



DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA IIoT PARA FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN TECNOLOGÍAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Javier Solano, Juan M. Rey

**Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia**

Iván Hernández, Natalia Duarte

**Diseño y Automatización Dautom
S.A.S.
Bucaramanga, Colombia**

Resumen

El mundo está viviendo una etapa de importantes transformaciones tecnológicas conocida como la cuarta revolución industrial. En este marco histórico, el sector industrial colombiano deberá superar los retos que supone la convergencia de sistemas virtuales y físicos para crear procesos inteligentes, flexibles, eficientes, y más competitivos. Para lograr la transformación a la industria 4.0, es necesario capacitar profesionales alineados con las nuevas tecnologías y con habilidades transversales. Este trabajo presenta el proyecto del desarrollo tecnológico que se llevará a cabo entre la Universidad Industrial de Santander (UIS) y la empresa Diseño y Automatización Industrial (DAUTOM SAS) enfocado en el diseño, desarrollo e implementación de una plataforma IIoT de formación de profesionales en tecnologías de la cuarta revolución industrial. Se describen las características deseadas y los elementos que componen la plataforma, así como las etapas del proyecto, sus beneficios para la industria y la academia, y sus potenciales aportes innovadores.

Palabras clave: MVP; MQTT; industria 4.0; educación remota; PLC; SCADA; IIoT

Abstract

The world is experiencing important technological transformations known as the fourth industrial revolution. In this historical framework, the Colombian industrial sector must overcome the challenges posed by the convergence of virtual and physical systems to create smart, flexible,

efficient, and competitive processes. To achieve the transformation to industry 4.0, it is necessary to train professionals aligned with new technologies and with transversal skills. This paper presents the technological development project that will be carried out between the Universidad Industrial de Santander (UIS) and the company Diseño y Automatización Industrial (DAUTOM SAS) focused on the design, development and implementation of an IIoT platform for training professionals in technologies of the fourth industrial revolution. The desired characteristics and elements that compose the platform are described, as well as the stages of the project, its benefits for industry and academia, and its potential innovative contributions.

Keywords: MVP; MQTT; industry 4.0; remote education; PLC; SCADA; IIoT

1. Introducción

El mundo está viviendo una etapa de importantes transformaciones tecnológicas que afectan la economía, la sociedad y el estilo de vida de las personas. Este conjunto de transformaciones en marcha, que se caracterizan por el dinamismo de las tecnologías, la combinación de sistemas digitales y físicos, la automatización en línea de procesos y las técnicas de producción con sistemas inteligentes, son conocidas como la cuarta revolución industrial. En este marco histórico, el desarrollo del sector industrial debe superar los retos que supone la convergencia de sistemas virtuales y físicos para crear procesos ajustables, inteligentes, flexibles y eficientes. El acceso a la información en los procesos industriales permite analizar, monitorear y controlar las etapas, lo que resulta fundamental para que los diferentes mandos tomen decisiones enfocadas en optimizar la producción y la adaptabilidad.

Ante esta revolución tecnológica, el sector industrial colombiano tiene grandes oportunidades para mejorar su competitividad. Para que esto se lleve a cabo, es necesario que se realicen esfuerzos por capacitar profesionales alineados con las nuevas tecnologías y con habilidades transversales que aporten al desarrollo y evolución de dichas transformaciones. Actualmente, los integradores de tecnología suelen tener dificultades en la búsqueda de talento humano que tenga las competencias transversales requeridas para apoyar la transformación digital y así, el control basado en información que requiere la industria moderna. Esta problemática se debe en gran medida a que la tecnología industrial avanza a un ritmo mucho mayor que la capacidad de las universidades de adaptarse y adecuar su infraestructura para formar a sus estudiantes con las competencias prácticas requeridas.

2. Industria 4.0

El término *industria 4.0* está relacionado con la cuarta revolución industrial que, en lo que respecta a los procesos productivos, hace referencia a la posibilidad de controlar desde un nuevo nivel de organización la cadena de valor del ciclo de vida de los productos, orientándola a los requisitos de los clientes cada vez más individualizados (**Guo, 2020**) (**M. Russmann, 2015**). Desde esta perspectiva, es posible indicar que la Industria 4.0 tiene como objetivo satisfacer las necesidades individuales de los clientes agregando inteligencia y dinámica en áreas como la gestión de



pedidos, la fabricación, la investigación, el desarrollo, la entrega hasta la utilización y el reciclaje de productos **(S. Vaidya, 2018)**.

