

La Industria 4.0 en Colombia y Latinoamérica, realidades y retos

Harry Valencia-Ayala, harry.valenciaay@campusucc.edu.co,
Universidad Cooperativa de Colombia,
Cali, Colombia

Jorge Luis Pincay-Lozada, jpgincayl@usbcali.edu.co
Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia

Ruth Rodríguez-Villalobos, ruth.rodriquezv@ufide.ac.cr
Universidad Fidélitas,
San Pedro, Santa Marta, Costa Rica

Abstract

Industry 4.0 is a key factor in economic growth, boosting innovation and, consequently, the competitiveness of nations. This article aims to establish the impact of Industry 4.0 on business processes and economies in Latin American countries. This is a systematic, descriptive study with a qualitative approach. It allows the analysis of Industry 4.0 characteristics and the impact on the economy, organizational processes and also how it may threaten the sustainability of certain jobs. The study which focuses primarily on Mexico, Colombia and Costa Rica, reveals different realities. Mexico stands out for its growth in manufacturing and state support, in contrast to Colombia, with limitations on investment in digitalization. Meanwhile, Costa Rica shows potential due to the presence of high-tech multinational companies. Industry 4.0 poses significant challenges for the Latin American region, including investment in education for a proper worker adaptation besides the collaboration among governments, business and academia to take advantage of technology in growing and innovation.

Keywords: competitiveness, Industry 4.0, innovation, human talent

Resumen

La Industria 4.0 es un factor clave en el crecimiento económico, mediante el impulso de la innovación y por ende la competitividad de las naciones. El presente artículo tiene por objetivo establecer la incidencia de la industria 4.0 en los procesos de las empresas y en la economía de los países de América Latina. Se trata de un estudio sistemático de tipo descriptivo con enfoque cualitativo, que permitió el análisis de las características de la Industria 4.0 y el impacto que ha generado en la economía, en los procesos de las organizaciones, y la manera en que puede amenazar la sostenibilidad de algunos empleos.

Del estudio, centrado principalmente en México, Colombia y Costa Rica, se desprenden diferentes realidades. Se destaca a México por el crecimiento en la industria manufacturera de avanzada y el apoyo estatal, contrario a Colombia, que enfrenta limitaciones por la escasa inversión en temas de digitalización. Mientras tanto, Costa Rica presenta potencial debido a la presencia de empresas multinacionales de alta tecnología. La Industria 4.0 plantea importantes desafíos para la región Latinoamericana, que incluye la inversión en educación para la adaptación de los trabajadores y la colaboración entre gobiernos, las empresas y la academia, para el aprovechamiento de la tecnología en el crecimiento e innovación.

Palabras clave: competitividad, industria 4.0, innovación, talento humano.

Introducción

Cada período de la historia reciente está caracterizado por una revolución industrial, lo que ha permitido avances significativos en los procesos de producción de su época y la adopción de tecnologías, generando mejoras sustanciales en los tiempos de fabricación y la innovación en métodos de producción. Esto ha impulsado el comercio a nivel global de manera significativa. En este contexto empresarial en constante cambio, la cuarta revolución industrial avanza a pasos gigantesco hacia lo que es una nueva era de oportunidades comerciales para todas las empresas. Algunos autores denominan esta era como Industria 4.0, caracterizado por el crecimiento exponencial de la tecnología (Rozo-García, 2020).

En la nueva época de digitalización y entornos virtuales, todas las empresas en el mundo están estableciendo planes estratégicos para alcanzar un crecimiento inteligente en lo que se denomina la Industria 4.0. Estas estrategias buscan adaptar las nuevas innovaciones en tecnologías, métodos de producción, transformación digital y desarrollo de software, con el propósito de automatizar las interacciones entre las organizaciones y los consumidores.

Hipótesis

La implementación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en empresas de América Latina genera oportunidades de innovación organizacional y mejora en la competitividad, siempre que exista acompañamiento estatal y formación continua del talento humano.

Metodología

El propósito del artículo es establecer la incidencia de la industria 4.0 en los procesos de las empresas y en la economía de los países de América Latina. Se trata de un estudio sistemático de tipo descriptivo con enfoque cualitativo, para un análisis de las variables relacionadas con la industria 4.0. Se seleccionó la bibliografía que se considera pertinente y aplicable para este tipo de estudio, destacando su confiabilidad y actualización de datos, sin tomar estudios con un período de antigüedad mayor a 8 años.

Las bases de datos utilizadas principalmente fueron SCOPUS (con una selección de revistas especializadas desde el cuarto cuartil [Q4] al primer cuartil [Q1]), IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers, ScienceDirect, EBSCO y Google Scholar, con las palabras clave de Competitividad, Industria 4.0, Innovación y Talento Humano. Toda la literatura que se seleccionó como base, tiene el factor común de abarcar al menos tres países de América Latina. Además, se consideraron artículos específicos del mismo periodo de antigüedad, que refleje información de la situación de países como México, Colombia y Costa Rica, con literatura en inglés pero principalmente en español. No se realizó codificación de la información recolectada. A través de la revisión sistémica de bibliografía se establecieron los principales componentes de la Industria 4.0, su evolución y etapas, a la vez que se indagó en factores claves tales como la competitividad y la innovación tecnológica, con el fin de identificar la manera en que pueden incidir en el desarrollo de dicha industria 4.0. Asimismo, con el análisis de los artículos científicos seleccionados, se evidenciaron los avances tecnológicos que más han fortalecido los procesos de las empresas de América Latina.

Resultados

Los resultados se dividen en varios apartados, iniciando con una breve historia de la Industria 4.0, las principales tecnologías asociadas y otros conceptos clave que explican el impacto en puestos de trabajo, innovación y competitividad. Finalmente se presenta una contextualización de la Industria 4.0 e Industria 4.0 en América Latina y las instituciones soporte.

Industria 4.0

Las revoluciones industriales son los momentos significativos que han dejado huella en las fases del progreso industrial. En principio, el concepto de la industria 4.0 nace en Alemania en 2011. No obstante, es hasta la edición de 2013 de la feria de Hannover donde formalmente se expone esta como la nueva forma de industrialización, mediante la implementación del Internet of things (IoT) en el entorno de fabricación. Según el Instituto Alemán de Normalización Industrial, la cuarta revolución industrial se caracteriza por la integración de los sistemas de producción con el entorno virtual. Esto implica una interacción continua entre la manufactura y la logística a través de diversas herramientas tecnológicas (De La Peña & Granados, 2020).

