





Implementación Didáctica de Autómatas Programables para la Optimización de Procesos Industriales

Didactic Implementation of Programmable Automata for the Optimization of Industrial Processes

 Luis Martínez Balbín
Instituto de Educación Superior Tecnológico
Público Pampas - Tayacaja, Perú

 Gianmarco García Curo
Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

Resumen

En este artículo se argumenta el desarrollo de un módulo de formación para la práctica de automatización en el laboratorio del aula de Electrotecnia Industrial del Instituto de Pampas Tayacaja; que tengan como finalidad el mismo módulo concebido para el aprendizaje con estos dispositivos se desarrolle en un solo lugar, fusionando tanto los dispositivos eléctricos como electrónicos, para hacer prácticas con la automatización, en cada caso requerido, permitiendo llevarlas a cabo de una forma más eficiente y segura; donde se utilizó un procedimiento de carácter metodológico enfocado a programar controladores lógicos programables (PLC) y la prueba de la eficacia del módulo consistió en comparar la parte técnica y económica con el sistema de automatización utilizado de manera convencional, y el sistema de automatización con el PLC. Los resultados reflejan que el módulo de la práctica orientada en el desarrollo de este artículo facilita el tiempo de montaje (tiempo de instalación) y de puesta en marcha, aumentando la vida útil del componente y en sí un aprendizaje significativo del alumnado.

Palabras claves: Automatización, módulos didácticos, aprendizaje significativo, seguridad, capacitación, PLC.

Abstract


This article argues for the development of a training module for the practice of automation in the laboratory of the Industrial Electrotechnology classroom of the Pampas Tayacaja Institute; whose purpose is that the same module conceived for learning with these devices is developed in a single place, merging both electrical and electronic devices, to practice with automation, in each required case, allowing them to be carried out in a more efficient and safe way; where a methodological procedure focused on programming programmable logic controllers (PLC) was used and the test of the effectiveness of the module consisted of comparing the technical and economic part with the automation system used in a conventional way, and the automation system with the PLC. The results reflect that the practice module oriented in the development of this article facilitates the assembly time (installation time) and start-up, increasing the useful life of the component and in itself a significant learning of the students.

Keywords: Automation, teaching modules, meaningful learning, security, training, PLC.



Publicado: 10/03/2025
Aceptado: 18/02/2025
Recibido: 18/02/2025

Open Access
Article scientific

 <https://doi.org/10.47422/jstri.v6i1.58>





INTRODUCCIÓN

La automatización industrial constituye un elemento clave en el avance tanto de la tecnología como en la mejora de los procesos industriales. La enseñanza de la automatización es una de las asignaturas básicas que se incluye en la formación de los futuros profesionales en ingeniería eléctrica, y, sin embargo, los estudiantes que están atravesando estos ciclos formativos se encuentran con la dificultad de no poder aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a la práctica por la falta de la infraestructura adecuada en el aula. Esto es superado a partir de la implementación de módulos de entrenamiento, los cuales están diseñados específicamente para la práctica de automatización industrial con PLC, y que ayudan a mejorar la práctica de la formación considerando cómo ayudar a desarrollar las habilidades técnicas en cualquier espacio que ayude a la mejora de la práctica formativa garantizando una enseñanza segura y controlada. En este trabajo se estudia la propuesta de un módulo de entrenamiento para la práctica de automatización industrial en el laboratorio de Electrotecnia Industrial del Instituto de Pampas Tayacaja.

La cualidad principal reside en la mejora que se ofrece en lo que es la práctica formativa del alumnado mediante la optimización del uso de dispositivos eléctricos y electrónicos en un único entorno físico que proporciona las condiciones de seguridad y eficiencia necesarias para conseguir alcanzar el objetivo de aprendizaje.

La existencia de la separación fisiológica entre los PLC y la dispersión de los componentes utilizados a lo largo del tiempo ha condicionado un rendimiento académico no suficientemente adecuado, desvirtuando los procesos de automatización. La sistemáticamente estructurada y concatenada declaración del proceso de desarrollo del módulo de formación que posteriormente se detalla recogió diferentes fases. De forma inicial, se realizó un análisis de necesidades en el laboratorio de electrotecnia industrial correspondiente, proceso que derivó en la obtención de las limitaciones de los existentes y necesidades formativas vinculadas a la automatización de las programables. Posteriormente se elaboró un prototipo del módulo que aúna diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos, capacidades de funcionalidad equivalente para poder ejecutar las prácticas con PLC de una forma efectiva y segura. Se seleccionaron materiales y componentes que permitan maximizar la durabilidad del sistema de forma que se eviten costes de mantenimiento y se maximicen la vida del módulo.

