

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales

Autor

NICOLÁS CALDAS VERTEL

Directora

ROSA CONTRERAS GONZALEZ

Ingeniera Industrial

Mag. en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, noviembre 24 de 2022**

Tabla de Contenido

Resumen.....	6
Abstract	8
Introducción	10
Resultados.....	16
Industria 4.0	16
Tecnologías Relacionadas con la Industria 4.0	23
Internet de las Cosas (IoT) – Internet de los Servicios (IoS)	23
Internet Industrial de las Cosas (IIoT)	24
Big Data y Análisis de Datos	26
Cloud Computing – Edge Computing.....	28
Inteligencia Artificial	32
Blockchain	35
Sistemas Ciberfísicos (CPS)	38
Otras tecnologías presentes en la Industria 4.0	39
Análisis Curricular del Programa de Ing. Industrial en las Principales	
Universidades del País y su Relación con la Industria 4.0	40
Encaminar el Programa de Ing. Industrial en las IES a una Mayor	
Adopción de la Industria 4.0	48
Nivel de Adopción de la Industria 4.0 en la Universidad de Pamplona...	53
Conclusiones.....	55
Bibliografía	58
<i>Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.</i>	

Anexos	61
--------------	----

Lista de Tablas

Tabla 1 INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR PÚBLICAS Y PRIVADAS	
.....	43
Tabla 2 RELACIÓN ENTRE EL TOTAL DE ASIGNATURAS Y LA INDUSTRIA 4.0	
.....	44
Tabla 3 RELACIÓN ENTRE EL TOTAL DE CRÉDITOS Y LA INDUSTRIA 4.0....	45
Tabla 4 RANKING DE ADOPCIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 SEGÚN ESTUDIO ...	47

Lista de Figuras

Figura 1	REVOLUCIONES INDUSTRIALES.....	11
Figura 2	TECNOLOGÍAS PRESENTES EN LA INDUSTRIA 4.0.....	13
Figura 3	IMPACTO DEL INTERNET DE LAS COSAS EN ALGUNAS INDUSTRIAS.....	25
Figura 4	LAS V'S DEL BIG DATA	28
Figura 5	EDGE COMPUTING.....	32
Figura 6	BLOCKCHAIN FUNCIONAMIENTO PASO A PASO	36

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales

Resumen

En la siguiente monografía se realizó un estudio sobre el nivel de adopción de la Industria 4.0 por parte del programa de Ingeniería Industrial en 30 Instituciones de Educación Superior (IES) de diferentes regiones del país. Primero se hizo una revisión bibliográfica referente al tema de investigación y se definieron conceptos y tecnologías que son parte fundamental de esta cuarta Revolución Industrial, dando una visión general de lo amplio e importante que es este tema para la formación académica de los futuros especialistas de la industria. También se analizó la propuesta educativa, la malla curricular y la página web del programa de Ingeniería Industrial de cada IES con el fin de evidenciar el nivel de incorporación de conceptos y tecnologías presentes en la Industria 4.0 que introduzcan a los actuales y futuros profesionales en Ing. Industrial a las nuevas tendencias, exigencias y necesidades del actual y futuro mundo laboral. Luego, se establecieron una serie de recomendaciones que se plantean como una hoja de ruta para que las IES incorporen en su plan de estudios el concepto de Industria 4.0 haciendo más moderna y atractiva su oferta académica. Por último, se hizo un análisis de resultados, enfocado al nivel de adopción del tema en estudio por parte del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Pamplona, con el objetivo de identificar el estado en que se encuentra el programa respecto a los que ofertan las demás IES estudiadas.

De forma general, la elaboración de esta monografía deja en evidencia que la educación superior en Colombia debe cambiar su enfoque a uno más moderno y de mayor adaptabilidad a los cambios tecnológicos, sus contenidos académicos así como sus técnicas y metodologías de enseñanza deben ser actualizadas constantemente y cambiar al ritmo que lo hace la industria y los modelos de trabajo, debido a que actualmente el nivel promedio de adopción de la Industria 4.0 por parte del programa de Ingeniería Industrial en las IES del país es bajo, relacionando solo un 13% de su contenido académico a este trascendental fenómeno industrial.

Palabras clave: Industria 4.0, Digitalización, Automatización, Inteligencia Artificial, Big Data, Educación, Universidad, Tecnologías, Tendencias, Revolución Industrial.

Abstract

In the following monograph, a study was carried out on the level of adoption of Industry 4.0 by the Industrial Engineering program in 30 Higher Education Institutions (HEI) from different regions of the country. First, a bibliographical review was made regarding the research topic and, concepts and technologies that are a fundamental part of this fourth Industrial Revolution were defined, giving an overview of how broad and important this topic is for the academic training of future specialists in the industry. Furthermore, the educational proposal, the curriculum, and the web page of the Industrial Engineering program of each HEI were analyzed to identify the level of incorporation of concepts and technologies present in Industry 4.0 that introduce current and future professionals in Industrial Engineering to the new trends, demands, and needs of the current and future working world. Then, a series of recommendations were established as a roadmap for HEIs to incorporate the Industry 4.0 concept into their curriculum, making their academic offerings more modern and attractive. Lastly, an analysis of results was made, focused on the level of adoption of the subject under study by the Industrial Engineering program at the University of Pamplona, with the aim of identifying the status of the program with regard to those offered by the other HEIs studied.

In general, the elaboration of this monograph leaves evidence that higher education in Colombia must change its approach towards one with greater modernity and adaptability to technological changes, its academic content as well as its teaching techniques and methodologies must be constantly updated and change at the rate that the industry and work models do, since currently, the average level of adoption of Industry

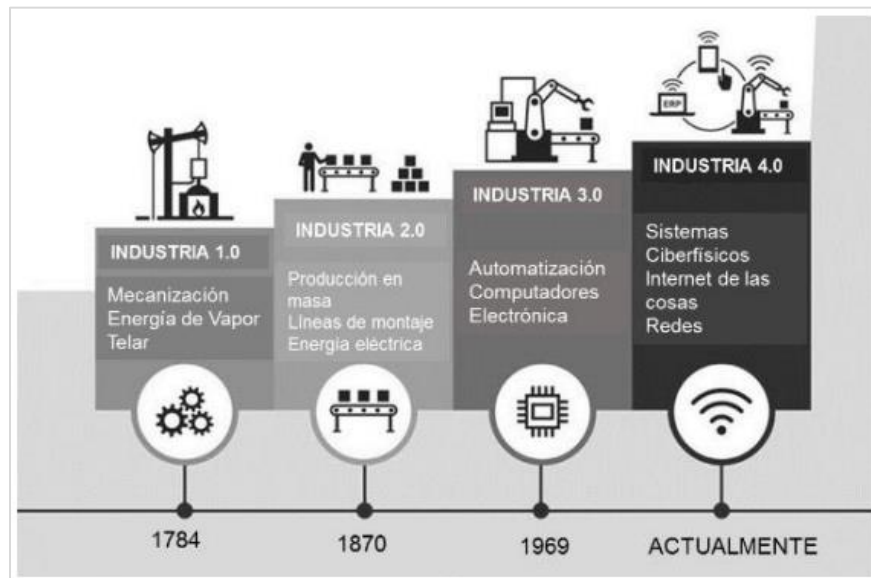
Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

4.0 by the Industrial Engineering program in the country's HEIs is low, relating only 13% of its academic content to this transcendental industrial phenomenon.

Keywords: Industry 4.0, Digitization, Automation, Artificial Intelligence, Big Data, Education, University, Technologies, Trends, Industrial Revolution..

Introducción

Con el transcurrir del tiempo el sector industrial ha pasado por fuertes cambios y transformaciones, algunos más trascendentes que otros, sin embargo, los cambios o transformaciones que marcan un hito en el camino del desarrollo industrial se les denomina Revoluciones Industriales. Estas revoluciones vienen acompañadas de importantes mejoras en la estructura de las organizaciones generando una forma totalmente nueva de producir bienes y servicios. Como lo menciona Humanez C., Humanez R., Moreno J. y Moreno L (2021) haciendo referencia a lo dicho por Kumar et al. (2019), las empresas, revolución tras revolución han tenido que adaptarse, y esto se puede evidenciar desde la primera revolución industrial cuando las empresas pasaron del trabajo completamente manual a incluir la mecanización en sus procesos productivos, luego, durante la segunda revolución industrial se hizo necesario que las empresas realizaran modificaciones para implementar la energía eléctrica en sus procesos, posteriormente, en la tercera revolución industrial fue necesario incluir la electrónica y la automatización, así llegamos finalmente a la cuarta revolución industria también conocida como Industria 4.0, la cual llegó para cambiar la dinámica de la industria incluyendo nuevos elementos a los procesos productivos como son la robótica y la digitalización. Ver la figura 1.

Figura 1*REVOLUCIONES INDUSTRIALES*

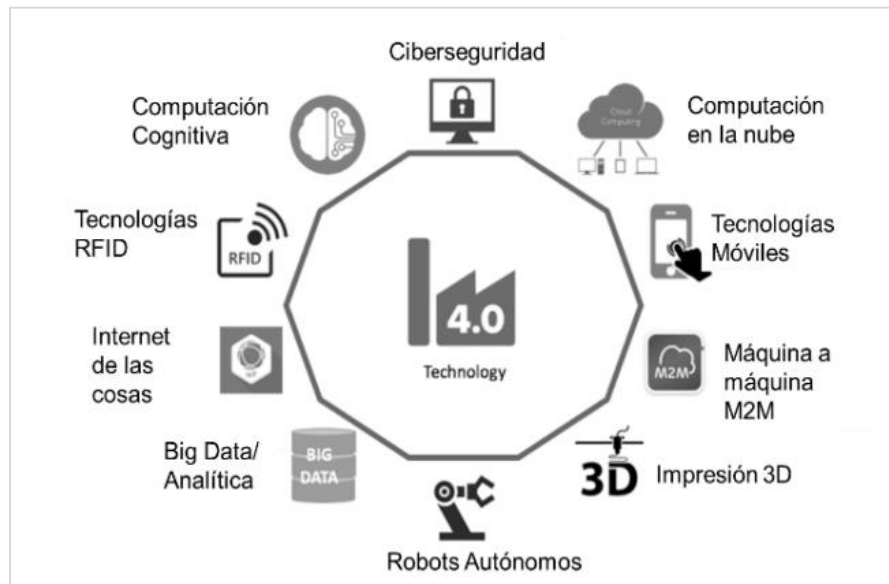
Fuente: (S. Mclellan, 2018)

A comienzos de la década de 2010 surge en Alemania el concepto de industria 4.0 gracias a un grupo de especialistas en diferentes áreas que fueron convocados por el gobierno alemán para diseñar nuevos métodos que permitieran mejorar la productividad de la industria manufacturera. El termino Industria 4.0 fue presentado por primera vez en la Feria de Hannover en el año 2011 (Sampietro, 2020). Sin embargo Ladino, Briseño y Rodríguez (2022) mencionan que “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” (Feng et al., 2018; Kagermann et al., 2013). De esta forma y con el transcurrir de los años la Industria

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

4.0 pasó a convertirse en un eje fundamental en el Plan de Desarrollo de Alta Tecnología 2020 del gobierno alemán, siendo este país uno de los más respetados por sus altos estándares de calidad y de innovación en la industria manufacturera (Sampietro, 2020).

