

HABILITACIÓN LABORATORIO “INDUSTRIA INTELIGENTE”: CASO APLICACIÓN PARA PROYECTOS INTEGRADORES EN LA MEDICIÓN DE ATRIBUTOS EDUCACIONALES

ACTIVATION “SMART INDUSTRY” LABORATORY: CASE APPLICATION FOR INTEGRATIVE PROJECTS IN THE MEASUREMENT OF EDUCATIONAL ATTRIBUTES

R. J. Villa Medina¹
M. A. Elías González Vásquez²
F. Rodríguez Soto³

RESUMEN

La transformación tecnológica impulsada por la globalización y la Industria 4.0 ha generado nuevos requerimientos en la formación de ingenieros, destacando la necesidad de evaluar competencias en entornos industriales inteligentes. En este contexto, el Consejo de Acreditación de Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) orienta su marco de referencia 2025 a la evaluación de atributos de egreso mediante actividades que integren competencias aplicadas en problemas y Actividades de ingeniería complejas (WP y EA). Este estudio presenta la habilitación de un Laboratorio de Industria Inteligente en el Instituto Tecnológico Superior de Cananea, donde los estudiantes desarrollan actividades de ingeniería complejas, integrando Instrumentos avanzados. Al mismo tiempo este estudio muestra una alternativa para la evaluación de los atributos de egreso, por medio de proyectos integradores, como medio para evaluación de competencias para la industria emergente.

ABSTRACT

The technological transformation driven by globalization and Industry 4.0 has generated new requirements in the training of engineers, highlighting the need to assess competencies in smart industrial environments. In this context, Engineering Education Accreditation Council (CACEI) orients its 2025 reference framework to the evaluation of graduate attributes through activities that integrate applied competencies in complex engineering problems and activities (WP and EA). This study presents the enabling of a Smart Industry Laboratory at the Cananea Higher Technological Institute, where students develop complex engineering activities, integrating advanced instruments. At the same time, this study shows an alternative for the evaluation of graduate attributes, through integrative projects, as a means of evaluating competencies for the emerging industry.

ANTECEDENTES

Planteamiento del Problema

La competencia tecnológica en las disciplinas Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) depende de actividades prácticas que fortalecen la formación y el pensamiento crítico (Palacios et al., 2022), En un mundo globalizado, la industria demanda ingenieros con formación validada internacionalmente. La acreditación de los programas educativos (PE) bajo estándares como los del CACEI muestra una alternativa para garantizar la calidad y facilitar el reconocimiento de estudios en otros países, promoviendo la movilidad profesional de los egresados.

¹ Coordinador de Ingeniería Electromecánica, ramon.villa@cananea.tecnm.mx

² PTC del ITS de Cananea. martin.eliasgonzalez@cananea.tecnm.mx

³ PTC del ITS de Cananea. francisco.rodriguez@cananea.tecnm.mx

El reto de la acreditación de los programas educativos (PE) exige desarrollar estrategias que fortalezcan la formación de los estudiantes en entornos prácticos avanzados. En este sentido, el proceso de evaluación de las competencias que se desarrollan en la formación profesional requiere de herramientas y métodos de evaluación que sean congruentes con las necesidades de la industria. Por lo tanto, los laboratorios especializados se convierten en espacios esenciales para la adquisición de competencias alineadas con los requerimientos de las industrias inteligentes. Su modernización y adecuación a estándares internacionales es clave para que los egresados puedan desempeñarse en sectores estratégicos y responder a las nuevas demandas del mercado global. (CACEI, 2024).

La industria competitiva renueva constantemente su tecnología, dejando equipos recientes en desuso que aún pueden utilizarse en la enseñanza. Esta práctica es común en la Industria Maquiladora y Minera, donde la rotación tecnológica es frecuente. Integrar estos equipos en laboratorios fortalece la formación práctica de los estudiantes, alineando su aprendizaje con las necesidades del sector productivo y preparándolos para enfrentar actividades de ingeniería en el aula.