En la elaboración e implementación del producto se incluyó la configuración de los PLC, la unificación en un

solo espacio de trabajo de los dispositivos, la obtención de guías prácticas que permitan realizar el aprendizaje del alumnado. Para ello, se adoptó una metodología en términos de la enseñanza experimental en la que el alumnado puede programar y hacer entrar en funcionamiento circuitos de automatización en tiempo real favoreciendo su integración teórica y teniendo el conocimiento técnico para poder manejar los aparatos industriales. También se recogió un análisis comparativo realizado entre el nuevo módulo de formación y los sistemas de enseñanza convencionales, el cual pone de manifiesto la mejora del sistema en términos de reducción del tiempo de las prácticas y de la eficiencia. El impacto que este módulo tuvo sobre el aprendizaje se evaluó observando la mejora que los alumnos mostraron en las habilidades correspondientes a la programación, instalación y configuración de sistemas automáticos. Se utilizaron encuestas, así como pruebas de rendimiento, para así poder medir la efectividad de módulo en la adquisición de conocimientos y destrezas.

Los resultados obtenidos muestran que el uso del módulo de entrenamiento contribuyó con el aprendizaje de conceptos fundamentales en automatización programable y que ayuda a reducir el tiempo de aprendizaje y los recursos del laboratorio. El uso del módulo también ha permitido la mejora de la seguridad en la manipulación de los equipos eléctricos, minimizando los riesgos que corren los estudiantes en sus sesiones prácticas.

Este estudio ayuda a la innovación en la enseñanza de la automatización industrial al proponer un modelo de solución concreto que mejora el aprendizaje práctico a partir del diseño e implementación de un módulo de entrenamiento didáctico y, al mismo tiempo, establece las bases para futuras investigaciones en la mejora de las herramientas didácticas en torno a la ingeniería eléctrica y la automatización. Se sugiere la posibilidad de trasladar este modelo a otros entornos educativos y distintos niveles de complejidad en la enseñanza de la automatización con el fin de seguir perfeccionando los procesos de formación en tecnología industrial.

MARCO TEÓRICO

Automatización Lógica Programable

Desde épocas remotas, la automatización industrial ha empleado sistemas de control de lógica cableada, es decir, con relés, contactores y temporizadores, pero estos son limitados en cuanto a flexibilidad, mantenimiento y escalabilidad. Los controladores lógicos programables (PLC) han sido la solución alternativa más utilizada, ya que ofrece ventajas en los aspectos del coste, el tamaño, la

fiabilidad y facilidad de programación (Rincón et al., 2023).

Comparación Técnica y Económica entre Sistemas Convencionales y PLC

Una comparativa técnica y económica de un sistema de automatización tradicional con relés frente a un sistema

basado en el uso de PLC está resumida en la Tabla 1. Los datos muestran que, si bien el precio inicial de adquisición del PLC puede ser más elevado, a fin de cuentas, los costes de operación y mantenimiento son de una magnitud inferior.

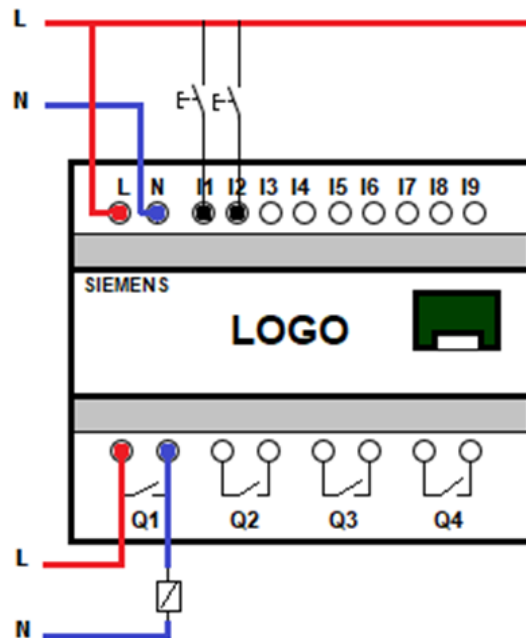
Tabla 1

Comparación técnica y económica entre sistemas de automatización convencionales y basados en PLC

Componente	Sistema Convencional (Costos en S/.)	Sistema PLC (Costos en S/.)
Contactador	50	40
Guardamotor	60	50
Relé	20	15
Temporizador	30	25
Pulsador NA/NC	10	10
Lámpara de señalización	15	15
PLC	-	200
Total	185	355

Figura 1

Diagramas de conexión del PLC



Funciones Lógicas Básicas en PLC

Las funciones lógicas elementales AND, OR, NOT, NAND, NOR y XOR forman parte de lo que se denomina "programación de PLC"

Estas funciones lógicas se pueden implementar en forma de diagramas de contactos (Ladder) así como en diagramas de bloques funcionales (FBD) tal como se muestra en la Figura 1, donde se describe un ejemplo de la implementación de la función lógica del operador AND en un PLC.



