005),(Derby et al., 2007),(Matindoust, Baghaei-Nejad, Abadi, Zou, & Zheng, 2016),(Shammar & Zahary, 2019) |

|   |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                           |
|---|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Automatización inteligente | -Este elemento integra diferentes aspectos de humanos, software y maquinaria y mejora su participación.<br>-El sistema de automatización es efectivo para detectar errores de proceso.<br>-El aprendizaje automático en este sistema aumenta la productividad en tareas y procesos complejos y es útil para reducir el tiempo del proceso.                                                 | (Mekid, Schlegel, Aspragathos, & Teti, 2007),(Butner & Ho, 2019),(Pagliosa, Tortorella, & Ferreira, 2019) |
| 4 | Sistemas inteligentes      | -Los sistemas inteligentes se pueden utilizar en varias partes de la cadena de suministro, como transporte, logística, investigación y desarrollo, etc.<br>-En la industria 5.0, este sistema aumenta la capacidad de interactuar y reaccionar ante los cambios ambientales. Los sistemas inteligentes permiten atender las necesidades personalizadas del cliente en el momento requerido | 2007),(Sykora, 2016),(Xie, Liu, Fu, & Liang, 2019),(Sakamoto, Barolli, Barolli, & Okamoto, 2019)          |

Fuente: Tomada de Pilevari and Farzad, (2021. pág. 10).

En esta quinta revolución industrial las máquinas inteligentes aumentan la seguridad, mejoran la calidad y reducen el desperdicio y, por otro lado, el capital humano desarrolla la

creatividad y la innovación en la producción. Los componentes críticos para el funcionamiento de la industria 5.0, son herencia de la industria 4.0, como son el internet de las cosas (IoT), el big data, los robots, la inteligencia artificial, la manufactura y materiales inteligentes, la impresión en 3D, 4D, 5D y la realidad virtual.

Forst & Sullivan (2021), argumentan que la industria 5.0 es un paso evolutivo hacia adelante con base en las aportaciones de la I 4.0 desde el punto de vista económico y tecnológico, a continuación, se presentan las principales diferencias entre la industria 4.0 y la 5.0 (ver tabla 3).

Tabla 3. Diferencias entre la industria 4.0 y la 5.0

| I 4.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | I 5.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se concentra en conectar máquinas.</li> <li>• Fábricas inteligentes.</li> <li>• Producción en masa.</li> <li>• Combustibles y energías renovables.</li> <li>• Internet de las cosas.</li> <li>• -Computación en la nube.</li> <li>• -Uso de una gran cantidad de datos.</li> <li>• -Inteligencia artificial.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se enfoca brindar experiencia al cliente.</li> <li>• Colaboración humanos-robots.</li> <li>• Sociedad inteligente.</li> <li>• Uso masivo de energías renovables.</li> <li>• Bioeconomía.</li> <li>• -Sustentabilidad.</li> <li>• -Agricultura sustentable.</li> <li>• -Producción Biónica.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personalización masiva.</li> <li>• La teoría organizacional que mejora los procesos de innovación y la administración de las empresas.</li> </ul>                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hiper Personalización.</li> <li>• Entornos inteligentes.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de suministro inteligente.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de suministros receptiva y distribuida.</li> <li>• Reducción de desperdicios.</li> <li>• Mejora de los procesos.</li> </ul>                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos inteligentes.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencia de productos activados (interactivos).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra distanciada de las fábricas.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retorno de la mano de obra a las fábricas.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centrado en una mayor eficiencia a través de conectividad digital e inteligencia artificial</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegura un marco para la industria que combina competitividad y sostenibilidad.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología centrada en la aparición de objetivos ciber físicos</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfatiza el impacto de modos alternativos de (tecnología) gobernanza para la</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alineado con la optimización de los modelos de negocio dentro de la dinámica del mercado de capitales existentes y modelos económicos, dirigidos a la minimización de costos y maximización de ganancias para los accionistas</li> </ul> | <p>sostenibilidad y resiliencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empodera a los trabajadores a través del uso de dispositivos, respaldando un enfoque centrado en el ser humano y no en la tecnología.</li> </ul>                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se centra en las dimensiones de diseño y rendimiento esencial para la transformación sistémica y desvincula el uso de recursos y materiales de impactos ambientales, climáticos y sociales negativos.</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construye caminos de transición hacia</li> <li>• usos sustentables de la tecnología.</li> <li>• Amplía el ámbito de responsabilidad de la corporación en toda su cadena de valor.</li> <li>• Introduce indicadores que muestran, para cada ecosistema industrial, los avances logrados en el camino hacia el bienestar, la resiliencia y la sostenibilidad.</li> </ul> |

Fuente: elaboración en base a (Frost and Sullivan, 2019; Pilevari and Farzad, 2021; European Commission, 2022).