Para abordar esta problemática, el presente estudio propone la habilitación de un Laboratorio de Industria Inteligente (SI) en el Instituto Tecnológico Superior de Cananea (ITSC), considerando los recursos disponibles para su implementación. Este espacio permitirá desarrollar y evaluar competencias clave mediante la integración de tecnologías avanzadas en automatización, manufactura y control industrial. Con ello, se busca fortalecer la formación de ingenieros y garantizar una evaluación objetiva del desempeño estudiantil en la resolución de problemas de ingeniería complejos, asegurando que los egresados cumplan con los estándares de calidad exigidos por el sector productivo y los procesos de acreditación.

El proyecto tiene como objetivo principal el diseño, integración y habilitación de un Laboratorio de Automatización y Control (AC) con instrumentos, no los de última generación, pero sí de modelos recientes, obtenidos a través de donaciones. Este espacio busca desarrollar y evaluar competencias en AC, alineadas con los Atributos de Egreso (AE) y estándares del CACEI, respondiendo a las demandas del sector productivo en áreas como Industria 4.0. Además, se pretende fomentar la investigación y vinculación con la industria, permitiendo el desarrollo de proyectos aplicados en manufactura y control de procesos, promoviendo la transferencia de tecnología y soluciones innovadoras.

Para garantizar una formación estructurada y progresiva, el laboratorio contará con prácticas escalables, desde niveles básicos hasta avanzados, alineadas con los nuevos Criterios de Desempeño del CACEI. Asimismo, se implementará un sistema de evaluación basado en proyectos integradores, con el propósito de medir su impacto en el desarrollo de competencias de los estudiantes y su alineación con los AE. Esto permitirá identificar oportunidades de mejora y asegurar la efectividad del laboratorio en la formación de ingenieros altamente capacitados para el sector productivo. Para establecer una ruta clara para el logro de estos objetivos, se diseñó la Tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de investigación y estrategia de respuesta.

<i>Preguntas de Investigación</i>	<i>Estrategia de respuesta</i>
<i>¿Cómo puede un laboratorio de automatización mejorar la formación práctica de los estudiantes?</i>	Implementación piloto de un laboratorio con herramientas de simulación y manufactura digital, seguido de una evaluación del aprendizaje.
<i>¿Cómo influye la integración de tecnologías de la Industria 4.0 en el cumplimiento de los Atributos de Egreso definidos por CACEI en programas de ingeniería acreditados?</i>	-Análisis de casos de éxito en universidades que han implementado laboratorios inteligentes, a partir de literatura científica reciente. -Encuestas a docentes y estudiantes sobre el impacto de estas tecnologías en su aprendizaje (alineado con AE). -Revisión de guías de prácticas en programas acreditados para detectar tecnologías emergentes integradas.
<i>¿Cuál es el impacto de los laboratorios especializados en la formación de estudiantes de ingeniería?</i>	-Aplicación de encuestas y entrevistas a docentes y estudiantes de ingeniería para evaluar la percepción y beneficios de estos entornos de aprendizaje. -Histórico de medición de Atributos de Egreso.

METODOLOGÍA

Según (Medina-Cruz et al., 2024), el uso de metodologías activas y el aprendizaje basado en proyectos que integran herramientas de la Industria 4.0 son estrategias clave para la formación de ingenieros con habilidades alineadas a las exigencias del mercado laboral.

En un estudio reciente, (González-Suárez Paula et al., 2024) destacan la necesidad de flexibilizar la educación en ingeniería a través del uso de laboratorios remotos, los cuales ofrecen acceso a entornos de aprendizaje avanzados sin restricciones geográficas. De manera similar, (Leal-Rendon et al., 2025) analizan el impacto de la transformación digital en la educación superior y concluyen que los docentes deben incorporar herramientas 4.0 en sus prácticas pedagógicas para potenciar el aprendizaje de los futuros ingenieros.