Figura 2

Circuito eléctrico de la función lógica AND

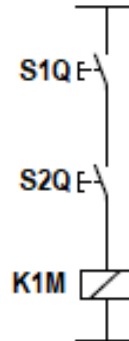


Figura 3

Función lógica o (OR)

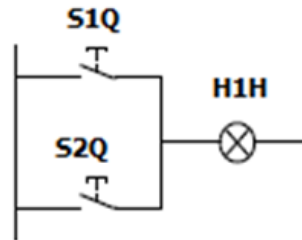


Figura 4

Interfase para entradas discretas en DC

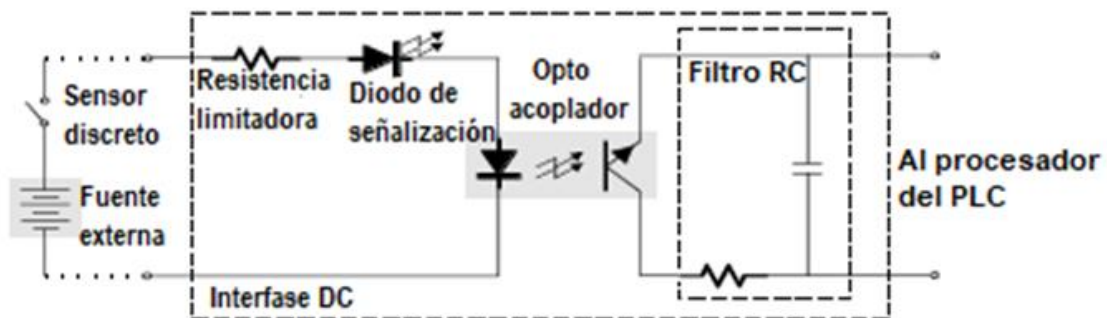


Figura 5

Interfase para entrada discreta en AC

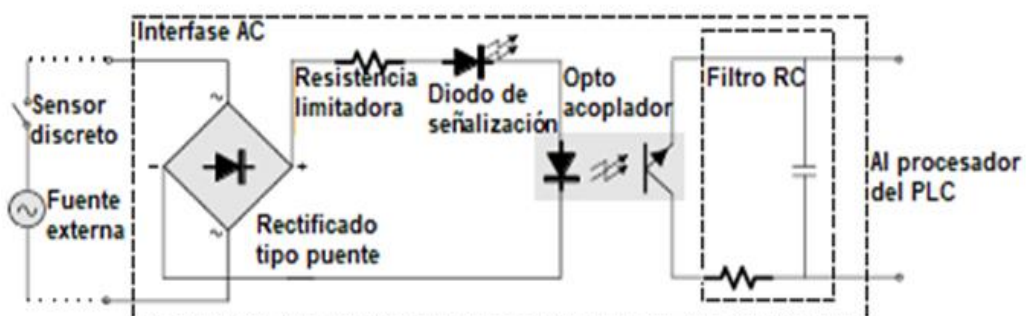
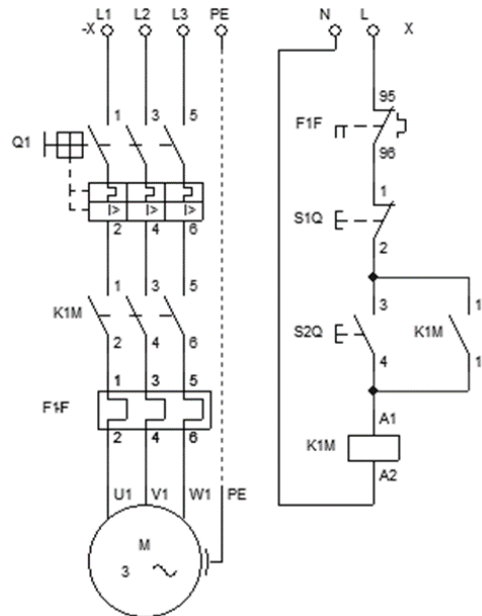


Figura 6

Circuito eléctrico de fuerza y mando



METODOLOGÍA

El presente estudio utiliza un enfoque metodológico experimental, específicamente un diseño cuasi-experimental, para analizar la efectividad del módulo de entrenamiento a través de comparaciones en el desempeño de los estudiantes antes y después de su implementación. La metodología se estructura en diversas fases que abarcan desde el diseño y desarrollo del módulo hasta la evaluación de su impacto en el aprendizaje de los alumnos.