Ahora bien, la importancia en que radica el estudio de este tema es que para enfrentar la cuarta revolución industrial se necesita de nuevos profesionales especialistas en las tecnologías de la información y las comunicaciones, que sepan sobre el manejo de software inteligente y tengan la capacidad de manejar grandes volúmenes de información y que además con el uso de esta información y de las nuevas tecnologías puedan responder a las necesidades y expectativas de todos los eslabones en la cadena productiva desde los proveedores hasta el cliente final. Aunque todos los programas académicos necesitan abordar el tema de la industria 4.0, para algunos programas en especial, se vuelve un tema trascendente, este es el caso del programa de Ingeniería Industrial. Los actuales y futuros profesionales de Ingeniería Industrial deben asumir el tema de la industria 4.0 como la parte más importante de su formación profesional, ya que al estar y prepararse directamente para laborar en el entorno industrial deben tener la capacidad y los conocimientos para manejar e implementar la gran mayoría de las tecnologías presentes en la cuarta revolución industrial. Véase la figura 2.

Figura 2**TECNOLOGÍAS PRESENTES EN LA INDUSTRIA 4.0**

Fuente: (Saturno, Moura, Deschamps & Rocha, 2018)

Humanez C., Humanez R., Moreno J. y Moreno L., exponen que:

Actualmente una de las barreras más marcadas para la implementación de la Industria 4.0, es la falta de mano de obra calificada, por esto el efecto de educación superior sobre la Industria 4.0 genera un interés de estudio, pues el rol de la academia está totalmente relacionado con el desarrollo de habilidades como innovación, TIC, y todas las tecnologías específicas de la Industria 4.0. (2021).

Las instituciones de educación superior son las encargadas de formar a los profesionales y prepararlos para los retos que encontraran en su vida laboral, dependiendo del nivel de *Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.*

formación pueden desarrollar habilidades que les permitan el dominio de temas de actualidad como la Industria 4.0 y darles una ventaja competitiva sobre otros profesionales. De aquí, surge el planteamiento de la pregunta de investigación ¿Están las Instituciones de Educación Superior formando profesionales con un alto nivel de conocimiento en Industria 4.0 que sean capaces de usar e implementar las tecnologías que la componen?

La siguiente Monografía busca responder la pregunta de investigación planteada anteriormente, para ello, la metodología a utilizar es realizar una investigación bibliográfica de artículos, trabajos, tesis, libros, monografías, escritos etc., que se relacionen con el tema de investigación, por medio de las bases de datos con las que cuenta la Universidad de Pamplona y con la utilización de algunos motores de búsqueda que se encuentran en la red. Posteriormente, se hará una revisión de la página web del programa de Ing. Industrial en 30 IES de diferentes regiones del país (Colombia) para observar si en su interfaz hacen mención al tema de estudio o enfocan su presentación del programa a los nuevos restos tecnológicos que representa la Industria 4.0, también se analizará el plan de estudio y la malla curricular o el contenido programático del programa de Ingeniería Industrial con el fin de determinar cuántas de las asignaturas vistas en el programa tienen relación con la Industria 4.0 y realizar un análisis del nivel de adopción que tienen estas universidades respecto al tema de investigación. Finalmente se tiene como objetivo establecer una hoja de ruta que sirva de guía para que las universidades incorporen la Industria 4.0 en su plan de estudio y determinar cuáles son las tecnologías presentes en la Industria 4.0 en las que más énfasis debe hacerse. Además,

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

se propone hacer un análisis paralelo entre los resultados obtenidos y el nivel de adopción de la Industria 4.0 en el contenido programático del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Pamplona.

Resultados

Industria 4.0

Para establecer una definición cercana al concepto de industria 4.0 se establecen cuatro enfoques conceptuales, estos enfoques conceptuales están basados en lo social, en las competencias, en la producción y en el comportamiento (Sukhodolov, 2019).

El enfoque basado en los social resalta que el desarrollo y evolución de la industria 4.0 impacta significativamente en la sociedad moderna y tiene manifestaciones positivas y negativas. Una manifestación positiva es que la industria 4.0 permite crear nuevos bienes y servicios que mejoran la calidad de vida de la población. Por otro lado, una manifestación negativa es que la industria 4.0 reduce la participación humana en los procesos de producción, esto puede conducir al desempleo masivo, que es una variable determinante en el desarrollo y en la implementación de la industria 4.0 (MinTIC, 2019).

El enfoque basado en competencias vaticina que el desarrollo de la industria 4.0 necesita de nuevos conocimientos y nuevas habilidades en los especialistas de la industria moderna. Los cambios estructurales que se refieren a la sustitución del trabajo manual o físico por el intelectual también van acompañados de cambios cualitativos: el funcionamiento, control y mantenimiento de los nuevos sistemas de producción física autogestionables requieren de profesionales de la industria con nuevas competencias, conocimientos y habilidades, las cuales en su mayoría se basan en la capacidad para usar las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (MinTIC, 2019).

El tercer enfoque es **el enfoque basado en la producción** dentro del cual se menciona que para el desarrollo de la industria 4.0 se necesita de la modernización de las

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

organizaciones industriales por medio de la automatización de los procesos de producción haciendo hincapié en el componente organizativo y de cómo funciona este en las empresas industriales (MinTIC, 2019).

Por último, **el enfoque basado en el comportamiento** se centra en el hecho de que el desarrollo de la industria 4.0 llevará de una transición de sujeto-objeto a objeto-objeto, es decir, la eliminación de la presencia humana en los sistemas de interrelación presentes en los dispositivos técnicos dentro y fuera de las organizaciones (MinTIC, 2019).

Teniendo en cuenta los enfoques planteados por (Sukhodolov, 2019), se define la industria 4.0 como un nuevo modelo industrial para la autoorganización y autogestión de sistemas de producción totalmente automatizados, los cuales aprenden de forma autónoma y son interactivos, teniendo como núcleo de funcionamiento las nuevas tecnologías digitales y las tecnologías de internet, donde a su vez el papel de los humanos se limita a las etapas de inicio, control y mantenimiento técnico de estos nuevos sistemas y tecnologías, para estas tareas se necesita de nuevas competencias en los especialistas industriales modernos acompañado también de cambios en la estructura de la sociedad.

Hay que aclarar que los enfoques y las definiciones anteriormente mencionadas reflejan ciertos aspectos de la industria 4.0. Pero estos no reflejan una noción completa de lo que representa la “Industria 4.0” ya que este fenómeno industrial es mucho más complejo y multifacético. Para abordar la industria 4.0 a mayor profundidad es necesario mencionar los conceptos y definiciones que otros autores plantean, y entrar más en

estudio acerca de los componentes, temas y tecnologías que conforman y hacen parte de la cuarta revolución industrial.

Para algunos autores la cuarta revolución industrial o la industria 4.0 representa la era de la digitalización de la industria, esto debido a que el crecimiento exponencial de las tecnologías y de las TIC en los últimos años ha impulsado a las organizaciones a adoptar y avanzar en la implementación, uso y actualización de estas nuevas tecnologías.

El siguiente autor menciona que:

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, 2019).

También hace mención de que la industria 4.0 es descrita como la digitalización de los sistemas y los procesos industriales, además, dice que la interconexión entre el Internet de las Cosas y el Internet de los Servicios permite una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos, el uso de estas tecnologías avanzadas permite soluciones más flexibles, inteligentes y completamente autónomas. La industria 4.0 permite la evolución de las fábricas de fabrica tradicional a fabrica del futuro o fabrica inteligente lo cual implica la transformación digital de la industria y de las empresas por medio la integración de las nuevas tecnologías disruptivas. Ahora bien, para describir el paradigma que representan las nuevas tecnologías en la industria 4.0, a menudo en la literatura se usan algunos términos particulares para definirlos como:

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

tecnologías disruptivas, emergentes, convergentes y habilitadoras. Tomando del autor textualmente las definiciones tenemos que:

En el caso del concepto tecnología disruptiva, este fue utilizado por primera vez por Clayton M. Christensen, profesor de la Universidad de Harvard, ahora considerado uno de los expertos mundiales en innovación y crecimiento en la publicación "Disruptive Technologies: Catching the Wave (Bower & Christensen, 1995)".

En el documento "Tecnologías disruptivas y sus efectos sobre la seguridad", se encuentran algunas de las características de los fenómenos disruptivos: "Las innovaciones tecnológicas disruptivas no son evolutivas, ni lineales, e implican cambios revolucionarios, no son pequeñas mejoras sobre algo existente sino algo nuevo que deja como ineficiente o en desuso a lo anterior (Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, 2015)".

El documento citado, hace claridad de los términos: "tecnologías emergentes", según los autores son tecnologías con un escaso nivel de madurez que ofrecen expectativas de futuro".

Las "tecnologías convergentes", por su parte, son aquellas que tiene la posibilidad de crear sinergias con otras tecnologías pudiendo esta integración generar nuevas tecnologías transformando los modelos existentes y las "tecnologías habilitadoras" hacen referencia a la capacidad que estas propicien o permita la evolución o transformación (Rozo, 2019).

La industria 4.0 surge al mismo tiempo que varias tecnologías se fusionan en el ecosistema digital, y por eso los términos de digitalización y de Industria 4.0 regularmente se utilizan de manera simultánea, sin importar que la digitalización haya afectado a todas las partes de la sociedad durante años y tenga un alcance mucho más grande que la producción industrial, sin embargo, para la Industria 4.0 el término digitalización tiene otra connotación y es que está relacionada con la conectividad y la interacción entre máquinas y humanos, lo que se espera dé como resultado una transformación del diseño, fabricación, operación, servicios, productos y sistemas de producción. A modo de ejemplo sobre la implementación de estas nuevas mejoras en los procesos tenemos la toma de decisiones predictivas con base en el análisis de grandes cantidades de información o Big Data, la complejidad de los procesos se reduce gracias a una mayor coordinación entre los sistemas dando lugar a nuevas formas de colaboración, se flexibiliza la forma en cómo y cuándo se produce, se genera una contribución digital mejorada a la productividad humana desde el juicio humano hasta la inteligencia artificial (Sjøbakk, 2018).

Otros autores señalan que actualmente el concepto de transformación digital es el que permite tener un enfoque más preciso de la definición de Industria 4.0. Para ello se define la transformación digital como el uso de las tecnologías digitales para cambiar un modelo de negocio que produzca ingresos y valor en las organizaciones industriales, en pocas palabras, es el proceso de convertirse en un negocio digital. Con base en la definición de transformación digital se establece que la Industria 4.0 conlleva la digitalización total de las cadenas de valor por medio de la utilización de tecnologías de

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

procesamiento de datos, software inteligente y sensores, desde el inicio de la cadena productiva (proveedores) hasta el cliente final, permitiendo predecir, controlar, planear y producir de una forma más inteligente, generando un mayor valor a toda la cadena productiva (Billalonga Jaén; Beruvides López; Castaño Romero & Haber Guerra, 2020) citados por (Humaney C.; Humaney R.; Moreno J. & Moreno L., 2021).