Es importante mencionar las diferentes revoluciones industriales, teniendo que hasta el momento se han presentado cuatro revoluciones, cada una con aportes diferentes, por ejemplo, la primera revolución industrial mejoró la productividad y la eficiencia mediante la invención de la máquina a vapor y el telar mecánico. Seguido a esta, llegó la segunda revolución industrial, la cual permitió mejoras en las líneas de fabricación con el sistema de producción en masa y el uso de la energía. Posteriormente, surge la tercera revolución industrial, que impactó directamente en los sistemas de producción gracias a la incorporación de la

automatización y el uso del internet en cada área productiva. Finalmente, florece la cuarta revolución industrial, siendo esta la que ha fortalecido el diseño, fabricación y operación en los sistemas productivos (Montecinos, 2021). Esta cuarta revolución, destaca la rapidez con la que suceden las transformaciones; una tecnología apenas se está implementando cuando surge otra que la relega. Mientras que las tres primeras revoluciones industriales se desarrollaron en uno o dos períodos generacionales, la digitalización está teniendo lugar en un lapso considerablemente más corto (Llanes-Font & Lorenzo-Llanes, 2021).

La Industria 4.0 se visualiza como la implementación de fábricas inteligentes, caracterizadas por niveles tecnológicos complejos, con el propósito de realizar producción en entornos ciberfísicos. Algunos autores la definen como la era de la digitalización o Industria 4.0 dentro de la cuarta revolución industrial. Esta transformación fundamental es factible gracias al rápido crecimiento exponencial de la tecnología y las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en las últimas décadas, así como a los esfuerzos continuos de las industrias por asumir y promover el progreso en la incorporación de estas innovaciones. La cuarta revolución industrial fusiona sistemas físicos, digitales y biológicos en una sinergia que da lugar a una red de producción inteligente, donde los diferentes elementos interactúan y colaboran de manera conjunta. Este cambio esencial produce una transformación profunda en la manera de percibir y relacionarnos con el mundo que. El término Industria 4.0 hizo su debut en la Feria de Hanover en Alemania en el año 2011, siendo utilizado por primera vez para describir la noción de la “fábrica inteligente” (León, 2019).

En el año 2013, en un nuevo encuentro en la feria, el gobierno de Alemania presentó la estrategia “Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0”, propuesta por la Academia Nacional de Ciencia e Ingeniería de Alemania. Esta estrategia tenía como objetivo establecer las bases iniciales para la implementación y asegurar el futuro de la destacada industria manufacturera alemana, que se encuentra entre las más competitivas a nivel global.

Industria 4.0 se refiere a la digitalización y conexión de sistemas y procesos industriales mediante el Internet de las Cosas y el Internet de los Servicios. Esto busca lograr una mayor flexibilidad y adaptación individual en los procesos de producción. Se compone de tecnologías avanzadas, lo que conlleva a la creación de soluciones flexibles, inteligentes y completamente autónomas. Además, puede ser concebida como una perspectiva novedosa de la fábrica del futuro o fábrica inteligente. Implica la revolución digital tanto en la industria como en las empresas, mediante la incorporación de las vanguardistas tecnologías disruptivas. Para describir el enfoque que estas tecnologías representan en la Industria 4.0, se utilizan con regularidad términos específicos en la literatura, como tecnologías disruptivas, tecnologías emergentes y tecnologías habilitadoras (García & Madinabeitia, 2023).

Finalmente, podría decirse que la implementación de la industria 4.0 conlleva una reducción significativa en los períodos de producción, la capacidad de procesar las demandas de los clientes en tiempo real y una alta automatización en las tareas de mantenimiento. Todo esto culmina en la creación de las reconocidas fábricas inteligentes.

Tecnologías presentes en la Industria 4.0

Internet de las Cosas - IOT

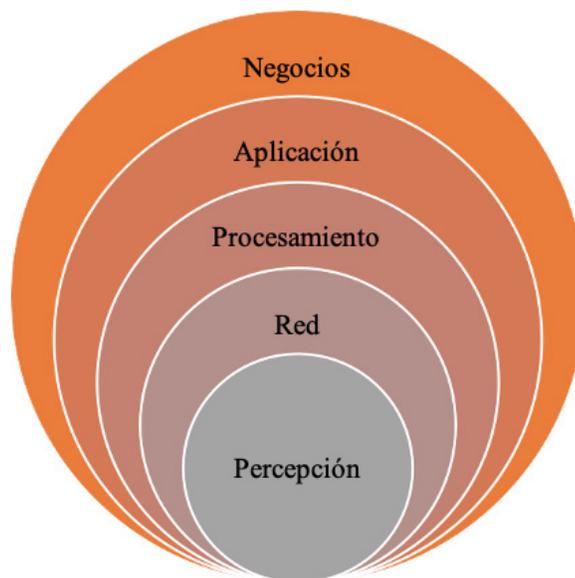
El origen del concepto de Internet de las Cosas se encuentra en el MIT, y marca la siguiente etapa en la evolución de Internet. En consonancia con la forma en que los seres humanos progresan y transforman los datos en información, conocimiento y sabiduría, el IoT posee la capacidad de perfeccionar nuestro mundo en la medida en que lo entendemos actualmente. IoT hace referencia a situaciones en las cuales la conectividad de la red y la capacidad de procesamiento se expanden hacia objetos, sensores y elementos cotidianos que usualmente no se perciben como computadoras. En otras palabras, implica una interacción entre el entorno físico y biológico con los sistemas cibernéticos, lo que posibilita que estos dispositivos generen, compartan y utilicen datos con una intervención humana mínima. No obstante, no existe una única y universal definición al respecto.

Varios expertos han anticipado la velocidad de adopción del IoT, como ejemplo, CISCO ha estimó que para el año 2019, aproximadamente 34 mil millones de dispositivos, incluyendo computadoras de escritorio, teléfonos inteligentes, tabletas y relojes inteligentes, estarán conectados a Internet (Gélvez-Rodríguez & Santos-Jaimes, 2020).