Estado actual y estudios previos: Diversas investigaciones han abordado la necesidad de adaptar la educación en ingeniería a las demandas de la Industria 4.0. (Aguilar Covarrubias et al., 2024) identifican que la educación en ingeniería aún enfrenta desafíos para lograr una integración efectiva de tecnologías emergentes, lo que requiere ajustes curriculares y formación de docente en estas áreas.

Por otro lado, (Alvídrez A., 2024) explora cómo las universidades están adoptando la educación 4.0 y destaca que los planes de estudio actuales deben transformarse para incluir cursos sobre automatización, manufactura avanzada y análisis de datos, a fin de preparar a los estudiantes para un mundo laboral cada vez más digitalizado.

Aporte al conocimiento existente: La propuesta del Instituto Tecnológico Superior de Cananea busca fortalecer la formación en ingeniería mediante la creación de un laboratorio de AC, alineado con los Atributos de Egreso (AE) del PE de Ingeniería Electromecánica. Su objetivo es fomentar el desarrollo de competencias al nivel en el que los estudiantes se involucren en la resolución de problemas y actividades complejas de ingeniería (WP y EA),

en concordancia con los estándares del CACEI. Este enfoque integra herramientas avanzadas de simulación y aprendizaje basado en la experiencia, asegurando que los estudiantes adquieran habilidades prácticas y teóricas alineadas con los requerimientos de la industria y los criterios de acreditación.

El estudio, de carácter explicativo y exploratorio, analizará cómo la Industria 4.0 está transformando la educación en ingeniería y cómo la integración de laboratorios automatizados mejora la formación estudiantil. Se evaluarán aspectos clave como la adecuación de laboratorios a planes de estudio, la percepción de docentes y estudiantes, y la efectividad de herramientas digitales.

Asimismo, el proyecto tiene un componente aplicado, ya que busca diseñar un laboratorio especializado con tecnologías de la Industria 4.0, alineado con los estándares del CACEI y las demandas del sector productivo.

El estudio sigue un diseño de investigación mixto, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos para las estrategias de respuesta en lo que se incluyen encuestas y entrevistas, considerando herramientas de análisis de estudios de caso para contrastar resultados. La tabla 2 pretende concentrar la información del estudio a realizar.

Tabla 2. Resumen del diseño de Investigación y e Instrumentos.

<i>Tipo de estudio</i>	<i>Muestra/Participantes</i>	<i>Instrumento de recolección de datos</i>
<i>Cuantitativo</i>	Censo Estudiantes (56) y Censo Docentes (7)	Encuestas estructuradas a estudiantes y docentes para medir la percepción sobre la efectividad de las tecnologías 4.0. (preguntas cerradas y escalas tipo Likert)
<i>Cualitativo</i>	Expertos en el área de Educación e Industria. (6)	Entrevistas semiestructuradas con expertos en educación e industria para analizar tendencias y desafíos en la enseñanza de la ingeniería.
<i>Estudio de caso</i>	--	Análisis de documentos: revisión de planes de estudio, normativas y estrategias de enseñanza en otras universidades. Observación directa: documentación del uso del laboratorio automatizado durante el piloto de implementación.

RESULTADOS

En este apartado se presentan los hallazgos obtenidos a partir del análisis de datos recopilados a partir de la implementación del Laboratorio de Industria Inteligente (SI) en el Instituto Tecnológico Superior de Cananea. Se incluyen los principales descubrimientos en la evaluación de competencias de los estudiantes y el impacto del uso de proyectos integradores alineados con los Atributos de Egreso (AE) del CACEI.

Diseño y habilitación del Laboratorio Smart Industries: El Laboratorio Smart Industries se diseñó para desarrollar competencias en AC, alineado con los Atributos de Egreso del PE de

Ingeniería Electromecánica y las necesidades de la Industria 4.0. Se priorizó un enfoque de complejidad incremental, asegurando que las prácticas evolucionaran progresivamente.