También se debe mencionar que varios autores como (Fundación Conama, 2018; Gökalp et al., 2017; Jodlbauer & Schagerl, 2016) mencionados por (Ladino; Briseño & Rodríguez, 2022) concuerdan en definir la Industria 4.0 como un conjunto integral de desarrollos tecnológicos formado por sistemas ciber-físicos (CPS), internet de las cosas (IoT), internet de los servicios (IoS), robótica, Big Data, fabricación en la nube, realidad aumentada, fabricación aditiva, impresión 3D e inteligencia artificial (IA). Además, menciona a (Sommer, 2015) diciendo que:

Estas tecnologías implican cambios significativos en la manera como trabajan las empresas. Para ilustrar mejor, en la industria 4.0 los objetos se tornan inteligentes y se utilizan códigos de barras o chips que contienen información relevante para garantizar trazabilidad, así como escáneres o sensores que aportan información y se comunican mediante IoT (Ladino et al., 2022).

El desarrollo conjunto y simultaneo de todas estas nuevas tecnologías, así como su implementación, no solo han impactado de forma positiva al sector industrial sino también al sector de los servicios, trayendo consigo una mayor productividad en las organizaciones que han adoptado las nuevas tecnologías presentes en la Industria 4.0.

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

Estas organizaciones en los años recientes han tenido que enfrentar grandes desafíos al momento de coordinar y conectar conceptos disruptivos como las redes y la comunicación además todas las tecnología que se han mencionado a lo largo del texto Salkin, et al., (2018), la aplicación e implementación de estas tecnologías depende del tipo de compañía o de organización, el sector en el que se encuentra, su tamaño, los recursos económicos de los que dispone, la calidad y capacidad de sus colaboradores así como también la clase de servicio que presta o el tipo de producto que fabrica. En definitiva, la Industria 4.0 llegó para transformar radicalmente la forma en que el mundo se conecta y la forma en que las empresas producen o prestan un servicio, abriendo una amplia gama de posibilidades de desarrollo aún desconocidas, Schwab (2016) menciona que la cuarta revolución industrial está desdibujando las líneas entre las esferas de lo físico, lo digital y lo biológico como producto de la convergencia y la interconexión de distintos tipos de tecnologías y el potencial de desarrollo futuro que estas representan. “Estamos al borde de una revolución tecnológica que modificará fundamentalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. En su escala, alcance y complejidad, la transformación será distinta a cualquier cosa que el género humano haya experimentado antes” (Schwab, 2016).

Tecnologías Relacionadas con la Industria 4.0

Internet de las Cosas (IoT) – Internet de los Servicios (IoS)

Según la Internet Society en una reseña publicada por Karen Rose, Scott Eldridge y Lyman Chapin (2015), se menciona que actualmente se están combinando un sin número de componentes de uso cotidiano con conectividad a internet y con una gran capacidad de análisis de datos, proyectan que para el año 2025 existirán unos cien mil millones de dispositivos conectados a las IoT. De forma general se puede definir al Internet de las Cosas como la conectividad a la red y la capacidad de cómputo que existen entre los objetos de uso cotidiano, por medio de sistemas y sensores integrados a los objetos, los cuales les permiten generar, intercambiar y consumir datos sin o con la poca necesidad de intervención humana.

Otro término relacionado con el concepto de IoT es el también llamado Internet de los Servicios (IoS), el cual hace referencia a la forma en que los proveedores de servicios ofrecen sus servicios a través de internet, esta compuesta por participantes, una infraestructura para prestar y acceder a los servicios, modelos comerciales, y los propios servicios que ofrece el proveedor, incluso se pueden generar interconexiones y prestación de servicios de varios proveedores a la vez, en los que hay una comunicación multilateral entre usuarios y consumidores que tienen acceso por diferentes canales (Hermann, Pentek & Otto, 2016).

En palabras de los autores Ynzunga, Izar, Bocarando, Aguilar y Larios podemos simplificar las definiciones de estas dos tecnologías y decir que “a través del Internet de las Cosas los sistemas pueden interactuar entre sí y con los humanos en tiempo real

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

mientras que el Internet de los Servicios es el medio mediante el cual es posible ofertar y acceder a éstos (2017). En pocas palabras es un sistema de redes, sistemas y dispositivos que generan, recogen, almacenan y analizan datos al instante sobre tendencias, gustos y preferencias de las personas, comunidades, animales u objetos con los que estos interactúan.

Internet Industrial de las Cosas (IIoT)

El Internet Industrial de las Cosas es una pieza clave para el desarrollo de la industria 4.0 ya que como su nombre lo indica tiene que ver con la aplicación del Internet de las Cosas (IoT) en el entorno industrial. Según proyecciones de Oxford Economics el IIoT tiene el potencial de impactar el 62% del PIB de los países que conforman el G20, teniendo gran influencia en sectores como la manufactura, la energía, los alimentos y el transporte (Figura 3), se prevé que la aplicación de las IoT a estos sectores puede convertirse en el mayor impulsor de la productividad y la innovación en la próxima década. El IIoT se define como una combinación de diferentes dispositivos, sensores e instrumentos autónomos interconectados a través de internet desempeñando aplicaciones o labores industriales (IBERDROLA, 2021).

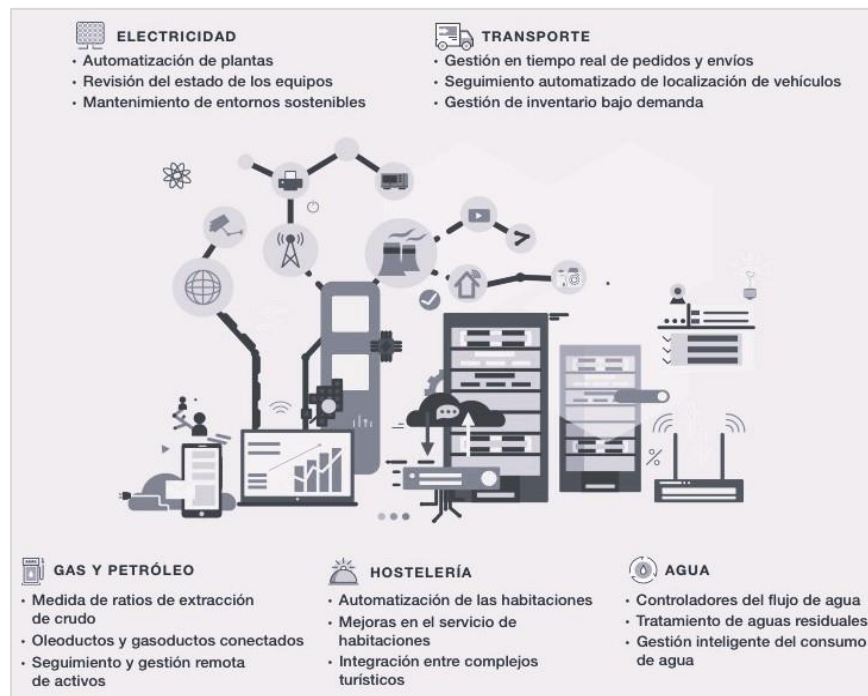
Otro autor menciona que el Internet Industrial de las Cosas brinda la oportunidad de conectar y comunicar todos los dispositivos que se encuentran dentro y fuera de la empresa y que hacen parte de la cadena de valor del proceso productivo, además el IIoT crea una red determinista y abierta para que en aquellas fábricas, empresas u organizaciones inteligentes sus dispositivos digitales tengan la capacidad de actuar de forma autónoma y tomen decisiones bajos sus propios objetivos dependiendo del

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

contexto, las circunstancias o los entornos en que se encuentra, es decir, se vuelven autogestionables (MinTIC, 2019).

Figura 3

IMPACTO DEL INTERNET DE LAS COSAS EN ALGUNAS INDUSTRIAS



Fuente: (DZone)

Según Rozo (2020), actualmente es todo un desafío establecer un estándar a nivel mundial que permita que las industrias acojan la Industria 4.0 y la implementen en sus procesos de producción, más específicamente todo lo que tiene que ver con el Internet Industrial de las Cosas (IIoT). Menciona, que sobresalen dos arquitecturas de referencia para el IIoT, una es la arquitectura RAMI 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0) la cual es presentada y desarrollada por **I4.0 Plattform** en Alemania cuyo objetivo es enfocar esta arquitectura en la fabricación y todo lo relacionado con el funcionamiento y

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

la alimentación de la cadena de valor del producto. La otra arquitectura de referencia es la IIRA (Industrial Internet Reference Architecture) creada y desarrollada en Estados Unidos por el **IIC (Industrial Internet Consortium)** el cual analiza el grado de adopción y utilización del IIOT en multitud de industrias de diferentes sectores, haciendo énfasis en aspectos comunes y de interoperabilidad.

Big Data y Análisis de Datos

En la actualidad la digitalización está cada vez más presente en todos los ámbitos de nuestras vidas así como también en todos los sectores industriales y de servicios, a cada instante las diferentes aplicaciones, dispositivos y sistemas generan grandes cantidades y volúmenes de información de todo tipo que deben ser recogidos y almacenados, a partir de esta recopilación, se utilizan software y hardware especializados que permiten ordenar la información y facilitar su posterior análisis, esto brindan a las empresas la oportunidad de desarrollar ventajas competitivas y brinda aportaciones positivas al momento de la toma de decisiones.

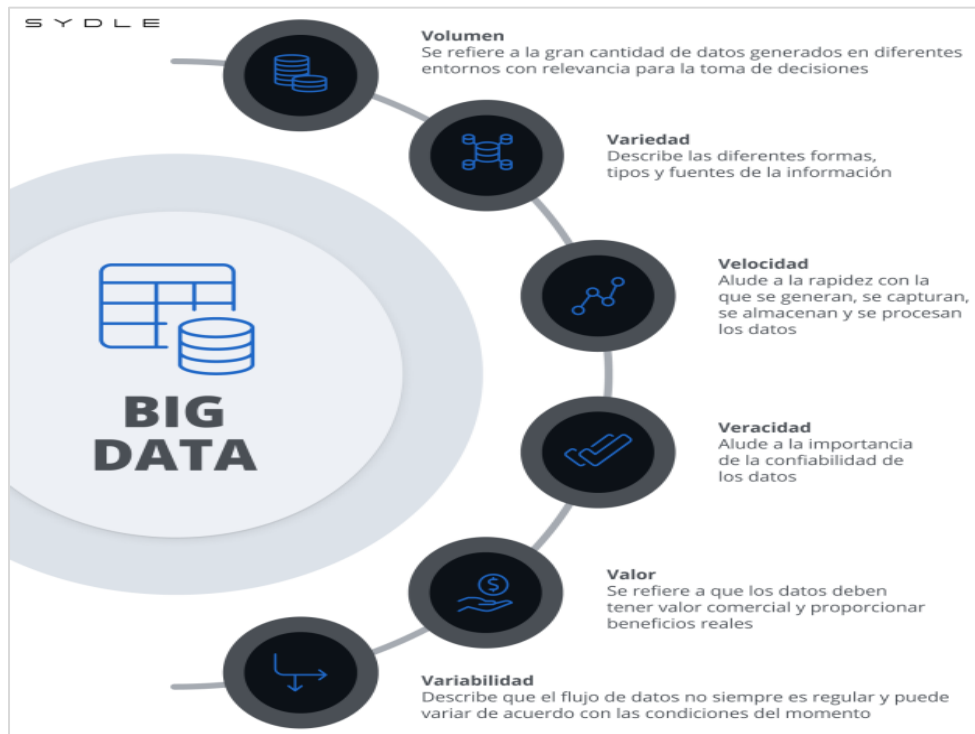
El Big Data es un concepto bajo el cual se agrupan diferentes técnicas que permiten el manejo y tratamiento de grandes volúmenes de datos, también incluye las técnicas y herramientas que comúnmente se utilizan. Este concepto contempla distintas interpretaciones y aproximaciones, pero lo que todas buscan y en lo que todas concuerdan es que se debe extraer información de valor de los datos, información que sea de ayuda para el crecimiento y desarrollo de los procesos empresariales. “El análisis de estos datos mediante algoritmos avanzados es clave para la toma de decisiones en tiempo real,

permite alcanzar mejores estándares de calidad de producto y procesos, y facilita el

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

acceso a nuevos mercados. Esta es una de las tecnologías de Industria 4.0 más demandada a nivel corporativo” (Sampietro, 2020).