La Figura 1 muestra la arquitectura para una solución IOTt.

Figura 1.

Arquitectura para una solución IOT



Fuente: García-Quilchamin et al. (2021).

La capa de percepción, conocido como perception layer: Esta capa se encarga de recopilar las características y medidas físicas de los objetos (como temperatura, humedad, ubicación, entre otros) a través de sensores, y luego transformar esta información en señales digitales para su transmisión a través de la red.

La capa de red, referida como la network layer: Su función principal es transferir la información obtenida en la capa de percepción hacia el centro de procesamiento mediante una variedad de redes, tales como 3G, 4G, WiFi, Bluetooth, ZigBee, entre otras. Esto involucra la capacidad de establecer conexiones entre distintos tipos de redes.

La capa de procesamiento, conocida como processing layer: Su propósito consiste en examinar, procesar y guardar la gran cantidad de información proveniente de la capa de red. En esta fase, se emplean tecnologías como bases de datos, computación en la nube, computación ubicua, procesamiento inteligente y masivo de datos. La capa de aplicación, referida como application layer: Su función es desarrollar aplicaciones según las necesidades específicas de casos o sectores industriales particulares (García-Quilchamin et al., 2021).

La capa de negocios, también denominada business layer: Representa el administrador central de IoT, abarcando la gestión de las aplicaciones y actividades comerciales, la salvaguardia de la seguridad de los usuarios y el análisis del modelo de negocio.

Sistemas Ciberfísicos (CPS)

Los sistemas Ciberfísicos (CPS), considerados como una rama de la ingeniería, se enfocan en tecnologías respaldadas por fundamentos matemáticos e informáticos sólidos. Su objetivo es modelar, simular y diseñar sistemas integrados que funcionan de manera simultánea en tiempo real. En otras palabras, los CPS combinan modelos y métodos provenientes de diversas disciplinas de la ingeniería con aquellos de la informática (Verdugo, 2019).

Ciberseguridad

La Ciberseguridad engloba un conjunto de enfoques, procedimientos y herramientas concebidos para administrar el riesgo asociado al ciberespacio, resultante del manejo, procesamiento, almacenamiento y transmisión de información empleada en empresas e infraestructuras industriales. Estos enfoques se basan en las dimensiones de personas, procesos y tecnologías. Las habilidades digitales inherentes a la Industria 4.0 ofrecen ventajas sin precedentes, pero al mismo tiempo presentan riesgos cibernéticos emergentes para los cuales la industria aún se encuentra en una etapa temprana o con un nivel limitado de preparación. La seguridad cibernética es un elemento que debe ser tenido en cuenta a lo largo de todo el ciclo de vida de cualquier iniciativa impulsada por la Industria 4.0, y debe integrarse en la cultura y estrategia de la organización (Mendivil et al., 2022).

La industria 4.0 y el talento humano

En la actualidad, las economías a nivel nacional están adentrándose en lo que se conoce como la cuarta revolución industrial o industria 4.0. En este contexto, las tecnologías emergentes como la impresión 3D, el Internet de las cosas (IoT), el almacenamiento en la nube, el análisis de grandes datos (big data), la inteligencia artificial y las redes sociales están transformando la naturaleza del trabajo. Esta transformación conllevará tanto la generación de nuevos empleos como la potencial desaparición de los roles laborales existentes. El IoT posibilita la transformación de productos cotidianos en objetos inteligentes en hogares y empresas, lo cual puede reducir la dependencia de la intervención humana en su funcionamiento y, por lo tanto, influir en el empleo. Por ejemplo, aplicaciones como Siri actúan como asistentes personales, y empresas como Nest Labs producen sistemas de seguridad WiFi, autónomos y programables para edificios y hogares, lo que ejemplifica cómo la tecnología puede reemplazar ciertas tareas humanas (Ávila et al., 2022).

En cuanto al big data, su aplicación implica analizar vastas cantidades de información con el propósito de prever errores, patrones de comportamiento, agilizar procesos y reducir costos. Asimismo, tiene la capacidad de satisfacer una demanda que, irónicamente, puede ser anticipada a partir del análisis de información personal o colectiva, lo que a su vez influye en la preferencia de productos. Esto se logra al procesar de manera oportuna datos almacenados digitalmente, los cuales pueden ser gestionados a través de la nube (Guerra & Ortiz, 2020).

En el pasado, las computadoras proporcionaban respuestas, pero carecían de la capacidad para ofrecer respuestas inteligentes y solo podían ejecutar instrucciones detalladas y repetitivas, sin la capacidad de comprender conceptos. Sin embargo, en la actualidad, hemos alcanzado un punto en el que las computadoras son capaces de generar inteligencia artificial. La inteligencia artificial (IA) está en camino de transformar diversos ámbitos laborales como el transporte, la salud, la ciencia, las finanzas y el ámbito militar. Según una encuesta realizada a científicos, se espera que en los próximos años, la IA supere a los humanos en varias actividades, como la traducción de idiomas (en 2024), la redacción de ensayos de secundaria (en 2026), la conducción de camiones (en 2027), el trabajo en el comercio minorista (en 2031), la redacción de libros de ventas (en 2049) y la práctica de cirugía médica (en 2053). La encuesta también sugiere que existe un 50% de probabilidad de que la inteligencia artificial supere a los humanos en todas las actividades en un plazo de 45 años, y que la automatización de todos los trabajos humanos ocurra en 120 años. Los investigadores asiáticos proponen fechas aún más cercanas para estos avances (De la Calle et al., 2022).

La cuarta revolución industrial ha propiciado nuevas formas de proveer servicios a través de startups y plataformas de economía colaborativa u on-demand. Estas innovaciones permiten ofrecer servicios de transporte (como Uber y Cabyfi) o alojamiento (como Airbnb) de manera innovadora. Las redes sociales también han facilitado la venta de bienes o servicios (como en el caso de Facebook), y la tecnología ha transformado la venta de bienes físicos a la venta en línea (como Amazon). Estas nuevas modalidades de empleo aprovechan las tecnologías emergentes, aunque plantean interrogantes sobre la responsabilidad legal y social. Al carecer de un contrato laboral formal, no se proporcionan prestaciones como seguro médico, cobertura en casos de enfermedad laboral o pensión de jubilación. Aparentemente, tampoco existe un empleador en este contexto. Por ejemplo, Uber ha logrado convertirse en una de las principales empresas de transporte sin poseer vehículos propios. Lo mismo sucede con Airbnb, que ha crecido como una gran empresa de alojamiento sin ser dueña de ninguna propiedad. Además, este tipo de modelos de negocio ponen en tela de juicio el papel regulador y fiscalizador del Estado, al trascender las fronteras tradicionales (Corrales et al., 2022).