La industria 4.0 está fundamentada en nueve pilares esenciales, indicados en la Figura 1. Es preciso resaltar que algunas de estas tecnologías ya se utilizan en la etapa de fabricación, sin embargo, con la implementación de la industria 4.0 se transformará la cadena de producción; aquellas etapas aisladas se unirán como un flujo de producción totalmente integrado, automatizado y optimizado, generando cambios entre proveedores, productores, clientes y, especialmente, entre el hombre y las máquinas.



Figura 1. Pilares de la Industria 4.0.

El éxito de la aceptación y absorción tecnológica masiva de la industria 4.0 pasa por lograr la integración del mundo digital de las tecnologías de la información (IT) con el mundo práctico de las tecnologías de la operación (OT). Las OT que incluyen controles operativos no han experimentado la misma velocidad de expansión que la de las IT, por lo que actualmente la mayoría de plataformas para la integración de IT y OT son de propiedad de los fabricantes de hardware, lo que se convierte en una restricción para el escalamiento y flexibilidad que serían deseables para la industria 4.0 y la academia. Esto representa una serie de importantes retos tecnológicos y logísticos relacionados al diseño de hardware y software para controles industriales. Por ejemplo, muchas soluciones de software HMI / SCADA tradicionales aún operan en un número muy limitado de sistemas operativos, lo que puede causar serios problemas de compatibilidad, limitar las opciones disponibles y bloquear a un integrador y su cliente a un solo proveedor de software. Además, debido a los estándares de IT abiertos como las bases de datos SQL, la forma en que los datos se recopilan, comparten y analizan ha mejorado enormemente en los últimos años **(Casas, 2019)**. Dentro de las tecnologías y habilidades imperativas para el futuro se encuentran: el Internet Industrial de las Cosas (*Industrial Internet of Things, IIoT*), el Transporte de Telemetría de Cola de



Mensajes (*Message Queue Telemetry Transport*, MQTT), la gestión de bases de datos SQL, las soluciones de virtualización y nube, los dispositivos móviles y la ciberseguridad.

El avance de la industria 4.0 y la digitalización podrían tener importantes ventajas y oportunidades tales como la reducción de personal y costos, mayor productividad y eficiencia, mayor inversión en I+D+I y mayor seguridad en los procesos, entre otros. Sin embargo, en la medida en que los procesos son automatizados, se corre el riesgo de perder gran cantidad de empleos. Por esta razón, es estratégico que el país invierta en la formación de personal en industria 4.0 para que puedan lograrse desarrollos que generen empleos calificados y no se haga un proceso de absorción tecnológica sin una apropiación y capacitación real.

3. Formación para la industria 4.0

La formación para la industria 4.0 abarca el desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), lo cual ha tomado relevancia en un mundo actual necesitado de educación abierta. Las TIC han permitido crear nuevos entornos de aprendizaje global estandarizado y ofrecer a los estudiantes recursos dinámicos y servicios electrónicos. En este sentido, el sistema educativo convencional debe abrirse a las nuevas formas de aprendizaje digitalizado que permiten involucrar a los estudiantes tanto dentro como fuera del aula (**C. F. Ukhriyawati, 2019**). Algunas de los aspectos que confluyen negativamente en la forma como tradicionalmente se adecúa la infraestructura de los laboratorios universitarios de formación son los siguientes:

