

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, marzo, 2025, Volumen VI

La importancia de la Educación en Ingeniería 4.0 en la Cuarta Revolución Industrial

**The importance of Engineering Education 4.0 in the Fourth
Industrial Revolution**

Eusebio Jiménez López

ejimenezl@msn.com
<https://orcid.org/0000-0001-6893-3550>
Universidad La Salle Noroeste-ITESCA-UTS
Cd. Obregón, Sonora – México

Yadira Beltrán Márquez

ybeltran@uts.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8169-1717>
Universidad Tecnológica del Sur de Sonora
Cd. Obregón, Sonora – México

Eduardo Núñez Pérez

eduardo.nunez@lasallenoroeste.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0002-0752-7561>
Universidad La Salle Noroeste
Cd. Obregón, Sonora – México

Ruth Alonso Aldana

ralonso@uts.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3684-1613>
Universidad Tecnológica del Sur de Sonora
Cd. Obregón, Sonora – México

Omar López Chávez

omarlopez@itesca.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0005-4893-5694>
Instituto Tecnológico Superior de Cajeme
Cd. Obregón, Sonora – México

Lilia Zulema Gaytán Martínez

zgaytan@uts.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4280-6064>
Universidad Tecnológica del Sur de Sonora
Cd. Obregón, Sonora – México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3639>

Artículo recibido: 06 de marzo de 2025.

Aceptado para publicación: 20 de marzo de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3639>

La importancia de la Educación en Ingeniería 4.0 en la Cuarta Revolución Industrial

The importance of Engineering Education 4.0 in the Fourth Industrial Revolution

Eusebio Jiménez López

ejimenezl@msn.com

<https://orcid.org/0000-0001-6893-3550>

Universidad La Salle Noroeste-ITESCA-UTS

Cd. Obregón, Sonora – México

Yadira Beltrán Márquez

ybeltran@uts.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8169-1717>

Universidad Tecnológica del Sur de Sonora

Cd. Obregón, Sonora – México

Eduardo Núñez Pérez

eduardo.nunez@lasallenoroeste.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0002-0752-7561>

Universidad La Salle Noroeste

Cd. Obregón, Sonora – México

Ruth Alonso Aldana

ralonso@uts.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3684-1613>

Universidad Tecnológica del Sur de Sonora

Cd. Obregón, Sonora – México

Omar López Chávez

omarlopez@itesca.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0005-4893-5694>

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

Cd. Obregón, Sonora – México

Lilia Zulema Gaytán Martínez

zgaytan@uts.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4280-6064>

Universidad Tecnológica del Sur de Sonora

Cd. Obregón, Sonora – México

Artículo recibido: 06 de marzo de 2025. Aceptado para publicación: 20 de marzo de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La Industria 4.0 (I4.0) está revolucionando de forma y fondo los procesos productivos de las empresas y está transformando radicalmente el trabajo y los negocios. Para hacerle frente a los retos y desafíos de la Cuarta Revolución Industrial (4RI) se ha concebido el término "Educación 4.0" que estudia aquellos cambios necesarios que deben realizarse en los sistemas educativos para orientar las enseñanzas y los aprendizajes hacia la visión de la I4.0. La Educación en Ingeniería 4.0, que forma parte de la Educación 4.0, se concibe cuando los cambios se dirigen a la formación de los nuevos ingenieros que demanda el nuevo paradigma industrial. El objetivo del presente artículo es estudiar a grandes rasgos la visión de la Educación en Ingeniería 4.0 y describir algunos aspectos importantes sobre las nuevas competencias de los ingenieros que le harán frente a la 4RI. Se utilizó la metodología


descriptiva-cualitativa para desarrollar la investigación. Se presentaron algunos estudios relacionados con la Educación en Ingeniería en la visión de la I4.0 aplicados a la Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica. Se determinó que las aplicaciones de la I4.0 no son posibles sin la formación adecuada de los ingenieros y que es necesario que la Educación en Ingeniería implemente modelos pedagógicos actualizados, como la Educación Basada en Competencias y las Metodologías Activas, así como las tecnologías disruptivas, como la Inteligencia Artificial y las Tecnologías de la Información y Comunicación, en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje para poder alinearse a la I4.0.

Palabras clave: educación en ingeniería 4.0, industria 4.0, tecnologías disruptivas

Abstract

Industry 4.0 (I4.0) is revolutionizing in form and substance the production processes of companies and is radically transforming work and business. In order to face the challenges of the Fourth Industrial Revolution (4IR), the term "Education 4.0" has been conceived to study the necessary changes that must be made in educational systems to guide teaching and learning towards the vision of I4.0. Engineering Education 4.0, which is part of Education 4.0, is conceived when the changes are aimed at training the new engineers demanded by the new industrial paradigm. The aim of this article is to study in broad strokes the vision of Engineering Education 4.0 and to describe some important aspects about the new competences of the engineers who will face the 4IR. The descriptive-qualitative methodology was used to develop the research. Some studies related to Engineering Education in the vision of I4.0 applied to Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Mechatronics Engineering were presented. It was determined that I4.0 applications are not possible without the proper training of engineers and that it is necessary for Engineering Education to implement updated pedagogical models, such as Competency Based Education and Active Methodologies, as well as disruptive technologies, such as Artificial Intelligence and Information and Communication Technologies, in the teaching and learning processes in order to be aligned to I4.0.

Keywords: education in engineering 4.0, industry 4.0, disruptive technologies

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Jiménez López, E., Beltrán Márquez, Y., Núñez Pérez, E., Alonso Aldana, R., López Chávez, O., & Gaytán Martínez, L. Z. (2025). La importancia de la Educación en Ingeniería 4.0 en la Cuarta Revolución Industrial. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (2), 443 – 465. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3639>

INTRODUCCIÓN

Los avances científicos y tecnológicos de los últimos 30 años han producido cambios de forma y de fondo en los sistemas productivos, en los negocios y en la vida del hombre. Actualmente, 35 tecnologías disruptivas están interactuando en las industrias (Bongomin et al. 2020) y cada una de ellas tiene el potencial de crear nuevos negocios y mercados. La introducción de estas tecnologías a los sistemas de producción dio origen en el año 2011 al concepto de “Industria 4.0” o “Cuarta Revolución Industrial” (Sariwati y Universitas, 2024). Este concepto ha sido considerado y tratado con rigor por diversos investigadores, académicos, empresarios y gobernantes, debido a que los cambios que están originando las tecnologías disruptivas son profundos y a la fecha no se han evaluado sus verdaderas implicaciones en los sistemas productivos, en los negocios y en las organizaciones (Jiménez et al. 2023). La Inteligencia Artificial, los Sistemas Ciberfísicos, los Gemelos Digitales, el Big Data, el Cómputo en la Nube, la Manufactura Aditiva, la Robótica colaborativa y la Ciberseguridad, son algunas de las tecnologías disruptivas que están asociadas con la I4.0 (Bongomin et al. 2020).

Los cambios que trae consigo la 4RI no solo afectan a las empresas, sino que tienen implicaciones en la salud, en los negocios y en la educación, entre otros rubros. En este sentido, el concepto de “Educación 4.0” ha sido creado para estudiar las implicaciones y los cambios necesarios que ocurren en la educación con la misión de alinear los procesos educativos hacia la visión de la I4.0 (Himmetoglu, Aydogu y Bayrakm, 2020). De acuerdo Hariharasudan y Kot (2018), la Educación 4.0 es la responsable de hacerle frente a la I4.0 y busca mejorar las competencias tecnológicas digitales en todos los niveles, así como potenciar el uso de las tecnologías digitales para la enseñanza y el aprendizaje.

Por otro lado, a la formación por competencias de los ingenieros orientados hacia las metas y los objetivos de la 4RI se le conoce como “Educación en Ingeniería 4.0” (Jiménez et al. 2024). La educación de los ingenieros está siendo transformada por la inserción de las tecnologías disruptivas en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje, y por la exigencia de nuevas competencias y habilidades de aquellos sectores empresariales que están migrando de la Industria 3.0 a la I4.0. Los ingenieros deben poseer diversas habilidades, entre ellas, la de construir una fuerte mentalidad de aprendizaje constante con la cual les sea posible adaptarse a los cambios rápidos e innovaciones tecnológicas que se van presentando día a día en el ámbito industrial (Chakrabarti et al. 2021). La Educación en Ingeniería es una de las bases fundamentales para la implementación de la I4.0 y debe ser mejorada para formar a los ingenieros que le harán frente a los retos y desafíos de la 4RI. Algunos cambios que la Educación en Ingeniería debe realizar para la nueva formación son, de acuerdo con Neaga (2019), los siguientes: 1) el desarrollo de programas interdisciplinarios que integren ciencia, ingeniería, innovación y colaboración con las industrias y 2) mejorar los entornos de aprendizaje.

En este artículo se presenta una visión general de la Educación en Ingeniería en el contexto de la 4RI y se discuten los cuatro pilares fundamentales de la Educación 4.0. Se analizan las implicaciones de la inserción de las tecnologías disruptivas a la educación de los ingenieros y los métodos pedagógicos que se están proponiendo para mejorar los aprendizajes. Se describe la importancia de la Educación en Ingeniería 4.0 como base de la I4.0 y se analizan las competencias que deben dominar los Ingenieros 4.0 (formados en el enfoque de la I4.0).