La industria 5.0 va más allá de la eficiencia y la productividad como el foco central, valora el impacto en la sociedad, inserta al capital humano como papel central del proceso productivo, donde el bienestar no solo se encuentra en el crecimiento y desarrollo, sino que reconoce la importancia de respetar los límites productivos de los recursos naturales (Altamar Martínez, 2023).

En suma, las tecnologías asociadas a las I 5.0 pretenden empoderar a la industria para lograr no solo objetivos productivos, sino también sociales, enfocándose en tres valores fundamentales: 1) el ser humano, como el corazón de los medios de producción, donde sus necesidades e intereses van primero (Lu et al., 2021). 2) La sostenibilidad, a través de los principios de la economía circular, donde el reúso y el reciclaje son fundamentales para disminuir la huella ecológica y el impacto ambiental y 3) la resiliencia, donde las empresas y los empleados desarrollen las capacidades para responder positivamente antes eventos impredecibles y momentos de crisis e incertidumbre, a nivel productivo, económico y social (Breque, De Nul and Petridis, 2021). En otras palabras, ser más eficiente y sostenible sin dicotomías. Bajo las propuestas de la industria 5.0, Pilevari and Farzad (2021), argumentan que es necesario el desarrollo de cuatro capacidades que permitan la aplicación de dichas propuestas, las cuales son: toma de decisiones

digitales, servicios digitales, negocios inteligentes y ventas y marketing basados en inteligencia artificial (ver tabla 4).

Tabla 4. Capacidades de la industria 5.0

| # | Capacidades                  | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Autores                                                                                                                                                                             |
|---|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Toma de decisiones digitales | -Usando datos digitales y un sistema de automatización, se proporciona la decisión deseada en situaciones complejas.<br>-Aumenta la eficiencia y la productividad y mejora los resultados del producto con decisiones innovadoras<br>- Mejora el trabajo en equipo, la creatividad y la comunicación efectiva entre las personas. | (Becker, Faria, & Duretec, 2014),(Yan et al., 2017),(Gürdür, El-Khoury, Seceleanu, & Lednicki, 2016),(Chatterjee & Kar, 2018),(Swan, Dahl, & Peltier, 2019),(Covaci & Zaraté, 2019) |
| 2 | Servicios digitales          | -Ayudar a desarrollar una estrategia competitiva utilizando información digital<br>-Medir el desempeño y progreso de las personas y empoderarlas.<br>-Para la viabilidad y el despliegue de nuevos sistemas digitales para mejorar la cadena de suministro                                                                        | (Uutoni, 2018),(Bolton et al., 2018),(Vannucci & Pantano, 2019),(Wanyan & Hu, 2019),(S. Li, Hao, Ding, & Xu, 2019)                                                                  |
| 3 | Negocios inteligentes        | -Los datos integrados en las nuevas tecnologías marcan una diferencia significativa en los negocios<br>-La satisfacción de los empleados, clientes y partes interesadas se mejora mediante el uso de sistemas de gestión de TI<br>-Con el establecimiento                                                                         | (D. D. Wu, Kapoor, & Sherif, 2012),(Aruldoss, Travis, & Venkatesan, 2014),(Ghouchani, Jodaki, Joudaki, Balali, & Rajabion, 2019),(Cao, You, Shi, & Hu, 2020)                        |

|   |                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                    |
|---|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                       | de la gestión del conocimiento en las áreas de ventas y optimización de procesos se genera el crecimiento del negocio                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                    |
| 4 | Ventas y marketing basados en inteligencia artificial | -La velocidad en el análisis de datos en ventas y marketing utilizando inteligencia artificial mejora la satisfacción del cliente<br>-La inteligencia artificial proporciona soluciones y enfoques apropiados para el departamento de ventas en función del análisis de datos.<br>-Identifique proveedores débiles y ayude a mejorarlos mediante el análisis de datos de los principales proveedores. | (Paschen et al., 2019),(Upadhyay & Khandelwal, 2019),(Weber & Schütte, 2019),(Narain et al., 2019) |

Fuente: Tomada de Pilevari and Farzad, (2021. pág. 13).

