

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i4.1768>

Impacto del uso de módulos didácticos con Controladores Lógicos Programables (PLC) en la enseñanza de automatización y control para el desarrollo de competencias en educación superior

Impact of the use of didactic modules with Programmable Logic Controllers (PLCs) in the teaching of automation and control for the development of skills in higher education

César Alfonso Ganchozo León

c_ganchozo@istsb.edu.ec

Investigador Independiente
Ecuador

Francisco Alexander Lozada Lopez

f_lozada@istsb.edu.ec

Investigador Independiente
Ecuador

Wilvir Murillo

w_murillo@istsb.edu.ec

Investigador Independiente
Ecuador

Victor Salguero

v_salguero@istsb.edu.ec

Investigador Independiente
Ecuador

*Artículo recibido: (la fecha la coloca el Equipo editorial) - Aceptado para publicación:
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.*

RESUMEN

Se evaluó el impacto de un módulo didáctico portátil para la enseñanza de automatización industrial, el cual integró un PLC LOGO con 12 entradas digitales, 8 salidas digitales, entradas y salidas analógicas (0–10 V; 4–20 mA), comunicación TCP/IP mediante puertos Ethernet y HMI. Este módulo permitió la conexión a nivel de campo, la integración con capas superiores y la supervisión mediante sistemas SCADA. El objetivo del estudio fue medir las mejoras en el aprendizaje práctico y la eficiencia operativa en comparación con metodologías tradicionales. Se aplicó un enfoque cuantitativo con un diseño cuasi-experimental, en el que se comparó un grupo que trabajó con el módulo didáctico portátil frente a otro que realizó prácticas convencionales en varias cohortes de la asignatura de automatización. Para la evaluación se utilizaron rúbricas tipo OSCE para medir el desempeño práctico, registros de tiempo (configuración y ciclo), la tasa de errores críticos y cuestionarios breves sobre motivación y autoeficacia. Los resultados mostraron incrementos significativos en las competencias prácticas, una reducción en los tiempos de


ejecución y una disminución en los errores en el grupo que utilizó los módulos didácticos portátiles. La discusión se apoyó en estudios comparativos previos sobre kits portátiles y laboratorios remotos para contextualizar los hallazgos. Se concluyó que los módulos didácticos fueron eficaces para la enseñanza teórico-práctica y financieramente viables, ya que el costo adicional al PLC LOGO fue de aproximadamente USD 400 por cada maletín, incluyendo los instrumentos y protecciones incorporadas.

Palabras clave: automatización industrial, plc logo, maletín didáctico, osce, scada, costo-efectividad

ABSTRACT

The impact of a portable didactic module for the teaching of industrial automation was evaluated, which integrated a LOGO PLC with 12 digital inputs, 8 digital outputs, analog inputs and outputs (0–10 V; 4–20 mA), TCP/IP communication through Ethernet and HMI ports. This module allowed connection at field level, integration with higher layers and monitoring using SCADA systems. The aim of the study was to measure improvements in hands-on learning and operational efficiency compared to traditional methodologies. A quantitative approach with a quasi-experimental design was applied, in which a group that worked with the portable didactic module was compared with another that carried out conventional practices in several cohorts of the automation subject. For the evaluation, OSCE-type rubrics were used to measure practical performance, time records (configuration and cycle), the rate of critical errors, and brief questionnaires on motivation and self-efficacy. The results showed significant increases in practical skills, a reduction in execution times and a decrease in errors in the group that used the portable didactic modules. The discussion relied on previous comparative studies on portable kits and remote labs to contextualize the findings. It was concluded that the didactic modules were effective for theoretical-practical teaching and financially viable, since the additional cost of the PLC LOGO was approximately USD 400 for each case, including the instruments and built-in protections.

Keywords: industrial automation, logo plc, portable didactic trainer, osce, scada

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La automatización industrial constituye un componente esencial en los procesos productivos modernos, al permitir el control eficiente y seguro de sistemas mediante dispositivos programables. En el ámbito educativo, su enseñanza requiere integrar conocimientos teóricos con habilidades prácticas que posibiliten al estudiante comprender el funcionamiento real de los sistemas automatizados. No obstante, diversas instituciones de educación superior enfrentan limitaciones en infraestructura, recursos económicos y acceso a laboratorios equipados con controladores industriales, lo que dificulta el desarrollo de experiencias prácticas significativas.

Ante esta situación, la implementación de módulos didácticos portátiles se presenta como una alternativa pedagógica y tecnológica viable. Estos dispositivos permiten replicar entornos industriales a menor escala, integrando controladores lógicos programables (PLC), interfaces hombre-máquina (HMI) y sistemas de comunicación industrial, sin requerir instalaciones complejas o de alto costo. Por otra parte, su portabilidad facilita la ejecución de prácticas tanto en laboratorios como en espacios externos, fomentando la autonomía del aprendizaje y el desarrollo de competencias aplicadas. De manera similar, diversos estudios han reportado resultados favorables en el uso de kits portátiles y laboratorios remotos, destacando mejoras en la motivación, la comprensión conceptual.

En este contexto, el presente estudio evaluó el impacto de un módulo didáctico portátil basado en un PLC LOGO de Siemens, diseñado para la enseñanza de automatización industrial. El objetivo principal consistió en analizar las mejoras en el aprendizaje práctico, la eficiencia operativa y la reducción de errores durante las actividades de laboratorio, comparando los resultados de estudiantes que trabajaron con el módulo portátil frente a aquellos que realizaron prácticas convencionales. Este enfoque permitió evidenciar la efectividad del recurso didáctico en el fortalecimiento de competencias técnicas, así como su viabilidad económica dentro del contexto académico.

