

ARTÍCULO ORIGINAL

La transformación del talento humano en el marco de la Industria 4.0.

*The transformation of human talent
within the framework of Industry 4.0.*

Igor Lopes Martínez

ilopes@ind.cujae.edu.cu ▪ <https://orcid.org/0000-0002-1249-8833>

Armando Cuesta Santos

cuesta@ind.cujae.edu.cu ▪ <https://orcid.org/0000-0001-6389-9453>

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA HABANA "JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA", CUJAE, CUBA

Gaby Neumann

gaby.neumann@th-wildau.de ▪ <https://orcid.org/0000-0001-6921-2026>

Marcus Günzel

marcus.guenzel@th-wildau.de ▪ <https://orcid.org/0000-0002-4724-3718>

TECHNISCHE HOCHSCHULE WILDAU, ALEMANIA

Sonia Patricia Marrero Durán

spmarrerod@ind.cujae.edu.cu ▪ <https://orcid.org/0000-0002-3528-335X>

Lilian Noya Domínguez

inoxad@tesla.cujae.edu.cu ▪ <https://orcid.org/0000-0002-7824-1360>

Evert Martínez Pérez

emartinez@ind.cujae.edu.cu ▪ <https://orcid.org/0000-0003-2047-3756>

Alegna Cruz Ruiz

alegna@psico.uh.cu ▪ <https://orcid.org/0000-0002-7806-4026>

Dayli Machado de Armas

daylimdearmas@gmail.com ▪ <https://orcid.org/0000-0002-3645-6515>

Danhiz Diaz Pereira

danhiz@tesla.cujae.edu.cu ▪ <https://orcid.org/0000-0002-0100-9977>

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA HABANA "JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA", CUJAE, CUBA

Recibido: 2021-04-10 ▪ Aceptado: 2021-05-13

RESUMEN

El capital humano en el marco de la Industria 4.0 debe sufrir una transformación necesaria, adquiriendo competencias de alta cognición que garanticen la asimilación de las tecnologías habilitadoras en la Industria 4.0 para la mejora sustancial de los procesos en cualquier Industria. El objetivo de este trabajo

es reseñar parte de las tecnologías habilitadoras en la Industria 4.0, junto a otros elementos, y su implementación posible en la práctica del aprendizaje experiencial, en ruta para el desarrollo del concepto de una Educación 4.0 en la Ingeniería Industrial. Se identifican, además, elementos que influyen en la inserción de las mismas en un entorno de aprendizaje en un laboratorio, que garantice el componente vivencial en la enseñanza. Se documenta un caso de intervención con estudiantes de Ingeniería Industrial de la Cujae, donde a partir de la experiencia vivencial de un grupo de estudiantes con las tecnologías mencionadas, se identifica una asimilación más rápida y consolidada de estas competencias cuando se compara con estudiantes que están sometidos a una educación tradicional.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje por experiencia, capital humano, competencias, Industria 4.0.

ABSTRACT

Human capital within the framework of Industry 4.0 must undergo a necessary transformation, acquiring high cognition skills that guarantee the assimilation of enabling technologies in Industry 4.0 for the substantial improvement of processes in any Industry. The objective of this work is to review part of the enabling technologies in Industry 4.0, along with other elements, and their possible implementation in the practice of experiential learning, in route to the development of the concept of Education 4.0 in Industrial Engineering. In addition, elements that influence their insertion in a learning environment in a laboratory are identified, which guarantees the experiential component in teaching. A case of intervention with students of Industrial Engineering from CUJAE is documented, where from the experiential experience of a group of students with the aforementioned technologies, a faster and more consolidated assimilation of these competences is identified when compared with students who are subjected to a traditional education.

KEYWORDS: experiential learning, human capital, competences, Industry 4.0.

INTRODUCCIÓN

La Industria 4.0 o “Cuarta Revolución Industrial”, que significa interconectar todas las partes de una empresa mediante la digitalización de sus procesos productivos y de servicios, dando lugar a una automatización efectiva conformando una empresa más inteligente, tanto en

su tránsito hacia la misma como en su consolidación, se decide por la transformación que se logre del talento humano de las empresas y, en particular, por el desarrollo de las competencias laborales implicadas por ese talento humano. (Ardolino, Bacchetti, Perona, Zanardini, & Zheng, 2019; Ivanov, 2020; Ustundag & Cevikcan, 2017)

En la actualidad, ya conocidas experiencias prácticas del avance de la Industria 4.0 (Forum., 2016, 2018; Guzmán, 2019; James Manyika, 2017; Mundial., 2019; PNUD., 2019; Porto, 2019; Roig, 2017), confirman el papel protagónico de las personas, de su capital humano con sus competencias profesionales, tanto en el logro de esa Industria, como en el tránsito hacia la misma. Se ha evidenciado que el verdadero reto estará una vez más en las personas y sus competencias, en cómo liderar y gestionar el proceso de transformación digital en la organización o empresa, así como en el cambio que implicará adaptarse a trabajar en los nuevos entornos conectados.

El desarrollo científico técnico de la humanidad, expreso mediante los hitos que comprendieron las revoluciones industriales acaecidas desde el siglo XVIII hasta el siglo XXI, se asocia al desarrollo humano con sus capacidades (habilidades, competencias) determinadas por la evolución de la máquina (industria) en el contexto de las fuerzas productivas y la formación (educación). Y esa máquina en esta Cuarta Revolución Industrial se caracteriza por la digitalización acelerada exponencialmente, que como en sus inicios exigió siempre al trabajador, portador del capital humano o del talento humano, habilidades o competencias en trabajos físicos y manuales, hasta las actuales predominantemente en trabajos de alta cognición sobre tecnologías o procesos de trabajo y requerimientos socio conductuales relativos a la gestión organizacional.

En la literatura actual sobre el tema (Forum., 2018; Mundial., 2019; PNUD., 2019), donde destaca la necesidad de continuar invirtiendo en educación, se plantea que las competencias laborales que marcarán la impronta del tránsito y consolidación de esa Industria 4.0, estarán comprendidas en dos grandes vertientes o macro competencias: las competencias de alta cognición sobre tecnologías o procesos de trabajo y las competencias en gestión organizacional. Las primeras implican la originalidad, creatividad e innovación; el pensamiento analítico sistémico y crítico; el aprendizaje en la práctica; el razonamiento y resolución de problemas complejos; así como el diseño y programación. Las segundas relativas a gestión, comprenden liderazgo, cooperación, compromiso y desarrollo; el manejo de las relaciones interpersonales y equipos de trabajo y la inteligencia emocional.