La empresa de software empresarial SYDLE menciona que el Big Data es un gran volumen de datos estructurados y no estructurados que crecen de forma exponencial con el paso del tiempo, que, debido a la naturaleza, el tamaño, la complejidad y la rapidez con que se genera nueva información, es necesario utilizar la tecnología apropiada para recopilar, gestionar procesar y analizar estos grandes volúmenes de datos, los cuales con el uso de las herramientas tradicionales sería una tarea muy difícil de realizar. Además, menciona que el Big Data tiene el potencial de optimizar las diferentes áreas de una empresa, y que puede utilizarse para proyectos de aprendizaje automático (*machine learnig*), modelado predictivo y diversas aplicaciones de análisis. Por último, expone que estos datos se dividen en tres tipos que son, los Datos Estructurados, los cuales están organizados en un formato definido; los Datos no Estructurados, estos no tienen una forma o estructura conocida y pueden estar compuestos por diferentes formatos y los Datos Semiestructurados contienen ambas formas de datos: estructurados y no estructurados. También, los datos tienen características especiales y pueden ser clasificados con lo que se conoce como las V's del Big Data, las tres principales características de los datos son el volumen, la variedad y la velocidad, pero también son importantes su veracidad, su valor y su variabilidad (2021). En la Figura 4 se pueden conocer sus definiciones.

Figura 4*LAS V'S DEL BIG DATA*

Fuente: (SYDLE, 2021)

Cloud Computing – Edge Computing

Cloud Computing o Computación en la Nube es una aplicación tecnológica que permite a las empresas, organizaciones y personas obtener soluciones de almacenamiento de grandes cantidades de datos sin necesidad de tener un espacio, lugar físico o servidores donde almacenarlos. Permite el acceso, uso y manipulación de los datos en tiempo real a agentes autorizados desde cualquier ubicación con acceso a internet y desde cualquier dispositivo inteligente. El Cloud Computing se centra en el almacenamiento remoto de datos para agilizar y hacer más eficientes los procesos informáticos, además brinda la

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

oportunidad de contratar servicios de Big Data para cuando la cantidad de información se vuelve demasiado grande y compleja para los quipos y formas tradicionales (MICROTECH, 2022; Sampietro, 2020; Rozo, 2020). Es importante mencionar que como la información generada por la actividad empresarial o comercial se almacena en servidores remotos, se optimizan los costos de infraestructura y almacenamiento, debido a que los servidores físicos, almacenes y archivos no se hacen necesarios y permiten la gestión remota de estas actividades empresariales y comerciales.

Según Khan-Tahseen et al. (2022), la computación en la Nube proporciona recursos a través de internet como memoria, CPU, ancho de banda, disco y aplicaciones o servicios. Además, hacen referencia a que el NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología) define el Cloud Computing como “un modelo para permitir el acceso ubicuo, conveniente y bajo demanda a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables que pueden aprovisionarse y liberarse rápidamente con un mínimo esfuerzo de administración o interacción con los proveedores de servicios” (2011).

Con relación a los diferentes tipos de servicios que ofrecen las empresas de Cloud Computing estos se pueden dividir en tres clases o modelos: servicios IaaS (Infraestructure as a Service), servicios PaaS (Plataform as a Service) y Servicios SaaS (software as a Service). Los servicios IaaS permiten al usuario acceder a recursos de almacenamiento, sistemas operativos, energía, procesamiento, RAM, redes entre otros, para tener así la posibilidad de implementar y ejecutar sistemas operativos y aplicaciones. Los servicios PaaS conceden elementos de la nube al software, otorgándole el poder de construir y poner en marcha aplicaciones y servicios web por medio del acceso a internet

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

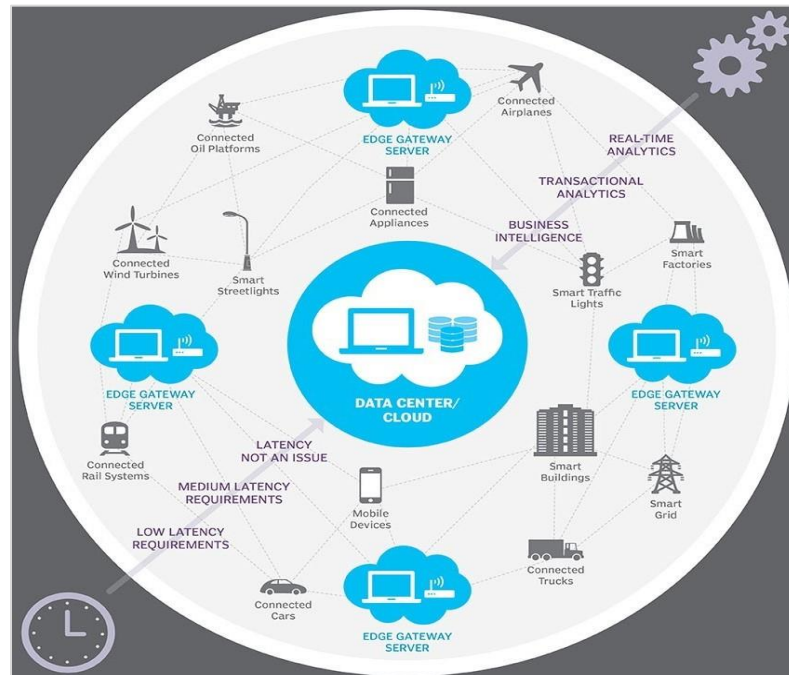
sin necesidad de disponer de una infraestructura propia para su funcionamiento, además, este servicio posibilita la gestión de las aplicaciones allí alojadas, dando capacidades para modificar o adaptar el entorno y la configuración de estas. Por último los servicios SaaS dan la facultad al usuario de acceder a aplicaciones basadas en la nube por medio de un navegador o una interfaz de programa, esta es la parte más lejana al hardware ya que solo se puede dar acceso a un servicio que depende exclusivamente del servicio contratado por el usuario y de cómo funciona este por medio de la red (TatvaSoft, 2020; Rozo, 2020).

Por otro lado, tenemos una aplicación tecnológica llamada ***Edge Computing o Computación en el Borde o Perimetral***, esta tecnología busca cambiar el funcionamiento pasivo de los millones de dispositivos conectados al IoT, los cuales recolectan información, pero no hacen nada con ella, solo la envían a la nube para luego ser procesada por grandes centros de datos. La Computación Perimetral busca cambiar el modelo tradicional para el desarrollo de aplicaciones IIoT los cuales en su mayoría actualmente funcionan bajo las arquitecturas centralizadas en la nube, es por ello que la Edge Computing otorga un modelo distinto de nube descentralizada, en la cual se procesan y almacenan los datos más cerca de los dispositivos conectados al IIoT esto quiere decir que los datos se procesan y almacenan en el borde de la red, ver Figura 5. Muchas veces en el entorno industrial los datos que se generan deben ser analizados en tiempo real, pero todos esos datos generados por sensores y dispositivos deben viajar a una ubicación central ubicada incluso a miles de kilómetros del origen, lo que podría generar problemas de latencia en los datos y un mal rendimiento de una aplicación, con

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

esto en contexto podríamos decir que la Edge Computing busca acercar la computación y el almacenamiento de datos a los dispositivos donde se generan, trayendo consigo beneficios como una mayor velocidad de análisis de datos, mayor seguridad, mejor latencia, permite filtrar la información más relevante ahorrando ancho de banda, elimina la necesidad de enviar todos los datos a la nube en todo momento y mejora la accesibilidad y evaluación de sensores y dispositivos. En conclusión, la Edge Computing está transformando la forma en que muchas industrias como la fabricación, la salud, las telecomunicaciones o la industria financiera almacenan, procesan, analizan y transportan los datos generados por todos los dispositivos, sensores, redes y sistemas que utilizan para desarrollar su actividad económica y comercial (Industrial Internet Consortium, 2018; XATACA, 2018; NetworkWorld, 2022).

Ahora bien, Rozo hace una reflexión sobre estas tecnologías y afirma que “Cloud Computing y Edge Computing son arquitecturas complementarias para el desarrollo de aplicaciones IIOT, sin embargo, para ciertas aplicaciones de IIOT, es preferible que el procesamiento se realice en el origen y no en la nube” (2020). Esto deja claro que para el entorno industrial lo que puede generar un mayor potencial de optimización de procesos y recursos es en gran medida una buena aplicación e implementación de Edge Computing.

Figura 5**EDGE COMPUTING**

Fuente: (TechTarget, 2021)

Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial o IA como se le conoce comúnmente se ha convertido en el motor de desarrollo de la Industria 4.0, esta tecnología plantea cambios en la forma como funcionan todos los sectores económicos y marca el camino tecnológico de grandes y pequeñas empresas. Actualmente las empresas y compañías están apostando por la integración de esta tecnología en su actividad económica, con su implementación buscan mejorar las capacidades de su mano de obra, esperan mejoras en los tiempos de fabricación y pretenden el desarrollo de nuevos y mejores productos. La IA son todos aquellos sistemas y algoritmos de computación que tiene la capacidad de percibir su

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

entorno, además pueden aprender, pensar y actuar de forma independiente emulando las capacidades cognitivas de una persona como lo son el razonamiento, el aprendizaje, la toma de decisiones y la resolución de problemas. Cuando se habla de IA se hace referencia a “algoritmos, redes neuronales, el *machine learning*, el *deep learning*, la visión artificial, los sistemas de reconocimiento de voz, los asistentes virtuales o los tan habituales *bots*” (Rodal, 2018). Otros autores como Sossa (2020) define la Inteligencia Artificial como la ciencia e ingeniería de las máquinas que actúan de forma inteligente, que tienen la capacidad de tomar decisiones apropiadas en circunstancias inciertas y que son capaces de mejorar su comportamiento con base a sus experiencias. Además, en su investigación menciona que según diferentes autores se pueden identificar cinco tipos de IA, la Inteligencia General (IG) o Inteligencia Fuerte, la Super Inteligencia Artificial (SIA), la Inteligencia Artificial Débil (IAD) o Aplicada, la Super Inteligencia-Super Consciente IA (SI-SC-IA) y aquella proveniente de los seres de nuestra imaginación. Todos estos tipos de IA y sus definiciones pueden ser consultado por medio de investigación hecha por (Sossa, 2020) que aparece en las referencias bibliográficas.