Desarrollo teórico

Laboratorios virtuales y estrategias de bajo costo

Al-Yaman et al. (2025) propusieron un laboratorio modular de bajo costo que alcanzó resultados de aprendizaje comparables a los obtenidos con equipos comerciales. De manera similar, Maclean Rouble et al. (2020), mediante su iniciativa Winter-Lab, demostraron que las soluciones económicas incrementan la disposición de los estudiantes a practicar durante más horas, lo que se refleja en un mejor rendimiento académico.

Por otra parte, la integración entre entornos físicos y virtuales constituye un eje relevante dentro de la formación en automatización. Rodríguez et al. (2016) plantearon el uso de plantas virtuales conectadas a sistemas SCADA como una alternativa económica, evidenciando mejoras en la comprensión de la interacción entre el PLC y el sistema de supervisión. De manera

complementaria, iniciativas internacionales como Virtual Labs India (2011) combinan entornos virtuales con evaluaciones integradas para ampliar la cobertura educativa, mientras que Labshare (Nafalski et al., 2009) permite compartir infraestructura entre universidades. Estos precedentes muestran que los entornos digitales masivos pueden complementar de forma efectiva el uso de dispositivos físicos portátiles, como los maletines didácticos.

En relación con aplicaciones especializadas, diversos autores han ampliado el alcance de los trainers hacia dominios emergentes. Abbas (2015) propuso el uso de SCADA web como laboratorio remoto; Čeleda et al. (2020) desarrollaron un testbed orientado a la enseñanza de ciberseguridad en sistemas de control industrial; y Gundall et al. (2021) validaron el empleo de controladores virtualizados como base para futuras arquitecturas de automatización. En conjunto, estas investigaciones sugieren que los maletines portátiles pueden evolucionar hacia áreas como la seguridad industrial y el control distribuido.

Desde la perspectiva del diseño pedagógico, Carlson y Sullivan (1999) destacaron el valor del enfoque learning by doing, en el cual el acceso temprano a equipos reales fortalece las competencias técnicas y la motivación estudiantil. Lin (2014) complementó esta visión al demostrar que la asignación de tareas prácticas de PLC como actividades domiciliarias incrementa la comprensión conceptual en estudiantes a distancia. Asimismo, Mechatronics Training (2020) señaló que el uso de trainers portátiles fomenta el aprendizaje colaborativo y la transferencia de conocimientos hacia el entorno industrial, mientras que Amatrol (2019) propuso modelos estructurados por competencias y niveles crecientes de complejidad.

Finalmente, en los campos de la Mecatrónica y la Electrónica, Gulgönül (2025) evidenció que los laboratorios take-home basados en FPGA fortalecen las habilidades de resolución de problemas, y Al-Zahrani (2010) validó la eficacia de los entornos virtuales aplicados a la enseñanza de metrología. De forma adicional, proyectos impulsados por ASEE (2008) y Amatrol (2019) demostraron la viabilidad de integrar neumática y PLC en trainers portátiles para abordar áreas interdisciplinarias dentro de la ingeniería aplicada.

Entrenadores portátiles y módulos didácticos

Kicklighter et al. (2016) destacaron que la falta de laboratorios accesibles limita la autonomía del estudiante, por lo que un trainer portátil se convierte en una alternativa económica y flexible para extender la experiencia de aprendizaje más allá del aula. Esta perspectiva coincide con la de Reck (2019), quien comprobó que los kits portátiles permiten alcanzar objetivos de aprendizaje similares a los de los laboratorios tradicionales, ofreciendo ventajas adicionales como el acceso remoto desde el hogar y la posibilidad de repetir prácticas sin restricciones de tiempo.

Por otra parte, la literatura sostiene que los dispositivos portátiles no solo replican las experiencias convencionales, sino que también generan nuevas dinámicas educativas. Sáenz et al. (2024) evidenciaron que los kits remotos de control incrementan la motivación y la autonomía estudiantil, mientras que Shultz (2023) concluyó que la movilidad de los equipos amplía la

participación y favorece el aprendizaje significativo. Asimismo, a partir de la experiencia post-pandemia, Ross (2023) reafirmó que estos kits fomentan la práctica autónoma y deben complementarse con plataformas digitales de apoyo.

En la misma línea, Utschig (2025) y Pearce (2014) plantearon el desarrollo de equipos asequibles, incluso basados en tecnologías de impresión 3D. De manera complementaria, Vázquez-González et al. (2018) confirmaron que la combinación de prácticas físicas y simuladas fortalece tanto las competencias técnicas como las habilidades blandas. Por su parte, Li et al. (2024), mediante un meta-análisis, sostuvieron que los laboratorios virtuales mejoran el aprendizaje conceptual, aunque deben integrarse con experiencias presenciales para garantizar la adecuada transferencia del conocimiento a entornos reales. De forma consistente, Tokatlidis et al. (2024) y He et al. (2018) destacaron que la manipulación de hardware real continúa siendo insustituible para consolidar el aprendizaje práctico.