La robótica también está desempeñando un papel importante en la reducción o reemplazo de la mano de obra humana en entornos fabriles. Actualmente, se observa que hay fábricas en las que la presencia de trabajadores es mínima o incluso innecesaria, ya sea en la fabricación de alimentos o en la producción de componentes para dispositivos móviles. Esto ha llevado a un aumento significativo en la eficiencia y la capacidad de producción, como se ha visto en casos donde la producción se ha triplicado. En realidad, la automatización de la producción ha impulsado una nueva tendencia en la reubicación de las operaciones industriales. En décadas pasadas, las fábricas solían abandonar los países industrializados debido a los costos elevados de la mano de obra, trasladándose a naciones con costos laborales más bajos. Sin embargo, esta dinámica está experimentando un cambio, ya que las fábricas están retornando a los países de origen, no porque necesiten mano de obra, sino porque la automatización ha reducido esa necesidad. Un ejemplo de esto es la empresa alemana Adidas, que está trasladando su producción de vuelta a Alemania desde países asiáticos, pero en esta ocasión utilizando robots en lugar de trabajadores humanos.

En realidad, los robots tienen la capacidad no solo de mejorar la producción de una empresa en términos de calidad y cantidad, sino también de reemplazar a varios trabajadores. Su función en las empresas puede resultar en una reducción significativa de la fuerza laboral, e incluso puede llevar a la completa eliminación de las tareas manuales que en el pasado requerían la intervención de operarios. Este panorama potencialmente conllevará a la pérdida de empleos, aunque todavía no está claro en qué medida o escala ocurrirá. Sin embargo, es importante destacar que esta evolución también generará la creación de nuevas oportunidades laborales, que estarán vinculadas al uso y apoyo de las tecnologías.

Con respecto a lo anterior, puede decirse que algunas de las formas en que la Industria 4.0 puede impactar los empleos pueden ser:

- **Automatización de tareas repetitivas:** Con la adopción de robots y sistemas de automatización avanzados, muchas tareas repetitivas y rutinarias pueden ser realizadas por máquinas. Esto puede resultar en la reducción de empleos en la línea de producción y en áreas donde se realizan tareas monótonas.
- **Nuevas habilidades requeridas:** La Industria 4.0 demanda un conjunto diferente de habilidades, como la programación de robots, la gestión de datos y la ciberseguridad. Aquellos que no adquieran estas habilidades pueden encontrar dificultades para mantenerse empleados.
- **Desplazamiento de empleos tradicionales:** La implementación de sistemas avanzados puede llevar al desplazamiento de trabajadores en empleos tradicionales, como los operadores de máquinas o los trabajadores de la cadena de montaje.
- **Mayor competitividad:** Las empresas que adoptan la Industria 4.0 pueden volverse más competitivas, lo que a veces resulta en una presión adicional para reducir costos laborales.
- **Reubicación geográfica:** La automatización y la digitalización pueden permitir que algunas empresas reubiquen sus operaciones en lugares donde la mano de obra es más barata o las regulaciones laborales son menos estrictas, lo que puede tener un impacto negativo en los empleos locales.
- **Inteligencia Artificial (IA):** La IA desempeña un papel importante en la Industria 4.0 al permitir que las máquinas tomen decisiones más complejas. Por ejemplo, en la logística, los sistemas de IA pueden optimizar rutas de envío y administrar inventarios de manera más eficiente. En la atención médica, la IA se utiliza para diagnosticar enfermedades y analizar datos médicos. A medida que estas tecnologías se adoptan más ampliamente, podrían reemplazar trabajos que involucran tareas de toma de decisiones simples.
- **Internet de las cosas (IoT):** La conectividad de dispositivos a través de Internet permite el monitoreo y control remoto de operaciones industriales. Por ejemplo, sensores IoT en maquinaria pueden alertar sobre fallas antes de que ocurran, lo que reduce la necesidad de mantenimiento humano constante. Si bien esto mejora la eficiencia, puede significar menos empleos en mantenimiento industria.
- **Cambios en la cadena de suministro:** La logística y la gestión de la cadena de suministro se han vuelto más eficientes gracias a la Industria 4.0, pero esto puede tener un impacto en los trabajadores de almacenes y transporte, ya que la automatización reduce la necesidad de mano de obra en estas áreas.

Competitividad

Dado que la industria 4.0 trata de una revolución que ha generado la tecnología a través del impacto en los procesos de las empresas mediante la incorporación de tecnologías inteligentes, conviene inicialmente hacer mención a la teoría de la innovación y la competitividad, entendiendo que son factores claves de éxito que pueden apalancarse con la implementación de la industria 4.0 en las organizaciones.

La competitividad en la actualidad es un término complejo que no tiene una definición aceptada universalmente y que se utiliza en diversos sectores desde el empresarial hasta el gubernamental, tanto en ámbitos nacionales como internacionales. Es un concepto que tiene la facultad de presentar una ambigüedad bien marcada, es decir puede ser precisa y específica, pero a su vez es abstracta y extensa. En este sentido, se hace necesario reconocer la competitividad como la capacidad de una organización para mantener o aumentar su participación en el mercado mediante la innovación estratégica, la adaptabilidad dentro de su entorno y la productividad. La competitividad es un factor clave para el éxito de las organizaciones y está influenciada tanto por elementos internos como elementos externos (Vernaza & Chamorro 2020).

La competitividad es la integración de ventajas tanto comparativas, es decir uso de los recursos (capital, mano de obra, tierra y medio ambiente), como ventajas competitivas (condiciones de los factores, competencia, demanda, sectores relacionados y de apoyo), mediados por una normatividad gubernamental además de elementos causales que intervienen directamente para determinar la productividad de un país, una región, o una empresa y así lograr un mayor bienestar (Chuquin et al., 2020).