Constituye objetivo principal de este trabajo, reseñar un conjunto de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, en especial las denominadas tecnologías habilitadoras y su recurrencia en la práctica del aprendizaje, con la finalidad de contribuir al desarrollo de competencias demandadas por la industria 4.0 y su tránsito hacia la misma, comprendidas en esas dos grandes vertientes o macro competencias: las de alta cognición sobre procesos de trabajo y las competencias en gestión organizacional. Y, además, caracterizar la necesaria contextualización para su desarrollo, expresada en la formación (educación) continua, a considerar indefectiblemente. Se podrá observar una experiencia vivencial (experimental) con un grupo de estudiantes de Ingeniería Industrial.

METODOLOGÍA

Tomando como base el método de observación, se realizó el análisis bibliográfico sobre la Industria 4.0, esencialmente de países que han establecido esa Industria o que están transitando hacia la misma, se efectuaron intercambios profesionales con especialistas de universidades de Alemania.

Los pasos de la metodología se pueden apreciar en la siguiente figura 1.

Sintetizando la metodología utilizada, reflejada en la figura 1: mediante el método de observación basado en el análisis de la literatura científica sobre la Industria 4.0, en particular sobre las tecnologías habilitadoras que, en un contexto de formación sustentado por “aprendizaje en la práctica” coadyuvan al desarrollo de competencias profesionales, constituye un reto de la Educación 4.0 que bien se asume, y que se refleja en el Caso de intervención en la Facultad de Ingeniería Industrial que representa el método de experimentación utilizado.

Además, se adquirieron experiencias vivenciales (método de experimentación) con un grupo de estudiantes de Ingeniería Industrial que hizo un entrenamiento en Alemania asociado a la gestión de organización del trabajo o ergonomía ocupacional y la logística empresarial, acompañados por profesores autores de este artículo.

Como objeto, enfocados en la vivencia práctica (experimental) del proceso de formación, resultó un grupo de estudiantes universitarios (los que participaron en el entrenamiento) que habrán de ejercer como ingenieros industriales, aleccionándoles mediante la literatura científica actual sobre el tema, manteniéndoles insertados en un grupo de investigación científica conducido por los profesores, y transmitiéndoles las experiencias adquiridas por los autores a través de la docencia en el ámbito de la educación superior cubana y sus intercambios profesionales con especialistas extranjeros. Sobre el grupo de estudiantes, pudo constatarse un “antes” y “después” de la “intervención” significada por el proceso de formación llevado a cabo, recurriendo a tecnologías habilitadoras para iniciar en ellos el desarrollo de competencias de alta cognición y de gestión organizacional, específicamente en el ámbito de la gestión de procesos, organización del trabajo y la logística empresarial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TECNOLOGÍAS HABILITADORAS DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

A partir de diferentes estudios de tendencia del mercado se ha constatado que el uso de maquinarias automatizadas sustituyendo al humano en tareas propias del mismo en los procesos de manufactura actual se acercará en 2025 a casi la mitad de los procesos, según se muestra en la figura 2.

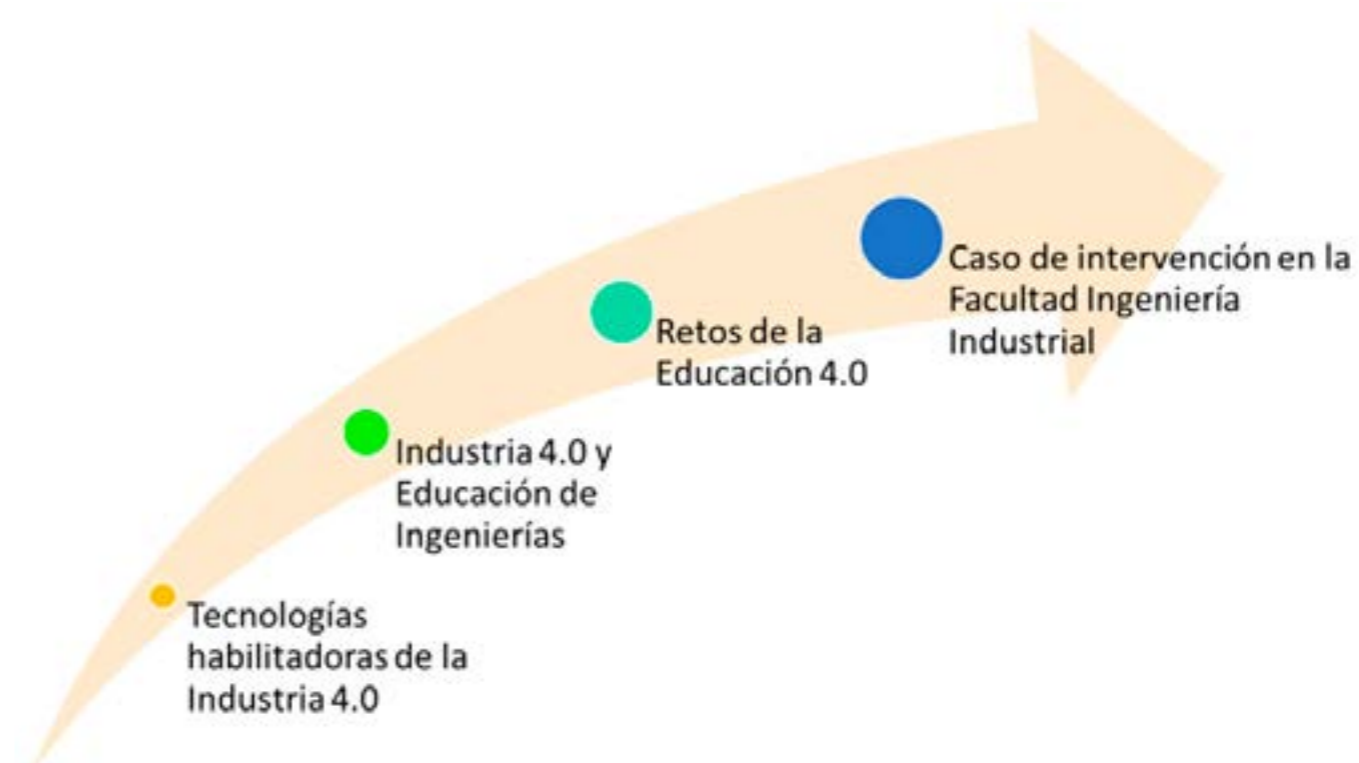


Figura 1. Síntesis de la argumentación de la metodología de trabajo.

La transformación digital necesaria en los diferentes sistemas asociados a la Industria 4.0 (I4.0), está basada en los llamados 9 Pilares o tecnologías habilitadoras de la fabricación en un contexto industrial, transformando la industria tradicional en la Fábrica Inteligente. La I4.0 incluye: (1) Soluciones de Manufactura Avanzada, (2) Manufactura Aditiva, (3) Realidad Aumentada, (4) Simulación, (5) Integración Horizontal/Vertical, (6) Internet Industrial, (7) Nube, (8) Ciberseguridad, y (9) Big Data y Analítica. (Forcina & Falcone, 2021)

En la siguiente tabla 1 se identifican algunas de estas tecnologías habilitadoras y autores que ratifican su uso y tendencias en el marco de la I4.0. Además, se incluyen otras que se consideran de uso frecuente en los procesos de manufactura y en las cadenas de suministro, de especial interés en los procesos de formación de profesionales.

Tabla 1. Tecnologías habilitadoras

de la Industria 4.0 usadas en el entorno de manufactura y cadenas de suministro.

Tecnología Habilitadora	Terminología en inglés	Autores
Manufactura Aditiva - Impresión 3D	3D Printing - Additive Manufacturing	(Savolainen & Collan, 2020)
Inteligencia Artificial	Artificial Intelligence - AI	(Martínez-Plumed, Gómez, & Hernández-Orallo, 2021)
Realidad Aumentada	Augmented Reality - AR	(Zubizarreta, Aguinaga, & Amundarain, 2019)
Big Data	Big Data Analytics	(Ghobakhloo & Fathi, 2019)
Cadenas de Bloque	Blockchain	(Stevenson, Cole, & Aitken, 2019)
Computación de la nube	Cloud Computing	(Logesswari, Jayanthi, KalaiSelvi, Muthusundari, & Aswin, 2020;)
Drones	Drones	(Moshref-Javadi & Winkenbach, 2021)
Internet de las Cosas	Internet of Things - IoT	(Mohanta, Jena, Satapathy, & Patnaik, 2020)
Robótica Colaborativa	Collaborative Robotics	(Sievers, Schmitt, Rückert, Petersen, & Tracht, 2020)
Simulación	Simulation	(Ivanov, 2019; Neumann, 2008)

Estas tecnologías son una realidad, están disponibles, el reto está en hacer un uso efectivo de ellas en la empresa, además de contar con el personal que tenga las competencias necesarias para poder explotarlas al máximo, todo dentro del marco de la industria a la que se aspira para asimilar la transformación digital a través de ellas.

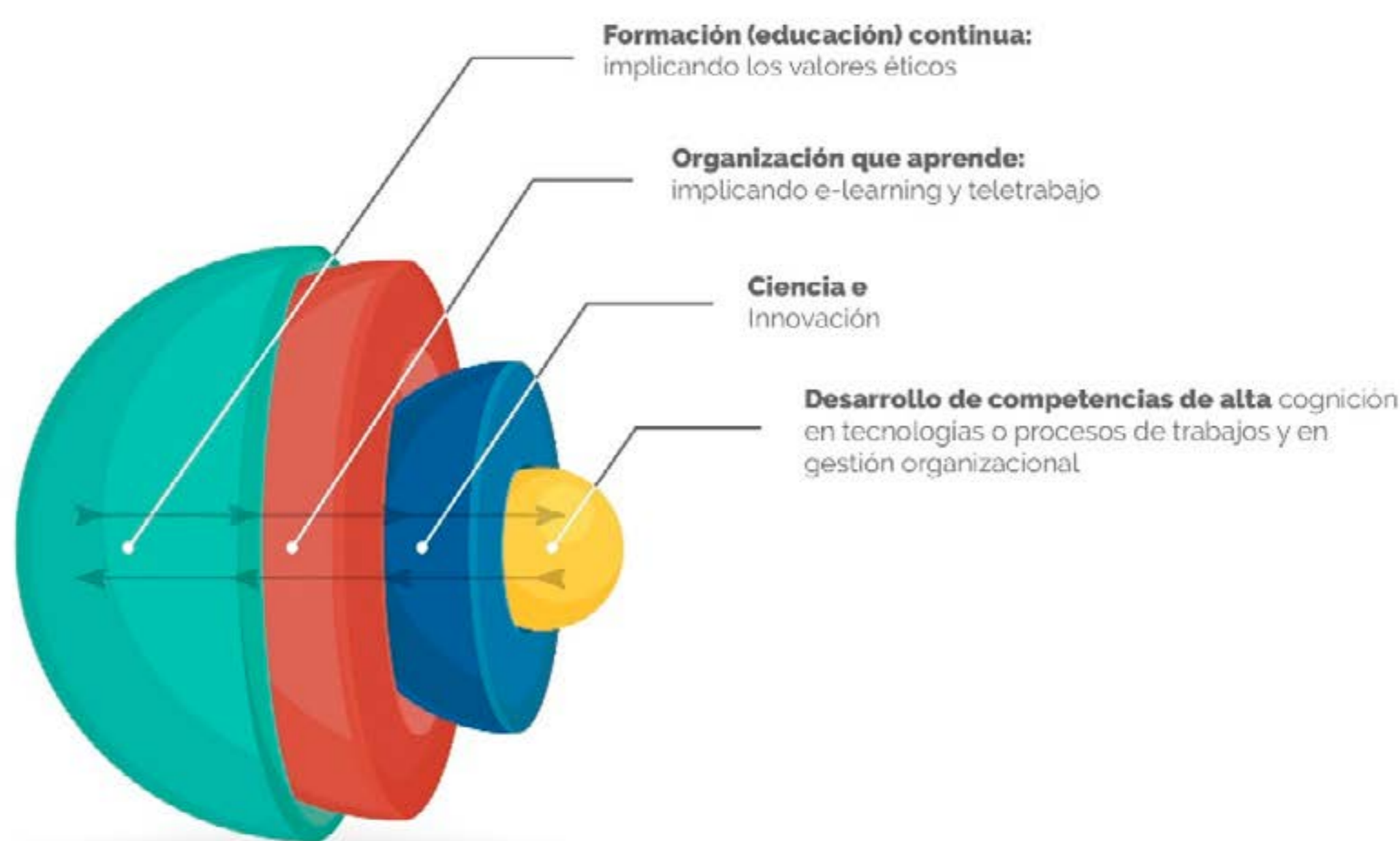
Grado de automatización



Figura 2. Incremento de la automatización en el mercado laboral (Forum, 2020).