Para definir sus componentes clave, se analizaron las necesidades de equipamiento de las materias avanzadas del Eje de AC, como Dispositivos Inteligentes (Internet de las cosas), Redes de Comunicación Industrial, Autómatas Programables, Instrumentación Industrial e Ingeniería de Control Clásico.

El diseño del Laboratorio SI responde a tres propósitos básicos: desarrollar competencias aplicables a la industria, permitiendo que los estudiantes enfrenten problemas reales; funcionar como un centro de investigación aplicada, fortaleciendo la vinculación con el sector productivo; y ofrecer operación remota, asegurando mayor acceso a los equipos fuera del horario presencial. Este enfoque mejora la formación académica, y que también impulsa la innovación y la colaboración con la industria Inteligente y los estándares del CACEI.

Para garantizar una formación progresiva, el Laboratorio SI se estructuró en tres niveles. El primero, Fundamentos de Automatización e Instrumentación, permite a los estudiantes desarrollar competencias básicas en instrumentos avanzados en las Estaciones Didácticas de Instrumentación (EDI's). La figura 1 muestra la composición de las EDI's.

Figura 1. *Fabricación de 6 estaciones EDI's.*



El segundo nivel, Integración de Redes Industriales, introduce la implementación de protocolos de comunicación, servidores en la nube y ciberseguridad para desarrollar sistemas de monitoreo y control distribuido, trabajando tanto en las EDI's como en el Laboratorio Smart Industries (SI).

Finalmente, el nivel del laboratorio SI, antes Centro Integral de Manufactura (CIM), conjuntas tecnologías avanzadas como control de calidad, robótica, almacenamiento automatizado y análisis de datos con capacidades de monitoreo y control remoto mediante internet de las cosas (IoT). Para optimizar el acceso y la flexibilidad del aprendizaje, el laboratorio incorpora infraestructura en la nube, virtualización de entornos de automatización y software de supervisión remota, permitiendo a los estudiantes realizar simulaciones y ajustes de programación en tiempo real.

Primer Proyecto Integrador de laboratorio: Cabe destacar que se aplicó por primera vez el desarrollo de un proyecto Integrador en el área del conocimiento de AC. Como prueba piloto para contrastar los resultados en la formación de competencias de los estudiantes del PE de Ingeniería Electromecánica.

Figura 2. Laboratorio SI, antes CIM.



El Proyecto Integrador mencionado, permitió la aplicación de tecnologías avanzadas de AC para abordar desafíos industriales actuales. Consistió en la implementación de un IoT Gateway para la convergencia entre Operación de tecnologías (OT) y tecnologías de la información (IT), el cual integra comunicación industrial utilizando MODBUS RTU, Controladores Lógicos Programables (PLC) con software RSLOGIX500, Open Automation Software (OAS), Microsoft SQL Server y Twilio.

En este proyecto desarrollado en la materia de la especialidad, Redes Industriales de comunicación. Se desarrolló en equipo un centro de control remoto emulando los centros de control industriales. El propósito central fue desarrollar una red de comunicación que permitiera la integración eficiente entre variadores de frecuencia PowerFlex 525 y PLC Micrologix 1100, complementando la arquitectura con herramientas de software que faciliten el almacenamiento de datos en SQL Server y la notificación en tiempo real a través de Twilio.

Análisis sobre la Influencia de la Industria 4.0 en los Atributos de Egreso del CACEI: La integración de tecnologías de la Industria 4.0 en la educación superior ha demostrado ser un factor clave para el desarrollo de competencias. A través del análisis de casos de éxito en universidades con laboratorios inteligentes (detallados en la Tabla 3: Revisión de documentos relacionados), se ha identificado cómo estas iniciativas fortalecen la formación en áreas como AC de procesos, análisis de datos, inteligencia artificial y manufactura inteligente.

Los resultados muestran que la implementación de laboratorios inteligentes basados en Industria 4.0: Ha permitido potenciar el aprendizaje práctico y la resolución de problemas complejos, mejorar la vinculación con la industria mediante proyectos reales y optimizar la enseñanza a través de herramientas digitales avanzadas.

Tabla 3: Revisión de 3 documentos destacados relacionados con el proyecto.

Universidad/Caso	Descripción	Tecnologías Implementadas	Impacto en Educación	Lecciones Aprendidas
<i>Universidad 4.0 y Currículo Inteligente (Pedroza Flores, 2018)</i>	Transformación curricular para integrar tecnologías digitales en la enseñanza.	Big data, Inteligencia Artificial, Ecosistemas Digitales	Personalización del aprendizaje, Desarrollo de competencias digitales	Rediseñar el currículo para incluir habilidades digitales y analíticas.
<i>Review of Socio-technical Considerations (Davies et al., 2017)</i>	Uso de sistemas ciberfísicos y automatización avanzada en educación técnica.	Sistemas Ciberfísicos, Automatización avanzada, Gestión de datos	Aceleración del aprendizaje, Preparación para entornos digitalizados	Cambio en la mentalidad docente y conexión con la industria.
<i>Optimización de Costos en Laboratorios Inteligentes (Santana et al., 2017)</i>	Uso de modelos de costos y análisis en tiempo real para optimizar la gestión de laboratorios.	Gestión de capacidad en la nube, Optimización de recursos	Reducción de costos, Uso eficiente de infraestructura	Sostenibilidad financiera y optimización del uso de laboratorios.

Encuestas sobre las percepciones del laboratorio Smart Industries: Para la evaluación de la percepción estudiantil sobre la efectividad del laboratorio, se aplicaron encuestas estructuradas a la población total de 56 estudiantes y 7 docentes que utilizaron en laboratorio en el semestre Agosto/Diciembre del 2024. Los datos fueron analizados utilizando el software SPSS, obteniéndose los siguientes resultados:

Se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach a los datos obtenidos en la encuesta, obteniendo un valor de 0.938, lo que indica una alta confiabilidad del instrumento. Esto demuestra que los ítems del cuestionario miden de manera consistente la percepción sobre la efectividad del laboratorio.

El análisis de correlación de Pearson mostró asociaciones significativas ($r > 0.8$) entre las siguientes variables: Satisfacción con la metodología de enseñanza y percepción de preparación para el sector industrial. Disponibilidad de software y simuladores con impacto positivo en el aprendizaje práctico. Uso de herramientas de automatización y robótica con desarrollo de habilidades técnicas aplicables en la Industria 4.0. Estos hallazgos sugieren que la integración del laboratorio con tecnologías avanzadas tiene un efecto positivo en la formación de los estudiantes.

El análisis de las encuestas realizadas a docentes y estudiantes del programa de Ingeniería Electromecánica sobre el impacto del Laboratorio SI y la integración de tecnologías de la

Industria 4.0 en su formación académica revela tendencias clave en el desarrollo de competencias alineadas con los AE definidos por el CACEI.

Los estudiantes evaluaron positivamente la infraestructura del Laboratorio Smart Industries, destacando la disponibilidad de equipos, software y simuladores como elementos clave para el desarrollo de habilidades técnicas aplicables a la Industria 4.0. En una escala de 1 a 5, el 80% de los encuestados otorgó una calificación de 4 o más a la disponibilidad de tecnología, lo que sugiere que el entorno del laboratorio es representativo de escenarios industriales reales. Esta percepción es compartida por los docentes, quienes indicaron que la tecnología utilizada en el laboratorio refleja las tendencias actuales de automatización y manufactura avanzada, favoreciendo la adquisición de competencias prácticas en los estudiantes.

Los resultados reflejan una alta concordancia entre el uso de tecnologías emergentes en el laboratorio y la adquisición de competencias vinculadas a los AE: El impacto de las prácticas en el laboratorio ha sido significativo en el desarrollo de los AE 1, 2, 3, 4 y 9 de ingeniería electromecánica. Según la encuesta, 75% de los docentes reconoce que estas han permitido a los estudiantes integrar tecnologías avanzadas en sistemas electromecánicos, reforzando su capacidad de diseño de sistemas electromecánicos.

Cabe destacar que todos los docentes que imparten estas materias del eje de automatización y control se encuentran actualmente trabajando en la industria realizando actividades relacionadas con los conocimientos que imparte. Por tanto, este punto da a la medición de atributos una mayor confiabilidad.

Esta información al contrastarla con los datos de medición de atributos, podemos percibir que hubo un incremento en la percepción de los docentes sobre las habilidades que obtuvieron este semestre y se vió reflejado en el proceso de medición individual de los atributos de egreso para las materias del eje del conocimiento Automatización y Control, mostrado en la figura 3.

Figura 3. Resultados de Medición de Atributos de Egreso.



Fuente: Sistema de medición de atributos del Instituto Tecnológico Superior de Cananea.

Asimismo, con base en la encuesta, el 78% de los estudiantes considera que las prácticas han mejorado su capacidad de análisis y resolución de problemas en la supervisión de sistemas electromecánicos. Comparado con métodos tradicionales, el 72% de los estudiantes y el 65%

de los docentes coinciden en que el enfoque práctico del laboratorio “Smart Industries” facilita una mejor comprensión y aplicación de los conceptos en entornos industriales reales.

Los niveles de satisfacción de estudiantes y docentes con la enseñanza en el laboratorio varían según la asignatura. En Redes Industriales, el 74% de los estudiantes y el 68% de los docentes reportan una satisfacción alta. Para Automatas Programables, el 82% de los estudiantes y el 75% de los docentes coinciden en la efectividad del laboratorio.

Entre las principales recomendaciones de docentes y estudiantes para mejorar la integración de tecnologías en la formación de ingenieros destacan la actualización de equipos, con un 40% de los docentes sugiriendo la incorporación de PLC con protocolos industriales más recientes. Además, el 35% de los estudiantes señala la necesidad de expandir la infraestructura del laboratorio, permitiendo más estaciones de trabajo para prácticas simultáneas. Asimismo, se propone incrementar el uso de prácticas remotas mediante laboratorios virtuales y acceso remoto, con el objetivo de mejorar la disponibilidad y optimización del uso de los equipos.

El análisis cualitativo incluyó entrevistas semiestructuradas con seis expertos en educación e industria para evaluar el modelo educativo basado en el Laboratorio de Industria Inteligente. Los expertos coincidieron en que el modelo facilita la transición de los estudiantes al sector productivo al incorporar tecnologías reales. Además, resaltaron que los proyectos integradores permiten una evaluación objetiva de los Atributos de Egreso (AE) del CACEI. Se identificó que la formación es flexible, permitiendo a los estudiantes avanzar progresivamente en complejidad. Finalmente, la implementación de sistemas avanzados de manufactura y automatización ha despertado el interés de empresas del sector, generando oportunidades de colaboración y prácticas profesionales.

CONCLUSIONES

La implementación del Laboratorio SI en el Instituto Tecnológico Superior de Cananea ha fortalecido la formación en AC, alineándose con las tendencias de la Industria 4.0 y los AE del CACEI. La integración de tecnologías avanzadas del eje del conocimiento de AC ha permitido mejorar el aprendizaje práctico y la resolución de problemas, facilitando una transición efectiva de los estudiantes al sector productivo.

El impacto en la enseñanza ha sido significativo, con un 85% de los estudiantes reportando mejoras en su capacidad de automatización y control, mientras que el 82% destacó el fortalecimiento en el uso de herramientas computacionales avanzadas. Además, los proyectos integradores han permitido una evaluación más objetiva de las competencias, asegurando el desarrollo de habilidades en diseño de sistemas electromecánicos y resolución de problemas técnicos.

La vinculación con la industria ha sido un factor clave, generando oportunidades de prácticas profesionales y colaboración en proyectos. También en conjunto esta asociación con la industria ha permitido que se disemine aún más la idea de que la industria obtiene mejores profesionistas a presentar una participación más activa en la formación académica, sobre todo a nivel superior.

Asimismo, la infraestructura del laboratorio ha optimizado el acceso a los equipos a través de plataformas remotas, aunque se recomienda ampliar las estaciones de trabajo y actualizar los PLC para mejorar la eficiencia operativa y permitir una mayor accesibilidad.

En términos de satisfacción, tanto estudiantes como docentes evalúan positivamente el laboratorio, aunque sugieren incrementar las prácticas remotas y expandir la infraestructura. Finalmente, expertos en educación e industria coinciden en que el modelo progresivo y su integración con tecnologías avanzadas lo convierten en un esquema innovador y replicable para la educación superior en ingeniería

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Covarrubias, N. A., Hernández Córdova, A., & Martínez García, R. M. (2024). Factores limitantes que influyen en estudiantes del nivel medio superior para continuar sus estudios universitarios. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 13471–13487. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13759
- Carrasco Alvidrez, A. (2024). Formación en educación 4.0: Rompiendo paradigmas de enseñanza-aprendizaje en educación superior (*Training in education 4.0: Breaking teaching-learning paradigms in higher education*). *Revista NEYART*, 2(3), 94–108. <https://doi.org/10.61273/neyart.v1i2.63>
- Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. (2024). *Manual del marco de referencia 2025 (MR 2025) para la acreditación de programas de ingeniería: Categorías y criterios*. Vigente a partir del 16 de julio de 2024. Ciudad de México, México. https://cacei.org.mx/nv/nvdocs/marco_ing_2025.pdf
- Davies, R., Coole, T., & Smith, A. (2017). Review of Socio-technical Considerations to Ensure Successful Implementation of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 1288–1295. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.256>
- González-Suárez, P., González-Medina, J. A., Hernández-Castellano, P. M., & Araña-Suárez, R. E. (2024). Propuesta de implementación de laboratorios docentes remotos virtuales para la mejora de la educación en ingeniería de los procesos de fabricación. En P. L. Castro Alonso (Coord.), *Realidad extendida: Nuevas tecnologías en la mejora de la docencia* (pp. 112–142). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. https://spdc.ulpgc.es/libro/realidad-extendida_159124/
- Leal-Rendón, N. M., Bacre-Guzmán, D. C., & Martínez-Mercado, M. A. (2025). Transformación digital en la educación superior: Herramientas 4.0 en docentes de Ingeniería Industrial y Administración en la UANL. *Vinculatégica EFAN*, 11(1), 156–172. <https://doi.org/10.29105/vtga11.1-1021>
- Medina-Cruz, H., Denicia-Carral, M. C., Ballinas-Hernández, A. L., & Minquíz, G. M. (2024). Podcast as an educational resource in university education. *Formacion Universitaria*, 17(6), 23–34. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062024000600023>

- Palacios, A., Pascual, V., & Moreno-Mediavilla, D. (2022). The role of new technologies in STEM education. *Bordon. Revista de Pedagogía*, 74(4), 11–21. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.96550>
- Pedroza Flores, R. (2018). La universidad 4.0 con currículo inteligente 1.0 en la cuarta revolución industrial / The university 4.0 with intelligent curriculum 1.0 in the fourth industrial revolution. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 9(17), 168–194. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.377>
- Santana, A., Afonso, P., Zanin, A., & Wernke, R. (2017). Costing models for capacity optimization in Industry 4.0: Trade-off between used capacity and operational efficiency. *Procedia Manufacturing*, 13, 1183–1190. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.193>