#### Desafíos para la I 5.0

La Industria 5.0 presenta desafíos únicos que no se habían visto antes en los avances de la industrialización, entre los que resaltan: 1) la heterogeneidad social en términos de valores y aceptación, 2) la medición de la generación de valor ambiental y social, 3) la integración de los clientes en toda la cadena de valor, 4) interdisciplinariedad en la investigación y complejidad del sistema, 5) una política de innovación orientada al ecosistema y a resultados, y 6) la productividad requiere de grandes inversiones en todos los ámbitos (Xu et al., 2021).

Por otro lado, los retos también incluyen el desarrollo de tecnología que ayuden a mejorar la calidad de vida de las personas en términos de seguridad y calidad en el trabajo, el desarrollo de talentos con enfoque en la creatividad e ingenio enmarcados en una estructura organizativa en red. Los mercados también se enfrentan a nuevos retos, como la competitividad dinámica, es decir, evitar sistemas de evaluación y medición de resultados estandarizados y, finalmente, la creación y fortalecimiento de regulaciones que respondan a la nueva realidad donde la tendencia es el uso masivo de robots, la realidad aumentada y virtual que

podrían poner en riesgos la seguridad de las personas y la sanidad de productos, procesos y servicios (Montero, 2017).

## Conclusiones

La principal novedad de la industria 5.0 es que el avance y uso de la tecnología debe estar centrada en el ser humano, es decir poner al ser humano en el centro y no a la tecnología como se planteaba en sus precursoras. Propone que las empresas deberían buscar un sistema automatizado en balance, donde la relación del hombre y las máquinas pase a ser una relación de capacidad física-capacidad intelectual. Un ecosistema donde la sociedad sea más cooperativa, humana y consciente de su realidad social, económica y ambiental, donde utilice la tecnología para el bienestar social y no exclusivamente para aumentar la competitividad y rentabilidad industrial. Así mismo, el medio ambiente toma protagonismo, ya no se puede ignorar el cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales y de los combustibles fósiles y es primordial generar acciones donde la tecnología sea vista como una aliada para el manejo de residuos, restaurar, reusar y hacer más eficientes los procesos productivos con un enfoque de sostenibilidad. Estamos ante una realidad donde la industria debe contribuir a disminuir uno de los mayores desafíos que ha enfrentado la humanidad, el agotamiento de recursos y el cambio climático. Se pone en el centro la necesidad de una transición hacia una economía verde y digital, una transformación digital, medioambiental, con neutralidad climática, sin dejar de lado los objetivos de la competitividad. Para que los principios de la I 5.0 se expandan y apliquen es necesario la creación de nuevas políticas públicas e instrumentos, nuevas asociaciones en torno a la industria y proyectos de innovación y producción informados y más conscientes sobre su impacto en la sociedad y el medio ambiente. Lo que Banholzer (2022) y la comisión europea (2022) llaman gobierno tecnológico y liderazgo en el ámbito público, así como incentivos, competencias y rapidez institucional para delinear políticas actuales.