Finalmente, conviene mencionar la importancia del factor humano para alcanzar óptimos niveles de competitividad, dado que son las personas las responsables de la ejecución de los procesos y de poner a disposición de las empresas sus competencias y experiencias para el desarrollo efectivo de las funciones que se les asignan, reconociendo, además, que son quienes hacen posible que puedan alcanzarse los indicadores de productividad esperados por la compañía (Solorzano & Olives, 2022).

Retomando lo dicho en referencia a la competitividad, puede concluirse que la competitividad es la suma de diversos factores, en los que pueden considerarse tanto los internos como los externos, evidenciando que los proveedores y los clientes tienen una importante incidencia en el nivel de competitividad de un sector, pero también lo tiene el desarrollo de los procesos de la organización y la manera en que esta logra el mejoramiento continuo para la creación de valor para todos los grupos de interés.

Innovación

A lo largo de la historia han sido los autores que han expuesto sus teorías en relación con la innovación, no obstante, una de las figuras más influyentes ha sido Drucker (1985/2005), quien consideraba que la innovación hace parte de la mejora de los procesos para lograr una mayor eficiencia y crecimiento organizacional. Asimismo, Haro et al. (2017) comercialización, entre otros, razón por la cual puede afirmarse que la innovación no siempre requiere de conocimientos nuevos, sino que puede venir de conocimientos que ya existen y que pueden adaptarse a los procesos internos de las organizaciones.

Asimismo, y tomando lo dicho por Carvalho y Jiménez (2018), la innovación resulta ser una característica de los empleados, la cual debe ser soportada por la empresa a través de una cultura organizacional que promueva la creatividad y la investigación para generar nuevas ideas que puedan contribuir a la innovación en los procesos. Ahora bien, relacionando a los autores Mejía (2017), la innovación en las organizaciones puede evidenciarse en los siguientes aspectos:

- **Producto/servicio:** puede darse cuando se lanzan al mercado nuevos productos o servicios, o se agregan mejoras a los actuales.
- **Proceso:** incorporar mejoras a los procesos internos de la empresa, en especial a aquellos que hacen parte de la cadena de abastecimiento.
- **Organizacional:** cuando se definen mejoras al modelo de gestión que la organización aplica para obtener mejores resultados, tomando en cuenta los retos del entorno y la manera como estos pueden impactar en el logro de los objetivos organizacionales (Haro et al., 2017).
- **Marketing:** hace referencia a todas aquellas mejoras que puedan implementarse a nivel de diseño de producto o en su cadena de comercialización.

Adicionalmente, en cuanto a su impacto, la innovación se clasifica en incrementales y radicales. La innovación incremental se da mediante un proceso de innovación paulatina, implementando cambios de manera gradual bien sea a los productos o servicios (Carvalho & Jiménez, 2018). De otro lado, la innovación radical es la que se introduce sin una previa planificación de los cambios que deben producirse y que cambian por completo la manera en que se venían haciendo las cosas (Mejía, 2017).

Industria 4.0 en América Latina

Con el fin de establecer la manera en que la industria 4.0 se ha ido adaptando en los países de América Latina, se inicia con la experiencia vivida en México, país que durante las últimas dos décadas ha sido testigo de cambios de gran relevancia en la estructura organizativa de las empresas y en la conexión de las cadenas de valor. Estas modificaciones han tenido un efecto profundo en las relaciones entre los distintos actores económicos y sociales (compañías, sectores, regiones, gobierno, comunidad, investigadores y programas de educación avanzada) (Sampietro-Saquicela, 2020).

En la actualidad, las evoluciones en los procesos de fabricación digital presentan desafíos adicionales, particularmente en ciertos modelos de organización industrial y regulación. A diferencia de otras situaciones, en México no se observa una única estrategia en términos de política industrial y científica que oriente la dirección de la reindustrialización digital. Aunque el Programa Especial de Ciencia Tecnología e Innovación (PECiTI) 2014-2018 reconocía la relevancia de la manufactura avanzada en la producción, no se desarrollaron planes concretos para comenzar la implementación de la Industria 4.0 (Garduño, 2021). Los desafíos implicaban establecer prioridades a nivel nacional para el progreso en software, energía y salud. Paralelamente, las acciones emprendidas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) buscaban incentivar la innovación al crear un ambiente integrado que abarque conocimiento, investigación y financiamiento en nuevas áreas de digitalización en la producción (Castillo-Vergara, 2023).

Para México, plantear este desafío industrial en los planes nacionales de desarrollo a partir de 2018, con un cambio de gobierno cada seis años, ha sido un reto. La elaboración de nuevas propuestas para los programas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) se ha -vuelto esencial. No obstante, la situación actual se distingue, ya que se observa un aumento en el interés y la inquietud por parte de diversos actores en relación a estos procesos.

Adicionalmente, de manera gradual, han ido surgiendo propuestas a nivel estatal y en organizaciones intermedias (como Foro Consultivo Científico y T, Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia, Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información), así como en instituciones gubernamentales vinculadas a la industrialización (como la Secretaría de Economía, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y ProMéxico). Estas acciones pretenden que se genere un proceso de recapacitar y analizar experiencias internacionales con el objetivo de difundir y crear conciencia entre los actores tanto del sector público como privado sobre la naturaleza y el alcance de los cambios tecnológicos y las nuevas fases industriales (Sánchez, 2019).

En México, en el año 2016, únicamente el 47% de los hogares contaba con acceso a internet, una cifra igualmente aplicable a los usuarios de computadoras en la población de seis años o más. La Reforma de Telecomunicaciones y Radiodifusión, promulgada en 2013, fue una iniciativa dirigida a reducir la disparidad en el acceso a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y a fomentar una mayor cobertura en medios digitales. Esta reforma conllevó a la modernización de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión a través de diversos mecanismos. Según información proporcionada por la OCDE, cuatro años después de la implementación de la reforma, la cantidad de personas con acceso a banda ancha móvil incrementó en cincuenta millones, pasando de 24 millones en 2012 a más de 74 millones en 2016 (Habib, 2022).