METODOLOGÍA

La investigación desarrollada en este artículo tiene un enfoque descriptivo. De acuerdo con Guevara, Verdesoto y Castro (2020), la investigación descriptiva se efectúa cuando se desea describir en todos sus componentes principales una realidad. En este sentido en el presente trabajo se busca conocer parte de la realidad de la I4.0 en la Educación en Ingeniería, identificando experiencias, enfoques aplicativos y direcciones sobre las competencias de los Ingenieros 4.0. El tipo de estudio considerado en este trabajo es cualitativo. Según Hernández, Collado y Baptista (2014), este estudio utiliza la

recolección y el análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. El enfoque cualitativo busca principalmente la dispersión o expansión de los datos e información, mientras que el enfoque cuantitativo pretende acotar intencionalmente la información. En esta investigación se analizará cualitativamente a la I4.0, la Educación 4.0, la Educación en Ingeniería 4.0 y algunas aplicaciones en las ingenierías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presenta un breve resumen acerca de las revoluciones industriales y sus principales tecnologías disruptivas. Posteriormente, se describe el concepto de "Educación 4.0" y sus principales directrices, así como un panorama de las implicaciones de la I4.0 en la Educación en Ingeniería. Además, se presentan algunos ejemplos de la Educación en Ingeniería orientada a la I4.0, en especial en: 1) la Ingeniería Mecánica, 2) la Ingeniería Industrial y 3) la Ingeniería Mecatrónica.

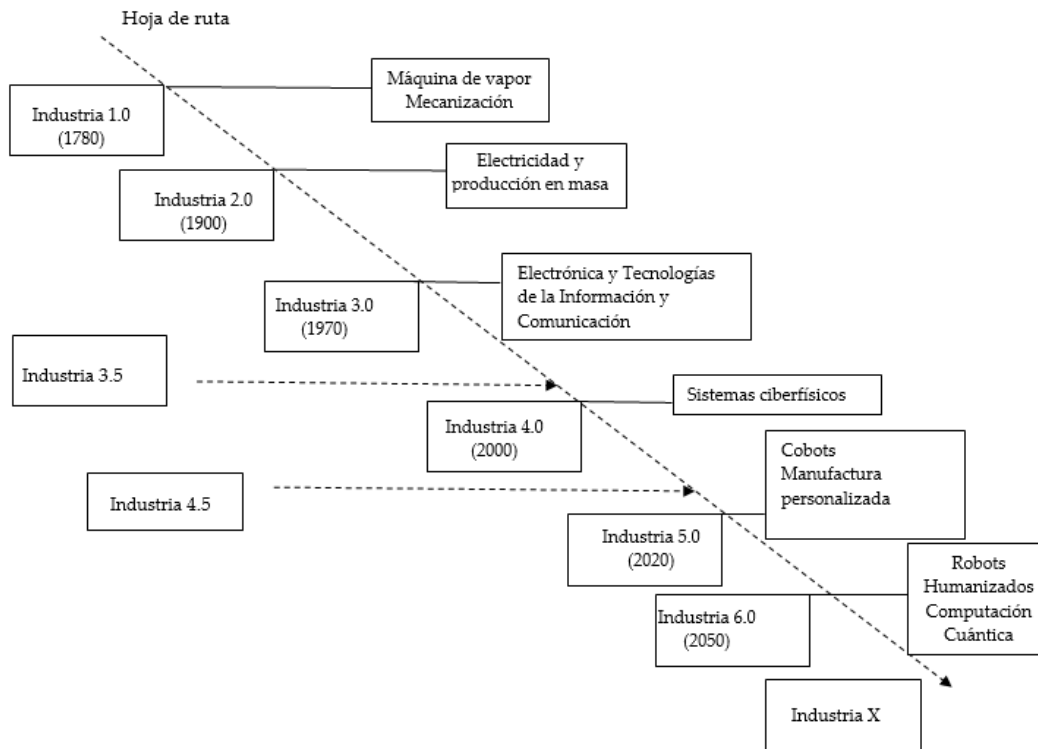
Las revoluciones industriales

El inicio de las revoluciones industriales se dio alrededor del año 1870 en Inglaterra y marcó la base para la transformación de una sociedad agrícola a una sociedad industrial. A partir de esa fecha se han presentado cuatro revoluciones más, incluso algunos autores hablan de una Quinta Revolución Industrial. La Figura 1 muestra un mapa de ruta de las revoluciones industriales del pasado, presente y futuro (Jiménez et al. 2024).

De acuerdo con la interpretación de la Figura 1, la Primera Revolución Industrial o Industria 1.0 se generó por el desarrollo y la aplicación de dos tecnologías: 1) la máquina de vapor y 2) la mecanización de las empresas y la agricultura. La Segunda Revolución Industrial o Industria 2.0 fue iniciada por la presencia industrial de la electricidad y el desarrollo del sistema de ensamblaje de Ford. La Tercera Revolución Industrial o Industria 3.0 dio inicio en el año de 1970 y las principales tecnologías disruptivas fueron la electrónica, la automatización y las Tecnologías de la Información y la Comunicación. La Industria 3.0 acumuló todas las experiencias de las anteriores y la computación industrial y la robótica revolucionaron los sistemas de producción en la década de los años 70. La Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial es la más reciente y su tecnología base es el Sistema Ciberfísico (ver Figura 1). La Quinta Revolución Industrial o Industria 5.0 inició alrededor del año 2020 como la era del Internet y la Inteligencia Artificial en el diseño y la fabricación industrial, y tiene en cuenta una nueva orientación de las personas en el entorno industrial, la sostenibilidad y la flexibilidad (Shan et al. 2020). En este paradigma se promueven los "cobots" y la manufactura personalizada (Jiménez et al. 2024). Finlandia empezó a introducir el concepto de "Industria 6.0" o Sexta Revolución Industrial, como una continuación de las Industrias 4.0 y 5.0 (Thaariq et al. 2024). La Computación Cuántica y los Robots Humanizados serán las tecnologías de la Industria 6.0 que se proyecta que dé inicio para en el año 2050 (ver Figura 1). Finalmente, las Industrias 3.5 y 4.5 se refieren a las transiciones entre las Industria 3.0 a la 4.0 y de la Industria 4.0 a la 5.0, respectivamente.

Figura 1

Mapa de ruta de las revoluciones industriales y sus transiciones



Fuente: Jiménez et al. (2024)

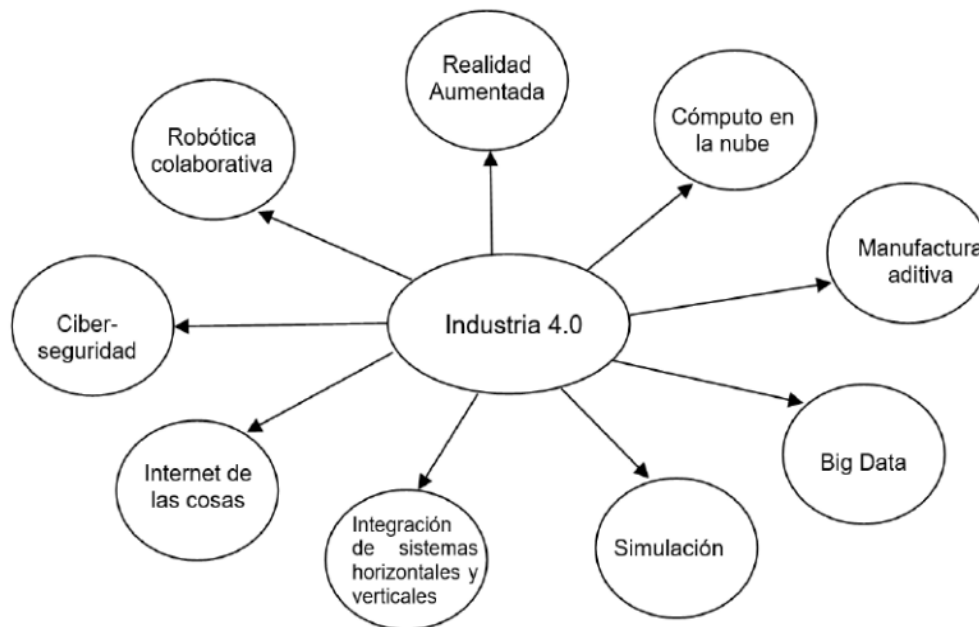
La Industria 4.0.

Las 35 tecnologías disruptivas que están interactuando en las empresas e industrias, cada una de ellas con el potencial de transformar a los mercados, impulsan la consolidación de la 4RI. De acuerdo con Suleiman et al. (2022), el avance de las tecnologías digitales tales como el Internet Industrial de las Cosas y los Sistemas de Producción Ciberfísicos, aceleran la implementación de la I4.0. Existen diversas definiciones de la I4.0, una de ellas es la proporcionada por Kohler y Weisz (2016), que la definen como un enfoque orientado a controlar los procesos de producción al proporcionar la sincronización en tiempo real de los flujos y permitir la fabricación de productos unitarios y personalizados. En términos generales, la I4.0 busca optimizar los procesos productivos derivados de la Industria 3.0 utilizando las diversas tecnologías disruptivas que existen en los mercados. Además, promueve la digitalización de extremo a extremo de los procesos productivos y de sus cadenas de suministro. La I4.0 está transformando de forma y fondo a las empresas y negocios, y está provocando, al promover la hiperautomatización y la hiperconectividad de los sistemas de producción, el desplazamiento de las personas de los centros de trabajo debido al uso de máquinas sofisticadas y de robots inteligentes. De hecho, la I4.0 promueve el desarrollo de las fábricas inteligentes (Smart factories) que operan bajo esquemas de mayor precisión, de manera autónoma y con un incremento de la calidad de los productos, lo que trae beneficios importantes como la reducción de costos de producción, acortamiento de los tiempos de procesos y ahorro de recursos ya que operan como si fueran fábricas oscuras (Dark Factories), es decir, sin humanos (Gisi, 2024). De acuerdo con Bongomin et al. (2020), de las 35 tecnologías disruptivas que están activas, 13 de ellas se consideran de alta relevancia y nueve son los pilares de la I4.0, las cuales se muestran en la Figura 2.