## Referencias

- [1] Abdi, M. R. et al. (2018) 'Evolution of MS Paradigms Through Industrial Revolutions', in Integrated Reconfigurable Manufacturing Systems and Smart Value Chain. Springer, Cham.
- [2] Alexa, L., Pislaru, M. and Avasilcai, S. (2022) 'From Industry 4.0 to Industry 5.0 — An Overview of European Union Enterprises', in Sustainability and Innovation in Manufacturing Enterprises. Advances in Sustainability Science and Technology. Singapore: Springer, pp. 221–231. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8_8).
- [3] Altamar Martínez, B. M. (2023) El impacto de la industria 4.0 en la historia y que se puede esperar a futuro con la industria 5.0. Universidad Militar de Granada.
- [4] Arencibia Pardo, R., Peña Rodríguez, B. and Pardo Gracia, A. (2020) 'El falso conteo de las revoluciones industriales: de la 1 a la 5. Productividad y mano de obra. Fin del paradigma, comienzo de la ética', AGLALA, 11(1), pp. 95–106. Available at: <https://orcid.org/0000-0001-9859-7658>.
- [5] Arévalo, J. A. (2020) Industria 4.0 y espacios creativos., Universo Abierto. Available at: <https://universoabierto.org/2020/01/28/industria-4-0-y-espacios-creativos/> (Accessed: 2 August 2023).
- [6] Aslam, F. et al. (2020) 'Innovation in the era of IoT and industry 5.0: Absolute innovation management (AIM) framework', Information (Switzerland), 11(2). doi: 10.3390/info11020124.
- [7] Banholzer, V. M. (2022) Technological and Social Innovations – Aspects of Systemic Transformation. 2/2022. Alemania. Available at: [www.th-nuernberg.de/innovationskommunikation](http://www.th-nuernberg.de/innovationskommunikation).
- [8] Breque, M. De Nul, L. and Petridis, A. (2021) 'Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry'. Available at: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/%0Apublication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1/>.
- [9] Bryndin, E. (2020) 'Formation and Management of Industry 5.0 by Systems with Artificial Intelligence and Technological Singularity', American Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 5, pp. 24–30.
- [10] Carro Suárez, J. and Sarmiento Paredes, S. (2022) 'El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras', Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento, 10(24), pp. 1–18. doi: 10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81727.
- [11] CIC (2017) Industria 4.0, la cuarta revolución industrial y la inteligencia operacional. Available at: <https://www.cic.es/industria-40-revolucion-industrial/>.
- [12] Coluccia, D. (2012) 'The First Industrial Revolution', in Corporate Management in a Knowledge-Based Economy. London: Palgrave Macmillan, pp. 1760–1870.
- [13] Corral, M. M. (2020) 'Sociedad 5.0 y tecnologías emergentes al 2030', Revista SISTEMAS, (154), pp. 4–6. doi: 10.29236/sistemas.n154a1.
- [14] Deguchi, A. (2020) 'What Is Society 5.0?', in Hitachi-UTokyo Laboratory (eds). Society 5.0. Singapore. Springer. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4_1).
- [15] Demir, K. A., Döven, G. and Sezen, B. (2019) 'Industry 5.0 and human-robot co-working.', Procedia Computer Science, 158, pp. 688–695.
- [16] Demir, K. and Cicibas, H. (2017) 'The Next Industrial Revolution: Industry 5.0 and Discussions on Industry', in 4.0. 4th International Management Information Systems Conference "Industry 4.0". Turkey: İstanbul University, pp. 1–10.
- [17] Europea, C. (2021) Industry 5.0: Towards more sustainable, resilient and human-centric industry. Available at: [https://ec.europa.eu/info/news/%0Aindustry-50-towards-more-sustainable-resilientand-%0Ahuman-centric-industry-2021-jan-07\\_en](https://ec.europa.eu/info/news/%0Aindustry-50-towards-more-sustainable-resilientand-%0Ahuman-centric-industry-2021-jan-07_en).
- [18] European Commission (2021) Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Brüssel. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>.
- [19] European Commission (2022) Industry 5.0, a transformative vision for Europe. Governing systemic transformations towards a sustainable industry. ESIR Policy Brief No.3. Brüssel.
- [20] Frost and Sullivan (2019) Industry 5.0 — Bringing Empowered Humans Back to the Shop Floor. Available at: <https://www.frost.com/frost-perspectives/industry-5-0-bringing-empowered-humans-back-to-the-shopfloor/> (Accessed: 3 August 2023).
- [21] González-Hernández, I. et al. (2021) 'El desarrollo tecnológico en las revoluciones industriales', Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún, 8(16), pp. 41–52. doi: 10.29057/escs.v8i16.7118.
- [22] Gotfredsen, S. (2016) 'Bringing back the human touch: Industry 5.0 concept creating factories of the future.' Available at: <http://www.manmonthly.com.au/%0Afeatures/bringing-back-the-human-touch-industry-%0A5-0-concept-creating-factories-of-the-future/>.