Recientemente dos tecnologías relacionadas a la Inteligencia Artificial han tenido un gran impacto en la industria, estas tecnologías son el Machine Learning y el Deep Learning, las cuales son definidas a continuación:

El Machine Learning o Aprendizaje Automático es una subdivisión de la IA definida por Arthur Samuel uno de los pioneros en aprendizaje automático como un “campo de estudio que le da a las computadoras la capacidad de aprender sin ser programado explícitamente”. La forma cómo funciona el Machine Learning es por medio

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

de un algoritmo que utiliza datos para comprender la relación entre los elementos de entrada y los elementos de salida de un sistema o ambiente que este bajo estudio, luego utiliza otros algoritmos para la predicción, clasificación y generación de nuevos conocimientos que alimentan al algoritmo principal. Las aplicaciones que se pueden generar a partir de esta técnica para las industrias son muy extensas ya que permiten y le dan la capacidad a maquinas, sistemas, algoritmos y dispositivos el poder de aprender y actualizarse constantemente según las necesidades existentes, esto es un plus que todo empresa y organización no rechazaría y al cual se sacarían el máximo provecho.

La otra tecnología relacionada a la IA es el Deep Learning o Aprendizaje Profundo el cual es un subconjunto del aprendizaje automático y basa su funcionamiento en el uso de redes neuronales artificiales a gran escala, su profundidad depende del número de capas que estén presentes en el modelo, cada capa usa como entrada la salida de la capa anterior, es decir que las capas se retroalimentan de datos entre sí. El uso extensivo de estas redes neuronales artificiales permite a la maquina aprender y razonar de forma autónoma si necesidad de la intervención humana, además el Deep Learning no está programado para seguir x o y instrucción si algo es verdadero o falso, su proceso lógico está basado en el funcionamiento del cerebro humano (Rozo, 2020). Una de las aplicaciones actuales del Deep Learning está en el desarrollo de coches autónomos, donde se utiliza para reconocer señales y obstáculos en la vía. Esta es una de las técnicas más avanzadas de Inteligencia Artificial y lo más cercano que tenemos a una IA fuerte.

Blockchain

Blockchain es una tecnología que permite el almacenamiento y gestión de información con riesgo prácticamente nulo de vulnerabilidad sin la necesidad de intermediarios, se traduce al español como “cadena de bloques” y es considerada como la segunda era del internet. Esta tecnología fue aplicada por primera vez en el año 2008 con la creación de la criptomoneda Bitcoin, su creador se conoce con el alias de Satoshi Nakamoto y se desconoce cuál es su verdadera identidad. Aunque Bitcoin fue la primera aplicación tecnológica de este tipo hoy en día existen un gran número de aplicaciones que tienen como referente de funcionamiento la tecnología Blockchain. Se espera que el uso de esta tecnología en aplicaciones industrial tenga un gran impacto en la forma como se llevan a cabo diferentes procesos ya que se integra transversalmente a aspectos como la trazabilidad y la calidad de productos, la gestión de pagos en las empresas, la conectividad con el IIoT y la mejora en contratos y transacciones internacionales por su velocidad y alta fiabilidad (ALTERTECNIA, 2022).

La tecnología Blockchain, es básicamente una base de datos descentralizada de registros digitales, que está distribuida a lo largo de una red o cadena, la información se codifica por medio de un proceso llamado criptografía y se almacena en bloques, esto la hace segura ya que la información que contiene cada bloque debe ser la misma en cada participante de la red o cadena. Estos bloques encriptados, después de ciertos intervalos de tiempo donde se genera nueva información, se sobre escriben y se vuelven a codificar para ser validados por todos los participantes de la red nuevamente por medio de complejas operaciones matemáticas (Rozo, 2020).

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

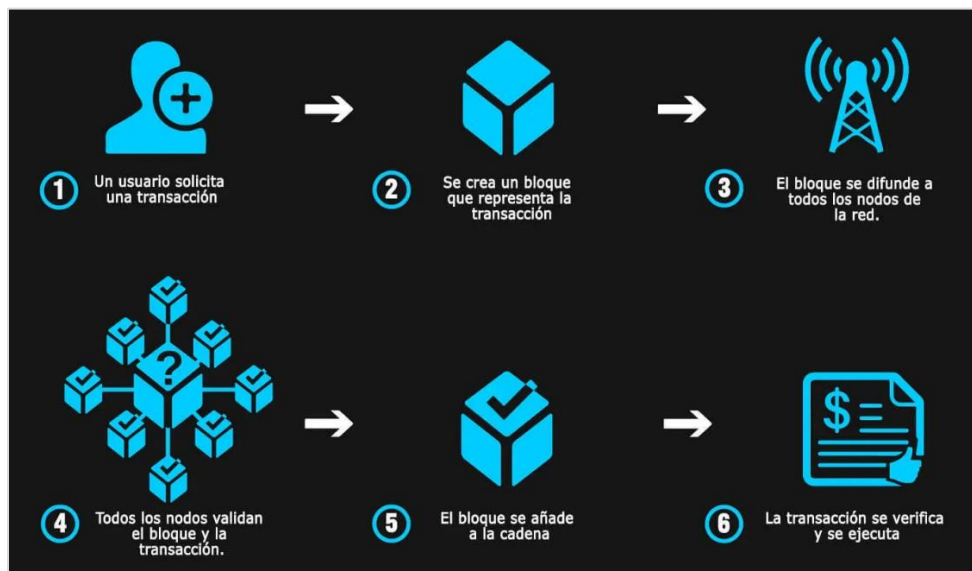
Otros autores como Flores y Monroy hacen referencia a la tecnología Blockchain o “cadena de bloques” definiéndola como:

una base de datos digital que almacena registros e información de transacciones (de diferente índole) en forma de “bloques”, que posteriormente se interconectan con un código cifrado por medio de una “cadena”. Debido a que nace dentro del proyecto Bitcoin, se tiende a pensar que la red Blockchain se usa exclusivamente para procesos y transacciones netamente monetarias, sin embargo, esta red tiene diversas funcionalidades dentro de otras áreas de trabajo (2022).

En la Figura 6 se ilustra el funcionamiento de la tecnología Blockchain.

Figura 6

BLOCKCHAIN FUNCIONAMIENTO PASO A PASO



Fuente: (101 Blockchains, 2018)

Este concepto presenta una serie de características que se definen a continuación las cuales lo hacen especial y una tecnología muy llamativa:

- Es una tecnología distribuida y colaborativa: La cadena de bloques que guardan información se encuentra duplicada en cada terminal o computadora de la red y permite que ninguna persona o institución tenga control sobre la información en la cadena de bloques.
- La criptografía: Hace posible que información que se guarda en la cadena de bloques se encuentra codificada.
- Los bloques que conforman la cadena requieren de dos códigos de validación para ser aceptos por la red y así asegurar que la información es confiable e inalterable, uno de los códigos es el código del bloque anterior y el otro es el código del nuevo bloque en formación, estos forman una cadena conocida como apuntadores hash.
- Cada bloque representa una cantidad de registros e información resultado de distintas transacciones vinculadas mediante una función hash.
- Transparencia: Al ser una red abierta o publica cualquier persona tiene acceso a monitorear las transacciones realizadas y evidenciar cambios en el archivo en su forma no encriptada.
- Cronología: Registra el momento exacto en que se crea nueva información o el momento en que esta información es editada guardándola con una marca de tiempo.

- Descentralizada: Esto quiere decir que nadie tiene el control de la información que ingresa a la cadena de bloques y esta información se guarda y es la misma en cada terminal, usuario o participante que conforma la red (Rozo, 2020).

Sistemas Ciberfísicos (CPS)

Según la National Science Foundation los Sistemas Ciberfísicos también conocidos como CPS (Cyber-Physical-Systems) se configuran a partir de la unión de componentes físicos y componentes computacionales para superar a los sistemas integrados actuales como por ejemplo los sistemas flexibles de fabricación en capacidad, adaptabilidad, escalabilidad, resiliencia, seguridad y usabilidad. También se pueden entender como una nueva clase de sistemas que integran funciones físicas e informáticas para interactuar con humanos y el mundo físico de nuevas maneras, esto es posible debido a que una serie de dispositivos funcionan con sensores y actuadores en un circuito de retroalimentación e interacción mutua. La aplicación de los CPS en el ámbito industria ha dado lugar a un concepto conocido como Sistemas Ciberfísicos Industriales o ICPS el cual se basa en la implementación y uso de esta tecnología para la producción y planificación de nuevos productos, realiza acciones de monitorización, control y permite la generación de nuevos conocimientos por medio los datos que adquiere durante los procesos de fabricación, también da lugar al autoaprendizaje y a la reconfiguración de los estados o condiciones en los que se encuentran los procesos industriales. El ICPS puede sentar las bases de nuevos estándares de calidad y fabricación en las organizaciones, se conoce como

Fabricación Inteligente la cual extrae información importante y de relevancia de los datos generados en los procesos, productos y servicios para hacerlos más visibles de forma global, mejorar su eficiencia y su gestión empresarial además de generar nuevos conocimientos claves para el crecimiento y desarrollo industrial y de la Industria 4.0 (Villalonga et al., 2018; AUTYCOM, 2020).

A modo de resumen sobre esta tecnología Villalonga et al., expresan que:

Los sistemas ciberfísicos industriales (ICPS) abarcan las cuestiones de diseño, modelado y análisis de los sistemas ciberfísicos con especial énfasis en las aplicaciones industriales. El paradigma de la Industria 4.0 y las cuestiones asociadas a la transformación digital de la industria se pueden considerar un caso especial de ICPS. Uno de los pilares científico-técnicos para tratar el modelado y control de los ICPS es la inteligencia computacional y todos los métodos y técnicas agrupados dentro del control inteligente (2018).

Otras tecnologías presentes en la Industria 4.0

Las tecnologías que están transformando la industria y la forma como funcionan fábricas, empresas y organizaciones en esta Cuarta Revolución Industrial son muchas, anteriormente ya se han definido algunas de ellas, pero aún quedan aplicaciones tecnológicas que hacen parte de la Industria 4.0 que no han sido definidas en este documento, algunos ejemplos de más aplicaciones tecnológicas relacionadas a la Industria 4.0 son las siguientes:

- Fabricación Aditiva o Fabricación 3D

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

- Realidad Aumentada
- Robótica Colaborativa
- Fábricas y Maquinas Inteliegnates
- Sistemas Autónomos
- Ciberseguridad
- Simulación
- Robots Autónomos
- Integración Horizontal y Vertical

Se deja abierto al lector la exploración y conceptualización de estas tecnologías presentes en la Industria 4.0 que son de gran importancia para evidenciar lo amplio y extenso que es este tema, además del gran impacto que representa para los años futuros el uso e implementación de estas tecnologías en todos los sectores económico e industriales y del potencial de cambio y adaptabilidad que representa adoptar estas nuevas tecnologías.