Por otro lado, los Sistemas Ciberfísicos (CPS, por sus siglas en inglés) representan una tecnología disruptiva de las 35 que están activas en las industrias y se consideran como la tecnología central de la Industria 4.0 (ver Figura 1). Cabe mencionar que diversos sistemas de la realidad industrial, los activos físicos y los recursos informáticos operan de manera interconectada, es decir, las computadoras integradas y las redes de comunicación manejan los activos físicos que trabajan en el entorno. Estos sistemas reciben entradas de sensores (señales) y crean un bucle de control inteligente capaz de adaptarse, ser autónomo y mejorar la eficiencia (Lee, 2008). En términos generales un CPS se puede concebir como la integración de activos físicos con sistemas de computación, o bien como sistemas de nueva generación en donde las tecnologías de la computación, comunicación y control están estrechamente integradas y dominan, controlan y monitorean en tiempo real a los activos físicos. De acuerdo con Jiménez et al. (2024), un CPS tiene integrados para su operación a sistemas mecánicos, mecatrónicos y electromecánicos como activos físicos en el mundo real y cibergemelos y gemelos digitales como activos del mundo virtual que se interconectan por medio del Internet de las Cosas (IoT). La Figura 3 muestra un ejemplo de CPS.

Figura 2

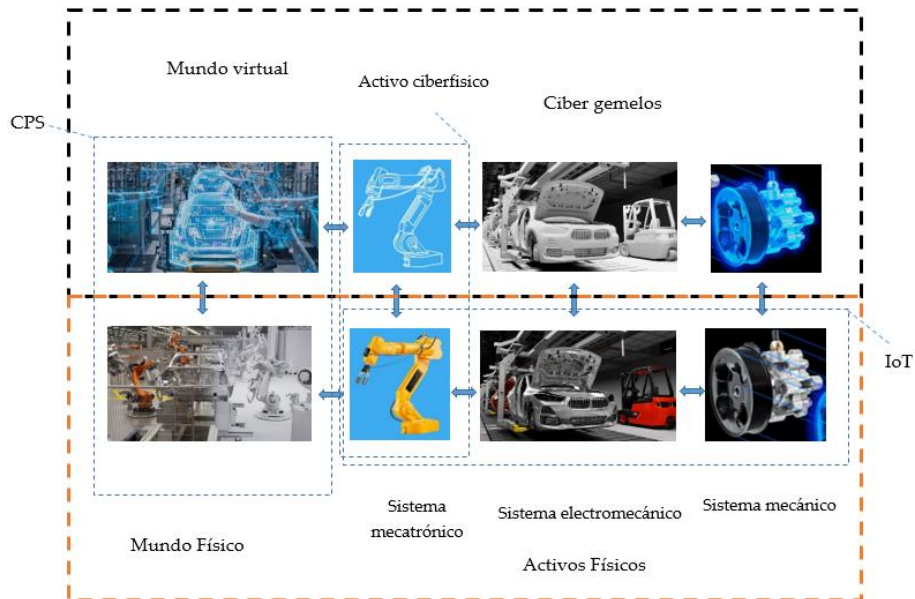
Los pilares de la Industria 4.0



Fuente: Hernández et al. (2019)

Figura 3

Configuración de un CPS



Fuente: Jiménez et al. (2024)

La Industria 4.0 y la educación 4.0

La I4.0 no solo ha provocado cambios en las empresas y en los negocios, también lo ha hecho en los sistemas de salud, la agricultura, la minería y en la educación en general, entre otros campos. En la educación las transformaciones son más lentas que en las empresas y muchas universidades en el mundo desconocen todavía las implicaciones que trae consigo la incursión de la I4.0 en la academia, en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje y en general en la vida universitaria. De hecho, en la actualidad diversas universidades están visualizando los tipos de competencias que se requieren para diseñar el perfil del estudiante del siglo XXI y a la vez estudian las posibilidades de implementar nuevos modelos educativos y sistemas de enseñanza-aprendizaje que busquen la colaboración y que sean acompañados por las llamadas "Tecnologías 4.0" (conectividad, digitalización, virtualización, smartificación y dataficación, entre otras) (Wan, Cai y Zhou, 2015). Debido a la prontitud de la I4.0 (13 años aproximadamente) algunas universidades han estado interactuando de manera empírica con las tecnologías disruptivas y también han estado desarrollando proyectos educativos experimentales para conocer sus efectos en la educación. De la misma manera, desde hace décadas algunos métodos pedagógicos, principalmente centrados en el aprendizaje, se han estado implementando en las escuelas y universidades como, por ejemplo, el enfoque por competencias y las metodologías activas, entre otros. Sin embargo, debido a la presión de la I4.0 hacia el sector educativo se ha concebido el concepto de "Educación 4.0" que representa una respuesta a las necesidades de la 4RI, en la que el ser humano y la tecnología se alinean para hacer realidad nuevas posibilidades (Aziz, 2018). Una definición de Educación 4.0 propuesta por Miranda et al. (2021), es la siguiente:

"La Educación 4.0 es el periodo en el que el sector educativo aprovecha las TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación) emergentes para mejorar los procesos pedagógicos que se complementan con nuevos métodos de aprendizaje y herramientas didácticas y de gestión innovadoras, así como de las infraestructuras inteligentes y sostenibles utilizadas durante los actuales

procesos de enseñanza-aprendizaje para la formación y el desarrollo de competencias clave en el alumnado actual", Miranda et al. (2021).

De acuerdo con la definición anterior, es posible desprender tres grandes caminos de la Educación 4.0:

El aprovechamiento de las TICs y las tecnologías disruptivas de la I4.0 en la educación.

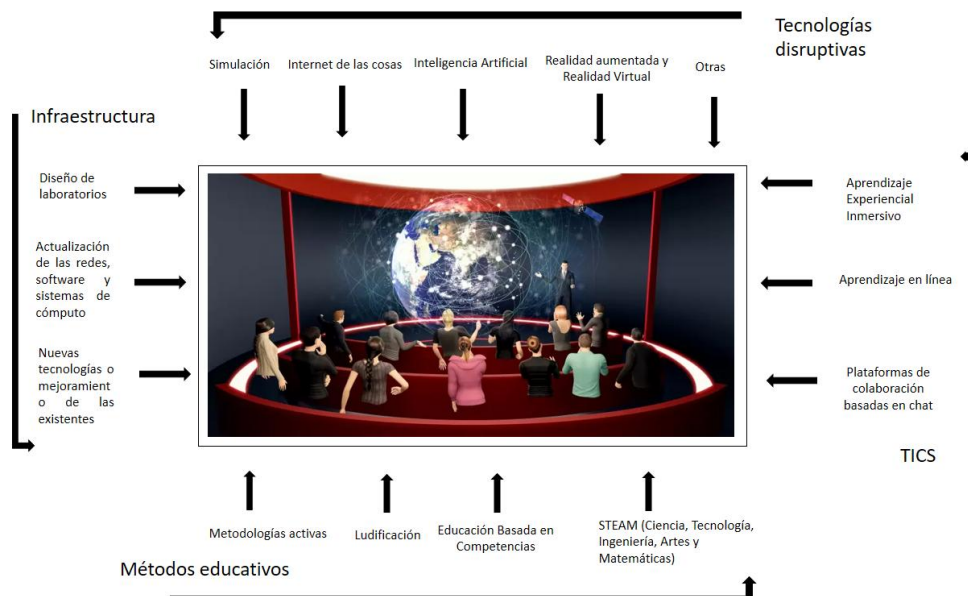
Los métodos pedagógicos y herramientas didácticas acordes con las necesidades actuales.

El mejoramiento y la actualización de la infraestructura universitaria.

La Figura 4 muestra un esquema en donde se observan algunas de las tecnologías disruptivas de la I4.0, las herramientas de las TICs, los métodos pedagógicos y la infraestructura educativa que se requiere para implementar proyectos de la Educación 4.0.

Figura 4

Elementos tecnológicos, educativos y de infraestructura de la Educación 4.0







Fuente: Adaptada de Jiménez et al. (2024) y la Figura del mundo tomada de: Forbes.