- [23] Kattel, R., Mazzucato, Mariana Algers, J. and Mikheeva, O. (2021) The Green Giant: New Industrial Strategy for Norway. IIPP policy report (PR 21/01).
- [24] Lastra, J. (2017) 'La Tercera Revolución Industrial', Boletín Mexicano de Derecho Comparado, 150, pp. 1457–1462.
- [25] Longo, Francesco; Padovano, Antonio Umbrello, S. (2020) 'Value-Oriented and Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future', Applied Sciences, 10(12). Available at: <https://doi.org/10.3390/app10124182>.
- [26] Lu, Y. et al. (2021) 'Humans Are Not Machines—Anthropocentric Human–Machine Symbiosis for Ultra-Flexible Smart Manufacturing', Engineering, 7(6), pp. 734–737.
- [27] Mantilla Avendaño, L. (2019) Industria 5.0: ¿Vuelve el hombre al centro de los procesos de producción? Colombia.
- [28] Martínez, M. A. (2014) 'Ingeniería: Un concepto que emerge de las revoluciones sociales', Blog de Informática. Grado de Inge Informática., July. Available at: <http://blogs.udima.es/ingenieria-informatica/ingenieria-un-concepto-que-emerge-de-las-revoluciones-sociales/>.
- [29] Mazzucato, M. (2017) Mission-Oriented Innovation Policy. Available at: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/publications/2017/sep/mission-oriented-innovation-policy-challe>.
- [30] Montero, P. (2017) '¿Preparados para la quinta revolución industrial? Obtenido de', ATREVIA, August. Available at: <https://www.atrevia.com/blog/preparados-para-la-quinta-revolucion-industrial/>.
- [31] Neuhoff, K. (2021) 'Green Deal for industry: A clear policy framework is more important than funding', DIW Weekly Report, 11(10), pp. 73–82.
- [32] Orellana-Daube, D. F. (2020) 'El efecto global de la actual revolución tecnológica 4a revolución industrial y la industria 4.0 en acción', Revista GEON (Gestión, Organizaciones y Negocios), 7(2), pp. 1–24. doi: 10.22579/23463910.194.
- [33] Østergaard, E. (2018) 'Industria 5.0: La nueva era en el sector de la manufactura Mexicana.', Revista Metalmeccánica Internacional.
- [34] Østergaard, E. (2019) 'La paradoja de la Industria 5.0: Una revolución totalmente humana.', Digital Bricks. Available at: <https://digitalbricks.com.mx/2019/04/02/la-paradoja-de-la-industria-5-0-una-revolucion-totalmente-humana/>.
- [35] Pilevari, N. and Farzad, Y. (2021) 'Industry Revolutions Development from Industry 1.0 to Industry 5.0 in Manufacturing', Journal of Industrial Strategic Management, 2(3), pp. 5–20. Available at: [https://www.academia.edu/en/65158806/Industry\\_Revolutions\\_Development\\_from\\_Industry\\_1\\_0\\_to\\_Industry\\_5\\_0\\_in\\_Manufacturing](https://www.academia.edu/en/65158806/Industry_Revolutions_Development_from_Industry_1_0_to_Industry_5_0_in_Manufacturing).
- [36] Popkova, E. G., Ragulina, Y. V. and Bogoviz, A. V. (2019) 'Fundamental differences of transition to industry 4.0 from previous industrial revolutions', Studies in Systems, Decision and Control, 169, pp. 21–29.
- [37] Roza-García, F. (2020) 'Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0', Revista UIS Ingenierías, 19(2), pp. 177–191. doi: 10.18273/revuin.v19n2-2020019.
- [38] Sanchez, G. B. (2017) 'Las primeras cinco revoluciones industriales', Cienciorama, pp. 1–6. Available at: [http://cienciorama.unam.mx/a/pdf/585\\_cienciorama.pdf](http://cienciorama.unam.mx/a/pdf/585_cienciorama.pdf).
- [39] Semana (2020) ¿Qué es la cuarta revolución industrial y por qué va a cambiar a la educación? Cuarta Revolución Industrial una reforma para el sistema educativo. Available at: <https://www.semana.com/educacion/articulo/cuarta-revolucion-industrial-una-reforma-para-el-sistema-educativo/599090> (Accessed: 2 August 2023).
- [40] Waldenberger, F. (2018) Society 5.0 - Japanese Ambitions and Initiatives. Bonn: Konrad Adenauer Stiftung.
- [41] Xu, X. et al. (2021) 'Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception', Journal of Manufacturing Systems, 61(October), pp. 530–535. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>.