Análisis Curricular del Programa de Ing. Industrial en las Principales

Universidades del País y su Relación con la Industria 4.0

La Industria 4.0 representa un reto para la educación superior en Colombia, un reto que debe ser enfrentado de la mejor manera posible y con las mejores herramientas que se tengan al alcance. Las instituciones de educación superior tienen el deber, la responsabilidad y la misión de formar a los futuros profesionales en todas las diferentes áreas de estudio que existen como la matemática, la ingeniería, la medicina, la salud, las ciencias sociales y del comportamiento, la biología, la física entre otras. Pero, a causa de

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

la digitalización y los avances tecnológicos muchas técnicas y metodologías de formación y estudio están quedando obsoletas o son anticuadas para la época en la que vivimos. Debido a esto, se hace necesario buscar y explorar o desarrollar y adaptar nuevas formas, modelos, métodos y técnicas de enseñanza y aprendizaje, que permitan acercar más, a la universidad con las exigencias y necesidades de los profesionales del mundo real, es decir, cerrar la brecha entre lo que enseña la academia y lo que pide y exige el mundo laboral.

Los cambios que han generado las anteriores revoluciones industriales, y los que esta nueva revolución esta causado, han provocado la aparición y desaparición de muchos empleos y profesiones, esto involucra directamente al sistema educativo en la ecuación, ya que estas tienen que cambiar al ritmo que cambia la industria, y, convierte en su objetivo la creación de nuevas profesiones para las nuevas necesidades existentes, eliminando aquellas profesiones que ya no son necesarias. El reto que trae consigo la implementación de las tecnologías presentes en esta cuarta revolución industrial, requiere de personal calificado que tenga la capacidad y el potencial de controlar estas tecnologías, debido a que en gran medida la evolución y desarrollo de fábricas y organizaciones inteligentes en la industria moderna depende de las habilidades y capacidades de la fuerza laboral (Kumar et al., 2019).

Ahora bien, uno de los objetivos de este documento o investigación es estudiar particularmente el programa de Ingeniería Industrial que ofertan las principales universidades del país según el **QS World University Rankings 2023** publicado el 8 de junio de 2022 por **Quacquarelly Symonds** una compañía británica fundada en 1990 que

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

se especializa en educación y estudios en el extranjero. También se tuvo en cuenta el **World University Rankings 2023** de **Times Higher Education** una empresa de Londres que ofrece servicios y soluciones a universidades, gobiernos y socios corporativos que trabajan con y junto con el sector de la educación superior, son considerados el recurso más importante del mundo en Educación Superior. Además, se incluyen algunas universidades a criterio del autor del documento con el fin de hacer análisis posteriores. En las referencias bibliográficas se dejan los vínculos para acceder a los Rankings. El número de instituciones de educación superior que se toman en cuenta para el estudio es de 30 instituciones, las cuales están ubicadas en diferentes regiones y ciudades del país. Estas 30 instituciones representan una muestra significativa de la oferta académica presente en el programa de ingeniería industrial a lo largo y ancho del territorio nacional, la muestra está distribuida entre instituciones públicas y privadas, 11 públicas y 19 privadas como se puede observar en la Tabla 1; De estas universidades y de su plan de estudio o de su malla curricular, se extrae la cantidad total de asignaturas del programa de Ingeniería Industrial, se realiza un conteo de las asignaturas que tienen alguna relación con las tecnologías presentes en la Industria 4.0 o de asignaturas que en cuyo nombre utilizan palabras técnicas propias del tema de estudio y se calcula el porcentaje que estas asignaturas representan del total y su promedio, ver Tabla 2.

Tabla 1*INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR PÚBLICAS Y PRIVADAS*

UNIVERSIDADES DE DIFERENTES REGIONES DEL PAÍS (COLOMBIA)					
No.	CARÁCTER	NOMBRE	CIUDAD	PROGRAMA	No. SEMESTRES
1	PRIVADA	UNIVERSIDAD DEL NORTE	BARRANQUILLA	ING. INDUSTRIAL	X
2	PUBLICA	UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR	BARRANQUILLA	ING. INDUSTRIAL	X
3	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE LA COSTA	BARRANQUILLA	ING. INDUSTRIAL	X
4	PRIVADA	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	X
5	PUBLICA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	X
6	PUBLICA	UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	IX
7	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE LA SABANA	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	IX
8	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE LA SALLE	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	X
9	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	IX
10	PRIVADA	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	X
11	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	VIII
12	PRIVADA	UNIVERSIDAD EL ROSARIO	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	VIII
13	PRIVADA	UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	VIII
14	PRIVADA	PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA	BOGOTA	ING. INDUSTRIAL	VIII
15	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE SANTANDER – UDES	BUCARAMANGA	ING. INDUSTRIAL	X
16	PUBLICA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER – UIS	BUCARAMANGA	ING. INDUSTRIAL	X
17	PRIVADA	UNIVERSIDAD ICESI	CALI	ING. INDUSTRIAL	X
18	PUBLICA	UNIVERSIDAD DEL VALLE	CALI	ING. INDUSTRIAL	X
19	PRIVADA	UNIVERSIDAD DEL SINÚ	CARTAGENA	ING. INDUSTRIAL	X
20	PRIVADA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES	MANIZALES	ING. INDUSTRIAL	X
21	PRIVADA	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	MEDELLIN	ING. INDUSTRIAL	X
22	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN	MEDELLIN	ING. INDUSTRIAL	X
23	PRIVADA	UNIVERSIDAD EIA	MEDELLIN	ING. INDUSTRIAL	X
24	PUBLICA	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	MEDELLIN	ING. INDUSTRIAL	X
25	PUBLICA	UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	MONTERIA	ING. INDUSTRIAL	X
26	PUBLICA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	PAMPLONA	ING. INDUSTRIAL	X
27	PUBLICA	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCO	QUIBDO	ING. INDUSTRIAL	X
28	PUBLICA	UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA	RIOHACHA	ING. INDUSTRIAL	X
29	PUBLICA	UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	SANTAMARTA	ING. INDUSTRIAL	X
30	PRIVADA	FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA	VALLEDUPAR	ING. INDUSTRIAL	X

Fuente: Elaboración Propia

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

Tabla 2**RELACIÓN ENTRE EL TOTAL DE ASIGNATURAS Y LA INDUSTRIA 4.0**

TOTAL DE ASIGNATURAS DEL PROGRAMA DE ING. INDUSTRIAL Y SU RELACION CON LA INDUSTRIA 4.0			
NOMBRE	TOTAL ASIGNATURAS	No. ASIGNATURAS RELACIONADAS CON I4.0	% ASIGNATURAS RELACIONADAS I4.0
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	57	11	19%
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	48	9	19%
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	50	9	18%
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	60	10	17%
UNIVERSIDAD DE BOGOTA JORGE TADEO LOZANO	50	8	16%
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCO	71	11	15%
UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA	53	8	15%
UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA	60	9	15%
UNIVERSIDAD DEL NORTE	61	9	15%
UNIVERSIDAD DE LA SABANA	61	9	15%
UNIVERSIDAD ICESI	56	8	14%
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	57	8	14%
UNIVERSIDAD DE LA SALLE	60	8	13%
UNIVERSIDAD DE MEDELLIN	60	8	13%
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MANIZALES	61	8	13%
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	55	7	13%
UNIVERSIDAD DE SANTANDER - UDES	57	7	12%
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	58	7	12%
FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA	67	8	12%
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA	51	6	12%
UNIVERSIDAD EL ROSARIO	53	6	11%
UNIVERSIDAD EIA	62	7	11%
UNIVERSIDAD DE CORDOBA	63	7	11%
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	57	6	11%
UNIVERSIDAD DEL VALLE	48	5	10%
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	58	6	10%
UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR	58	6	10%
UNIVERSIDAD DE LA COSTA	50	5	10%
UNIVERSIDAD DEL SINU	64	6	9%
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER - UIS	54	5	9%
PROMEDIOS	57	8	13%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 2 se muestran algunos datos interesantes respecto a la cantidad de asignaturas que tienen algún tipo de relación con la Industria 4.0, la Universidad Militar

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

Nueva Granada y la Universidad Nacional de Colombia muestran que el 19% de sus asignaturas tiene relación con el tema de estudio, seguidos por la Universidad Antonio Nariño con un 18%, todas ellas ubicadas en la ciudad de Bogotá. Llama mucho la atención uno de los dos porcentajes más bajos en la tabla 2 que pertenece a la Universidad Industrial de Santander, la cual es una universidad muy reconocida a nivel nacional pero que sorprendentemente aparece de última con un porcentaje del 9% y con solo 5 de 54 asignaturas que presentan algún tipo de relación con la industria 4.0 ubicándose por debajo de todos los promedios de los ítems analizados.

Para la elaboración de la Tabla 3 se procede de la misma forma que con la tabla 2 solo que en este caso se toman como referencia los créditos del programa en estudio.

Tabla 3

RELACIÓN ENTRE EL TOTAL DE CRÉDITOS Y LA INDUSTRIA 4.0

TOTAL DE CRÉDITOS DEL PROGRAMA DE ING. INDUSTRIAL Y SU RELACIÓN CON LA INDUSTRIA 4.0			
NOMBRE	TOTAL CRÉDITOS	NO. CRÉDITOS RELACIONADOS I4.0	% CRÉDITOS RELACIONADOS I4.0
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	156	31	20%
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCO	163	28	17%
UNIVERSIDAD DEL NORTE	155	26	17%
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	160	26	16%
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	168	27	16%
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	134	21	16%
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	156	24	15%
UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO	150	23	15%
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA	149	22	15%
UNIVERSIDAD DE LA SABANA	166	24	14%
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA	170	24	14%
UNIVERSIDAD ICESI	172	24	14%
UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA	174	24	14%
UNIVERSIDAD DE LA SALLE	174	24	14%
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	163	22	13%
UNIVERSIDAD EL ROSARIO	136	18	13%

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

TOTAL DE CRÉDITOS DEL PROGRAMA DE ING. INDUSTRIAL Y SU RELACIÓN CON LA INDUSTRIA 4.0			
NOMBRE	TOTAL CRÉDITOS	NO. CRÉDITOS RELACIONADOS I4.0	% CRÉDITOS RELACIONADOS I4.0
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES	175	23	13%
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN	169	22	13%
UNIVERSIDAD DE SANTANDER - UDES	165	21	13%
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	144	16	11%
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	172	18	10%
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	172	18	10%
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA	138	14	10%
UNIVERSIDAD EIA	179	18	10%
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	160	16	10%
UNIVERSIDAD DEL SINÚ	170	17	10%
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR	162	16	10%
UNIVERSIDAD DE LA COSTA	160	15	9%
UNIVERSIDAD DEL VALLE	153	14	9%
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER - UIS	172	15	9%
PROMEDIOS	161	21	13%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3 se puede observar que la Universidad Antonio Nariño de Bogotá ocupa el lugar más alto en porcentaje de créditos académicos relacionados con la Industria 4.0 con un 20%, aparece y llama mucho la atención la Universidad Tecnológica del Choco con un 17% mismo porcentaje de la Universidad del Norte en Barranquilla. Además se mantiene la UIS en la última posición con un porcentaje del 9%. Cabe resaltar que aunque algunas universidades poseen una cantidad de total créditos mayor al valor promedio de créditos, aun así están por debajo del porcentaje promedio de créditos relacionados con la Industria 4.0, esto indica que en esas universidades la adopción del tema de estudio en su malla curricular es bajo.