- Muchas universidades colombianas no disponen de suficientes puestos de trabajo en los laboratorios debido a sus altos costos, lo que lleva a sustituir las prácticas por demostraciones que, en muchos casos, no representan experiencias de formación significativas, afectando la calidad de los programas y el desarrollo de las competencias deseadas en los estudiantes.
- La dificultad de disponer de laboratorios disponibles 24 horas y 7 días a la semana debido a razones de seguridad o de capacidad de personal de apoyo, lo que diezma el interés de los estudiantes y dificulta los procesos de aprendizaje.
- La falta de actualización de las prácticas de laboratorio, muchas de las cuales no forman a los estudiantes en las competencias altamente demandadas por sectores industriales en crecimiento como es la industria 4.0.
- La grave problemática educativa que se ha generado debido a las medidas sanitarias derivadas de la emergencia sanitaria por el COVID-19, como el aislamiento preventivo y la implementación de estrictas medidas de bioseguridad, que han forzado a migrar súbitamente y sin la preparación adecuada las prácticas de laboratorio presenciales a actividades virtuales o semipresenciales.

Lo anteriormente planteado deja en evidencia una problemática relacionada a la calidad de la formación de estudiantes y profesionales en áreas de la industria 4.0. Esta situación ralentiza la transformación digital y la adopción de nuevas tecnologías en la industria regional y nacional, afectando su competitividad. También genera que las industrias que toman la decisión de iniciar su proceso transformador deban buscar soluciones con integradores internacionales, importando



no solo su hardware sino sus servicios, lo que afecta la calidad de empleo y la calidad de vida del país.

A medida que el mundo avanza hacia esta industria, los sistemas ciberfísicos y las tecnologías de gemelos digitales, es imperativo que los sistemas educativos proporcionen la base y el marco formativo adecuado para permitir tal avance, en ese sentido, uno de los modos de lograrlo, de acuerdo con **(T. R. Ortelt, 2020)**, es con el desarrollo de laboratorios digitales y las plataformas basadas en IIoT debido a su adaptabilidad, disponibilidad 24/7, costo reducido por usuario y facilidad de integración con otras tecnologías. Esta es una solución que combina la teoría con el aprender haciendo y que puede dividirse en categorías sujetas al área de estudio, al escenario de aprendizaje, al estado de desarrollo, a la disponibilidad y a las competencias deseadas.

4. Experiencias relacionadas

Algunas experiencias relevantes relacionadas a estas temáticas son las siguientes:

En **(V. V. Gowripeddi, 2020)** se describe un laboratorio remoto que consta de diferentes configuraciones experimentales controladas por un sistema de adquisición de datos y acondicionamiento de señales, el cual se conecta a un servidor local mediante un computador host. Por su parte, en **(M. Hincapié, 2020)** se presenta la experiencia de implementación de un curso de laboratorio de integración de sistemas de manufactura donde se cubren conceptos como la automatización de PLC, robótica, puesta en marcha virtual, CAD y planificación de procesos. En **(GUNT Hamburg)** se describe un laboratorio de bancos de prueba para ingeniería de procesos. Todos los bancos incluyen un PLC y una pantalla táctil para su operación y control. Los contenidos de aprendizaje abordados incluyen el conocimiento de la estructura y función de las diferentes regulaciones hasta la investigación de diferentes propiedades de los circuitos de control. En **(SDU)** se presenta la experiencia del desarrollo de un laboratorio de investigación, innovación y educación en tecnologías de la industria 4.0 con una de las instalaciones más avanzadas de Europa. Sus competencias van desde soluciones avanzadas de robótica y automatización, modelado digital, realidad virtual y seguridad cibernética, entre otras. En **(B. Salah, 2020)** se presenta una hoja de ruta de un curso académico que integra el concepto de industria 4.0. Para ello, se desarrolló una fábrica de aprendizaje relacionada con técnicas inteligentes para la fabricación de productos. La metodología propuesta promueve el desarrollo de habilidades e ideas innovadoras en los estudiantes.

En Colombia, la Universidad Pontificia Bolivariana (sede Bogotá) cuenta desde 2019 con un centro para capacitación en innovación e industria 4.0, direccionado al desarrollo e implementación de soluciones IoT y prototipado inteligente para el desarrollo de soluciones empresariales **(UPB)**. Por otra parte, el SENA y SIEMENS firmaron un convenio para poner en marcha un proyecto para formar a los estudiantes en competencias avanzadas de tecnología y el campo digital, mediante el software PLM (gestión del ciclo de vida del producto) **(SENA)**.