Hoy por hoy gracias a los esfuerzos gubernamentales mencionados anteriormente, México forma parte de los países llamados potenciales líderes de la Industria 4.0 en América Latina, ya que se posiciona entre los principales países con actividades industriales que implican definitivamente tecnologías de la Industria 4.0. En la Tabla 1, se muestran los nichos sectoriales de desarrollo, junto con los otros países líderes que son Brasil y Argentina. Estos tres países tienen en común la participación activa del Estado en el impulso de clústers de alta tecnología. (Feldman y Girolimo, 2021)

Tabla 1.

Países potencialmente líderes en Industria 4.0 en América Latina y sus nichos sectoriales

País	Nichos Sectoriales
México	<ul style="list-style-type: none"> • Automotriz • Aeroespacial • Biotecnología
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • Aeroespacial • Automotriz • Alimento • Agropecuario • Químicos
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> • Automotriz • Alimentos • Maquinaria agrícola • Químicos • Petroquímicos • Energía

Fuente: Adaptado de Feldman y Girolimo (2021)

Ahora bien, en Colombia, es de reconocer que las pequeñas y medianas empresas (pymes) desempeñan un papel crucial en el progreso del país, dada su capacidad para generar empleo y fomentar el crecimiento económico; sin embargo, se trata de empresas que por su tamaño tienen limitaciones en su capital de trabajo, lo que no les permite desarrollar procesos de mejora, teniendo que en relación a la incorporación de la industria 4.0, la digitalización de los procedimientos de producción está considerablemente atrasada. Es así como al evaluar el IMD Competitividad digital, indicador que mide la capacidad y disposición para adoptar y explorar tecnologías digitales como un motor clave para la transformación económica, se observa que para el año 2020 Colombia ocupó el puesto 60 de 63 países evaluados, lo que lo ubica en un bajo nivel de incorporación digital en su economía (Ojeda, 2022).

En tal sentido, un estudio realizado en Bogotá en las pymes del sector manufacturero evidenció que el mecanismo más prevalente para el intercambio de información entre las pequeñas y medianas empresas en Bogotá es a través de reuniones en persona (85.3%), seguido por reuniones virtuales (41.2%), correo electrónico (40.2%) y presentación de informes por escrito (13.7%). Es relevante señalar que las compañías resaltan la relevancia del teléfono móvil como herramienta para la comunicación. Por otro lado, un 6% de las empresas encuestadas mencionan que no participan en el intercambio de información. En lo que respecta al grado de conocimientos, habilidades y capacidades de los empleados, el 83.7% de las empresas informa que menos del 25% de sus trabajadores están familiarizados con las tecnologías de la cuarta revolución industrial. Otro dato que conviene relacionar y que es producto del estudio en mención, es que en las pequeñas y medianas empresas (pymes), el enfoque principal de las capacitaciones se encuentra en Internet de las Cosas (IoT) con un 50%, seguido de big data y computación en la nube (43%), y en menor medida en blockchain, robótica y manufactura aditiva (12.5%), y por último, inteligencia artificial (6.3%). En cuanto a las áreas en las que se aplican estas capacitaciones relacionadas con la industria 4.0, el 56.1% se dirige a todas las áreas de las empresas encuestadas, un 38.8% a la dirección, un 37.8% a la producción y un 5.1% a áreas de apoyo. Sin embargo, es importante destacar que un 85.3% de las empresas no ofrece ningún tipo de capacitación relacionada con las herramientas de la industria 4.0 (Ladino et al., 2022).

Los empresarios señalaron que entre los obstáculos para adoptar las tecnologías de la industria 4.0, se encuentran los altos costos (71.6%), la falta de capital humano (46.1%), infraestructura insuficiente (35.3%), mientras que al 25.5% de gerentes les parece innecesaria la incorporación de este tipo de procesos a su compañía. De igual manera, se estableció que, en términos financieros, solamente el 18.6% de las compañías cuenta con un plan de inversión en tecnología 4.0, y menos del 1% del presupuesto anual de las empresas se asigna a la implementación de la industria 4.0.

Por último, la investigación mostró que en relación al uso de tecnologías propias de la industria 4.0 en las pymes de manufactura de la ciudad en mención, el 19.6% ha implementado la computación en la nube, el 16.7% la robótica, el 6.9% el big data, el 3.9% la manufactura aditiva, el 1% el blockchain y otro 1% la inteligencia artificial.

Los resultados expuestos indican una baja tasa de incorporación de las tecnologías de la industria 4.0 por parte de las pequeñas y medianas empresas manufactureras en Bogotá. Esta situación podría atribuirse al hecho de que muchas empresas en el ámbito de la producción ven esta cuarta revolución más como una tendencia pasajera que como una opción para mejorar y aumentar la eficiencia.

En la región de Centroamérica, Costa Rica es un país que se destaca por la alta escolaridad de su población y por un sistema político estable, lo cual la hace atractiva para la inversión extranjera. Costa Rica es el hogar de 16 de las 100 principales empresas de Tecnología a nivel mundial (Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo [CINDE] 2023). Por otro lado, según la Promotora de Comercio Exterior (PROCOMER) (2022), las empresas costarricenses vinculadas a Tecnologías de Industria 4.0 y que ofrecen servicios relacionados con el tema, en 2021 representaron al menos un 22% del total del Parque Empresarial TIC de Costa Rica, que se estima tiene un total de 450 empresas (80% de las cuales son PYMES). Según esta misma fuente, los servicios ofrecidos son principalmente Internet en la nube (20%), Integración de la Industria 4.0 (19%), Internet de las cosas (13%), Automatización Robótica de procesos (10%) y Big Data (9%).

Las exportaciones de servicios relacionados con Industria 4.0 se estiman en \$11,4 millones en el 2021 (PROCOMER, 2022). A pesar de lo anterior, entre el gobierno y las empresas locales, aún no existe una hoja de ruta definida como estrategia para el crecimiento económico, la inversión en capital humano e innovación basados en tecnologías Industria 4.0. (Okot et al., 2021).

Discusión

La Industria 4.0, también conocida como la Cuarta Revolución Industrial, está marcada por la integración de tecnologías avanzadas como la automatización, la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT) y la analítica de datos en los procesos industriales. Aunque ofrece muchas ventajas, como mayor eficiencia, productividad y calidad en la producción, también plantea desafíos y amenazas para los empleos.