LAS TECNOLOGÍAS HABILITADORAS DE LA INDUSTRIA 4.0 Y LA EDUCACIÓN 4.0.

El enfrentamiento a la pandemia de la Covid-19 y la sustentabilidad mundial de su superación, contribuirá sin dudas a acelerar la digitalización, el teletrabajo y la tele formación, y a la vez requerirá de valores humanos, éticos, como la solidaridad, la responsabilidad, el compromiso, la decencia y el crecimiento psicológico; además, ha demostrado las posibilidades de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en el enfrentamiento a crisis globales (Venkatesh, Deoghare, & Singh, 2021). El desarrollo de esas dos macro competencias antes referidas para alcanzar la empresa inteligente 4.0, habrá de insertarse en el ámbito más general de la formación continua en la empresa, como se expresa en la figura 3.



Copyrights - All Rights Reserved | VCARE Academy Inc. and Dr.C. Igor Lopes Martinez, Dr.C. Armando Cuesta Santos - www.vcare.international

Figura 3. Estratos e interacción de la educación continua en el desarrollo de competencias de alta cognición en tecnologías y en gestión organizacional en la empresa 4.0.

Esa formación continua se identificará indefectiblemente con educación, en la concepción martiana, de “instrucción del pensamiento y dirección de los sentimientos” (Martí, 1973) donde los valores humanos y éticos deberán ser predominantes. Y al igual en las competencias a desarrollar deberá tener preeminencia el valor humano y ético. La educación continua aquí no se identifica solo con lo académico, sino con la experiencia, con la práctica, mediante planes de carreras, ocupación variada de cargos, desempeño de tareas, innovaciones e investigación científica: ciencia e innovación es el estrato inmediato que envuelve ese desarrollo de competencias técnicas y de gestión, en interacción constante con el aludido desarrollo.

Y esa ciencia y, en especial la innovación, estará ubicada en el alcance y sostenibilidad de una *Learning Organization* (Organización que aprende) en la empresa (Noruzy, Dalfard, Azhdari, Nazari-Shirkouhi, & Rezazadeh, 2013; Quesada Morales, Cruz Ruíz, & Martínez Rodríguez, 2018) sobre la cual se ha practicado (Santos & Martínez, 2020; Senge Peter M, 1995), donde el teletrabajo y la tele formación estarán implicadas con énfasis –no hay otra alternati-

va-, aprovechando especialmente la Internet de las Cosas, el análisis *Big Data*, la Inteligencia Artificial y la Computación en la Nube, que encabezan hoy la adopción de nuevas tecnologías por parte de las empresas que marchan hacia la asunción de la Industria 4.0. A la vez, comprenderá la transformación en el talento humano, que se manifestará no solo en el reemplazo de empleos antiguos por nuevos, sino también y fundamentalmente en el cambio del perfil de habilidades o competencias de los puestos de trabajo existentes.(Benešová & Tupa, 2017)

En ese tránsito hacia la empresa 4.0, en esa transformación del talento humano, se debe hacer énfasis en el componente “experiencia”, en la actividad práctica comprendida en la formación, en el “aprendizaje en la práctica”, que antes se refirió como una de las dimensiones o competencias a lograr al caracterizar la macro competencia de alta cognición sobre tecnologías, y que también es válida –y ahora se puntualiza, que es imprescindible-- para la de gestión organizacional. En la acepción de “competencias”, desde sus inicios en el ámbito empresarial (Boyatzis, 1982; Daniel Goleman, 2002; David C. McClelland, 1973; Mertens, 1996) siempre quedó claro que la competencia laboral comprendía “capacidad demostrada” o “idoneidad demostrada”, mediando en consecuencia la experiencia o la práctica constatada, diferente a la “capacidad adquirida”, obtenida mediante los estudios y acreditada por los títulos académicos.

Y ese hecho, de considerar el “aprendizaje en la práctica”, o alcanzar experiencias en la práctica de la educación, es de relevancia en la formación o educación continua que se defiende en el tránsito y logro de la Industria 4.0. En la propia experiencia de los autores en la enseñanza de la ingeniería industrial, en una época se desarrollaba “la clase práctica” haciendo ejercicios considerados como complejos, y así se practicaban los cálculos para el diseño de la ventilación, el sistema de alumbrado o los balances de cargas y capacidades de producción y servicios, entre otros diseños requeridos por la ingeniería industrial; sin embargo, la realización del diagrama Ishikawa, el Pareto o la DAFO que también exigen del diseño para lograrlos, por considerarlo menor en complejidad, no se ejercitaban: error ya superado, pero ahí precisamente, y por la intangibilidad implicada, hay en realidad más complejidad, por un mayor entramado de variables, por el manejo de las relaciones interpersonales, por mantener el trabajo de equipo, o por la necesaria inteligencia emocional en aras de trabajar con efectividad con los grupos humanos y sus líderes. El componente “experiencia” o “aprendizaje en la práctica”, es inmanente al desarrollo de competencias que demanda el tránsito y logro de la industria 4.0.

La evolución demostrada en los procesos disruptivos que han representado las revoluciones industriales, desde la Primera Revolución Industrial o I1.0, hasta la I4.0, han ido desarrollando de forma paralela la necesidad de formar competencias al mismo nivel de desarrollo, siendo llamadas las competencias asociadas a la I4.0 como Competencias 4.0. Estas competencias deben ser desarrolladas en las personas a través de los procesos educativos, por lo que actualmente se plantea la necesidad de la Educación 4.0, que debe incluir el entrenamiento con las Tecnologías Habilitadoras anteriormente expuestas. En la figura 4 se muestra esta evolución (D. Mourtzis, Vlachou, Dimitrakopoulos, & Zogopoulos, 2018).

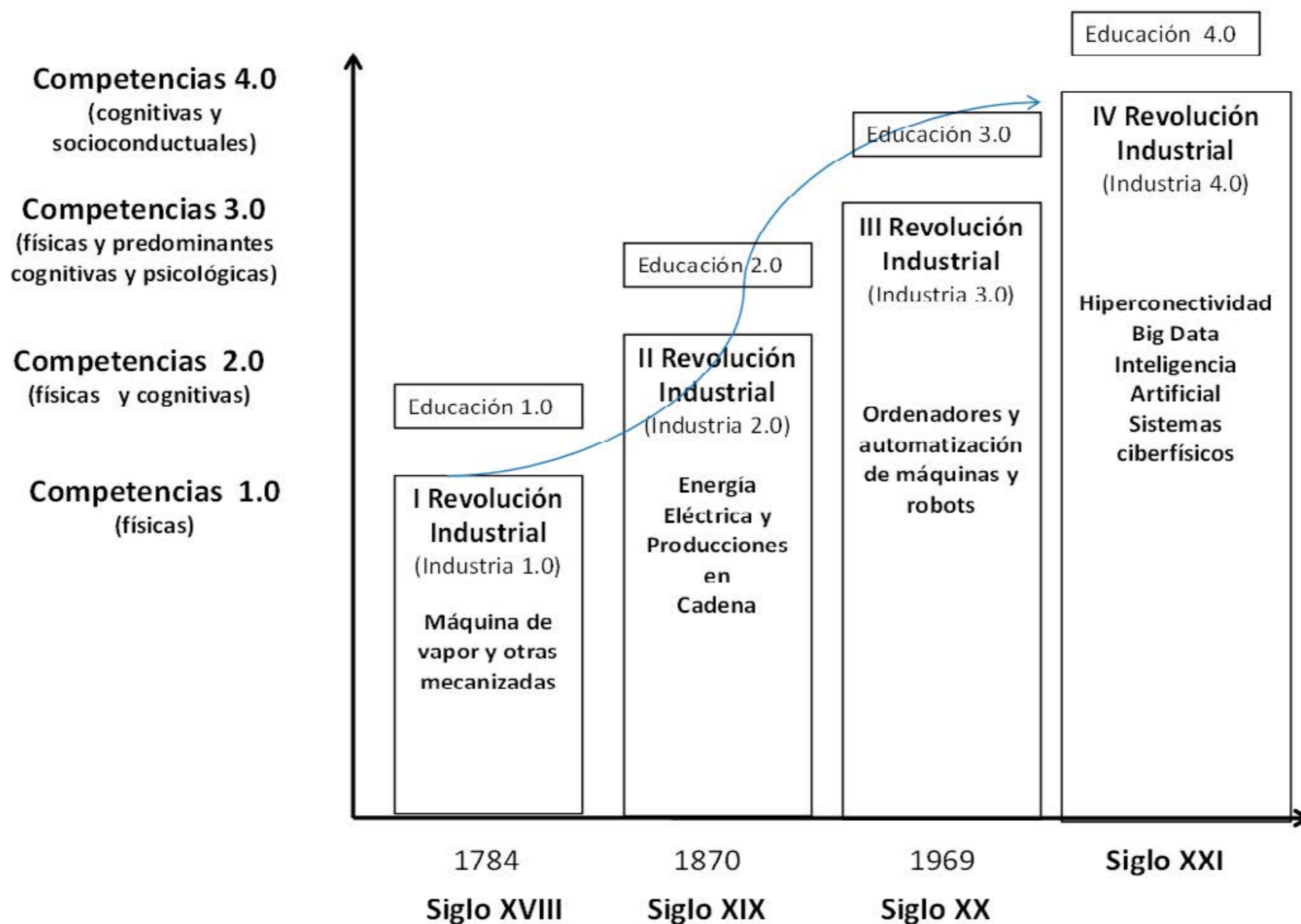


Figura 4. Evolución de la industria, educación y competencias 4.0 (Santos & Martínez, 2020).

RETOS EN LA EDUCACIÓN 4.0 SUSTENTADA EN LAS TECNOLOGÍAS HABILITADORAS DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Según (Jover, 1999): “[...] las interrelaciones de la ciencia y la tecnología y del complejo que ellas constituyen (tecnociencia) con la sociedad, desplazan las visiones más tradicionales, lineales y optimistas”. Por otra parte, este autor enfatiza que la tecnociencia debe apoyarse en el reconocimiento de su naturaleza social, y defender el rigor, objetividad y honestidad intelectual, sin los cuales, la ciencia carecería de todo sentido como fenómeno cultural.

El propio (Jover, 2013) examinando con amplitud los vasos comunicantes dentro de un tejido sumamente vasto, considera que: “La ciencia es mucho más que el conocimiento que ella genera. La tecnología es también una práctica social, cultural, que involucra equipos, métodos, procedimientos, personas y también aspectos organizacionales y moviliza valores e intereses sociales”. Las personas dentro de este concepto (Díaz-Canel Bermúdez & García Cuevas, 2020) son el centro de atención en la Educación 4.0, basada en la gestión del conocimiento. (Intezari & Gressel, 2017)

En cualquier sector o industria, todas estas tecnologías habilitadoras tienen una integración determinada, ninguna de forma independiente puede desarrollar todo su potencial. Existen numerosos ejemplos asociados a la manufactura, la logística, el sector de salud, que fortalecen esta afirmación (Chakraborty & Das, 2021; Shahin, Chen, Bouzary, & Krishnaiyer, 2020).

Por esta razón, es necesario que el sistema de formación y entrenamiento de las personas en el marco del sistema educativo, sea lo más integral posible, que el estudiante vea de manera integral la aplicación y uso de las tecnologías (Ellahi, Ali Khan, & Shah, 2019). Un concepto disruptivo es el de las Fábricas de Aprendizaje (*Learning Factories* en su terminología en inglés) para crear un ambiente realista e integral en la educación en Ingeniería, entrenamiento e investigación (Louw & Deacon, 2020).

Los mecanismos de aprendizaje pueden sustentarse en la acumulación de experiencias y en los procesos de prueba y error, lo cual hace necesario que exista una infraestructura que garantice la adquisición y codificación de estos conocimientos. (Sandberg & Åman, 2010)

En la tabla 2 se realiza un análisis de las Tecnologías Habilitadoras identificadas anteriormente, su importancia en el aprendizaje de los Ingenieros Industriales en opinión de los autores, el rango de precio, la dificultad en la inserción en la docencia y algunos comentarios adicionales.

Tabla 2. Posibilidades de uso de las Tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 en el entorno educacional en un Laboratorio de I4.0.

Tecnología Habilitadora	Importancia	Precio	Dificultad para la enseñanza	Ejemplos, Casos de uso, Comentarios adicionales
Manufactura Aditiva - Impresión 3D	Media	Alto	Fácil	Hardware caro, agradable para mostrar al estudiante, concepto simple, buena herramienta para crear ideas, pero limitado en el aprendizaje de nuevas habilidades. Es bueno tenerlo.
Inteligencia Artificial (AI)	Alto	Bajo	Difícil	Se necesita software. Hardware de primer nivel de rendimiento. Muchos tutoriales principalmente para el lenguaje de programación Python. Necesita profesores capacitados.
Realidad Aumentada (AR)	Medio-bajo	Alto	Bajo para uso (Alto para desarrollar)	Usar soluciones AR completas es fácil, desarrollar AR es difícil. Muchos kits de herramientas y proveedores diferentes.
Big Data	Medio-Alto	Bajo	Medio	Podría usarse en combinación con la AI. Necesaria una Base de datos más reconocimiento de patrones, estadística, búsquedas, filtro. Personal capacitado en Python, R u otro lenguaje de programación. Hardware con propiedades específicas de procesamiento y almacenamiento. Muchos paquetes de software gratuitos disponibles.
Blockchain	Medio	Bajo	Medio	El concepto se puede presentar a los estudiantes mediante un juego de simulación analógico, con dados para crear hashes y construir una cadena de bloques con lápiz y papel. Enseñar soluciones de programación para una cadena de bloques es mucho más difícil.
Computación de la nube	Bajo	Alto	Medio	No es realmente necesario usarlo en el laboratorio. Los conceptos teóricos son suficientes de forma inicial.
Drones	Bajo	Medio-Alto	Fácil	Usar drones es fácil, desarrollar drones es más difícil.

Internet de las Cosas	Alto	Bajo	Fácil-Medio	Muchos programas gratuitos. Fácil de enseñar. Algunas ideas: enviar valores de sensor desde un teléfono inteligente o un Lego Mindstorms a través de MQTT y cambiar pantallas (pickfaces) o LED o interruptores. Puede ser una simulación de automatización de almacén o domótica. Ideal para entorno de laboratorio.
Robótica Colaborativa	Medio-Alto	Medio	Medio	Una aplicación fácil es Lego Mindstorms EV3. Ideal para enseñar sensores, actores, registro de datos, conducción autónoma. Sistema operativo robótico de siguiente nivel, gratuito, potente y hardware barato, pero más difícil de aprender.

Algunas de estas tecnologías podrían enseñarse de forma conjunta, integrada en un escenario. Crear y recopilar datos con teléfonos inteligentes, sensores y transmitir los datos a través de Internet de las Cosas (IoT) es un escenario inicial en el Proyecto de Laboratorio 4.0. Estos datos se pueden almacenar en una base de datos y el reconocimiento de patrones y los filtros se pueden utilizar para recuperar información adicional. Este podría ser un caso de uso para el mantenimiento predictivo o la producción predictiva.

Los conceptos básicos de *Blockchain* se pueden introducir mediante un juego de simulación con dados, lápiz y papel. Todo esto se puede hacer mediante paquetes de *software* gratuitos. El siguiente paso podría ser la robótica y los drones con algunos modelos de *hardware* baratos y *software* gratuito. Con esta combinación es posible la enseñanza de la conducción autónoma (cartografía, localización, navegación).

La impresión 3D y la realidad aumentada son buenas para mostrar resultados en prototipos, pero difíciles de usar con los estudiantes en el laboratorio. El uso de Inteligencia Artificial (AI) encaja perfectamente con *Big Data*, pero necesita profesores experimentados.

CASO DE APRENDIZAJE POR EXPERIENCIA CON TECNOLOGÍAS HABILITADORAS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Durante el año 2019 se seleccionaron 10 estudiantes de diferentes años de la carrera de Ingeniería Industrial, con desempeño entre medio y alto durante la carrera. De ellos, 8 estudiantes de segundo año (2do.) de la carrera y 2 estudiantes de quinto año (5to.), representando el inicio y el final de la carrera en estudiantes del Plan D de la carrera de Ingeniería Industrial en la Cujae.

La intervención estuvo asociada a una visita de estudio de 10 días a dos universidades de Ciencias Aplicadas en Alemania. El seguimiento se realiza en tres etapas, antes de la intervención, desde 6 meses antes, durante la intervención, y la tercera etapa 18 meses posteriores a la misma para evaluar el impacto en su formación asociada con el elemento vivencial con las Tecnologías Habilitadoras en laboratorios y empresas.

En la primera etapa, la preparación se basa en encuentros con especialistas asociados a identificar el nivel de Cuba y Alemania en diferentes aspectos, tanto técnicos y de innovación científica como sociales y culturales. Además, incluye visitas a 4 empresas en Cuba, constataando la falta de implementación de tecnologías habilitadoras en los procesos. Aunque se en-

contraron aplicaciones que no estaban alineadas de una forma sistémica, fue posible identificar algunas tecnologías fundamentalmente en procesos de producción de medicamentos.

Durante la intervención se realizaron visitas de preparación a dos universidades de Ciencias Aplicadas (una de ellas fue la base de preparación, la TH-Wildau), a laboratorios de tecnologías logísticas y de reciclaje, a una empresa prestadora de servicios logísticos al sector de salud y a una planta de generación de energía a partir de desechos sólidos. Además, se visitó el Fraunhofer IFF y el Elbedome (especializado en Realidad Aumentada).

Los estudiantes recibieron entrenamiento vivencial con tecnologías como Realidad Aumentada, tecnologías de *picking* en almacenes como *Pick By Vision*, *Pick By Light*, Sistemas Automatizados de Gestión de Almacenes, uso de la robótica con ejemplos de uso de los Lego Mindstorms en diferentes aplicaciones, uso de la Identificación Automática en los procesos con escáneres 1D-2D, con RFID, NFC, y el uso de cámaras y reconocimiento de patrones para el estudio de los procesos de trabajo; agricultura de precisión con el uso de sensores con diferentes fines, todos estos elementos con uso directo en la práctica empresarial. Además, todas las tecnologías fueron analizadas en la teoría y la práctica. El entrenamiento incluyó sesiones de *Design Thinking* y el uso de un simulador del proceso de toma de decisiones en la cadena de suministros utilizado por más de 700 universidades globalmente.

Luego de la etapa de intervención, en la Etapa 3, los estudiantes de 2do. año siguieron trabajando vinculados a los proyectos de investigación, de clase y académicos en conjunto con el resto de sus colegas de cohorte. Se crearon asignaturas optativas específicas en temas de la Industria 4.0 para ellos, donde 6 de ellos continuaron participando activamente, y en opinión de los profesores estos estudiantes asimilaban con mayor facilidad la terminología y casos de aplicación expuestos durante las dos asignaturas, pues tenían incluida la experiencia vivencial con las tecnologías habilitadoras. Además, durante la 3ra. etapa estos estudiantes se vincularon a trabajos en entidades donde en el 100 % de los mismos las propuestas de solución incluían el uso de tecnologías de acuerdo al proceso en cuestión. Como resultado, 4 de estos estudiantes presentaron trabajo al XXIX Concurso Nacional Científico Estudiantil de Computación como parte de los estudiantes de carreras no afines que se presentaron, siendo los únicos de la Facultad en presentar. Además, presentaron dos trabajos al Fórum Nacional de Estudiantes de Ciencias Técnicas, ambos con resultados que incluyen la implementación de la tecnología en los procesos.