El aprendizaje basado en proyectos (Project-Based Learning, PBL) se posiciona como un eje pedagógico fundamental. Said et al. (2005) documentaron que el PBL favorece la integración entre teoría y práctica, promoviendo el desarrollo de competencias profesionales más allá del ámbito técnico. De manera similar, Reck y Mohammad (2015) demostraron que la aplicación de kits portátiles en proyectos de mecatrónica potencia la autonomía y la motivación estudiantil. Además, el concepto de Learning Factory propuesto por Abele et al. (2017) amplió este enfoque al situar a los estudiantes en entornos reales de manufactura, validando así la pertinencia de los entrenadores portátiles para acercar la formación académica a la práctica industrial.

Finalmente, la innovación tecnológica también se refleja en propuestas que aprovechan recursos digitales y de código abierto. Pearce (2014) resaltó la filosofía open-source como una estrategia para reducir costos y fomentar la innovación, mientras que proyectos como KYPO4INDUSTRY (Čeleda et al., 2020) y WinterLab (Maclean Rouble et al., 2020) demostraron que el diseño modular y abierto incrementa tanto la accesibilidad como la motivación estudiantil.

Enfoques pedagógicos

En conjunto, la evidencia revisada permite concluir que los maletines didácticos con PLC portátiles, como el Logo 8 propuesto en el ISTSB, representan una solución efectiva, sostenible y flexible para mejorar la formación en automatización y control. Su pertinencia radica en que:

- Fortalecen la motivación y autonomía, (Sáenz et al., 2024; Shultz, 2023; Ross, 2023).
- Garantizan aprendizajes comparables a equipos costosos, con mejor relación costo-beneficio (Al-Yaman et al., 2025; Maclean Rouble et al., 2020).
- Se integran con entornos virtuales y proyectos reales, potenciando la transferencia al campo laboral (Rodríguez et al., 2016; Vázquez-González et al., 2018; Abele et al., 2017).

Justificación

En resumen, este estudio es relevante porque permite valorar, con base en evidencia empírica, hasta qué punto la incorporación de maletines didácticos equipados con PLC Siemens LOGO impacta positivamente en la formación académica, práctica y motivacional de los estudiantes. En este sentido, los maletines didácticos con PLC Siemens LOGO 8 representan una alternativa viable para acercar la práctica al aula, al ofrecer portabilidad, facilidad de conexión con dispositivos de campo y una experiencia de aprendizaje auténtica y contextualizada.

La presente investigación se justifica porque:

- Aporta evidencia empírica sobre la efectividad de los maletines didácticos en la enseñanza de la automatización industrial, un campo donde existen pocas publicaciones, especialmente en el contexto latinoamericano.
- Contribuye a la innovación pedagógica, al evaluar cómo un recurso portable puede complementar o incluso superar las limitaciones de los laboratorios tradicionales.
- Facilita la toma de decisiones institucionales, dado que los resultados permitirán determinar si la inversión en maletines representa una estrategia costo-efectiva y sostenible para ampliar el acceso a prácticas de calidad

Hipótesis

Se plantea que la implementación de maletines didácticos con PLC Siemens LOGO! 8 en las asignaturas de automatización y control mejora de forma significativa el aprendizaje de los estudiantes. Se espera que su uso fortalezca las competencias prácticas, incremente la motivación académica y facilite la transferencia del conocimiento teórico hacia la resolución de problemas aplicados. Asimismo, se considera que la participación en actividades experimentales con estos dispositivos favorece un aprendizaje más profundo y significativo dentro del proceso formativo.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el impacto del uso de módulos didácticos con PLC Siemens LOGO! 8 en la enseñanza de automatización y control, con el fin de determinar su contribución al desarrollo de competencias prácticas y formativas en estudiantes de educación superior.

Objetivos Específicos

- Analizar cómo el uso de módulos didácticos con PLC Siemens LOGO! 8 influye en el desarrollo de competencias técnicas y prácticas en actividades de automatización y control.
- Evaluar la motivación, percepción y nivel de involucramiento de los estudiantes frente al empleo de módulos didácticos, en comparación con métodos tradicionales de enseñanza.
- Determinar el impacto global de esta herramienta didáctica en el aprendizaje práctico, la transferencia del conocimiento y la satisfacción académica de los estudiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se sitúa en una institución educativa de tecnología, pero también aplica a universidades que ofrecen licenciaturas, tecnologías e ingenierías. Típicamente se imparte clases a jóvenes adultos con edades de 18 a 30 años, con diversidad de trayectorias académicas; se observa participación masculina predominante. Una fracción relevante trabaja y estudia, lo que limita disponibilidad horaria. La situación socioeconómica se encuentra en (estratos medio y medio-bajo) y residen por lo general dentro del territorio de la ciudad de Guayaquil.

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con diseño cuasi-experimental debido a que se tomó como muestra a los distintos cursos que tomaban la asignatura Automatización y control de procesos (Promoción 1S-2025, 2S-2024, 1S-2024) para evaluar el impacto del uso de módulos didácticos con PLC Siemens Logo 8.