La transición de la educación tradicional a la Educación 4.0 es todo un reto y es necesario pasar de las aplicaciones puntuales y empíricas que realizan los profesores e investigadores a las aplicaciones sistemáticas, y de los proyectos experimentales a los programas estructurados. La evolución de la educación se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Evolución de la educación

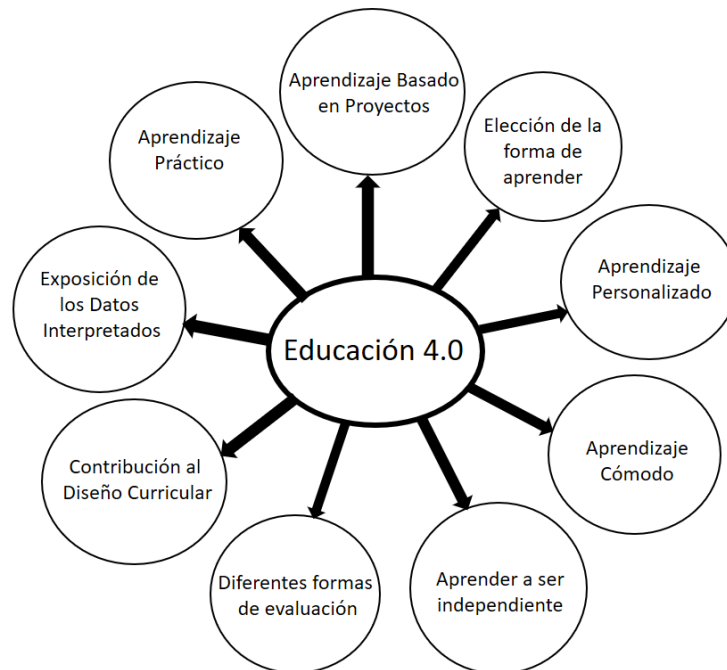
Evolución	Educación 1.0	Educación 2.0	Educación 3.0	Educación 4.0
				
Recursos tecnológicos	Poco uso de tecnologías primitivas	Uso de tecnologías (TICS) en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje	Uso del internet en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje	Tecnologías disruptivas y automatización
Paradigmas educativos	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque conductista Unidireccional Centrada en el profesor Memorización Evaluación mediante exámenes 	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque constructivista Interacción 	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque constructivista Autodidacta Conectivismo 	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque constructivista Centrada en el alumno Colaboración Personalización

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que los recursos tecnológicos se han incrementado a lo largo de las evoluciones de la educación y los paradigmas educativos se basan en dos grandes visiones: 1) enfoque conductista y 2) enfoque constructivista. De acuerdo con Soni, Hasteer y Bhardwaj (2020), la Educación 4.0 tiene nueve pilares, los cuales se muestran en la Figura 6.

Figura 6

Pilares de la educación 4.0



Fuente: Soni, Hasteer y Bhardwaj, (2020)

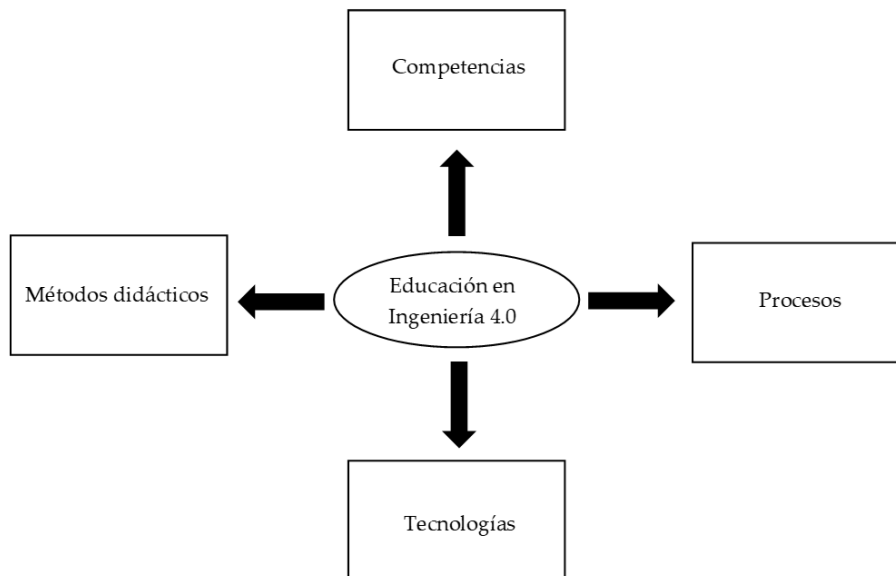
Educación en Ingeniería 4.0

De acuerdo con Ciolacu et al. (2017), la Educación en Ingeniería está siendo afectada seriamente por las tecnologías disruptivas de la 4RI. Además, las necesidades de la I4.0 han provocado una demanda de habilidades muy especializadas, lo que ha implicado cambios en la pedagogía de la enseñanza y el aprendizaje del sistema educativo asociado con la ingeniería. En este sentido, la Educación en Ingeniería debe transformarse para que sea capaz de formar a los ingenieros que van a enfrentar los retos y desafíos de la I4.0. De acuerdo con Hadgraft y Kolmos (2020), el desarrollo de la enseñanza en la ingeniería plantea retos que deben superarse, por ejemplo, los ingenieros deben ser capaces de adaptarse a los cambios lo más rápidamente posible, deben poder resolver situaciones complejas y comprender las necesidades de las soluciones tecnológicas en el contexto actual. Estos mismos autores proponen tres cambios que deben darse en la Educación en Ingeniería, los cuales son: 1) formar un ingeniero consciente de la necesidad de dar soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente, 2) integrar las necesidades de la I4.0 a la formación de los ingenieros y 3) formar ingenieros con las competencias de empleabilidad e innovación.

Por otro lado, aquella parte de la educación que se encarga de formar y alinear a los ingenieros hacia la I4.0 se le conoce como "Educación en Ingeniería 4.0" (Prieto et al. 2019). Para lograr los objetivos de la Educación en Ingeniería 4.0 se requieren realizar cambios y transformaciones, en particular en el paradigma educativo ya que la formación de los ingenieros en diversos países y universidades sigue siendo conductista lo que limita los aprendizajes y el uso de la tecnología en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje. De acuerdo con Ioniță et al. (2023), la Educación 4.0 tiene cuatro pilares, los cuales se muestran en la Figura 7.

Figura 7

Pilares de la Educación en Ingeniería 4.0



Fuente: Adaptada de Ioniță et al. (2023)

La Educación en Ingeniería 4.0 busca adaptar a las TICs y a las tecnologías disruptivas de la I4.0 a la formación de los ingenieros y tiene por objetivo diseñar el marco de las competencias demandadas por las empresas que se están adaptando a la visión de la 4RI. De la misma manera, la inserción de nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje en el proceso educativo de la ingeniería es imprecisable para formar al talento que le hará frente a los retos y desafíos de la I4.0. La mejora de los procesos administrativos del trabajo docente es otra línea de trabajo de la I4.0. La Educación en Ingeniería 4.0 también se preocupa por el mejoramiento de los laboratorios universitarios y por la actualización de los planes curriculares. De acuerdo con García et al. (2021), se requiere actualizar los planes de estudios para satisfacer las demandas de los estudiantes, el mercado y la sociedad, así como las infraestructuras como las aulas y los laboratorios.

Las nuevas competencias del ingeniero en la Industria 4.0

El sector industrial le está demandando a las universidades la formación de los ingenieros con nuevas competencias para poder hacerle frente a la I4.0. Para conformar el marco de referencia para el diseño de las competencias, es necesario reconocer o identificar aquellos perfiles profesionales de las fábricas ya maduras con la I4.0. Sakurada et al. (2021), realizaron un estudio sistemático y construyeron un catálogo de 100 nuevos perfiles laborales los cuales fueron analizados y caracterizados en función de las competencias técnicas y blandas, el tipo y nivel del perfil, así como la frecuencia de la demanda. El catálogo se desarrolló estudiando los siguientes sectores tecnológicos: 1) Manufactura Aditiva, 2) Cobots, 3) Mecatrónica y Automatización de Máquinas, 4) Analítica de Datos, 5) Ciberseguridad y 6) Interface Hombre-Máquina. La Tabla 1 muestra un extracto del catálogo de los nuevos perfiles profesionales propuestos por Sakurada et al. (2021).

Con los perfiles profesionales que demandan las empresas que han logrado madurar proyectos de la I4.0, es posible diseñar competencias específicas para cada campo de la Ingeniería. De acuerdo con Buchi, Cugno y Castagnoli (2020), las principales competencias específicas en el ámbito de la ingeniería en general están asociadas con: i) el desarrollo de sistemas, ii) la integración de las

tecnologías, iii) la programación de sistemas integrados, iv) las tecnologías móviles y de red, v) la comunicación entre máquinas, vi) la interacción con sistemas inteligentes y vii) el aprendizaje automático.

Tabla 1

Extracto de nuevos perfiles profesionales

Sectores analizados	Perfil del trabajo	Número de perfiles
Manufactura Aditiva	Técnico de impresoras 3D, Ingeniero de modelado, Experto en modelos 3D, Ingeniero en biomicrofabricación, Experto en ingeniería modular, Ingeniero de construcción y fabricación digital y Especialista en gestión de relaciones con los clientes, entre otros.	17
Cobots	Experto en robótica inteligente, Técnico de cobots, Director del proyecto I4.0, Experto en cobots y Desarrollador de cobots industriales, entre otros.	11
Analítica de datos	Analista de datos, Ingeniero de Inteligencia Artificial, Ingeniero de análisis de datos de procesos industriales, Arquitecto de gemelos digitales, Especialista en economía circular, Arquitecto de Industria 4.0 y Gestor de servicios en la nube, entre otros.	28
Ciberseguridad	Arquitecto de ciberseguridad, Análisis del panorama de amenazas, Especialista en vigilancia de la seguridad y Experto en Blockchain, entre otros.	16
Mecatrónica y automatización de máquinas	Arquitecto de Sistemas Ciberfísicos, Desarrollador de sensores inteligentes, Programador de PLCs, Diseñador de fábricas inteligentes, Experto en programación y planificación, Experto en evaluación del funcionamiento de fábricas e Ingeniero en Internet de las Cosas, entre otros.	15
Interface Hombre-Máquina (HMI)	Operador 4.0, Operador más inteligente, Desarrollador de realidad virtual y aumentada, Ingeniero de software de realidad ampliada y Diseñador de sistemas virtuales de fábrica, entre otros.	13

Fuente: Adaptada de Sakurada et al. (2021)

Existen las competencias esenciales para la I4.0. De acuerdo con Rawboon et al. (2021), dichas competencias son:

Sociales: Habilidades interculturales, habilidades lingüísticas y de comunicación y el trabajo en red, dotes de liderazgo, de compromiso y cooperación, capacidad para trabajar en equipo, capacidad para transferir conocimientos y aceptación del cambio.