Estos aportes son un punto de partida, teniendo en cuenta que aún no se ha logrado en definitiva vencer los obstáculos de la transformación digital, con soluciones integrales, que permitan el



escalamiento y la madurez para impactar a la industria. Por estas razones, la Universidad Industrial de Santander (UIS) a través del Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL) y el Grupo de Investigación en Control, Electrónica, Modelado y Simulación (CEMOS) de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T) así como el grupo Interfaz de la Escuela de Diseño Industrial ha decidido proponer en conjunto con la empresa santandereana Diseño y Automatización Industrial (DAUTOM) el desarrollo de una plataforma IIoT de automatización y control industrial para la formación de estudiantes y profesionales en competencias de industria 4.0. Este proyecto será cofinanciado por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación a través de la convocatoria 890-220 "Convocatoria para el fortalecimiento de CTel en instituciones de educación superior públicas.

5. Plataforma IIoT

El proyecto pretende desarrollar una plataforma basada en tecnologías de la cuarta revolución como son IIoT, automatización industrial, ciberseguridad y computación en la nube, en función de laboratorios para el desarrollo de competencias en estudiantes de pregrado y posgrado. La plataforma deberá permitir la operación local y remota para que los estudiantes puedan desarrollar prácticas de laboratorio desde su casa, usando un banco IIoT portátil y accediendo remotamente al banco IIoT controlador de proceso, banco IIoT IO de proceso y al servidor principal. El sistema debe presentar bajo costo de montaje, operación y mantenimiento, debe ser fácilmente replicable y de elementos de riesgo mínimo para quienes los utilicen, con el fin de permitir que los estudiantes puedan trabajar con los bancos al exterior de las instalaciones de la universidad sin ningún riesgo relevante para su seguridad.

Respecto a los bancos, se plantean tres tipos de la siguiente forma:

- Banco IIoT de proceso: ubicado en el laboratorio de la UIS e integrado con el servidor.
- Banco IIoT de IO de proceso: ubicado en el laboratorio de la UIS e integrado con el banco IIoT de proceso.
- Banco IIoT remoto: portátil permitiendo que el estudiante lo opere desde su casa e integrado con el servidor principal usando MQTT.

La Figura 2 presenta un esquema descriptivo de la plataforma IIoT que se desarrollará junto a sus principales componentes.



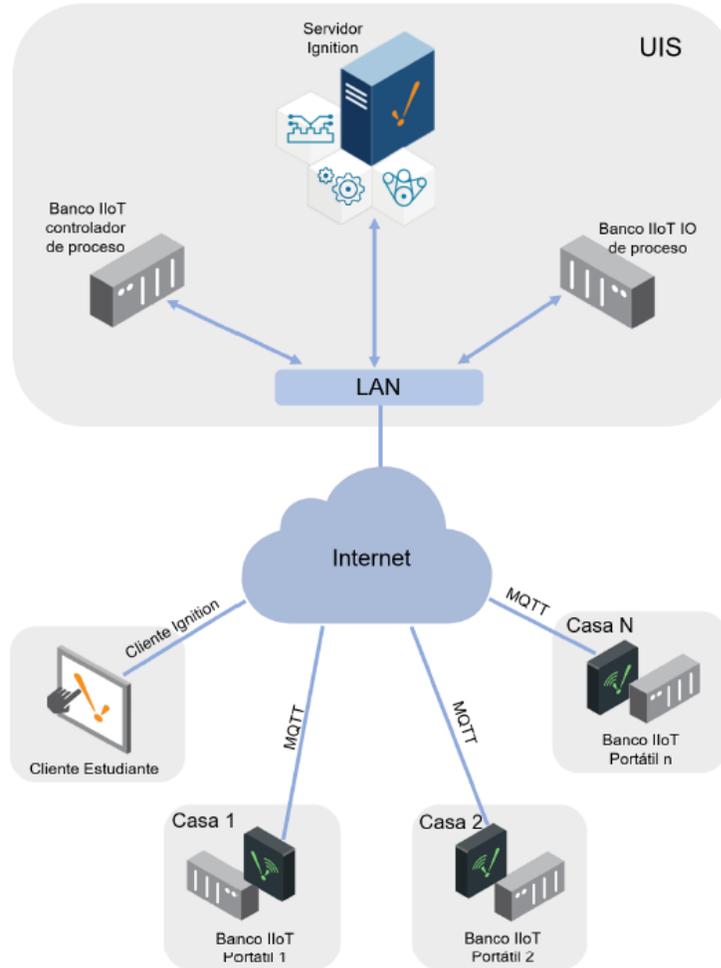


Figura 2. Esquema descriptivo de la plataforma IIoT que se desarrollará.