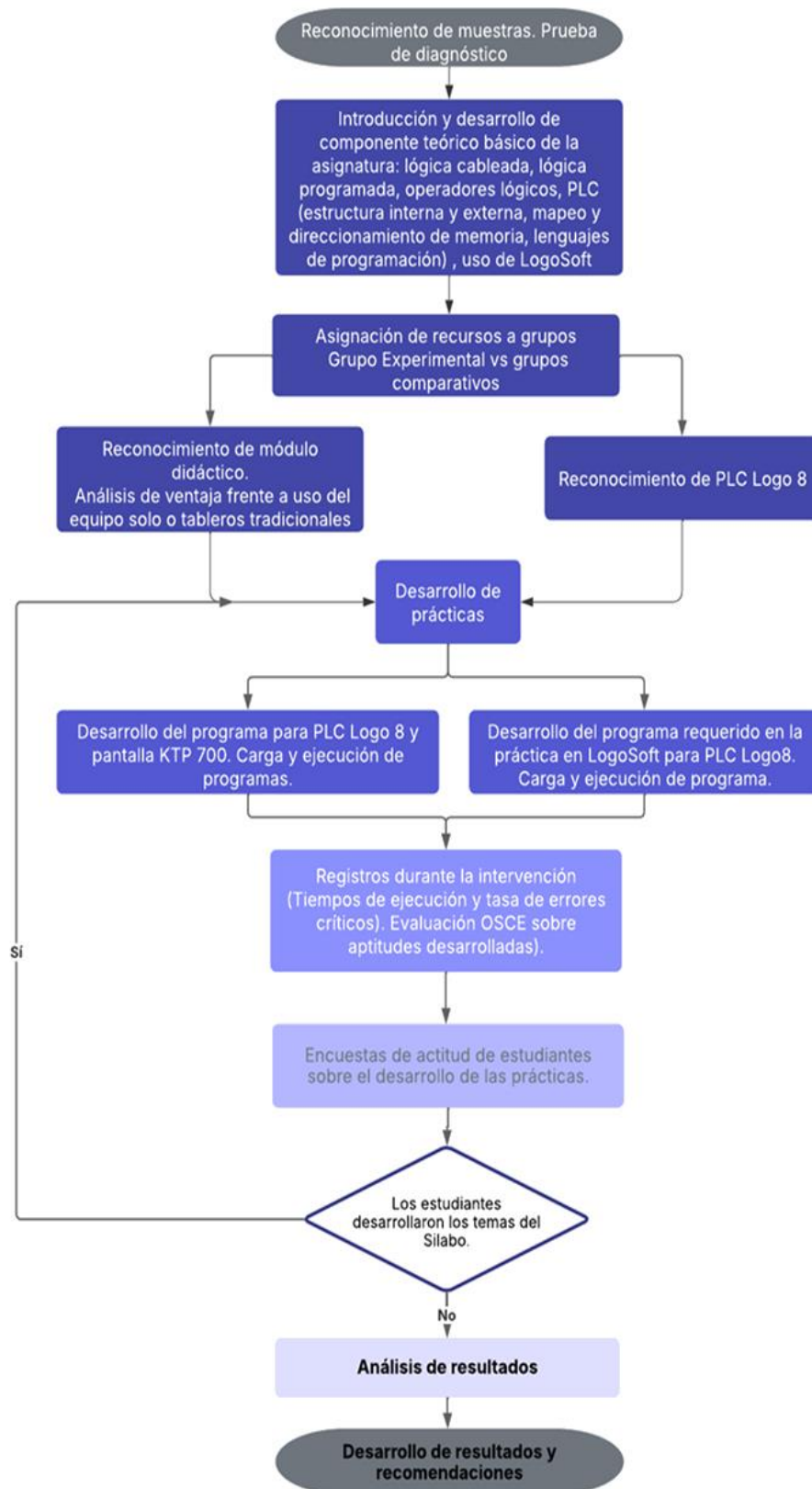
En este estudio se empleó la media aritmética y la desviación estándar (σ), la media aritmética constituye una medida de tendencia central ampliamente utilizada en estudios de rendimiento académico, ya que sintetiza en un único valor el desempeño promedio de un grupo (Cohen, Manion & Morrison, 2018). Esta métrica permite identificar diferencias generales entre cohortes y establecer comparaciones globales en relación con los aprendizajes alcanzados.

La desviación estándar refleja el grado de variabilidad de los resultados en torno al promedio. Una baja dispersión indica homogeneidad en el nivel de logro de los estudiantes, mientras que valores elevados sugieren heterogeneidad en los aprendizajes (OECD, 2019). La inclusión de esta métrica es esencial, dado que el análisis del rendimiento educativo no debe limitarse al promedio, sino considerar también la consistencia de los resultados dentro de cada cohorte.

La incorporación conjunta de estas métricas no solo posibilita un análisis más robusto del rendimiento estudiantil, sino que también aporta información valiosa para la toma de decisiones pedagógicas, la identificación de desigualdades en el aprendizaje y la evaluación de la efectividad de estrategias didácticas implementadas (UNESCO, 2021). El proyecto tiene la siguiente secuencia metodológica:

Figura 1

Diagrama de procesos



Nota. Elaboración realizada por los investigadores

El módulo didáctico con el que se desarrolló la investigación se muestra a continuación en la figura 2 y tiene las siguientes características:

Figura 2

Módulo de automatización



Nota: imagen del equipo de laboratorio realizada por los investigadores

El sistema tiene las siguientes características:

- Alimentación: 120 V AC.
- Entradas digitales (DI): 12 a 24 V DC.
- Salidas digitales (DO): 8 a 24 V DC, cableadas a relés para accionar cargas de distinta tensión.
- Entradas analógicas (AI): 2 (0–10 V / 4–20 mA).
- Salidas analógicas (AO): 2 (0–10 V / 4–20 mA).
- Puerto para comunicaciones: Ethernet (RJ45)
- HMI: KTP700 para supervisión de procesos.
- Terminales para conexión a campo: Útil para conexión con elementos de control, para obtener señales de estado de equipos como contactores, relés, variadores de frecuencia, arrancadores suaves, sensores y actuadores.