Personales: Flexibilidad, tolerancia a la ambigüedad, motivación para aprender, capacidad para trabajar bajo presión, mentalidad sostenible y cumplimiento de las normas, capacidad de comunicación, adaptabilidad, inteligencia emocional y voluntad de aprender.

Metodológicas: Creatividad, espíritu emprendedor, resolución de problemas, resolución de conflictos, toma de decisiones, capacidad de análisis, capacidad de investigación, orientación a la eficacia y pensamiento crítico.

Este listado de competencias fue obtenido de la revisión de diversos artículos y trabajos de investigación. Por otro lado, la I4.0 requiere mejorar la calidad de los productos, aumentar la

rentabilidad de las industrias, optimizar procesos de producción, reducir los costos de los procesos y eficientar la producción, entre otras actividades y problemas, por lo que los ingenieros deben aprender a utilizar metodologías sistemáticas, como es el caso del método científico, para resolverlos (Lemstra, Quinaglia y Mesquita, 2022). Además, los egresados deben dominar las competencias del tipo técnico y de gestión. De la misma manera, la producción personalizada en general implica la reducción de los ciclos de vida, tanto de los productos como de los procesos y los ingenieros deben poder adaptarse a estas circunstancias.

La Educación en Ingeniería 4.0 en distintos campos de la Ingeniería

La Educación en Ingeniería asociada con la I4.0 está aplicándose en distintos campos de la Ingeniería, como la Mecánica, la Mecatrónica y la Ingeniería Industrial, entre otras. No existe un mapa de ruta formal que oriente a los administradores, docentes e investigadores a la implementación de proyectos educativos en la dirección de la I4.0, por lo que las universidades evolucionan según las necesidades que se vayan presentando. A continuación, se describirán algunos ejemplos de proyectos de la Educación en Ingeniería 4.0 en tres campos de la ingeniería:

Ingeniería Industrial

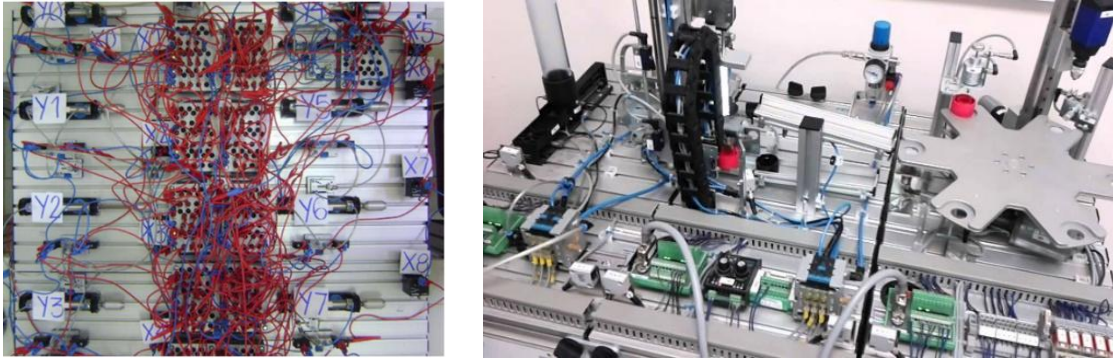
La I4.0 interactúa con la Ingeniería Industrial para dar soluciones a diversos campos de acción, como la optimización de las cadenas de suministro, la logística y la producción industrial, entre otras. Para el caso de la Educación en Ingeniería Industrial orientada hacia la I4.0 se han publicado diversos trabajos, algunos se dirigen hacia la aplicación de los métodos pedagógicos a los procesos de la enseñanza y el aprendizaje, y otros describen aplicaciones de las tecnologías disruptivas a los aprendizajes. Por ejemplo, algunos métodos del aprendizaje activo, tales como el Aprendizaje Basado en Proyectos y las Fábricas de Aprendizaje han sido aplicados en proyectos educativos. De acuerdo con Tisch et al. (2015), las Fábricas de Aprendizaje relacionan dos términos: "aprendizaje" y "fábrica" y engloban las características, los procesos y las técnicas tanto de los conocimientos teóricos como de las habilidades prácticas que se requieren para el trabajo en las empresas. Las Fábricas de Aprendizaje se han aplicado para impulsar a la Educación en Ingeniería Industrial. De acuerdo con Sackey, Bester y Adams (2017), para gestionar el impacto de la I4.0 en los requisitos del plan de estudios de la Ingeniería Industrial, se requiere contar con una infraestructura de enseñanza y aprendizaje realista, como por ejemplo una Fábrica de Aprendizaje. Por otra parte, Salah et al. (2020), desarrollaron una hoja de ruta que integra un curso largo de tres meses que tiene información relevante de la I4.0 para los alumnos egresados de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Rey Saud, en Arabia Saudita. El curso integraba temas como la definición de la I4.0 y sus pilares, ejecución basada en eventos y técnicas de fabricación de productos inteligentes. El curso promovió el trabajo en equipo y los alumnos desarrollaron un proyecto de Fábrica de Aprendizaje. En este sentido, la Universidad La Salle Noroeste, localizada en Cd. Obregón, Sonora, México, tiene un sistema iCIM 3000 que se ha utilizado para la formación de los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial. Este sistema se ha usado bajo el concepto de Fábrica de Aprendizaje para enseñanza de la materia de Automatización Industrial (Ver Figura 8).

Por otro lado, la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada son dos tecnologías disruptivas de la I4.0 y se están aplicando para la enseñanza de la Ingeniería Industrial. Un ejemplo de ello, es el descrito por Salah et al. (2019), quienes presentan una técnica para utilizar un método de visualización que se apoya en la Realidad Virtual para la fabricación de productos. El objetivo de la técnica es que los alumnos de Ingeniería Industrial se familiaricen con el concepto de sistema de fabricación reconfigurable. En otro trabajo se aplicó una técnica basada en el Aprendizaje Basado en Retos en un grupo de alumnos de Ingeniería Industrial para llevar a cabo un proyecto sobre cuestiones de Ergonomía orientada al análisis de la calidad de vida a través de la comodidad. La técnica ayudó a los alumnos a comprender y experimentar las implicaciones de un sistema interconectado con retroalimentación de información

instantánea. Los alumnos comprendieron el impacto del Internet de las Cosas (IoT) en diversos proyectos industriales actuales y el impacto de esta tecnología en la mejora de los aprendizajes de los estudiantes (Gutiérrez et al. 2021).

Figura 7

Equipamiento para la enseñanza de Fábricas de Aprendizaje (Festo) en la Universidad La Salle Noroeste



Fuente: elaboración propia.

Ingeniería Mecánica

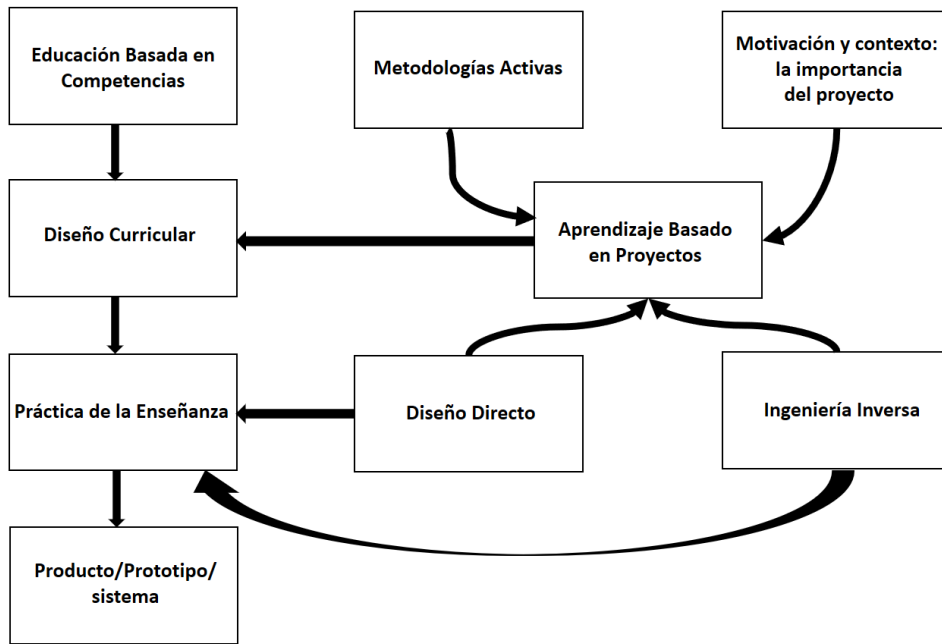
La Ingeniería Mecánica, al igual que la Ingeniería Industrial, se relaciona con la I4.0 en diversos aspectos, ya que conforma la base de algunas de las tecnologías disruptivas como los Sistemas Ciberfísicos y los Gemelos Digitales. Por su parte, la Educación en Ingeniería Mecánica está asociada con la I4.0, sin embargo, existen pocas publicaciones orientadas a los métodos pedagógicos y a las tecnologías disruptivas que se aplican a la enseñanza y el aprendizaje del ingeniero mecánico. Por ejemplo, Jiménez et al. (2019), describen la aplicación del Aprendizaje Basado en Proyectos, que es un método pedagógico asociado con la Educación 4.0, en conjunto con dos metodologías que se usan en la Enseñanza de la Ingeniería Mecánica: el Diseño Directo y el Diseño Inverso o Ingeniería Inversa, para impulsar los aprendizajes de los alumnos. Ambos métodos se han utilizado en algunas materias de ingeniería en la Universidad La Salle Noroeste. La Figura 8 muestra el método de Aprendizaje Basado en Proyectos como estrategia didáctica para impartir temas de diseño en materias de Mecánica.