Se ha constatado que los avances tecnológicos, especialmente en el sector privado, han tenido un efecto negativo inicial en grupos de trabajadores que se ven directamente afectados por la automatización de tareas manuales. Sin embargo, a medio y largo plazo, las nuevas tecnologías han mejorado las condiciones laborales de estos trabajadores y han generado nuevas oportunidades de empleo. A diferencia de revoluciones tecnológicas previas, donde las máquinas tradicionales reemplazaban la fuerza física en las extremidades, en la actualidad los avances modernos permiten incluso llevar a cabo tareas intelectualmente complejas, llegando en cierta medida a sustituir funciones de nuestro propio cerebro.

Es crucial que los gobiernos ofrezcan respaldo a las pequeñas empresas, que han sufrido las mayores consecuencias tras la irrupción de la pandemia. La crisis ha llevado a estas empresas a dirigir sus recursos hacia actividades esenciales para su operatividad, relegando aspectos como la innovación, la digitalización y las tecnologías de la industria.

4.0. La implementación de esta tecnología plantea desafíos significativos para los diferentes sectores de la economía del país, ya que, a pesar de los esfuerzos realizados, persiste la falta de apoyo y respaldo por parte del Gobierno nacional en áreas como capacitación, formación, adquisición de maquinaria e inversión en innovaciones relacionadas con la cuarta revolución industrial. En consecuencia, resulta conveniente la formulación de políticas públicas en colaboración con los grupos empresariales, con el propósito de impulsar la adopción de la industria 4.0 y estimular el progreso del país. En tal sentido, es necesario que, dentro de los planes de desarrollo nacional y local, se establezcan estrategias orientadas a la implementación de la industria 4.0 en las organizaciones.

Integrar estas tecnologías requiere esfuerzos considerables, pero trae consigo ventajas como el fortalecimiento de los líderes en las organizaciones, la utilización de información para incrementar la eficiencia, la optimización de procesos y la permanencia en el mercado, la reducción de errores en la producción, la anticipación de problemas antes de su aparición, la toma de decisiones basada en evidencia y, por supuesto, el aumento de la satisfacción del cliente al brindar productos y servicios adaptados a sus necesidades.

La función de la academia es crucial, teniendo que uno de los retos fundamentales es la carencia de profesionales capacitados para respaldar los procesos; por otro lado, son escasos los estudios en el país que brinden información sobre la situación de las empresas en relación con el uso de tecnologías 4.0. Asimismo, la oferta de programas académicos alineados con los avances tecnológicos y líneas de investigación centradas en los principales son escasos, lo que se convierte en obstáculos para lograr un cambio que refuerce a las pymes y, al mismo tiempo, contribuya a la competitividad nacional.

Es importante destacar que la Industria 4.0 también crea oportunidades de empleo, especialmente en áreas relacionadas con el desarrollo y mantenimiento de tecnologías avanzadas. Sin embargo, es crucial que los trabajadores estén dispuestos a adaptarse, aprender nuevas habilidades y estar preparados para un entorno laboral en constante evolución. Para mitigar las amenazas a los empleos, es esencial invertir en la educación y el desarrollo de habilidades, así como fomentar la colaboración entre empleadores, trabajadores y gobiernos para garantizar una transición más suave hacia la Industria 4.0 y aprovechar sus beneficios mientras se abordan sus desafíos laborales.

En este estudio se concluyó que La Industria 4.0 está revolucionando la forma en que se trabaja y se producen bienes y servicios. A medida que las tecnologías avanzadas, como la automatización, la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, se integran en las operaciones comerciales, el panorama laboral se enfrenta a cambios significativos. La automatización de tareas repetitivas y la optimización de procesos pueden aumentar la eficiencia y reducir costos, pero también plantean desafíos en términos de empleo. Si bien es cierto que algunos trabajos tradicionales pueden volverse obsoletos debido a la automatización, la Industria 4.0 también crea nuevas oportunidades en campos relacionados con la tecnología, la gestión de datos y la toma de decisiones. Los trabajadores del futuro deberán adquirir habilidades digitales y estar dispuestos a colaborar con sistemas automatizados.

La colaboración entre humanos y máquinas se perfila como una tendencia clave en este nuevo entorno laboral. La capacitación continua y la adaptabilidad serán esenciales para que los trabajadores sigan siendo relevantes en un mundo laboral en constante evolución. Es fundamental que los gobiernos, las empresas y las instituciones educativas trabajen juntos para abordar los desafíos y oportunidades que presenta la Industria 4.0 en términos de empleo. Esto incluye programas de formación, así como políticas laborales que promuevan la inclusión y la equidad en el acceso a las oportunidades laborales. En última instancia, la Industria 4.0 tiene el potencial de aumentar la productividad y mejorar la calidad de vida, pero su impacto en el empleo dependerá en gran medida de cómo se gestionen y se adapten los recursos humanos a este nuevo paradigma tecnológico. Por lo anterior, la hipótesis planteada en el proyecto se ratifica dado que la implementación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en empresas de América Latina si genera oportunidades de innovación organizacional y mejoras en la competitividad, teniendo en cuenta que si es necesario que exista acompañamiento estatal para la formación continua del talento humano en las empresas.

Referencias

- Ávila, H., Olmos, D., Quispe, G., & Díaz, L. (2022). Talento humano en la cuarta revolución industrial. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(97), 161-169. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.97.11>
- Carvalho, J. J., & Jiménez, F. (2018). Processes and organizational innovation for small businesses. *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle)*, 34(62), 82-93. <https://doi.org/10.25100/10.25100/cdea.2018v34n62.6283>
- Castillo-Vergara, M. (2023). Industria 4.0 en la Pyme. *Journal of Technology Management & Innovation*, 18(2), 3-5. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9043915>