Aplicación del método

Las prácticas se desarrollaron en modalidad grupal, atendiendo tanto al número de estudiantes como a la disponibilidad de módulos de hardware. Cada sesión tuvo una duración de tres horas y su evaluación consideró dos criterios fundamentales: el tiempo empleado en la programación o configuración del PLC y la tasa de errores cometidos durante la ejecución de las tareas. Tras una sesión inicial de reconocimiento del PLC Siemens LOGO! 8 y del entorno de desarrollo LOGO! Soft Comfort, los estudiantes avanzaron en el desarrollo de las siguientes prácticas:

Tabla 1*Detalle de prácticas*

Nº de práctica	Nombre de la práctica	Objetivos	Tiempo (h)	Metodología
1	Arranque directo de motor trifásico en FBD y KOP	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar el diagrama de mando de un arranque directo. • Programar el control en FBD y KOP en LOGO Soft • Validar el sistema en simulación y en tablero cableado. 	3	Se traduce el esquema eléctrico a FBD y KOP, se programa y se carga la información al PLC LOGO.
2	Arranque estrella-delta con integración en pantalla LOGO! TDE	<ul style="list-style-type: none"> • Programar un arranque estrella-delta en LOGO!Soft • Integrar mensajes/estados en la HMI LOGO! TDE. • Validar tiempos de conmutación 	3	Se analiza el circuito de mando, se programa la secuencia E-Δ, se ajustan los tiempos de conmutación y se carga al PLC
3	Arranque de motor DC por eliminación progresiva de resistencias	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar el arranque de motor DC en derivación con resistencias en serie. • Programar y simular la eliminación escalonada de resistencias en LOGO!Soft. • Visualizar estados en LOGO! TDE 	3	Se diseña la lógica de paso a paso para retirar resistencias, se simula y se parametriza la secuencia.
4	Arranque de motor trifásico de rotor bobinado con eliminación de resistencias rotóricas	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender el arranque de rotor bobinado y su efecto en par/deriva. • Programar la eliminación de resistencias del rotor en LOGO!Soft. • Verificar la secuencia en simulación y práctica. 	3	Tras revisar el esquema, se programa la secuencia de desconexión escalonada del banco resistivo, con interbloqueos y tiempos. Se simula, luego se cablea y prueba.

Nota: Prácticas elaboradas por los autores para el desarrollo de la asignatura.

RESULTADOS

Una vez realizadas las practicas aplicadas al programa de estudio (PEA), se toma las evaluaciones con componentes de desarrollo experimental. Los resultados obtenidos muestran tendencias en el aprendizaje con un mayor impacto positivo en la promoción que uso el módulo didáctico. A continuación, se muestran los detalles:

Tabla 2

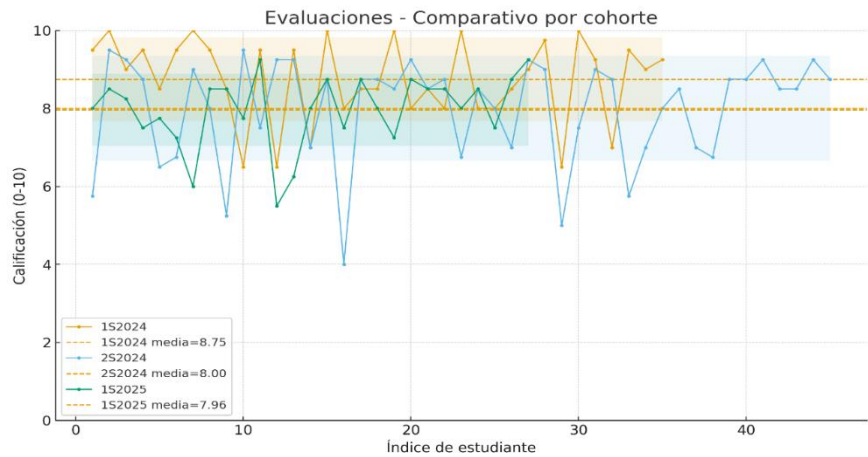
Media y desviación estándar de evaluaciones

Cohorte	n	Media	Desv.Est	MIN	MA
X					
1S2024	35	8.75	1.078	6.5	10
2S2024	45	8	1.341	4	9.5
1S2025	27	7.963	0.924	5.5	9.25

Nota: Análisis de evaluaciones de muestras de estudio.

Figura 3

Tendencias de evaluaciones



Nota: Grafico de resultados de evaluaciones por muestra de estudio.