Por otro lado, el concepto de Educación en Ingeniería Mecánica 4.0 ha sido propuesto por Jiménez et al. (2024), esto es: La Educación en Ingeniería Mecánica 4.0 puede concebirse como un subsistema de la Educación en Ingeniería 4.0 que adopta las tecnologías disruptivas de la Industria 4.0 y los enfoques educativos modernos para formar a los ingenieros mecánicos en las habilidades y las competencias que requiere la Cuarta Revolución Industrial y que hereda los cuatro pilares de la Educación 4.0, es decir, (1) las competencias, (2) la automatización de los procesos educativos, (3) las tecnologías y (4) los métodos de enseñanza.

La Figura 9 muestra un marco de referencia para la Educación en Ingeniería Mecánica 4.0.

Figura 8

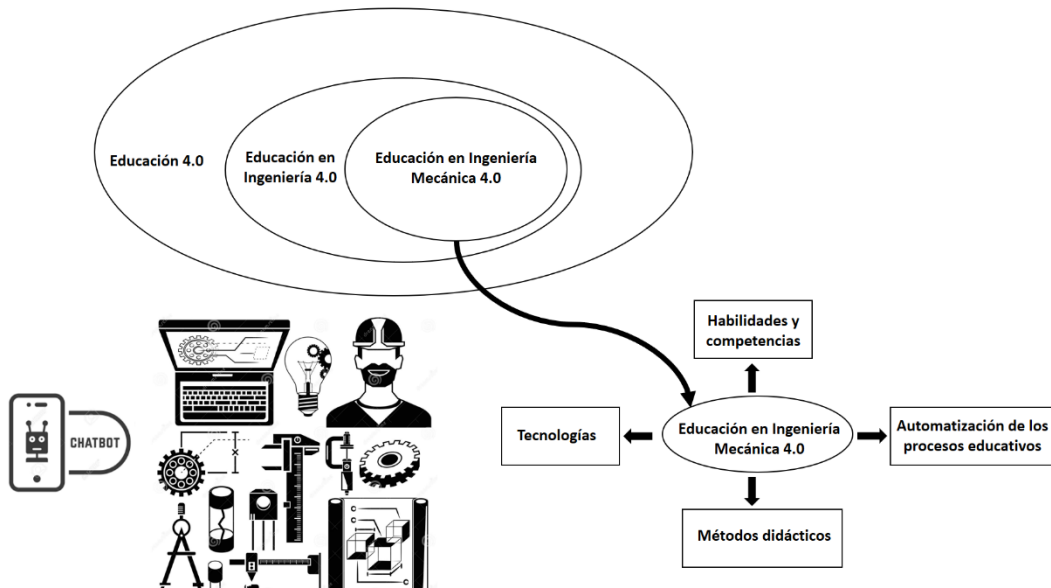
Aprendizaje Basado en Proyectos como base para el diseño curricular



Fuente: Jiménez et al. (2019)

Figura 9

Marco de referencia para la Educación en Ingeniería Mecánica 4.0.



Fuente: Jiménez et al. (2024)

Por otro lado, la Inteligencia Artificial, que es otra tecnología disruptiva de la I4.0, se ha unido con la Mecánica para conformar el concepto de Mecánica 4.0 (Koeppel et al. 2022). Esta propuesta se da en el contexto de las aplicaciones industriales en donde existan modelos multifísicos involucrados y en donde las soluciones de dichos modelos requieran de los métodos de la Inteligencia Artificial. Por consiguiente, la Educación en Ingeniería Mecánica deberá considerar en la formación del ingeniero, la enseñanza de los algoritmos de la Inteligencia Artificial para aplicaciones industriales (Liu, Lu y Luo, 2024). Otra aplicación importante de la Inteligencia Artificial se da en el proceso del aprendizaje. En un estudio realizado por Lesage et al. (2024), se llevaron a cabo pruebas con el modelo de procesamiento del lenguaje natural de OpenAI utilizando GPT-3, para generar texto para un informe de laboratorio de Ingeniería Mecánica. Los resultados que se obtuvieron demuestran que el procesamiento del lenguaje natural es una tecnología de asistencia potencialmente fuerte para los estudiantes de ingeniería.

Ingeniería Mecatrónica

La Mecatrónica es un campo de estudio que está integrado por la Mecánica, la Electrónica, el Control y la Computación, y sus aplicaciones están relacionadas con la I4.0. El desarrollo de productos y máquinas industriales es una tarea crucial y a la vez un reto para los ingenieros mecatrónicos tradicionales (formados bajo la visión de la Industria 3.0). Este reto se extiende y se vuelve más complejo debido a los nuevos requerimientos en la concepción de los productos y en los procesos derivados de los objetivos de la I4.0. Por ejemplo, las necesidades actuales requieren productos inteligentes que tengan conexión a la red y con nuevas prestaciones. Los activos físicos para los Gemelos Digitales y los Sistemas Ciberfísicos son sistemas inteligentes relacionados con la Mecatrónica que se requieren hoy en día en las empresas y fábricas. Los nuevos productos que demandan los mercados y la maquinaria que se requiere para desarrollarlos y fabricarlos, necesitan de la aplicación de las tecnologías de la I4.0, como el Internet Industrial de las Cosas (IIoT) y la Inteligencia Artificial, entre otras (Jiménez et al. 2022). En términos generales, la Educación en Ingeniería Mecatrónica direccionada hacia la 4RI se relaciona, al igual que la Mecánica, con dos ejes de aplicación: 1) los métodos pedagógicos y 2) la aplicación de las tecnologías disruptivas a los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, Hassan, Rault y Truchot (2018), implementaron el método activo Aprendizaje Basado en Proyectos en un curso de mecatrónica para los estudiantes del primer año de ingeniería en la Universidad NSGSI (Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes et de l'Innovation) en Francia. Los alumnos desarrollaron prototipos utilizando equipos FabLab y kits de Arduino. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios según los instrumentos que se usaron para la evaluación. En el mismo sentido, el Aprendizaje Basado en Proyectos se ha aplicado en la materia de Mecanismos de la carrera de Mecatrónica de la Universidad La Salle Noroeste. Para la aplicación de las metodologías activas alineadas con el modelo de competencias de la universidad, se consideraron las variables mostradas en la Tabla 2, siendo ABP y ABProy la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas y del Aprendizaje Basado en Proyectos, respectivamente (Jiménez et al. 2019).

Tabla 2

Variables para seleccionar las estrategias didácticas que apoyan las competencias

Criterios de selección	ABP	ABProy	Apoyo a las competencias específicas y/o genéricas de ULSA Noroeste
1. Niveles de los objetivos cognitivos	Superior	Superior	Desarrollo intelectual y profesional
2. Capacidad para propiciar trabajo autónomo y continuado	Elevado	Elevado	Aprender a aprender Planificación del proceso de aprendizaje Evaluación formativa Identificación y resolución de problemas
3. Grado de control ejercido por el estudiante	Elevado	Elevado	Incremento de responsabilidad y autonomía, toma de decisiones; capacidad de análisis y síntesis
4. Número de estudiantes que puede abarcar	Mediano	Mediano	Grupos reducidos
5. Número de horas de preparación grupal y para correcciones	Grande	Grande	Promoción de habilidades sociales y relación de ayuda. Aumento del grado de compromiso y responsabilidad.

Fuente: Jiménez et al. (2019)

Por otro lado, Chatzopoulos et al. (2023), implementaron metodologías STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, por sus siglas en inglés) para educar y guiar a los estudiantes en la adopción de prácticas de reciclaje para diseñar y desarrollar un robot móvil educativo para aplicaciones en Robótica Educativa y Mecatrónica. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios ya que los alumnos aprendieron los enfoques de resolución de problemas y tuvieron una participación activa y motivada. En relación con la aplicación de las tecnologías disruptivas utilizadas en la Educación en Mecatrónica, Guc, Viola y Chen (2021), utilizaron un Gemelo Digital en un curso de Mecatrónica en donde se requería que los alumnos mejoraran las habilidades básicas de simulación mecatrónica utilizando las aplicaciones básicas en MATLAB/Simulink. Con el avance del curso los alumnos conocieron el concepto de Gemelo Digital que lo usaron para la identificación, modelado, análisis, diseño de controladores y para la validación de conocimientos. Las aplicaciones del Gemelo Digital se publicaron en línea utilizando MATLAB Web App Server para mejorar la accesibilidad y compensar la falta de interacción con el hardware. Finalmente, Carlos et al. (2021), diseñaron y desarrollaron un dispositivo IoT, denominado estación meteorológica MEIoT, que combina la Mecatrónica Educativa y el IoT para desarrollar los conocimientos y las habilidades necesarias para la I4.0.