El servidor principal contará con servidor MQTT y un sistema SCADA con capacidades de integración MQTT bidireccional. Así, el número de clientes, etiquetas, conexiones a dispositivos de campo y proyectos, será únicamente restringido por las especificaciones del hardware, ya que el modelo de licenciamiento del software SCADA es ilimitado. Con respecto al servidor MQTT, este deberá permitir la conexión simultánea de 50 clientes, en una arquitectura escalable con operación publicación/subscripción. Los estudiantes podrán integrar los bancos IIoT remotos con el servidor principal, acceder usando una VPN a los bancos ubicados en el laboratorio de la institución, crear conexiones cliente remoto de SCADA e integrar clientes MQTT con el servidor principal.

6. Etapas del desarrollo del proyecto

El desarrollo del proyecto contempla las siguientes etapas:

- 1) **Definición de las temáticas y competencias a desarrollar con la plataforma IIoT:** Se partirá de la transformación de las habilidades y competencias requeridas en la



cuarta revolución industrial definidas por el Foro Económico Mundial (**World Economic Forum, 2019**), así como la necesidad actual en la industria colombiana en el cierre de brechas de innovación y tecnología para definir las temáticas a desarrollar en el plan de formación a crear.

- 2) **Desarrollo y verificación del producto mínimo viable de la plataforma IloT (TRL5):** En esta etapa se construirá el producto mínimo viable (MVP) que cumpla con las especificaciones técnicas y funcionales mínimas para verificarlo con los diferentes usuarios (docentes y estudiantes) fuera y dentro del entorno de laboratorio. En las actividades de verificación se realizarán ajustes al MVP para definir los conceptos y requerimientos para la plataforma IloT.
- 3) **Prototipado precomercial de la plataforma IloT:** Desarrollo, construcción y puesta en marcha del prototipo precomercial de la plataforma con todas las características funcionales, estéticas y ergonómicas para su validación (TRL6).
- 4) **Creación de un programa de formación en tecnologías de industria 4.0:** Partiendo de los resultados de la etapa inicial, se propone un plan de formación y un aula virtual para utilizar la plataforma IloT como herramienta principal del desarrollo de las temáticas y competencias de la industria 4.0. Este plan será ofrecido a los estudiantes de los semilleros de investigación de la E3T de la UIS.
- 5) **Validación funcional, estética y ergonómica de la plataforma IloT (TRL7):** La plataforma tiene dos componentes, el tecnológico y el académico, por lo cual se deberán evaluar de manera independiente y posterior a su análisis verificar los beneficios y aspectos a mejorar de la solución antes de entrar al mercado.
- 6) **Divulgación de los resultados en la comunidad académica e industrial:** Los resultados parciales y finales serán presentados ante la comunidad académica e industrial. Además, se propondrá un diplomado abierto para profesionales en el área para ser ofrecido por la UIS. En el marco de la emergencia sanitaria, y la dificultad para llevar a cabo de manera segura la formación presencial, esta formación será diseñada para ser ofrecida en modalidad 100% remota.