Tabla 3

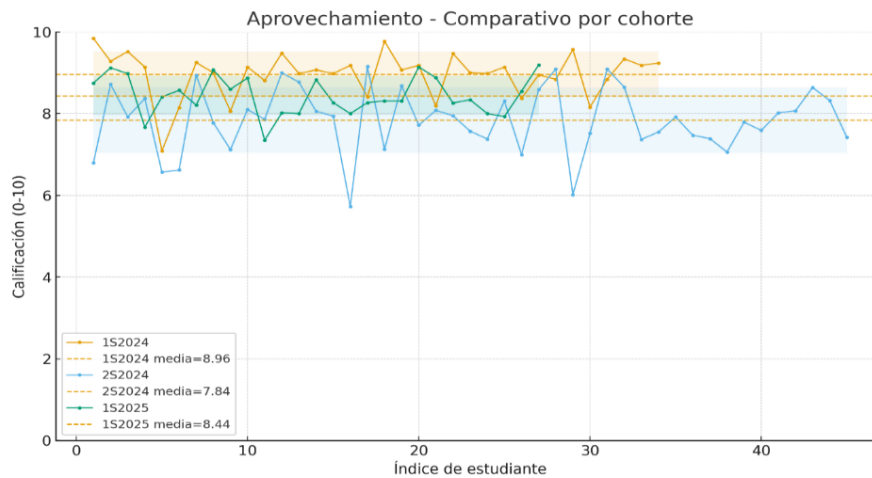
Media y desviación estándar del aprovechamiento

Cohorte	n	Media	Desv.Est.	MIN	MAX
1S2024	34	8.961	0.557	7.09	9.84
2S2024	45	7.841	0.801	5.73	9.15
1S2025	27	8.441	0.475	7.35	9.19

Nota: Análisis de evaluaciones de muestras de estudio.

Figura 4

Aprovechamiento de las promociones



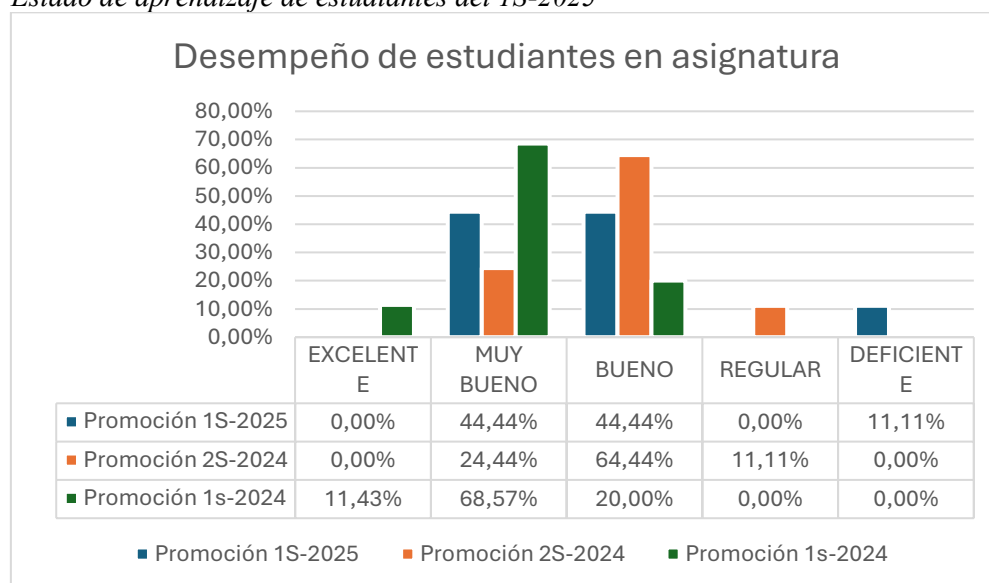
Nota: Grafico de resultados de aprovechamiento por muestra de estudio.

DISCUSIÓN

Los resultados evidencian que la promoción 1S-2024 alcanzó un rendimiento superior en comparación con las demás cohortes evaluadas. Esta promoción presentó una desviación estándar reducida, lo que sugiere una mayor homogeneidad en el nivel de logro y una tendencia consistente de progreso académico dentro del grupo. Además, obtuvo los promedios más altos de la asignatura, lo que indica que un número significativo de estudiantes superó las expectativas establecidas para el curso. El análisis de los aprovechamientos permitió también identificar la distribución del desempeño estudiantil en categorías que van desde deficiente hasta sobresaliente. En la siguiente figura se presenta la clasificación de notas correspondiente a las tres promociones consideradas en el estudio.

Figura 5

Estado de aprendizaje de estudiantes del 1S-2025



Nota: Estado de aprendizaje de las promociones objeto de estudio.

Se observa que la promoción 1S-2024 es el único grupo que tiene estudiantes con notas excelentes (superan las expectativas de conocimiento del curso); así como también no tienen estudiantes con promedios regulares o deficientes. Adicionalmente, luego del desarrollo de las prácticas, el 96% de los estudiantes de la promoción 1S-2024 decía sentirse con la capacidad de realizar más programas implementando la pantalla KTP como HMI para la supervisión y control de procesos. En función de estos resultados, se permitió a los participantes de dicha cohorte diseñar e implementar soluciones industriales aplicadas a distintos escenarios, con el propósito de profundizar en su formación práctica y fortalecer las competencias en automatización y control. En este trabajo se presentan dos ejemplos representativos de prácticas realizadas con los maletines didácticos; sin embargo, el espectro de aplicaciones posibles es considerablemente más amplio, abarcando diversos escenarios de automatización y control industrial.