DISCUSIÓN

La indagación desarrollada en este trabajo destaca la importancia de la Educación en Ingeniería en la I4.0. El conocer parte de la evolución de las revoluciones industriales permitió identificar aspectos relevantes de la educación, debido a que cada vez que se presenta un cambio disruptivo de índole global, como lo es una revolución industrial, también hay cambios en los paradigmas educativos. Se encontró que la Educación 4.0 es el paradigma educativo que se formó para hacerle frente a los retos y desafíos de la 4RI. Derivado de la definición del término Educación 4.0 propuesta por Miranda et al., (2021), se encontró que para el estudio de este paradigma educativo se pueden seguir tres caminos: 1) aprovechar las tecnologías disruptivas de la I4.0 para mejorar la educación, 2) utilizar métodos pedagógicos nuevos o mejorados para impulsar los aprendizajes y 3) mejorar las infraestructuras educativas. Otro resultado importante fue la caracterización de las revoluciones educativas descritas en la Figura 5 ya que fue posible reconocer los paradigmas educativos y los recursos tecnológicos para cada revolución educativa.

Por otro lado, se encontró que la educación que se encarga de la formación de los ingenieros en el nuevo paradigma industrial se le conoce como “Educación en Ingeniería 4.0” (Prieto et al., 2019), y que se reconocen cuatro pilares que la soportan: las competencias, las tecnologías, los procesos y los métodos didácticos. También se encontró un estudio sobre los perfiles profesionales (Sakurada et al. 2021), por medio de los cuales es posible diseñar competencias específicas. Se analizaron las aplicaciones de algunos métodos disruptivos de la educación y la aplicación de las tecnologías de la I4.0 en tres carreras de ingeniería: 1) Industrial, 2) Mecánica y 3) Mecatrónica. Se encontró que existen diversos estudios que hablan sobre algunas aplicaciones de las tecnologías de la I4.0 y de los métodos pedagógicos en estos tres campos de la Ingeniería.

La discusión final de este trabajo destaca que la implementación de la I4.0 no es posible sin la formación adecuada de los ingenieros, y que el seguimiento de la teoría y los procesos de la Educación 4.0 es fundamental para poder implementar los modelos de la Educación en Ingeniería 4.0. Sin embargo, la implementación de los modelos de la Educación en Ingeniería orientada a la I4.0 sigue siendo empírica y está sujeta a investigación experimental, esto es debido a que la dinámica de expansión de las tecnologías disruptivas en las industrias es más rápida que en las universidades y, además, la I4.0 apenas tiene 14 años aproximadamente de haberse concebido de manera formal. Para lograr implementar modelos educativos para la I4.0 es necesario llevar a la práctica los modelos pedagógicos modernos, de preferencia la utilización de los métodos activos, como es el Aprendizaje Basado en Proyectos y sus variantes y otros como el Aprendizaje Basado en Problemas. Además, se requiere adecuar las tecnologías de las TICs y de la I4.0 para que puedan potenciar los aprendizajes de los alumnos, así como motivar el uso de la Inteligencia Artificial tanto en los aprendizajes como en las aplicaciones de la Ingeniería. Por otro lado, el diseño de competencias es una tarea crucial para aquellas universidades que ofrecen programas de ingeniería, ya que las demandas de nuevo conocimiento y de nuevas habilidades de la I4.0 requieren de ingenieros bien formados y aptos para resolver problemas técnicos.

Cabe mencionar que el cambio de paradigma educativo no solo se trata de la adecuación de nuevas tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje, sino que exige un cambio importante en las labores docentes, en particular un cambio de paradigma educativo, es decir, se deben adoptar teorías y métodos constructivistas en donde el alumno sea el centro del aprendizaje. En la actualidad las clases de ingeniería siguen siendo en su mayoría conducidas por un profesor con la visión conductista y se utilizan muy poco las tecnologías en los salones de clases. Por otro lado, la mejora de los procesos administrativos de los profesores es un pilar de la Educación en Ingeniería 4.0, por lo que es importante que se utilice la automatización y las tecnologías de la información para sistematizar las actividades docentes, como la revisión de tareas, exámenes y la administración de la docencia. El apoyo al profesor es central en la formación de los ingenieros para la I4.0 y es posible establecer que en estos tiempos y en el futuro, la educación no necesariamente tiene o tendrá como centro al alumno, sino al profesor. Con respecto a la infraestructura, las universidades deben adecuar sus talleres y salones de clase con las tecnologías necesarias para dar sesiones y para promover el aprendizaje activo orientado hacia la Educación en Ingeniería 4.0.

Finalmente, de la indagación realizada a las tres ingenierías (Industrial, Mecánica y Mecatrónica) se pudo notar que la técnica pedagógica más aplicada es el método activo Aprendizaje Basado en Proyectos, y para el caso de la Ingeniería Industrial la técnica más nombrada es el Aprendizaje de Fábrica. En cuanto a las tecnologías disruptivas, la Inteligencia Artificial, el Internet Industrial de las Cosas y los Gemelos Digitales fueron utilizados para la enseñanza y los aprendizajes de los ingenieros. Otras universidades utilizan otras tecnologías de la Industria 4.0, como la Simulación, la Manufactura Aditiva, los Drones y la Nube, entre otras, para impulsar la educación en Ingeniería hacia la I4.0.

CONCLUSIÓN

La 4RI está modificando a la educación y es posible concluir que no solo trae cambios de forma y de fondo en las empresas, sino que también está provocando una revolución educativa en general. Esta revolución se extiende a la educación de los ingenieros. En esta investigación se presentó un breve panorama acerca de la Educación en Ingeniería en la Industria 4.0. Las principales conclusiones se describen en los puntos siguientes:

La I4.0 tiene una fuerte influencia en la educación. Por lo tanto, es necesario que las universidades diseñen proyectos formales y disruptivos de educación que permitan identificar los cambios que deben realizarse para formar a los ingenieros que le harán frente a los retos y desafíos de la 4RI.

Los cambios que provoca la I4.0 en la educación tienen implicaciones en todos los sectores educativos, por lo tanto, la Educación 4.0 debe implementarse desde los primeros estudios y debe brindar las hojas de ruta necesarias para impulsar la Educación en Ingeniería 4.0.

Los pilares de la Educación en Ingeniería 4.0 descritos en este trabajo, pueden ser una guía para desarrollar proyectos integrales en la educación de los ingenieros, ya que los cambios que trae consigo la I4.0 es a todo el proceso educativo en una universidad y no solo en los salones de clases.

Para el diseño de las competencias en la ingeniería es fundamental investigar los perfiles profesionales actuales (demandas de las empresas a escala local e internacional) y de esa manera actualizar el diseño de las competencias específicas para la I4.0.

La implementación de la Educación en Ingeniería 4.0 exige un cambio en las distintas maneras de enseñar, por lo que los profesores deben ser capacitados permanentemente para que sean capaces de implementar los métodos de enseñanza y los aprendizajes activos, así como la utilización de las diversas tecnologías disponibles para mejorar los aprendizajes de sus alumnos.

Las universidades deben cambiar la visión asociada con la premisa de que el centro de la educación es el alumno y trasladar el enfoque hacia una educación centrada en el profesor.

La transformación de la infraestructura educativa es esencial para implementar proyectos de Educación en Ingeniería 4.0.

Algunas interrogantes de investigación relacionadas con este trabajo son las siguientes:

¿De qué manera las universidades Latinoamericanas están enfrentado a la Cuarta Revolución Industrial?

¿Cuáles son los problemas que enfrentan las universidades Latinoamericanas en la implementación de proyectos en Educación 4.0?

¿Qué problemáticas enfrenta el profesorado de las ingenierías para implementar las metodologías activas en el proceso de la enseñanza y el aprendizaje?

REFERENCIAS

Aziz, A. (2018). Education 4.0 Made Simple: Ideas for Teaching. *International Journal of Education & Literacy Studies*, 6(3), 92-98.

Bongomin, O., Ocen, G.G., Oyondi, E., Musinguzi, A. y Omara, T. (2020). Exponential Disruptive Technologies and the Required Skills of Industry 4.0. *Journal of Engineering*, 20 (1), 1-17, 4280156. <https://doi.org/10.1155/2020/4280156>.

Buchi, G., Cugno, M., y Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 150, 1-10.

Carlos, M.A., Luque, L.F., Guerrero, H.A., Ornelas, G., Aguilar, Y. y González, L.E. (2021). Educational Mechatronics and Internet of Things: A Case Study on Dynamic Systems Using MEIoT Weather Station. *Sensors*, 21(181). <https://doi.org/10.3390/s2101018>

Chakrabarti, S., Caratozzolo, P., Norgaard, B. y Sjoer, E. (2021). Preparing Engineers for Lifelong Learning in the Era of Industry 4.0, 2021 World Engineering Education Forum/Global Engineering Deans Council (WEEF/GEDC), Madrid, Spain, 518-523.

Chatzopoulos, A., Tzerachoglou, A., Priniotakis, G., Papoutsidakis, M., Drosos, C. y Symeonaki, E. (2023). Using STEM to Educate Engineers about Sustainability: A Case Study in Mechatronics Teaching and Building a Mobile Robot Using Upcycled and Recycled Materials. *Sustainability*, 15, 15187. <https://doi.org/10.3390/su152115187>

Ciolacu, M., Svasta, P., Berg, W. y Popp, H. (2017). Education 4.0 for tall thin engineer in data driven society. In: *IEEE 23rd international symposium SIITME*, Constanta, Romania, 432-437.