7. Resultados esperados y potenciales aportes innovadores

El proyecto de desarrollo está enmarcado en el área de tecnologías convergentes, industria 4.0. y TIC para la educación. Tiene como aplicaciones el desarrollo de laboratorios locales y remotos de ingeniería para la capacitación de talento humano en empresas. Como potenciales beneficiarios directos se identifican los estudiantes de instituciones de educación superior a nivel técnico, tecnológico y profesional, los colaboradores en empresas integradoras de automatización industrial, los colaboradores en empresas con base instalada y automatizada, y los profesionales independientes. La plataforma, que para efectos del presente proyecto tiene un enfoque de formación de profesionales en tecnologías de la industria 4.0, tiene oportunidad de expansión a nivel nacional e internacional, con el crecimiento de la formación virtual y la implementación de nuevas tecnologías. Puede extenderse al mercado industrial de empresas integradoras de sistemas automatizados, así como empresas con base instalada y automatizada, por medio de servicios de capacitación de talento humano usando los bancos remotos y programas de formación.



Si bien en el mercado actual existen múltiples ofertas, aplicativos, gadgets, entre otros, no se ha logrado en definitiva vencer los obstáculos de la transformación digital, con soluciones integrales, que permitan el escalamiento y la madurez para impactar a la industria. La plataforma a desarrollar, por el contrario, desacopla las funcionalidades de los dispositivos y aplicaciones, consiguiendo una única fuente de data para las diferentes necesidades y requerimientos. Además, esta plataforma IIoT es compatible con diferentes sistemas operativos, con arquitectura híbrida, escalable y sin limitantes en software de número de etiquetas, pantallas, proyectos y clientes. Algunos de sus principales ventajas y beneficios son:

- El aumento de la participación de los estudiantes en prácticas de laboratorio, actualmente no disponibles por la emergencia sanitaria.
- La posibilidad de permitir usar activos portátiles para el desarrollo de laboratorios remotos.
- El carácter formativo que busca desarrollar competencias en los estudiantes respecto a las tecnologías de la industria 4.0., el IIoT, SQL, Cloud, aplicaciones móviles y ciberseguridad.
- La reducción de la brecha entre los estudiantes y los activos de los laboratorios, utilizando tecnologías disruptivas como IIoT, permitiendo un proceso de formación ininterrumpido, lo cual genera el desarrollo de las competencias demandadas a futuro por el sector industrial.
- La posibilidad de integrar los laboratorios y bancos existentes, sin necesidad de realizar un cambio sustancial o una inversión relevante de recursos.

Con respecto al nivel de madurez de los productos en TRL (*Technology Readiness Level*), los trabajos previos realizados por los grupos de investigación de la UIS permiten partir de prototipos TRL4 con comprobación funcional en escala de laboratorio. En el desarrollo del proyecto se pasará por hitos como la implementación de un MVP, hasta alcanzar un prototipo TRL7 validado, incluyendo diseño industrial detallado, e ingeniería de detalle (paquete CAD, Arquitectura de control, Esquemas Eléctricos, backup del programa), en conjunto con un informe de aspectos susceptibles de mejora para la evolución a un proceso de innovación TRL9. Con respecto a la componente académica, se desarrollará un syllabus, guías de laboratorio, un test de competencias, material didáctico e instrumentos de evaluación definitivos de una propuesta de diplomado abierto en modalidad 100% virtual de formación en industria 4.0.

En la medida en que las etapas del proyecto se desarrollen, los resultados parciales y finales serán compartidos ante la comunidad académica e industrial. Estos se presentarán en conferencias nacionales especializadas, eventos académicos/industriales y revistas científicas. El proyecto también contempla una serie de actividades estratégicas de apropiación social de la ciencia, con el fin de divulgar los resultados a la ciudadanía y así incentivar el reconocimiento y valoración de las actividades de investigación científica como ejes transformadores de la sociedad. Los autores esperan que el ejercicio de divulgación presentado en este documento resulte útil para motivar a más investigadores colombianos a desarrollar proyectos relacionados con la industria 4.0 y la educación remota, así como para presentar las capacidades que los grupos GISEL, CEMOS e Interfaz de la UIS y la empresa DAUTOM tienen para el desarrollo de futuros proyectos colaborativos con actores estratégicos nacionales e internacionales.



8. Referencias

- D. Guo, S. Ling, H. Li, D. Ao, T. Zhang, Y. Rong, y G. Q. Huang, «A FRAMEWORK FOR PERSONALIZED PRODUCTION BASED ON DIGITAL TWIN, BLOCKCHAIN AND ADDITIVE MANUFACTURING IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0», *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, ago. 2020.
- M. Russmann, M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner, J. Justus, P. Engel, y M. Harnisch, «INDUSTRY 4.0: THE FUTURE OF PRODUCTIVITY AND GROWTH IN MANUFACTURING INDUSTRIES», *The Boston Consulting Group*, 2015.
- S. Vaidya, P. Ambad, y S. Bhosle, «INDUSTRY 4.0 – A GLIMPSE», *Procedia Manufacturing*, vol. 20, 2018,
- D. Casas Castillo, D. Aguirre Cortes, y C. David Yanet, «LA REVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA Y SU TENDENCIA EN COLOMBIA», 2019.
- C. F. Ukhriyawati, T. Ningsih, T. Susilowati, M. D. Agustiningrum, D. F. Firdaus, A. Iskandar, y S. Sallu, «THE INTEGRATION OF INNOVATION IN EDUCATION TECHNOLOGY TO IMPROVE THE QUALITY OF WEBSITE LEARNING IN INDUSTRIAL REVOLUTION ERA 4.0 USING WATERFALL METHOD», *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1364, dic. 2019.
- V. V. Gowripeddi, M. C. Bijjahalli, N. Janardhan, y K. R. Bhimavaram, «ROLE OF EDUCATION 4.0 TECHNOLOGIES IN DRIVING INDUSTRY 4.0.», *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, feb. 2020.
- T. R. Ortelt, T. Haertel, y S. Frye, «REMOTE LABS IN GERMANY—AN OVERVIEW ABOUT SIMILARITIES AND VARIATIONS», *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, feb. 2020.
- M. Hincapié, A. Valdez, D. Güemes-Castorena, y M. Ramírez, «USE OF LABORATORY SCENARIOS AS A STRATEGY TO DEVELOP SMART FACTORIES FOR INDUSTRY 4.0», *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 14, 2020.
- GUNT Hamburg. Ingeniería de control - Avanzado. Consultado el 11 de junio de 2021 en <https://control-engineering-es.gunt.de/avanzado>
- SDU. Laboratorio SDU Industria 4.0. Consultado el 11 de junio de 2021 en <https://www.sdu.dk/en/forskning/i40lab>
- B. Salah, S. Khan, M. Ramadan, y N. Gjeldum, «INTEGRATING THE CONCEPT OF INDUSTRY 4.0 BY TEACHING METHODOLOGY IN INDUSTRIAL ENGINEERING CURRICULUM», *Processes*, 2020.
- UPB. Laboratorios y consultoría industria 4.0 | UPB. Consultado el 11 de junio de 2021 en <https://www.upb.edu.co/es/formacion-cuartarevolucion-industrial/consultoria-industria-40>
- SENA. Se abre moderno ambiente de formación para la Industria 4.0. Consultado el 11 de junio de 2021 en <https://www.sena.edu.co/es-co/Noticias/Paginas/noticia.aspx?IdNoticia=4127#:~:text=SENA%20y%20Siemens%2C%20a%20trav%C3%A9s,aplicables%20a%20todas%20las%20industrias>
- World Economic Forum, «Data Science in the New Economy: A new race for talent in the Fourth Industrial Revolution», *World Economic Forum Annual Meeting 2019*.

Sobre los autores

- **Javier Enrique Solano Martínez:** Ingeniero Electricista, Máster en ingeniería eléctrica, Doctor en ingeniería eléctrica de la Université de Franche-Comté. Profesor asociado UIS. javier.solano@saber.uis.edu.co javier.solano@saber.uis.edu.co



- **Iván Hernández:** Ingeniero electrónico de la Universidad Industrial de Santander, Especialista en automatización industrial de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Director de ingeniería en Dautom. ivan.hernandez@dautom.com.co
- **Natalia Duarte:** Diseñadora industrial y Especialista en alta gerencia de la Universidad Industrial de Santander. Directora de negocios Dautom. natalia.duarte@dautom.com.co
- **Juan Manuel Rey López:** Ingeniero Electricista y Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad Industrial de Santander, Doctor en Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña. Profesor Asistente de la Universidad Industrial de Santander. juanmrey@uis.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