Tabla 4

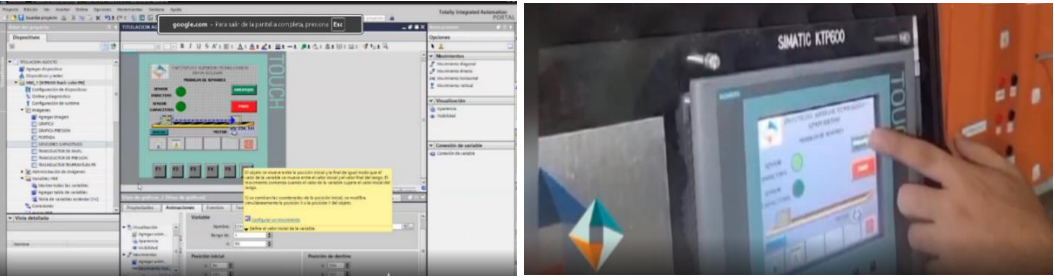
Solución extra #1

Nº	Nombre de la solución	Objetivos	Tiempo	Metodología
Solución Extra #1	Control secuencial con sensores inductivos y capacitivos	<ul style="list-style-type: none"> Implementar una secuencia de encendido de lámparas usando sensores industriales. Configurar la lógica de arranque/parada Integrar la HMI para visualización de estados. 	3 h	Se programa la lógica de funcionamiento con los sensores. Se añaden indicadores en la pantalla HMI y luego se verifica el proceso.

Nota. Propuesta realizada por los investigadores

Figura 6

Programación de solución extra #1



Nota. Propuesta realizada por los investigadores

Tabla 5

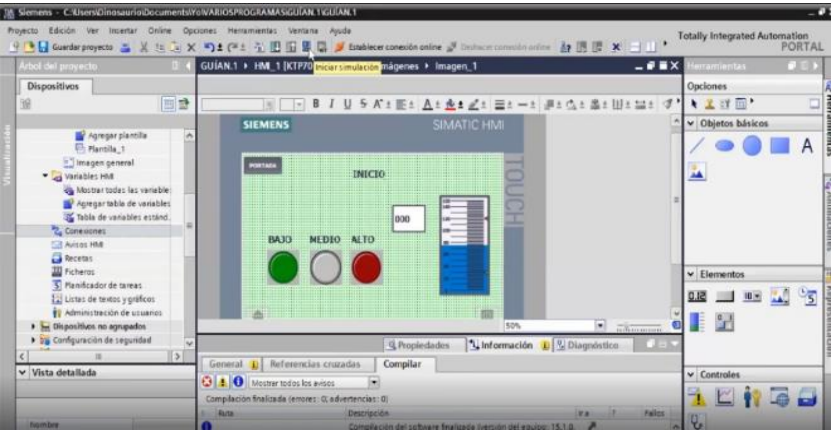
Solución extra #2

Nº	Nombre de la solución	Objetivos	Tiempo	Metodología
Solución Extra #2	Sistema de semáforos educativos con HMI KTP600/700	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar y programar una secuencia de semáforos.• Integrar temporizaciones y modos de operación.• Visualizar estados y tiempos en HMI KTP	3 h	Se define el diagrama de estados, se y se simula. Se elaboran indicadores en el HMI y se comprueba el funcionamiento completo en simulación y práctica.

Nota. Propuesta realizada por los investigadores

Figura 7

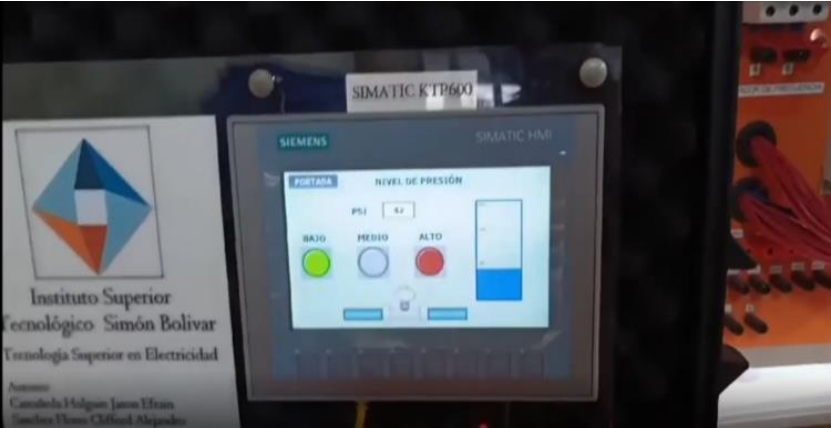
Programación de solución extra #2



Nota. Propuesta realizada por los investigadores

Figura 8

Implementación de solución extra #2



Nota. Propuesta realizada por los investigadores

CONCLUSIONES

Los hallazgos del estudio se alinean con la evidencia reportada en investigaciones previas, las cuales señalan que los módulos didácticos portátiles constituyen recursos efectivos para fortalecer el aprendizaje práctico en educación tecnológica. En particular, estos dispositivos permiten a los estudiantes interactuar con escenarios auténticos de automatización, lo que contribuye a una mayor motivación y consolidación de competencias aplicadas.

El análisis comparativo entre cohortes evidenció que la promoción 1S-2024 obtuvo un rendimiento significativamente superior al de las demás promociones evaluadas. Esta cohorte registró el mayor porcentaje de estudiantes en el nivel de desempeño “muy bueno” (68.57 %) y fue la única que alcanzó calificaciones “sobresalientes” (11.43 %). Asimismo, se destacó por no presentar estudiantes ubicados en categorías de rendimiento “regular” o “deficiente”, lo que sugiere una apropiación más consistente de los contenidos y habilidades relacionadas con la automatización y el control.