Adicionalmente, se realizó una coordinación con el Grupo de Robótica Educativa de la Facultad de Ingeniería Automática de la Cujae, donde se plantea la idea de incluir el entrenamiento en robótica al 100 % de los estudiantes de Ingeniería Industrial, siendo estos estudiantes seleccionados para los primeros entrenamientos, con la misión de replicar lo aprendido con el modelo y experiencia del Grupo de Robótica en la Carrera de Ingeniería Industrial como profesores. Esto evidencia una mayor predisposición de estos estudiantes para asimilar estos conocimientos, y luego lograr replicarlos. Se creó un Concurso para estudiantes de Ingeniería Industrial asociado al uso de tecnologías en el diseño de un prototipo de Almacén Inteligente, lo cual será replicado anualmente para diferentes casos de uso y estos estudiantes serán cola-

boradores de los estudiantes participantes y al mismo tiempo jueces del concurso. Estas dos ideas transformadoras fueron afectadas por la pandemia de la COVID-19 y la interrupción de la docencia presencial, pero serán retomadas entre 2021 y 2022.

Los estudiantes continuaron su preparación asociada al simulador de decisiones en la cadena de suministros *The Fresh Connection*, donde 4 de los estudiantes que fueron parte de la intervención se presentaron al *2nd Global Qualification Round*, clasificatorio para la final del *Global Student Challenge 2021* (evento donde participaron 56 equipos de 39 diferentes universidades representando a 17 países). En la ronda de clasificación, el equipo conformado por estos cuatro estudiantes de la Cujae obtuvo el 1er. lugar y clasificó de forma directa a la Final, junto a universidades de Bélgica, Canadá, China, Cuba, Dinamarca, Francia, Alemania, Italia, Corea del Sur, Marruecos, Holanda, Perú, Portugal, Rusia, Inglaterra, Estados Unidos y Vietnam. Luego fue el equipo de Latinoamérica con mejor desempeño en la Final Global.

Lo anterior demuestra que estudiantes que tienen la posibilidad de tener acceso vivencial a tecnologías, a sistemas de entrenamientos de probada eficacia global, pueden adquirir competencias con mayor rapidez que los estudiantes que no son sometidos a estas experiencias. Como limitación del estudio se tiene que no se aplicaron herramientas de evaluación de las competencias adquiridas, aunque los resultados demuestran en parte la hipótesis de que el logro de competencias de alta cognición sobre organización del trabajo, logística y de gestión organizacional en ese ámbito está influido en un nivel alto por la formación vivencial, la cual puede adquirirse localmente en parte con una transformación de la enseñanza y el acceso a tecnologías en un laboratorio

CONCLUSIONES

Los procesos disruptivos de la Industria 4.0 llevan a la necesidad de una transformación del talento humano, lo cual significa desarrollar las llamadas Competencias 4.0. Estas competencias deben ser resultado de los procesos educativos, lo cual es una transformación necesaria en el sistema educativo actual. La formación en el marco de la Industria 4.0 debe estar sustentada en el desarrollo de competencias de alta cognición en tecnologías o procesos de trabajo y en gestión organizacional. Las tecnologías habilitadoras en la Industria 4.0 deben estar presentes en este entorno educacional de manera que sea posible el aprendizaje por experiencia o vivencial, como motor impulsor de la transformación del talento humano requerido actualmente. No todas estas tecnologías son posibles o necesarias a incluir en la misma profundidad en la formación del Ingeniero Industrial, debido a su costo, la importancia relativa, las posibilidades de implementación en un entorno controlado de laboratorio y la posibilidad de contar con profesores o entrenadores bien preparados, lo cual puede suplantarse con el apoyo intra e interinstitucional. Se demuestra, a partir de un experimento, que el aprendizaje experiencial con tecnologías habilitadoras puede influir significativamente en la formación de los estudiantes de Ingeniería Industrial con el consecuente impacto positivo en el mercado laboral y científico, apoyando las transformaciones necesarias en el Modelo Económico Cubano.

REFERENCIAS

- Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., Zanardini, M., & Zheng, T. (2019). The impacts of Industry 4.0: a descriptive survey in the Italian manufacturing sector. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1085-1115. doi: 10.1108/JMTM-08-2018-0269
- Benešová, A., & Tupa, J. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 2195-2202. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>
- Boyatzis, R. E. (1982). The competent manager : a model for effective performance. *Management Education and Development*, 14(2), 144-152. doi: <https://doi.org/10.1177/135050768301400208>
- Chakraborty, B., & Das, S. (2021). Introducing a New Supply Chain Management Concept by Hybridizing TOPSIS, IoT and Cloud Computing. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 102(1), 109-119. doi: 10.1007/s40032-020-00619-x
- Daniel Goleman, R. B. y. A. M. (2002). *El líder resonante crea más (El poder de la inteligencia emocional)*. Plaza & Janés. Barcelona.
- David C. McClelland. (1973). Testing for competence rather than for “intelligence.” *American Psychologist*, 28(1), 1-14. doi: <https://doi.org/10.1037/h0034092>
- Díaz Canel Bermúdez, M., & García Cuevas, J. L. (2020). Educación superior, innovación y gestión de gobierno para el desarrollo 2012-2020. *Ingeniería Industrial*, 41(3).
- Ellahi, R. M., Ali Khan, M. U., & Shah, A. (2019). Redesigning Curriculum in line with Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 151, 699-708. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.093>
- Forcina, A., & Falcone, D. (2021). The role of Industry 4.0 enabling technologies for safety management: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 180, 436-445. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.260>
- Forum, W. E. (2020). *Future of Jobs Report 2020*, Genova.
- Forum., W. E. (2016). *The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Geneva, Switzerland. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf.
- Forum., W. E. (2018). *The Future of Jobs Report*. Geneva, Switzerland. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf.
- Ghobakhloo, M., & Fathi, M. (2019). Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(1), 1-30. doi: 10.1108/JMTM-11-2018-0417
- Guzmán, D. S. (2019). Industria y educación 4.0 en México: un estudio exploratorio. *Revista Innovación Educativa*, 19(81), 39-63.
- Intezari, A., & Gressel, S. (2017). Information and reformation in KM systems: big data and strategic decision-making. *Journal of Knowledge Management*, 21(1), 71-91. doi: 10.1108/JKM-07-2015-0293
- Ivanov, D. (2019). Disruption tails and revival policies: A simulation analysis of supply chain design and production-ordering systems in the recovery and post-disruption periods. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 558-570. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.043>

- Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922. doi: 10.1016/j.tre.2020.101922
- James Manyika, S. L., Michael Chui, Jacques Bughin, Jonathan Woetzel, Parul Batra, Ryan Ko, and Saurabh Sanghvi. (2017). Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages. McKinsey Global Institute.
- Jover, J. N. (1999). La ciencia y la tecnología como procesos sociales. *Lo que la educación científica no debería olvidar*. La Habana: Editorial Félix Varela, 27-48.
- Jover, J. N. (2013). Responsabilidad social universitaria y desarrollo sustentable. *UCE Ciencia. Revista de postgrado*, 1(1).
- Logesswari, S., Jayanthi, S., KalaiSelvi, D., Muthusundari, S., & Aswin, V. (2020). A study on cloud computing challenges and its mitigations. *Materials Today: Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.655>
- Louw, L., & Deacon, Q. (2020). Teaching Industrie 4.0 technologies in a learning factory through problem-based learning: case study of a semi-automated robotic cell design. *Procedia Manufacturing*, 45, 265-270. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.105>
- Martí, J. (1973). *Obras Completas de José Martí* (Vol. 19). Cuba: Educación Popular : Ciencias Sociales
- Martínez-Plumed, F., Gómez, E., & Hernández-Orallo, J. (2021). Futures of artificial intelligence through technology readiness levels. *Telematics and Informatics*, 58, 101525. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101525>
- Mertens, L. (1996). *Competencia laboral: sistemas, surgimiento y modelos*. Montevideo.
- Mohanta, B. K., Jena, D., Satapathy, U., & Patnaik, S. (2020). Survey on IoT security: Challenges and solution using machine learning, artificial intelligence and blockchain technology. *Internet of Things*, 11, 100227. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100227>
- Moshref-Javadi, M., & Winkenbach, M. (2021). Applications and Research Avenues for Drone-Based Models in Logistics: A Classification and Review. *Expert Systems with Applications*, 114854. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114854>
- Mourtzis, D., Vlachou, E., Dimitrakopoulos, G., & Zogopoulos, V. (2018). Cyber- Physical Systems and Education 4.0 –The Teaching Factory 4.0 Concept. *Procedia Manufacturing*, 23, 129-134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.005>
- Mundial., B. (2019). *Informe sobre el desarrollo mundial 2019: La naturaleza cambiante del trabajo. Informe sobre el desarrollo mundial*. Washington, DC: Banco Mundial. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30435>. doi: 10.1596/978-1-4648-1328-3
- Neumann, G. (2008). *Simulation education in logistics: case studies in a virtual learning environment*. Paper presented at the Proceedings of the 22nd European Conference on Modeling and Simulation. eds. LS Louca. Recuperado de http://www.scs-europe.net/conf/ecms2008/ecms2008%20CD/ecms2008%20pdf/lt-ECMS2008_0116.pdf

- Noruzi, A., Dalfard, V. M., Azhdari, B., Nazari-Shirkouhi, S., & Rezazadeh, A. (2013). Relations between transformational leadership, organizational learning, knowledge management, organizational innovation, and organizational performance: an empirical investigation of manufacturing firms. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 64(5), 1073-1085. doi: 10.1007/s00170-012-4038-y
- Porto, C. E. (2019). La Industria 4.0: ¿Una nueva industria? *Cubahora, primera revista digital de Cuba*. Recuperado de <https://www.cubahora.cu/ciencia-y-tecnologia/la-industria-4-0-una-nueva-industria>
- Quesada Morales, D., Cruz Ruíz, A., & Martínez Rodríguez, M. (2018). Validación y análisis de la confiabilidad del cuestionario "Dimensiones de las organizaciones que aprenden" para el entorno cubano. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(1), 200-218.
- Roig, C. (2017). Industria 4.0: la cuarta (re) evolución industrial. *Revistas Harvard Deusto*, 266, 64-70.
- Sandberg, E., & Åman, P. (2010). Logistics learning mechanisms and capabilities: towards an understanding of sustainable competitive advantage. *Logistics Research*, 2(2), 97-108. doi: 10.1007/s12159-010-0029-2
- Santos, A. C., & Martínez, I. L. (2020). Hacia las competencias profesionales 4.0 en la empresa cubana. *Revista Cubana de Ingeniería*, 11(1), 66-76.
- Savolainen, J., & Collan, M. (2020). How Additive Manufacturing Technology Changes Business Models? – Review of Literature. *Additive Manufacturing*, 32, 101070. doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101070>
- Senge Peter M, C. R., Richard B Ross, Bryan J Smith, Art Kleiner. (1995). *La quinta disciplina en la práctica : cómo construir una organización inteligente*. España: Ediciones Granica, 1995.
- Shahin, M., Chen, F. F., Bouzary, H., & Krishnaiyer, K. (2020). Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 107(5), 2927-2936. doi: 10.1007/s00170-020-05124-0
- Sievers, T. S., Schmitt, B., Rückert, P., Petersen, M., & Tracht, K. (2020). Concept of a Mixed-Reality Learning Environment for Collaborative Robotics. *Procedia Manufacturing*, 45, 19-24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.034>
- Stevenson, M., Cole, R., & Aitken, J. (2019). Blockchain technology: implications for operations and supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(4), 469-483. doi: 10.1108/SCM-09-2018-0309
- Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2017). *Industry 4.0: managing the digital transformation*: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-57870-5
- Venkatesh, V. S. S., Deoghare, A. B., & Singh, S. N. (2021). A review on the role of 3D printing in the fight against COVID-19: safety and challenges. *Rapid Prototyping Journal*, 27(2), 407-420. doi: 10.1108/RPJ-08-2020-0198

Zubizarreta, J., Aguinaga, I., & Amundarain, A. (2019). A framework for augmented reality guidance in industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102(9), 4095-4108. doi: 10.1007/s00170-019-03527-2

Copyright © 2021 Lopes-Martinez, I., Cuesta-Santos, A., Neumann, G., Gunzel, M., Marrero-Duran, S. P., Noya-Dominguez, L., Martinez-Perez, E., Cruz-Ruiz, A., Machado-de-Armas, D., Diaz-Pereira, D.



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.