- Chuquin-Vasco, N., Villagómez-Arellano, P., & Oleas-López, J. (2020). La competitividad empresarial de las PYME's a través de modelación matemática. *593 Digital Publisher CEIT*, 5(2), 4-13. <https://doi.org/10.33386/593dp.2020.2.161>
- Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo. (2023). *El Silicon Valley de Latinoamérica*. <https://www.cinde.org/es/sectores/servicios-intensivos-conocimiento/digital>
- Corrales, J., Bonilla, J., Ribeiro, N., & Roque, D. (2022). Las competencias exigidas a los trabajadores de la Industria 4.0.: Cambios en la gestión de personas. *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 40(1), 161-184. <https://dx.doi.org/10.5209/crla.72383>
- De la Calle, M. C., Rodríguez-Sánchez, J. L., & González-Torres, T. (2022). Las competencias del talento en la Industria 4.0, demanda vs oferta: caso de estudio de la Universidad Rey Juan Carlos, España. *Formación universitaria*, 15(1), 19-32. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062022000100019>
- De La Peña, N., & Granados, Ó. (2020). Cuarta revolución industrial: implicaciones en la seguridad internacional. *OASIS*, 33, 29-48 <https://doi.org/10.18601/16577558.n33.05>
- Drucker, P. F. (2005). *Innovation and entrepreneurship: Practice and principles*. HarperBusiness. (Trabajo original publicado en 1985).
- Feldman, P.J., & Girolimo, U. (2021). La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo. *Perspectivas de Políticas Públicas*, 10(20), 459-491.
- García, O. A., & Madinabeitia, D. (2023). Análisis del uso de las tecnologías de la industria 4.0 como ventaja competitiva. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 35, 16-33. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.6311>
- García-Quilachamin, W., Herrera-Tapia, J., Ayoví-Ramírez, M. W., Piloza-Pin, K., Sendón-Varela, J. C., & Alcivar-Heredia, I. (2021). 5G y el Internet de las Cosas: Revisión Sistemática. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, E43, 238-253. <https://www.proquest.com/docview/2562269563?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Scholarly%20Journals#>
- Garduño, K. Y. (2021). Estado de avance de la industria 4.0 en la maquiladora: efectos en el empleo en Mexicali, México. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*, 11(21). <http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a11n21.644>
- Gélvez-Rodríguez, L. F., & Santos-Jaimes, L. M. (2020). Internet de las Cosas: una revisión sobre los retos de seguridad y sus contramedidas. *Revista Ingenio*, 17(1), 56-64. <https://doi.org/10.22463/2011642X.2370>
- Guerra, P., & Ortiz, A. (2020). La industria 4.0 y su relación con la Gestión de los Recursos Humanos. *International Journal of Good Conscience*, 15(3), 1-21. [http://www.spentamexico.org/v15-n3/A9.15\(3\)1-21.pdf](http://www.spentamexico.org/v15-n3/A9.15(3)1-21.pdf)
- Habib, L. (2022). Presencia de los pilares de la industria 4.0 en la formación de ingenieros en el noreste de México. *Revista Cubana Educación Superior*, 41(2): http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142022000200019&lang=es
- Hameed, K., Arshed, N., Yazdani, N., & Munir, M. (2021). On globalization and business competitiveness: A Panel Data Country Classification. *Estudios de Economía Aplicada*, 39(2), 1-27. <https://doi.org/10.25115/eea.v39i2.3586>
- Haro, F., Córdova, N., & Alvarado, M. (2017). Importancia de la innovación y su ejecución en la estrategia empresarial. *INNOVA Research Journal*, 2(5), 88-105. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n5.2017.167>

- Ladino, J. M., Briceño, D. L., & Rodríguez, L. A. (2022). Industria 4.0: el reto para las pymes manufactureras de Bogotá, Colombia. *Revista Mutis*, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1784>
- León, O. A. (2019). Tecnologías de la industria 4.0 en la innovación de la cadena de valor de las pymes. En M. A. Yandar & J. M. Moreno (Eds.), *La industria 4.0 desde la perspectiva organizacional* (pp. 33-45). Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8093724>
- Llanes-Font, M., & Lorenzo-Llanes, E. (2021). La cuarta revolución industrial y una nueva aliada: calidad 4.0. *Ciencias Holguín*, 27(2), 67-74. <https://www.redalyc.org/journal/1815/181566671006/>
- Mejía, J. (2017). e-Business Innovation Conceptual Model: Towards a Reference Framework for SME's. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2017.15.62590>
- Mendivil, J., Sanz, B., & Gutiérrez, M. (2022). Formación y concienciación en ciberseguridad basada en competencias: una revisión sistemática de literatura. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 63, 197-225. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.91640>
- Montecinos, E. (2021). Cuarta revolución industrial y la administración pública en América Latina. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(93), 10-25. <https://www.redalyc.org/journal/290/29066223002/>
- Ojeda, A. (2022). Plataformas Tecnológicas en la Agricultura 4.0: una Mirada al Desarrollo en Colombia. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications - CESTA*, 3(1), 9-18. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.02>
- Okot, T., Campos, M., & Monge, E. (2021). Industry 4.0: Costa Rica's State-of-the Art in relation to technology and Value Addition. *Harvard Deusto Business Research*, 10(1), 210-223. <https://doi.org/10.48132/hdbr.344>
- Promotora de Comercio Exterior. (2022, 3 de marzo). 22% del Parque Empresarial TIC de Costa Rica ofrece Tecnologías Vinculadas a la Cuarta Revolución Industrial. <https://procomer.com/22-del-parque-empresarial-tic-de-costa-rica-ofrece-tecnologias-vinculadas-a-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- Pulgarín-Molina, S. A., & Guerrero, N. A. (2017). Innovation and competitiveness: organizational culture and business model. *Dimensión Empresarial*, 15(2), 15-25. <https://doi.org/10.15665/rde.v15i2.1023>
- Rozo-García, F., (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177-191. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>
- Sampietro-Saquicela, J. L. (2020). Transformación Digital de la Industria 4.0. *Polo del Conocimiento Revista científico - profesional*, 5(8), 1344-1356. DOI:10.23857/pc.v5i8.1666
- Sánchez, D. (2019). Industria y educación 4.0 en México: un estudio exploratorio. *Innovación Educativa*, 19(81), 39-64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8858752>
- Solorzano, C. A., & Olives, J. C. (2022). Business competitiveness and its impact on organizational performance in MSMEs. *Espirales Revista multidisciplinaria de investigación*, 6(40), 1-9. <https://doi.org/10.31876/er.v6i40.806>

- Verdugo, J. (2019). *Detección de ataques en sistemas ciberfísicos* [Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California]. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3039>
- Vernaza, G., & Chamorro, J. (2020). Business management: a look from productivity and competitiveness. *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación*, 4(35), 16-33. <https://doi.org/10.31876/er.v4i35.756>