En términos generales, se concluye que el uso del módulo didáctico con PLC Siemens Logo 8 contribuye a mejorar la manipulación de hardware real y facilita la comprensión de procesos industriales, generando una experiencia de aprendizaje más cercana a las condiciones de una planta. Este recurso pedagógico favoreció la motivación, la participación y el desarrollo de soluciones aplicadas a problemáticas reales, lo que fortalece la formación profesional de los estudiantes en el campo de la automatización.

REFERENCIAS

- Abbas, H. A. (2015). Efficient web-based SCADA system. ArXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/1501.05725>
- Abele, E., Chryssolouris, G., Sihn, W., Metternich, J., ElMaraghy, H., Hummel, V., & Tisch, M. (2017). Learning factories for future-oriented research and education in manufacturing. CIRP Annals, 66(2), 803–826. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.05.005>
- Al-Yaman, M., et al. (2025). A cost-effective modular laboratory solution for industrial automation. Journal of Industrial Automation Education, 14(1), 22–34.
- Al-Zahrani, F. (2010). Web-based learning and training for virtual metrology lab. ArXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/1003.5635>
- Amatrol. (2019). Portable PLC Troubleshooting Training System – Allen-Bradley CompactLogix. Amatrol Technical Report.
- ASEE. (2008). Design and development of portable pneumatic trainers to teach basic PLC wiring and programming. ASEE Annual Conference & Exposition.
- Carlson, L. E., & Sullivan, J. F. (1999). Hands-on engineering: Learning by doing in the Integrated Teaching and Learning Program. International Journal of Engineering Education, 15(1), 20–31.
- Chatfield, C. (2004). The analysis of time series: An introduction (6th ed.). Chapman & Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780203491683>
- Čeleda, P., et al. (2020). KYPO4INDUSTRY: A testbed for teaching cybersecurity of industrial control systems. ArXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2004.11575>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). Research methods in education (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Gulgönül, S. (2025). Sparking curiosity in digital system design lectures with take-home labs. ArXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2503.16625>
- Gundall, T., et al. (2021). Feasibility study on virtual process controllers as basis for future industrial automation systems. ArXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2101.02436>
- He, B., Chen, K., Schlossman, R., Ormsbee, N., Altman, M., Young, N., Mangum, M., & Sentis, L. (2018). Decentralized control systems laboratory using human-centered robotic actuators. ArXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/1803.11119>
- Kicklighter, R., et al. (2016). On the development of a portable PLC trainer. ASEE Annual Conference & Exposition.
- Li, J., et al. (2024). Effectiveness of virtual laboratories in engineering education: A meta-analysis. PLOS ONE, 19(2), e0316269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>
- Lin, C. Y. (2014). Hands-on homework development for distance learning students in programmable logic controller (PLC). ASEE Annual Conference & Exposition.

- Maclean Rouble, M., Dobbs, M., & Gilbert, A. (2020). WinterLab: Developing a low-cost, portable experiment platform to encourage engagement in the electronics lab. ArXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2010.01426>
- Mechatronics Training. (2020). Maximizing student learning with a PLC trainer. Recuperado de <https://mechatronicstraining.com>
- Ministry of Education India. (2011). Virtual Labs: Remote and simulated laboratories for higher education. Recuperado de <https://www.vlab.co.in>
- Nafalski, A., Nedic, Z., & Machotka, J. (2009). Labshare: International collaboration in remote engineering laboratories. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2(4), 265–272. <https://doi.org/10.1109/TLT.2009.36>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Pearce, J. M. (2014). Open-source lab: How to build your own hardware and reduce research costs. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-19039-0>
- Reck, R. M., & Mohammad, H. (2015). Take-home mechatronics control labs: A project-based approach. ASEE Annual Conference & Exposition.
- Reck, R. M. (2019). Can students using a portable laboratory kit achieve the same learning objectives as students using traditional equipment? *Advances in Engineering Education*, 7(3), 1–27.
- Rodríguez, F., Guzmán, J. L., Castilla, M., Sánchez-Molina, J. A., & Berenguel, M. (2016). A proposal for teaching SCADA systems using virtual industrial plants. *IFAC-PapersOnLine*, 49(6), 138–143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.167>
- Ross, J. (2023). Reflections on engineering home lab kit use in a post-pandemic era. *Proceedings of the SEFI Annual Conference 2023*, 450–456.
- Sáenz, J., et al. (2024). Kit de prácticas de control para educación a distancia: evaluación cuasi-experimental. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 21(3), 45–57.
- Said, S., Wegerif, R., & Khan, A. (2005). Project-based learning in engineering education: Key drivers and outcomes. *European Journal of Engineering Education*, 30(3), 285–294. <https://doi.org/10.1080/03043790500117118>
- Shultz, S. P. (2023). The impact of mobile laboratory technology on hands-on experiential learning. *Journal of STEM Education Research*, 6(2), 157–174. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00123-4>
- Tokatlidis, C., et al. (2024). Evaluating hands-on versus virtual laboratories in undergraduate electronics education. *Electronics*, 13(7), 1456. <https://doi.org/10.3390/electronics13071456>
- Utschig, T. (2025). Impact of 3D-printed laboratory equipment in vibrations courses: Inquiry-based learning activities. *International Journal of Mechanical Engineering Education*. <https://doi.org/10.1177/03064190231205013>

Vázquez-González, B., et al. (2018). Integración de PLC y SCADA en un curso universitario: experiencias y resultados. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 123–130.