García, F., Plaza, P., Quintana, B., San Cristóbal, E., Gil, R., Pérez, C., Fernández, M. y Castro, M. (2021). Laboratories 4.0: Laboratories for Emerging Demands under Industry 4.0 Paradigm, 2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Vienna, Austria, 903-909

Gisi, P.J. (2024). *The Dark Factory and the Future of Manufacturing: A Guide to Operational Efficiency and Competitiveness*. New York: Routledge.

Guc, F., Viola, J., y Chen, Y. (2021). Digital Twins Enabled Remote Laboratory Learning Experience for Mechatronics Education, 2021 IEEE 1st International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPI), Beijing, China, 242-245.

Guevara G. P., Verdesoto A.E. y Castro, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas y de investigación-acción), *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173.

Gutiérrez, Y., Bustamante, R., Navarro, S.A., López, A.A., Molina, A. y Álvarez, I. (2021). A Challenge-Based Learning Experience in Industrial Engineering in the Framework of Education 4.0. *Sustainability*, 13, 9867. <https://doi.org/10.3390/su13179867>

Hadgraft, R. G. y Kolmos, A. (2020). Emerging learning environments in engineering education. *Australasian Journal of Engineering Education*, 25 (1), pp. 3-16.

Hariharasudan, A. y Kot, S. (2018). A Scoping Review on Digital English and Education 4.0 for Industry 4.0, *Social Sciences*, 7, 227. Doi:10.3390/socsci7110227

Hassan, A., Rault, V. y Truchot, P. (2018). Implementing of Project-Based and Skill Assessment Pedagogy in Mechatronics Course. In 2018 19th International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM). IEEE, Delft, Netherlands, pp. 69-74.

Hernandez, G.M., Habib, L., Garcia, F.A., Montemayor, F. (2019). Industry 4.0 and Engineering Education: An Analysis of Nine Technological Pillars Inclusion in Higher Educational Curriculum. In Best Practices in Manufacturing Processes (1st ed.); Springer.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México, McGraw Hill Education.

Himmeloglu, B., Aydog, D. y Bayrak, C. (2020). Education 4.0: Defining the teacher, the student, and the school manager aspects of the revolution. Turk. Online J. Distance Educ., 2, 12–28.

Ioniță, M., Mihailescu, B., Rachbauera, T., Hansen, C., Gheorghe, C. y Svasta, P. (2023). Fostering Engineering Education 4.0 Paradigm Facing the Pandemic and VUCA World. Procedia Comput. Sci. 217, 177–186.

Jiménez, E. Ochoa, F.J., Luna, G., Beltrán, F. M., Jiménez, F. C., y Monteón, M. A. M. (2022). Competency-based Education of the Mechatronics Engineer in the Transition from Manufacturing 3.0 to Industry 4.0. 2nd IFSA Winter Conference on Automation, Robotics & Communications for Industry 4.0 (ARCI' 2022), 2-3 February 2022, Andorra la Vella, Andorra, 84-87.

Jiménez, E., Acosta, M., Luna, G., Lucero, B., Delfín, J.J. y García, L.A. (2019). Reverse Engineering and Straightforward Design as Tools to Improve the Teaching of Mechanical Engineering. In Industry Integrated Engineering and Computing Education, 1st ed.; Abdul, M., Bouras, A., Veillard, L., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 93–118.

Jimenez, E., Garcia, L.A., Amavizca, L.O., Wong, D.Y., Valdez, S., Mafara, M. (2023). Engineering Education 4.0 and Mechatronics. In Kaizen and Mechatronics, 1st ed.; Ramos, J.M., Vargas, J.E., Eds.; Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C.: Querétaro, Mexico, 387–396.

Jiménez, E., Limón, P.A., Ambrosio, A., Ochoa, F.J., Delfín, J.J., Lucero, B. Martínez, V.M. (2024). Mechanics 4.0 and Mechanical Engineering Education. Machines, 12, 320. <https://doi.org/10.3390/machines12050320>

Koeppe, A., Hesser, D., Mundt, M., Bamer, F., Selzer, M., Markert, B. (2022). Mechanical 4.0. In Handbook Industry 4.0; Frenz, W., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 455–470.

Kohler, D. y Weisz, J.D. (2016). Industry 4.0: Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand [Industry 4.0: The Challenges of the Digital Transformation of the German Industrial Model]. Paris, La Documentation française.

Lee, E.A. (2008). Cyber Physical Systems: Design Challenges, Proc. 11th IEEE Int'l Symp. On Object and Component Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC 08), Orlando, FL, USA, 363–369.

Lemstra, M. A. M. S., Quinaglia, E. A. y Mesquita, M. A. D. (2022). Industry 4.0 technologies in industrial engineering courses: a faculty survey in Brazil. International Journal of Engineering Education, 38 (5), 1458-1469.

Lesage, J., Brennan, R., Eaton, S.E., Moya, B., McDermott, B., Wiens, J. y Herrero, K. (2024). Exploring natural language processing in mechanical engineering education: Implications for academic integrity, International Journal of Mechanical Engineering Education. 52, (1), 88–105. DOI: 10.1177/03064190231166665

Liu, Z., Lu, S. y Luo, J. (2024). Research on the Hybrid Teaching Mode of Mechanical Fundamentals in the Context of Artificial Intelligence. *Journal of Artificial Intelligence Practice*, 7(1), 154-161.

Miranda, J., Navarrete, C., Noguez, J., Molina, J. M., Ramírez, M.S., Navarro, S.A., Bustamante, M.R., Rosas, J. B., Molina, A. (2021). The Core Components of Education 4.0 in Higher Education: Three Case Studies in Engineering Education, *Computers & Electrical Engineering*. 93, 107278. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278>

Neaga, I. (2019). Applying Industry 4.0 and Education 4.0 to Engineering Education, *Proceedings 2019 Canadian Engineering Education Association (CEEAA-ACEG19) Conference CEEA19, University of Ottawa, Canadá*, 1-6.

Prieto M. D., Sobrino Á. F., Soto L. R., Romero D., Biosca P. F. y Martínez L. R. (2019). Active Learning based Laboratory towards Engineering Education 4.0, 2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Zaragoza, Spain, 776-783.

Rawboon, K., Yamazaki, A., Klomklieng, W. y Thanomsub, W. (2021). Future competencies for three demanding careers of industry 4.0: Robotics engineers, data scientists, and food designers, *The Journal of Competency-Based Education*, 6(2), 1-12.

Sackey, S.M, Bester, A. y Adams, D. (2017). Industry 4.0 learning factory didactic design parameters for industrial engineering education in South Africa, *South African Journal of Industrial Engineering*. 28, (1), 114-124

Sakurada, L., Geraldes, C.A.S., Fernandes, F.P., Pontes, J. y Leitão, P. (2020). Analysis of New Job Profiles for the Factory of the Future. In *Service Oriented, Holonic and Multi-Agent Manufacturing Systems for Industry of the Future*, Proceedings of the SOHOMA 2020, Studies in Computational Intelligence, Paris, France, 1–2 October 2020, 1st ed.; Borangiu, T., Trentesaux, D., Leitão, P., Cardin, O., Lamouri, S., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, Volume 952.

Salah, B., Abidi, M.H., Mian, S.H., Krid, M., Alkhalefah, H. y Abdo, A. (2019). Virtual Reality-Based Engineering Education to Enhance Manufacturing Sustainability in Industry 4.0. *Sustainability*, 11, 1477. <https://doi.org/10.3390/su11051477>

Salah, B., Khan, S., Ramadan, M. y Gjeldum, N. (2020). Integrating the Concept of Industry 4.0 by Teaching Methodology in Industrial Engineering Curriculum. *Processes*, 8, 1007. <https://doi.org/10.3390/pr8091007>

Sariwati, I. y Universitas, F. (2024). Analysis of Potential Bankruptcy in Blue Bird Tbk and Transindo Utama Tbk using Springate and Grover Models. *J. Ilm. Ekon. Bisnis*, 12, 179–188. <https://doi.org/10.37676/ekombis.v12i1>.

Shan, S., Wen, X., Wei, Y., Wang, Z. y Chen, Y. (2020). Intelligent manufacturing in industry 4.0: A case study of Sany heavy industry. *Syst Res Behav Sci*. 37 (4), 679–690.


Soni, K. M., Hasteer, N., y Bhardwaj, A. (2020). Aspects to foster competences for engineering graduates: Education 4.0 paradigm. In *2020 9th International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART)*. IEEE, 480-484.

Suleiman, Z., Shaikholla, S., Dikhanbayeva, D., Shehab, E. y Turkyilmaz, A. (2022) Industry 4.0: Clustering of concepts and characteristics, *Cogent Engineering*, 9, (1), 1-26. DOI: 10.1080/23311916.2022.2034264

Thaariq, Z. Z. A., Utami, W. B., Haryono, M. B., y Vaz, B. L. (2024). Educational Technology in Industry 6.0. Wacana Akademika: Majalah Ilmiah Kependidikan, 8, (1), 134-141.

Tisch, M., Hertle, C., Abele, E., Metternich, J. y Tenberg, R. (2015). Learning factory design: A competency-oriented approach integrating three design levels. Int. J. Comput. Integr. Manuf., 29, 1355–1375

Wan, J., Cai, H. y Zhou, K. (2015). Industry 4.0: Enabling Technologies. In: 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things (ICIT), Harbin, China, 135-140.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .