

Aprendizaje experimental en la educación superior: Un estudio de caso con Factory I/O y controladores Siemens S7-1200 en la formación técnica

Experimental learning in higher education: A case study with Factory I/O and Siemens S7-1200 controllers in technical training

Paúl S. Espinoza¹ , Marco V. Pilco² , Mirian Orosco³ , Verónica Y. Espinoza⁴ 

¹ Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente, pespinoza@itsorient.edu.ec, Joya de los Sachas - Ecuador

² Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente, mpilco@itsorient.edu.ec, Joya de los Sachas - Ecuador

³ Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente, moscoso@itsorient.edu.ec, Joya de los Sachas - Ecuador

⁴ Universidad Central del Ecuador, vespinoza@uce.edu.ec, Quito - Ecuador

Autor para correspondencia: pespinoza@itsorient.edu.ec

Derechos de Autor

Los originales publicados en las ediciones electrónicas bajo derechos de primera publicación de la revista son del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui, por ello, es necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total. Todos los contenidos de la revista electrónica se distribuyen bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



Citar como:

Espinoza, P., Pilco, M., Orosco, M., & Espinoza, V. Aprendizaje experimental en la educación superior: Un estudio de caso con factory i/o y controladores siemens S7-1200 en la formación técnica. *CONECTIVIDAD*, 7(3), 16-27. <https://doi.org/10.37431/conectividad.v7i3.496>

RESUMEN

La investigación se aplicó a una población de 60 estudiantes del sexto nivel de la carrera de Electromecánica de la promoción PAO 01-2025, paralelos “A” y “B”, del Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente, en la materia de Automatización Industrial. Se incorporó la herramienta informática Factory I/O a los procesos de virtualización de procesos industriales afines a la actividad, utilizando para la simulación el controlador PLC Siemens S7-1200. El objetivo fue evaluar el impacto de la integración de entornos virtuales y de controladores reales en el proceso de enseñanza-aprendizaje en los entornos de la industria. Se utilizó un enfoque experimental práctico, aplicándose evaluaciones diagnósticas como el pretest y postest, con el fin de calcular de una manera objetiva los avances alcanzados por los estudiantes en el ciclo académico. Los resultados demostraron un incremento significativo en la comprensión de los conceptos de automatización industrial, sistemas de control y resolución de problemas de la industria. Se aumentó la motivación y la comprensión en el transcurso del proceso de enseñanza – aprendizaje. La combinación de los entornos virtuales y los PLC reales son una estrategia pedagógica innovadora

y eficaz, capaz de canalizar la relación entre teoría y práctica, reforzando el desarrollo de competencias técnicas y la preparación de los futuros profesionales para afrontar los cambios de la Industria 4.0.

Palabras clave: Automatización; Factory I/O; PLC S7-1200; Enseñanza-aprendizaje.

ABSTRACT

The research was conducted with a population of 60 sixth-level students enrolled in the Electromechanics program, PAO 01-2025, sections “A” and “B”, at the Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente, in the Industrial Automation course. The Factory I/O software tool was incorporated into the virtualization of industrial processes related to the field, using a Siemens S7-1200 PLC controller for simulation purposes. The objective was to evaluate the impact of integrating virtual environments and real controllers into the teaching-learning process within industrial settings. A practical experimental approach was employed, using diagnostic assessments such as pre-tests and post-tests to objectively measure the progress achieved by students throughout the academic term. The results showed a significant improvement in the understanding of industrial automation concepts, control systems, and industrial problem-solving. Students’ motivation and comprehension also increased during the teaching-learning process. The combination of virtual environments and real PLCs represents an innovative and effective pedagogical strategy capable of linking the gap between theory and practice, strengthening the development of technical competencies and preparing future professionals to cope with the challenges and transformations of Industry 4.0.

Keywords: Industrial automation; Factory I/O; PLC S7-1200; Teaching-learning process.

1. INTRODUCCIÓN

La educación superior se enfrenta a la necesidad de formar especialistas capaces de desenvolverse en industrias cada vez más digitalizadas y complejas. En este sentido, el aprendizaje experimental se erige como un recurso pedagógico fundamental porque permite que la teoría se haga práctica, favoreciendo, por lo tanto, el entendimiento y el desarrollo de competencias técnicas. La incorporación de herramientas como Factory I/O, que permite simular procesos industriales; el uso de controladores Siemens S7-1200; así como la posibilidad de crear un espacio experimental innovador donde los alumnos pueden interactuar con situaciones concretas en un entorno controlado, permiten apreciar una estrecha interacción entre virtualización y sistemas de control. Su aplicación genera efectos provocados por un elemento educativo que hace que se asemeje una enseñanza más efectiva y preparada para que los nuevos profesionales se enfrenten a los desafíos que propone la Industria 4.0, definida por el auge de la automatización, la digitalización y la eficiencia productiva, pilares fundamentales para la industria y el desarrollo tecnológico.

Los estudios que llevan a cabo Vargas et al. (2023) y Riera & Vigário (2017) demuestran que la implementación de simulación en 3D con Factory I/O favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje en automatización industrial, pues se incorpora a los currículos por competencias asociadas a prácticas docentes con PLC, captando resultados positivos al respecto y pudiendo ser llevados a contextos reales. Casos de aplicación de TIA Portal y control de procesos en los que podemos encontrar: nivel de tanques/tanques de nivel, control de presión, demuestran la utilidad de la simulación en lógica secuencial y control PID en entornos seguros (Ramabhadran & Ovie, 2022; Camperos et al., 2022). Estos hallazgos susciben la utilización de gemelos virtuales de líneas y estaciones para cerrar la brecha teoría-práctica en asignaturas de Automatización Industrial.

Desde un enfoque pedagógico, las propuestas de aprendizaje experiencial sugieren espacios de práctica digital con retos reales, rápida iteración y reflexión guiada, mostrando efectos positivos en la motivación, la autonomía y el desarrollo de competencias (Salinas-Navarro et al., 2023; Azofeifa et al., 2024). Bondin y Zammit remarcan que lo experiencial, mediatizado por las tecnologías digitales, se adecúa mejor a la formación en competencias Industria 4.0 necesarias en los sectores productivos (Bondin & Zammit, 2025).

Desde el punto de vista tecnológico, los gemelos digitales y las fábricas virtuales/VR permiten la práctica de la integración OT-IT, el diagnóstico y la toma de decisiones en tiempo real, con evidencias de obtener ganancias en la comprensión sistémica y la solución de problemas (Balla et al., 2023; Riesener et al., 2024). Como menciona Mourtzis et al. (2023), los modelos de learning factory híbridos (presencial-remoto) muestran ser eficaces para la personalización de trayectorias de aprendizaje y la coordinación de prácticas a distancia manteniendo resultados de manufactura y ensamblaje, complementándose con visitas virtuales inmersivas a plantas que promueven la observación crítica y la acción como mecánicas de gamificación (Netland et al., 2024).

También en el ecosistema Siemens S7-1200/TIA Portal, existen evidencias de capacidades técnicas relevantes para prácticas didácticas como por ejemplo: salidas PWM y de control de motores, materiales formativos oficiales para estandarizar la progresión de destrezas (Salkić et al., 2022), acompañándose con propuestas de laboratorios modulares y de bajo coste que aumentan el acceso al trabajo práctico con PLC (Al-Yaman et al., 2025). El diseño de un diagnóstico experimental pretest - posttest determina el alcance del impacto que ejerce la integración de Factory I/O de PLC Siemens S7-1200 en la asignatura Automatización Industrial I del sexto nivel de Electromecánica (PAO 01-2025, paralelos A–B) sobre el desarrollo de competencias técnicas y tecnológicas como lo son: la lógica de control, el diagnóstico y puesta en marcha de los procesos industriales, la comprensión, la motivación y la autonomía de aprendizaje de los estudiantes y la demostración de la transferencia teoría-práctica del aprendizaje que demandan las empresas de la Industria 4.0.

2. METODOLOGÍA

La investigación fue realizada en la ciudad de la La Joya de los Sachas, provincia de Orellana, en la que participaron 60 estudiantes del sexto nivel de la carrera de Electromecánica, del Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente matriculados en la materia de Automatización Industrial I. La población estuvo constituida por hombres y mujeres de entre 19 y 22 años de edad. La diversidad propició distintos análisis en el proceso de enseñanza-aprendizaje, fundamentándose en actividades con el programa Factory I/O y controladores Siemens S7-1200 de manera experimental, vinculando la teoría con la práctica en el ámbito formativo técnico (Tabla 1).

La investigación se sustentó en un enfoque experimental, por cuanto se buscaba definir las

dificultades previas de los estudiantes con las mejoras alcanzadas por los estudiantes quienes fueron informados sobre el estudio y dieron su consentimiento para participar, cumpliéndose con los parámetros éticos y de confidencialidad. Se buscó contrastar el funcionamiento académico de los estudiantes antes y después de la intervención pedagógica, y los jóvenes cómo al estar frente a contenidos teóricos, la mayoría de los participantes presentaban muchas dificultades de carácter técnico para ejecutar conceptos de automatización y control. Al incluir la actividad práctica guiada en entornos virtuales de simulación industrial, y en el uso de PLC Siemens S7-1200 los estudiantes logran hacer una unión de la teoría con la práctica y mejora así el proceso enseñanza-aprendizaje.

Tabla 1. Población y muestreo.

Grupo Experimental	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Estudiantes de Electromecánica	60	100%	100%	100%

Nota. La tabla refleja la totalidad de la población objeto de estudio en la que se aplicó la metodología.

La investigación se sustentó en un enfoque experimental, por cuanto se buscaba definir las dificultades previas de los estudiantes con las mejoras alcanzadas por los estudiantes quienes fueron informados sobre el estudio y dieron su consentimiento para participar, cumpliéndose con los parámetros éticos y de confidencialidad. Se buscó contrastar el funcionamiento académico de los estudiantes antes y después de la intervención pedagógica, y los jóvenes cómo al estar frente a contenidos teóricos, la mayoría de los participantes presentaban muchas dificultades de carácter técnico para ejecutar conceptos de automatización y control. Al incluir la actividad práctica guiada en entornos virtuales de simulación industrial, y en el uso de PLC Siemens S7-1200 los estudiantes logran hacer una unión de la teoría con la práctica y mejora así el proceso enseñanza-aprendizaje.

Dicha estructura de trabajo, no solo permitió el análisis de los tipos de procesos industriales, sino que también se entendía como un aprendizaje activo, motivador y pertinente en un contexto real, donde los trabajadores ponían en práctica la configuración, programación y validación de sistemas automatizados. De esta forma, el proceso se fue convirtiendo en un espacio de experimentación guiada, donde los errores se convertían en oportunidades de aprendizaje y donde el aula se consolidaba como un laboratorio de práctica profesional que permitía el fortalecimiento

de competencias técnicas, el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas, todas ellas claves para dar respuesta a las exigencias de la industria 4.0.

2.1. Aplicación

Se aplicaron dos tipos de evaluaciones, después de las sesiones teóricas se realizó un pretest y un posttest después de completar las sesiones prácticas.

Pretest: se aplicó 10 preguntas técnicas, cinco orientadas a la comprensión de conceptos relacionados a la automatización industrial y cinco preguntas orientadas en el funcionamiento de los controladores Siemens S7-1200.

Posttest: se aplicó 10 preguntas para medir la capacidad de los estudiantes en la programación de PLC y el Factory I/O.

Las pruebas fueron realizadas mediante Moodle que es una plataforma de la institución, lo que permitió organizar y analizar de manera confiable los test realizados.

2.2. Rangos y escalas

La evaluación realizada siguió las directrices establecidas en el Instructivo de Evaluación Estudiantil de la Institución y del currículo nacional de educación superior (Tabla 2).

Tabla 2. Rangos y escalas.

Escala	Puntuación	Descripción
Muy superior	10	Dominio sobresaliente del tema, resuelve todo
Superior	7 – 9	El estudiante logra un aprendizaje aceptable
Medio	4 – 6	El estudiante no alcanza un nivel aceptable de aprendizaje
Bajo	1 – 3	Conocimientos limitados.
No realiza	0	El estudiante no participa no realiza.

Nota. Esta tabla es para medir el rango y las escalas al momento de calificar.

Se implementó un pretest con el propósito de diagnosticar el nivel de conocimientos iniciales adquiridos de los estudiantes en relación, con la asignatura de automatización industrial y el manejo en la programación de PLC Siemens y los entornos de simulación con el Factory I/O. La evaluación constituyó un insumo clave para determinar el punto inicial del grupo y poder evidenciar las falencias conceptuales y prácticas existentes previo a la intervención metodológica en la materia.

Los resultados obtenidos del pretest permitieron identificar que una cantidad de los estudiantes se ubicaba en los rangos de bajo y medio desempeño, reflejando vacíos en la comprensión de

la lógica de programación y en la interpretación de procesos automatizados. Únicamente una pequeña parte logró ubicarse en la escala superior, lo que reafirma la necesidad de implementar estrategias didácticas prácticas y contextualizadas que permitan afianzar el aprendizaje técnico.

En la Tabla 3 se detallan los resultados obtenidos del pretest.

Tabla 3. Calificaciones del pretest.

Rango	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1 – 3	28	46.67%	46.67%	46.67%
4 – 6	24	40.00%	40.00%	86.67%
7 – 10	8	13.33%	13.33%	100.0%
Total	60	100.0%	100.0%	100.0%

Nota. La tabla indica los resultados obtenidos después de las secciones prácticas en un pretest.

Los resultados que se recogen en la Tabla 3 hacen referencia al experimento del pretest en el cual se aplicó a modo de prueba a los 60 estudiantes de Electromecánica antes de realizar la práctica. Los resultados muestran que un 46.67% de los evaluados se encuentra en el rango bajo (1–3 puntos) lo que indica un conocimiento muy limitado con mucha dificultad para aplicar conceptos básicos sobre la automatización industrial. Un 40% se encuentra en el rango medio (4–6 puntos), lo que muestra cierta comprensión aunque con importantes lagunas en la resolución de problemas y en la lógica de programación de PLC, a la vez que un 13.33% ha conseguido ubicarse en el rango alto (7–10 puntos), lo que denota un dominio aceptable de los contenidos teóricos, aunque aún insuficiente para las competencias que la educación técnica debería propiciar. A escala general, concluimos que el 86,67% del grupo no había logrado la nota mínima de 7 puntos, lo que indica que, antes de la intervención pedagógica, la mayoría de los estudiantes presentaba importantes carencias en la asignatura. Esta situación preexistente justificaba el presente uso de la metodología experimental, basada en actividades prácticas guiadas, para mejorar el rendimiento académico y el desarrollo de competencias de los futuros profesionales.

Después de realizar las sesiones prácticas con Factory I/O y los controladores Siemens S7-1200, se realizó un postest, para comprobar la evolución de los estudiantes en relación con la medición inicial. Con esta evaluación, se percibía de forma objetiva el efecto de la metodología educativa, como así también los cambios en la comprensión de los conceptos de automatización y la capacidad de hacer uso de la programación de PLC en situaciones de simulaciones industriales. El postest se puede considerar de un mismo nivel de dificultades que la prueba diagnóstica

inicial, orientada a que los estudiantes pudiesen demostrar las competencias adquiridas en la práctica, como la configuración de entradas y salidas, programación de rutinas lógicas e interpretación de procesos simulados en un entorno virtual.

A continuación, la Tabla 4 expone los resultados de esta evaluación, evidenciando una clara tendencia hacia la mejora del desempeño académico de los estudiantes.

Tabla 4. Calificaciones del postest.

Rango	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
7 – 9	50	83.33%	83.33%	83.33%
10	10	16.67%	16.67%	100.0%
Total	60	100.0%	100.0%	100.0%

Nota. Muestra los resultados obtenidos después de aplicar las sesiones prácticas.

Los resultados obtenidos en el postest, una vez finalizadas las sesiones prácticas con Factory I/O y PLC Siemens S7-1200, figuran en la Tabla 4, reflejando una mejora significativa en el aprendizaje obtenido por los 60 estudiantes de Electromecánica. En el caso del postest, el 83.33% de los estudiantes del grupo obtuvo calificaciones en el rango superior (7-9 puntos), lo que indica un dominio de los contenidos y una adecuada aplicación de la programación de PLC, además, el 16.67% obtuvo el 10 (calificación máxima), lo que sitúa esta última en el rango muy superior, evidenciando incluso un desempeño de este grupo por encima de lo esperado en la asignatura de Automatización I. Además, contrariamente a los resultados del pretest, se destaca como un importante resultado el que no se registraran estudiantes en los niveles de calificación bajo ni medio en el postest. En el caso del postest, los estudiantes alcanzaron niveles de alto desempeño, erigiéndose como una muestra de la efectividad de las intervenciones experimentales. Lo que permite aseverar que la combinación de prácticas guiadas en entornos de simulación industrial y equipos reales de automatización resultan ser una buena estrategia pedagógica para cerrar las brechas de conocimiento detectadas previamente y favorecer a un aprendizaje más profundo, activo y significativo en los estudiantes.

2.3. Prueba T de Student

La Tabla 5 y Figura 1 muestran los resultados del análisis estadístico mediante la prueba T de Student para muestras relacionadas, aplicada con el fin de contrastar el rendimiento académico de los estudiantes en el pretest y el postest. Los valores reflejan un cambio altamente significativo tras la intervención pedagógica. En primer lugar, se observa que la media de las calificaciones

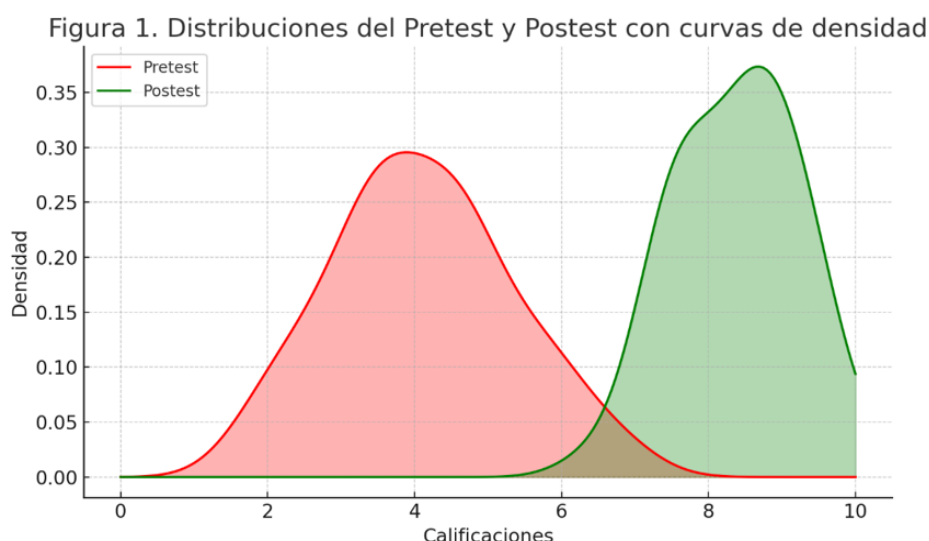
pasó de 3.97 puntos en el pretest a 8.42 puntos en el posttest, lo que representa un incremento promedio de 4.45 puntos.

Tabla 5. Prueba T para medias de dos muestras emparejadas.

Parámetro	Posttest	Pretest
Media	8.42	3.97
Varianza	0.82	3.51
N (Observaciones)	60	60
Diferencia hipotética de medias	0	—
Grados de libertad (gl)	59	—
Estadístico t calculado	13.12	—
Valor crítico t (dos colas)	2.001	—
p-value (dos colas)	<0.00001	—

Nota. Muestra los resultados de la prueba T para medias de dos muestras emparejadas en el pretest y en el posttest.

Figura 1. Distribución de calificaciones Pretest vs Posttest.



Nota. Muestra la distribución comparativa de calificaciones entre el pretest y el posttest, evidenciando el desplazamiento hacia niveles de mayor desempeño tras la intervención pedagógica.

Tal diferencia queda determinada por una menor varianza en el posttest, que iguala a 0.82, respecto al pretest que equivale a 3.51, lo que sugiere que el grupo no sólo ha obtenido una media superior, sino que además ha alcanzado una media más uniforme. El t calculado (13.12) es muy superior al valor crítico (2.001), confirmando que la diferencia entre las medias no es obtenida al azar; de la misma forma, el valor de significancia ($p < 0.00001$) pone de manifiesto que los resultados son plenamente confiables al demostrar que la mejora en los estudiantes es muy significativa en términos estadísticos. La prueba de hipótesis supone que hay evidencias para sostener que la metodología empleada ha tenido una influencia real en el aprendizaje de los estudiantes, es decir, se puede defender que la misma mejora efectivamente su competencia técnica para la

automatización y la programación de PLC en entornos de simulación de procesos industriales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran una mejora considerable en el rendimiento académico de los 60 estudiantes del sexto ciclo de la carrera de Electromecánica. El pretest mostró que el 86.67% de los participantes obtenía resultados de rendimiento bajo y medio, lo que revelaba las dificultades en los estudiantes respecto a la lógica de la programación y los procedimientos automatizados. La práctica finalizada con Factory I/O y controladores Siemens S7-1200 ha determinado que el posttest ha dado resultados de desempeño muy superior, y una mejora promedio de 4.45 puntos. La correlación entre las puntuaciones de los resultados de los test antes y después de las prácticas se estima mediante la estadística con la aplicación de la prueba T de Student (t calculado = 13.12; $p < 0.00001$). Estos resultados son coherentes con lo que han manifestado Vargas et al. (2023) y Riera & Vigário (2017) quienes han mostrado en sus estudios que la simulación 3D con Factory I/O y en el programa curricular basado en competencias, permite mejorar la comprensión de la automatización industrial y facilita la transferencia del conocimiento a las situaciones reales.

De igual manera, recientes investigaciones (Ramabhadran & Ovie, 2022; Camperos et al., 2022) han evidenciado la utilidad de este software para el control de procesos tipo nivel, temperatura o presión reuniendo la lógica secuencial, con el control PID en espacios seguros, circunstancia que se aprobó en las sesiones prácticas de este estudio. Al mismo tiempo también son similares los resultados según Salinas-Navarro et al. (2023) e investigadores como Azofeifa et al. (2024), quienes subrayan que los espacios de aprendizaje experiencial realizado mediante tecnologías digitales ofertan un aumento de la motivación y la autonomía del compromiso activo del alumnado. En este ensayo, los participantes mostraron una mayor implicación e interés al interactuar con los entornos virtuales y con hardware real, lo cual permitió reconfigurar el aula de aprendizaje como un laboratorio de la práctica profesional.

Por otro lado, Bondin & Zammit (2025) subrayan que lo experiencial y lo digital se asocia con las competencias exigidas por la Industria 4.0, esto es, la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la capacidad de integración OT-IT. Así lo evidencian nuestros hallazgos, ya que la interacción de Factory I/O y PLC S7-1200 no solo ayudó a mejorar el rendimiento

académico del alumnado, sino que fortaleció competencias transversales relacionadas con la observación crítica, el diagnóstico y la toma de decisiones sobre la marcha. En cambio, los estudios como los de Balla et al. (2023) y Riesener et al. (2024) demuestran cómo los gemelos digitales y las fábricas virtuales propician espacios de práctica que viabilizan capacidades de integración, conocimiento y comprensión sistémica. Esta investigación da cuenta de que estas tácticas, cuando se articulan con metodologías de la investigación-acción en educación superior, ayudan a cerrar la brecha existente entre teoría y práctica, formando a los profesionales para los nuevos retos que plantea la automatización y la digitalización en el ámbito industrial.

4. CONCLUSIONES

La implementación del método sustentado en virtual environments of industrial simulation (Factory I/O) y en PLCs Siemens S7-1200 fue altamente significativa a la hora de incrementar el proceso de aprendizaje de la asignatura de Automatización Industrial I. Los resultados de los estudiantes fueron de un predominio de bajo/medio en el pretest a un 100% de rendimiento en los niveles superior y muy superior en el posttest, con una diferencia estadísticamente significativa de 4.45 puntos de media.

Los resultados obtenidos confirman lo señalado por Vargas et al. (2023) y Riera & Vigário (2017) respecto a que la integración de la simulación con PLC reales potencia la comprensión de la lógica de control y facilita la transferibilidad de los conocimientos hacia situaciones reales de la industria.

La experiencia del aprendizaje implementada generó un impacto positivo en la motivación, autonomía y compromiso del estudiante, en concordancia con lo expuesto por los investigadores Salinas- Navarro et al. (2023) y Azofeifa et al. (2024), quienes sostienen que las metodologías experienciales realizadas por tecnologías digitales fortalecen la participación activa y el aprendizaje autónomo de los mismos.

Este estudio respalda la afirmación de Bondin & Zammit (2025) en cuanto a que la formación mediada por tecnologías inmersivas y digitales contribuye a desarrollar competencias clave para la Industria 4.0, tales como la resolución de problemas, la integración OT-IT y la toma de decisiones en tiempo real.

Según con las evidencias plateadas de Balla et al. (2023) y Riesener et al. (2024) sobre gemelos

digitales y fábricas virtuales, se confirma que el uso de Factory I/O y PLC Siemens S7-1200 convierte el aula en un auténtico laboratorio de práctica profesional, permitiendo que los errores se transformen en oportunidades de aprendizaje y consolidando habilidades técnicas y tecnológicas. Como recomendación, se propone extender esta experimentación a otras asignaturas del área técnica, diversificar los escenarios de simulación (control de procesos, manufactura, logística) y explorar modelos híbridos de learning factory, presenciales y remotos, que aseguren la sostenibilidad de los procesos de aprendizajes y preparen de mejor manera a los futuros profesionales técnicos.

Contribución de los Autores (CRediT): PE: Conceptualización, Investigación, Administración del proyecto, Software, Validación, Redacción - revisión y edición. MP: Conceptualización, Análisis formal, Recursos, Visualización, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición. MO: Conceptualización, Metodología, Redacción - revisión y edición. VE: Curación de datos, Adquisición de fondos, Supervisión.

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en esta publicación.

Declaración de Uso de Inteligencia Artificial: Los autores declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA) en mejora de la redacción del artículo, corrección de estilo y mejora de imágenes. La herramienta utilizada para este fin fue: CHATGPT.

REFERENCIAS

- Al-Yaman, M., Alswaiti, D., Alsharkawi, A., & Al-Tae, M. (2025). A cost-effective modular laboratory solution for industrial automation and applied engineering education. *MethodsX*, 14, 103388. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103388>
- Azofeifa, J. D., Rueda-Castro, V., Camacho-Zuñiga, C., Chans, G. M., Membrillo-Hernández, J., and Caratozzolo, P. (2024). Future skills for Industry 4.0 integration and innovative learning for continuing engineering education. *Front. Educ.*, 9:1412018. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1412018>
- Balla, M., Haffner, O., Kučera, E., & Cigánek, J. (2023). Educational Case Studies: Creating a Digital Twin of the Production Line in TIA Portal, Unity, and Game4Automation Framework. *Sensors*, 23(10), 4977. <https://doi.org/10.3390/s23104977>
- Bondin, A., & Zammit, J. P. (2025). Education 4.0 for Industry 4.0: A Mixed Reality Framework for Workforce Readiness in Manufacturing. *Multimodal Technologies and Interaction*, 9(5), 43. <https://doi.org/10.3390/mti9050043>
- Camperos, J. A. G., Jaramillo, H. Y., & Suárez, S. A. (2022). Factory I/O As Simulation Software For Teaching The Subject Of Programmable Logic Controllers At UFPSO. *Webology*,

19(6).<https://www.webology.org/data-cms/articles/20221126122650pmWEBOLOGY%2019%20%286%29%20-%2058.pdf>

- Mourtzis, D., Panopoulos, N., & Angelopoulos, J. (2023). A hybrid teaching factory model towards personalized education 4.0. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 36(12), 1739–1759. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2145025>
- Netland, T., Lorenz, R., Kwasnitschka, D., Senoner, J., & Gróf, C. (2024). Immersive Learning with Virtual Field Visits: Spherical Video-Based Virtual Reality of Factory Environments. *INFORMS Transactions on Education*, 24(3), 259–270. <https://doi.org/10.1287/ited.2022.0067>
- Ramabhadran, A., & Ovie, F. (2022). *Factory I/O And PLC Level Tank Control*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32085.09441>
- Riera, V., & Vigário, B. (2017). HOME I/O and FACTORY I/O: A virtual house and a virtual plant for control education. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 9144 - 9149. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1719>
- Riesener, M., Schukat, E., Curiel-Ramirez, L. A., Schäfer, N., & Valdez-Heras, A. (2024). Development of a VR-Based Digital Factory Planning Platform for Dynamic 3D Layout Editing. *Procedia CIRP, 57th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2024 (CMS 2024)*, 130, 419–426. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.109>
- Salinas-Navarro, D. E., Garay-Rondero, C. L., & Arana-Solares, I. A. (2023). Digitally Enabled Experiential Learning Spaces for Engineering Education 4.0. *Education Sciences*, 13(1), 63. <https://doi.org/10.3390/educsci13010063>
- Salkić, A., Muhović, H., & Jokić, D. (2022, del 17 al 19 de mayo). Siemens S7-1200 PLC DC Motor control capabilities. *IFAC-PapersOnLine, 17th IFAC Conference on Programmable Devices and Embedded Systems PDES 2022 — Sarajevo, Bosnia and Herzegovina*. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.06.017>
- Vargas, H., Heradio, R., Donoso, M., & Farias, G. (2023). Teaching automation with Factory I/O under a competency-based curriculum. *Multimedia Tools and Applications*, 82(13), 19221–19246. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-14047-9>