Con los porcentajes de asignaturas y los porcentajes de créditos relacionados con la Industria 4.0 de cada universidad se crea la Tabla 4, esta tabla tiene como objetivo establecer un ranking promediando los porcentajes mencionados anteriormente.

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

Tabla 4***RANKING DE ADOPCIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 SEGÚN ESTUDIO***

RELACIÓN PROMEDIO ENTRE PORCENTAJES DE ASIGNATURAS Y CRÉDITOS DEL PROGRAMA DE ING. INDUSTRIAL CON LA INDUSTRIA 4.0						
RANK	CARÁCTER	NOMBRE	CIUDAD	% ASIG. REL. I4.0	% CRED. REL. I4.0	% PROM. ASIG. Y CRED. REL. I4.0
1	PRIVADA	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	BOGOTÁ	18%	20%	19%
2	PUBLICA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	BOGOTÁ	19%	16%	17%
3	PUBLICA	UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	BOGOTÁ	19%	15%	17%
4	PRIVADA	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	MEDELLÍN	17%	16%	16%
5	PUBLICA	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCO	QUIBDÓ	15%	17%	16%
6	PRIVADA	UNIVERSIDAD DEL NORTE	B/QUILLA	15%	17%	16%
7	PRIVADA	UNI. DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO	BOGOTÁ	16%	15%	16%
8	PRIVADA	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA	BOGOTÁ	15%	15%	15%
9	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE LA SABANA	BOGOTÁ	15%	14%	15%
10	PUBLICA	UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA	RIOHACHA	15%	14%	14%
11	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	BOGOTÁ	13%	16%	14%
12	PRIVADA	UNIVERSIDAD ICESI	CALI	14%	14%	14%
13	PUBLICA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	PAMPLONA	14%	13%	14%
14	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE LA SALLE	BOGOTÁ	13%	14%	14%
15	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN	MEDELLÍN	13%	13%	13%
16	PRIVADA	UNI. AUTÓNOMA DE MANIZALES	MANIZALES	13%	13%	13%
17	PRIVADA	FUN. UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA	VALLEDUPAR	12%	14%	13%
18	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE SANTANDER - UDES	B/MANGA	12%	13%	13%
19	PRIVADA	UNIVERSIDAD EL ROSARIO	BOGOTÁ	11%	13%	12%
20	PRIVADA	UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	BOGOTÁ	12%	11%	12%
21	PRIVADA	PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA	BOGOTÁ	12%	10%	11%
22	PUBLICA	UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	MONTERÍA	11%	10%	11%
23	PRIVADA	UNIVERSIDAD EIA	MEDELLÍN	11%	10%	11%
24	PUBLICA	UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	SANTAMARTA	10%	10%	10%
25	PUBLICA	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	MEDELLÍN	11%	10%	10%
26	PUBLICA	UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR	B/QUILLA	10%	10%	10%
27	PUBLICA	UNIVERSIDAD DEL VALLE	CALI	10%	9%	10%
28	PRIVADA	UNIVERSIDAD DEL SINÚ	CARTAGENA	9%	10%	10%
29	PRIVADA	UNIVERSIDAD DE LA COSTA	B/QUILLA	10%	9%	10%
30	PUBLICA	UNI. INDUSTRIAL DE SANTANDER - UIS	B/MANGA	9%	9%	9%

Fuente: Elaboración Propia*Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.*

Según el Ranking obtenido la universidad que más relaciona o intenta enfocar su malla curricular hacia la Industria 4.0 es la Universidad Antonio Nariño de la ciudad de Bogotá con un promedio general del 19%, seguida por la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Militar Nueva Granada ubicadas en la ciudad de Bogotá ambas con un promedio general del 17%. Por otra parte la región caribe se hace presente con la Universidad del Norte de la ciudad de Barranquilla con un promedio del 16% ubicada en la sexta posición mismo porcentaje para la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín y la Universidad Tecnológica del Choco ubicada en la ciudad de Quibdó que ocupan el puesto 4 y 5 respectivamente. También se puede evidenciar que en el último lugar se encuentra la Universidad Industrial de Santander de la ciudad de Bucaramanga con un porcentaje del 9% acompañada de varias universidades públicas de la región caribe con un porcentaje del 10%.

Cabe aclarar, que estos datos no quieren decir que esa sea la cantidad exacta de contenido directamente impartido sobre Industria 4.0 y las tecnologías que la conforman, estos datos nos brindan una aproximación o una noción parcial de la presencia de la Industria 4.0 en las IES analizadas.

Encaminar el Programa de Ing. Industrial en las IES a una Mayor Adopción de la Industria 4.0

La clave para el desarrollo social y económico de un territorio depende en gran medida del nivel educativo de su población y de la capacidad que poseen para adaptarse a los cambios tecnológicos que hoy en día son cada vez más frecuentes, los países más

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

desarrollados han tomado iniciativas para preparar y capacitar a su fuerza laboral en los campos relacionados a la Industria 4.0 y a la digitalización por medio de mejores procesos pedagógicos de la educación superior, que usan como herramienta las ventajas que brindan las nuevas tecnologías emergentes y cuyo objetivo es la evolución de los enfoques pedagógicos en los procesos de formación de nuevos profesionales idóneos para satisfacer las necesidades existentes en una sociedad moderna que se encuentra en constante cambio (Miranda et al., 2021). Debido a esto se hace necesario que las Instituciones de Educación Superior (IES) cambien al ritmo que lo hace el mundo, que cada vez se preocupen más por crear, buscar y aplicar nuevas metodologías de enseñanza y que los educadores tengan plena conciencia de las necesidades actuales del mundo industrial y laboral.

Establecer una hoja de ruta para que las Instituciones de Educación Superior que ofertan el programa de Ingeniería Industrial se apropien del concepto de Industria 4.0 se hace sumamente necesario e inmediato, la inclusión de este tema que esta transformado la industria moderna en las páginas web del programa, como en su plan de estudios y su malla curricular no pueden pasar desapercibidas, se debe concientizar desde el inicio a los futuros profesionales que buscan formarse en el programa de Ing. Industrial sobre la importancia, el trasfondo, el impacto y el reto que abarca abordar las tecnologías presentes en esta cuarta revolución industrial. Para ello es necesario que las IES en su programa de Ing. Industrial realicen una serie de cambios y adaptaciones que se mencionan a continuación:

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

- Actualizar la interfaz de la página del programa de Ing. Industrial a algo más moderno y de mejor visibilidad, especialmente en las IES públicas que es donde más se evidencia esta falencia.
- Hacer mención directa sobre la cuarta revolución industrial de forma textual, en videos didácticos o en folletos descargables y la forma en como esta será abordada por el programa.
- Crear componentes y áreas de formación específicas en el plan de estudio directamente relacionadas con la Industria 4.0.
- Alinear el Proyecto Educativo del Programa con la realidad y las tendencias más relevantes de la Ing. Industrial, donde se asegure una formación con fundamentos científicos y tecnológicos idóneos para las futuras generaciones de ingenieros que deberán enfrentar nuevos escenario tecnológicos y económicos en constante cambio.
- Incluir en la maya curricular del programa de Ing. Industrial asignaturas específicas que tengan relación con la Industria 4.0 y las tecnologías que la componen, es decir, crear una nueva línea académica en la malla curricular del programa centrada en Industria 4.0.
- Modificar y/o actualizar constantemente o al nivel de las necesidades existentes el contenido académico de las asignaturas del área de formación profesional del programa en función de la Industria 4.0.

- Desarrollar o implementar metodologías de enseñanza que exijan cada vez más un mayor uso de las tecnologías de la información y comunicación.
- Capacitar, actualizar y evaluar de forma periódica a la planta de docentes del programa de Ing. Industrial en el uso y conocimiento de herramientas tecnológicas.
- El programa de Ing. Industrial debe contar con una planta física de laboratorios en condiciones óptimas para uso y utilización de docentes y estudiantes, con herramientas tecnológicas y físicas que permitan una buena aproximación a condiciones reales de la industria.
- Los docentes deben procurar cada vez más evaluar sus asignaturas por medio del uso de herramientas tecnológicas con algunos softwares específicos y dejar poco a poco la utilización de lápiz y papel.
- Se deben utilizar en la medida de lo posible casos de estudio real sobre análisis y resolución de problemas para acercar a los futuros ingenieros a un contexto más realista desde la academia, estos casos deben ser actuales y deben contener características propias de la Industria 4.0.

Seguramente los cambios y adaptaciones que se proponen requieren de tiempo y una buena inversión económica, pero es algo que debe comenzar su ejecución en el menor lapso de tiempo posible, ya que estamos al borde de una revolución tecnológica como nunca se ha visto, la digitalización y la automatización del trabajo y de la gran mayoría

de actividades económicas crece de forma exponencial junto con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, es por ello que los sistemas educativos y sus instituciones partiendo desde la básica hasta la educación superior están llamadas a cambiar, adaptarse y evolucionar o a estancarse, desaparecer y perder todo tipo de ventaja competitiva que esta pueda ofrecer.

El concepto de Industria 4.0 abarca un gran número de tecnologías, diferentes autores tienen diferentes apreciaciones sobre los pilares tecnológicos que conforman esta cuarta revolución industrial, pero todos ellos reconocen ciertas tendencias tecnológicas que sientan las bases sobre las cuales se construye este concepto, teniendo en cuenta las conjeturas de los autores consultados a lo largo de este documento y bajo el criterio propio del autor del mismo, se destacan algunas áreas de la Industria 4.0 que son trascendentales para la transformación de los contenidos académicos en los programas de Ing. Industrial de las IES del país. Las tecnologías que deben ser tratadas y estudiadas durante la formación de los Ing. Industriales para que estos se conviertan en futuros especialistas de la industria son principalmente tres tecnologías que destacan de todas las que conforman esta cuarta revolución industrial, estas tecnologías son el Internet de las Cosas IoT (que incluye en su campo de acción al Internet de los Servicios IoS, y al muy importante Internet Industrial de las Cosas IIoT), el Big Data y la Inteligencia Artificial (IA). También deben ser abordados en la formación conceptos como el Cloud Computing y el Edge Computing, la Realidad Aumentada y los Sistemas Ciber-físicos, se debe destacar que estos conceptos no solo deben ser socializados a los futuros profesionales de forma teórica, es objetivo de los docentes investigar metodologías prácticas con las que

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

puedan enseñar e introducir a los estudiantes a la aplicación de estas tecnologías, buscar y evaluar casos de aplicación real en las que se evidencia el impacto que genera la aplicación de estas tecnologías en las empresas y organizaciones.

Nivel de Adopción de la Industria 4.0 en la Universidad de Pamplona

La Universidad de Pamplona se caracteriza por ser una de las mejores universidades y las más grande del nororiente de Colombia, cuanta con acreditación de alta calidad y su sede principal se encuentra ubicada en el municipio de Pamplona en el departamento de Norte de Santander. La Universidad de Pamplona cuenta con una gran cantidad de oferta educativa en las diferentes áreas del conocimiento y acoge estudiantes de todas las regiones del país.

El programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Pamplona se tomó en cuenta para el análisis realizado anteriormente, donde se observa el nivel de asimilación del concepto de Industria 4.0 en la página web del programa, el plan de estudios y su malla curricular, los resultados obtenidos se pueden ver en las tablas 2, 3 y 4 de las cuales podemos extraer las siguientes observaciones: en la tabla 2 se puede observar que las asignaturas relacionadas a la Industria 4.0 representan un 14% del total, ubicándose ligeramente por encima del promedio general que es del 13%. Por otro lado en la tabla 3 donde se mide la cantidad de créditos que se relacionan con la Industria 4.0 la Universidad de Pamplona presenta un 13% de relación respecto al total de créditos, esto la ubica justo en el valor promedio que es también del 13%. Finalmente en la tabla 4 donde se muestra un Ranking sobre el nivel de adopción de la Industria 4.0 la

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

Universidad de Pamplona se ubica en el puesto 13 con un promedio general del 14% lo cual la deja a su vez como la 5 universidad pública con mejor ubicación en el Ranking general.

Otro aspecto analizado fue la página web del programa donde se puede observar que se necesita de una modernización de la interfaz que la haga más visible e intuitiva, elaborar contenido audiovisual donde se expongan las ventajas de estudiar en la universidad de Pamplona e introducir a los aspirantes a los temas más relevantes de la carrera y de la Industria 4.0, dejar impreso en ellos la noción de un programa enfocado en las últimas tendencias tecnológicas y la forma en que estas se relación con su campo de acción profesional.

La Universidad de Pamplona al igual que la mayoría de universidades del país tiene un gran reto que enfrentar, la modernización de sus plataformas, mallas curriculares y contenidos programáticos es una tarea ardua que requiere de mucha investigación y de inversión económica, en términos generales el nivel de adopción de la Industria 4.0 en la Universidad de Pamplona es bajo, requiere de modificaciones y actualizaciones en su malla curricular, laboratorios, técnicas y metodologías, además de alienar el proyecto educativo del programa con la misión y la visión de formar profesionales expertos en las nuevas tendencias tecnológicas, capaces de salir al mundo laboral con los conocimientos necesarios para brindar a las empresas mejores técnicas, estándares y sistemas productivos.

Conclusiones

La Industria 4.0 representa el presente y el futuro de la industria moderna, su alcance y las perspectivas futuras son inimaginables además de tener la capacidad de impactar todos los sectores productivos, económicos y sociales.

Poseer conocimientos prácticos y teóricos sobre las tecnologías con las cuales se construye esta cuarta revolución industrial es un requisito que todo profesional hoy en día debe tener, esto le permitirá un mejor desempeño laboral y podrá convertirse en un profesional que impacte positivamente su empresa y su área de trabajo.

Las Instituciones de Educación Superior deben enfocar sus esfuerzos en poder interiorizar y hacer parte del plan de formación profesional la Industria 4.0, debido a que este concepto es multidisciplinar y puede ser enfocado en pro de cada carrera profesional y en pro de cada área del conocimiento, lo que cambia es la forma en que la debe utilizar cada profesional para brindar los mejores beneficios a su campo de acción.

Las tecnologías que conforman esta cuarta revolución industrial y que deben ser abordadas por las IES en su malla curricular de forma directa son el IoT, IoS, IIoT, Big Data, Inteligencia Artificial y la Realidad Aumentada en aplicaciones industriales.

De los resultados obtenidos se genera una visión parcial sobre la presencia de la Industria 4.0 en el programa de Ing. Industrial de diferentes IES del país y deja claro que el promedio general de adopción del tema debe mejorar drásticamente ya que este representa un 13% del contenido total del programa lo cual esta incluso 2 veces por debajo del contenido promedio de ciencias básicas que se imparten en los programas y que de manera general representan un 25 a 30% del total de la carga académica.

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

Las asignaturas y créditos del área de ciencias básicas de la ingeniería y el área profesional del programa de Ing. Industrial deben ser actualizadas y directamente relacionadas con la Industria 4.0 para brindar a los futuros profesionales una formación acorde a las exigencias y las necesidades presentes en la industria moderna, las IES deben preparar a sus estudiantes de una forma tal que puedan adaptarse a los cambios futuros que tengan la capacidad de desempeñarse en labores y empresas que aún existen, además de estar listos y tener las herramientas y la habilidad de resolver problemas y necesidades que surgen con los nuevos, rápidos y grandes avances tecnológicos presentes en esta cuarta revolución industrial.

Las mallas curriculares todos los programas de Ing. Industrial de deben ser modificadas y actualizadas ya que no cuentan con ninguna asignatura que lleve por nombre algún concepto o tecnología principal de la Industria 4.0, el 97% de las universidades estudiadas no cumplen con este parámetro, a excepción de la Universidad Tecnológica del Choco en cuya malla curricular se encuentran asignaturas con el Big Data y la Inteligencia artificial

Lo más importante de todo es mencionar que el programa de Ing. Industrial debe cambiar, evolucionar y adaptarse, debe pasar a una transición más tecnológica, utilizando cada vez más las tecnologías de la información y las comunicaciones en sus métodos de enseñanza, debe disponer de una planta docente preparada para enfrentar este reto salir de su zona de confort e innovar con técnicas y metodologías nuevas. Y sobre todo y aun más importante que lo dicho anteriormente, el programa de Ingeniería Industrial debe pasar a un nuevo estado, un estado superior, donde este se fusione con los Sistemas Informáticos, ya

Importancia de la Industria 4.0 Para la Formación del Presente y Futuro de los Ingenieros Industriales.

que básicamente todas las tecnologías presentes en la Industria 4.0 funcionan bajo ese concepto.

Bibliografía

- ALTERTECNIA (2022). *Blockchain y sus Aplicaciones en Industria*. Recuperado de <https://altertecnica.com/blockchain-aplicaciones-en-industria/>
- AUTYCON (2020). *Sistemas ciberfísicos: la evolución del entorno industrial en la era 4.0*. Recuperado de <https://www.autycom.com/sistemas-ciberfisicos/>
- D. Flórez & J. Monroy (2022). *La Red Blockchain y su Rol en la Industria y la Automatización*. (Artículo Científico, Universidad Santo Tomas). Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/42778/2021FlorezDairo.pdf?sequence=6>
- E. Rodal (2018). *Inteligencia Artificial en la Industria 4.0*. (Podcast Industria 4.0). recuperado de <https://www.podcastindustria40.com/inteligencia-artificial-industria/>
- Hermann M., Pentek T. & Otto B., (2016). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. (Working Paper, Technische Universität Dortmund). Recuperado de https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2759968/mod_folder/content/0/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf?forcedownload=1
- Humanez C., Humanez R., Moreno J. & Moreno L (2021). *Análisis del impacto de la educación superior en el desarrollo de la cuarta revolución industrial en Colombia*. (Trabajo de Grado, Universidad el Bosque). Recuperado de https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/6535/Humanez_Diaz_Carlos_Jose_2021.pdf?sequence=1
- IBERDROLA (2021). *¿Qué es el IIoT? Descubre el Internet Industrial de las Cosas*. Recuperado de <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-iiot>
- Industrial Internet Consortium IIC (2018). *Introduction to Edge Computing in IIoT*. (Informe Técnico). Recuperado de [Introduction to Edge Computing in IIoT \(iiconsortium.org\)](https://www.iiconsortium.org)
- Internet Society (2015). *La Internet de las Cosas – Una breve reseña*. Recuperado de: <https://www.internetsociety.org/es/resources/doc/2015/iiot-overview/>
- J. Sampietro (2020). *Transformación Digital de la Industria 4.0*. (Artículo de Investigación, Polo del Conocimiento). Recuperado de <https://dialnet-unirioja-es.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/descarga/articulo/7554338.pdf>

- J. Sossa (2020). *El Papel de la Inteligencia Artificial en la Industria 4.0*. (Trabajo de Investigación, Instituto Politécnico Nacional). Recuperado de https://ru.iibi.unam.mx/jspui/bitstream/IIBI_UNAM/89/1/01_inteligencia_artificial_juan_sossa.pdf
- Khan-Tahseen et al. (2022). *Machine learning (ML)-centric resource management in cloud computing: A review and future directions*. (Artículo de Investigación). Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S1084804522000649>
- Kumar, K., Zindani, D., & Davim, J. (2019). *Industry 4.0, Developments towards the fourth industrial revolution*. Singapore: Springer.
- MICROTECH (2022). *¿Qué Tecnologías Conforman la Industria 4.0?* Recuperado de <https://www.microtech.es/blog/que-tecnologias-conforman-la-industria-4.0>
- MinTic. (2019). *Aspectos Básicos de Industria 4.0*. Recuperado de MinTic: https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf
- Miranda, J., Noguez, J., Navarrete, C., Molina-Espinosa, J., Ramírez-Montoya, M., NavarroTuch, S., . . . Molina, A. (2021). *The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education*. Computers & Electrical Engineering, 93. doi: 10.1016/j.compeleceng.2021.107278
- National Institute of Standards and Technology NIST (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*. (Publicación Especial). Recuperado de NIST SP 800-145, *The NIST Definition of Cloud Computing*
- NetworkWorld (2022). *¿What is edge computing and why does it matter?* By Jon Gold and Keith Shaw. Recuperado de <https://www.networkworld.com/article/3224893/what-is-edge-computing-and-how-it-s-changing-the-network.html>
- Quacquarelly Symonds (2022). *QS World University Rankings 2023: Top global universities*. Recuperado de <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2023>
- Rozo, F. (2020). *Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0*. Revista UIS Ingenierías. (Artículo, Revista UIS). Recuperado de: <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>

- Sjøbakk, B. (2018). *The Strategic Landscape of Industry 4.0*. In: Moon, I., Lee, G. M., Park, J., Kiritsis, D. & von Cieminski, G. (Ed.) (2018). *Advances in Production Management Systems: Smart Manufacturing for Industry 4.0*, Frankfurt: Springer: pages 122 – 127.
- Sukhodolov, Y. (2019). *The Notion, essence and peculiarities of Industry 4.0 as a sphere of industry*. In: Popkova, E. G. et al. (2019). *Industry 4.0: industrial revolution of the 21st century*. Warsaw, Poland: Springer.
- SYDLE (2021). *Big Data: Definición, Importancia y Tipos*. Recuperado de <https://www.sydle.com/es/blog/big-data-definicion-importancia-y-tipos-614b791388e600016afa7fc3/#:~:text=Big%20Data%20es%20un%20gran%20volumen%20de%20datos%2C%20estructurados%20y,uso%20de%20la%20tecnologia%20adaptable>.
- TatvaSoft (2020). *Modelos de Computación en la Nube*. Recuperado de Modelos de computación en la nube - TatvaSoft Blog
- Times Higher Education (2022). *World University Rankings 2023*. Recuperado de https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2023/world-ranking#!/page/0/length/50/locations/COL/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats
- Villalonga et al. (2018). *El Control de Sistemas Ciberfísicos Industriales. Revisión y Primera Aproximación. (Trabajo de Investigación)*. Recuperado de https://oa.upm.es/51712/7/JA2018_Villalonga_et_al_v2.pdf
- XATACA (2018). *Edge Computing: qué es y por qué hay gente que piensa que es el futuro*. (Elaborado por Javier Pastor). Recuperado de <https://www.xataka.com/internet-of-things/edge-computing-que-es-y-por-que-hay-gente-que-piensa-que-es-el-futuro>
- Ynzunga C., Izar J., Bocarando J., Aguilar F. & Larios M., (2017). *El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras*. (Artículo, Colaboración). Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>