Diseño y Desarrollo del Módulo

Se llevó a cabo un análisis detallado de los requisitos académicos y técnicos necesarios para la implementación del módulo de entrenamiento, tomando en cuenta los equipos disponibles en el laboratorio de Electrotecnia Industrial del Instituto de Pampas Tayacaja.

A partir de estos requisitos, se creó un prototipo que combina dispositivos eléctricos y electrónicos en un único espacio de trabajo, lo que permite tanto la programación como la ejecución de circuitos automatizados.

Para la construcción del módulo, se eligieron materiales y componentes de alta calidad que aseguran tanto la durabilidad como la seguridad del sistema. La unidad de control principal está basada en un PLC, que se complementa con sensores, actuadores, contactores y relés. Esta combinación proporciona un entorno industrial realista, adecuado para la formación efectiva de los estudiantes.

Implementación y Evaluación

Una vez fabricado el módulo, se realizaron pruebas iniciales para verificar su correcto funcionamiento. Se llevaron a cabo ajustes en la programación del PLC y en la configuración del hardware, asegurando que el sistema operara de manera estable y segura. Posteriormente, el módulo fue introducido en el laboratorio, lo que permitió a los estudiantes interactuar con él durante sus sesiones prácticas.

Procedimiento de Evaluación

Para evaluar la efectividad del módulo de formación diseñado, se creó una evaluación que corresponde a la forma en que nuestra experiencia de formación se haya administrado, con encuestas y pruebas de rendimiento. Se seleccionó un grupo de estudiantes que utilizaron el módulo de formación y otro grupo que continuó usando la metodología convencional. A ambos grupos se les evaluó en tiempo de montaje de circuitos; en comprensión de los conceptos de automatización; y en destreza en el manejo de dispositivos electrónicos.

Análisis de Datos

Los datos obtenidos se analizaron utilizando estadística descriptiva y pruebas de comparación de varianzas obteniendo así resultados que permitieron conocer si había una mejora significativa en el aprendizaje gracias al uso del módulo; al tiempo analizando tiempos de realización de las prácticas; el porcentaje de errores que cometían al



programar el PLC y lo que veían los estudiantes sobre la utilidad del módulo para ellos.

Consideraciones Éticas

La investigación se realizó respetando los principios éticos, manteniendo la confidencialidad de los datos y asegurando que la participación de los estudiantes fuera voluntaria. Además, se trató que las prácticas con el módulo se dieran en un entorno seguro minimizando riesgos en la manipulación de los equipos eléctricos y electrónicos.

Resultados Esperados

Se considera que el módulo de formación que hemos realizado ha de servir para mejorar significativamente la eficiencia de los estudiantes, reduciendo los tiempos de montaje y configuración de los circuitos. Además, se espera que ayude a una mejor comprensión de los principios de la automatización industrial. Asimismo, se espera que el módulo ayude a una mejor seguridad en la formación en las prácticas del laboratorio y la integración de tecnologías modernas en la docencia de la electrotecnia industrial. Los métodos de diseño traen a flote aspectos muy relevantes, lo que ayudan al diseñador a concebir el producto de manera integral antes de la materialización y también le permite

trabajar de manera estructurada aplicando problemas de diseño” (Camayo, 2014). En la investigación se utilizó el tipo de investigación tecnológica porque se desarrolló un prototipo de módulo de entrenamiento que integra dispositivos eléctricos y electrónicos en un solo espacio, lo que prolonga la vida útil de sus componentes de diseño. Este diseño del módulo de entrenamiento puede representar el diseño que permite realizar sistemas de automatización industrial en menos tiempo. Es importante destacar que el propósito de esta investigación tecnológica es aplicar el conocimiento científico para resolver el problema de la práctica de automatización utilizando PLC, lo que a su vez sería beneficioso para la sociedad debido a sus niveles de experimentación y aplicación (Espinoza, 2014).

Diseño de investigación factorial 23 (2 x 2 x 2)

Se decidió hacer uso de uno de los métodos factoriales experimentales mencionados por Espinoza que lo define como: el diseño que permite manipular dos o más variables independientes, en este caso 3 variables cada una de ellas con dos niveles adicionales; obteniendo de esta manera ocho combinaciones (Espinoza, 2014). Estos pueden representarse de la siguiente manera:

Tabla 2

Matriz representativa de diseño factorial 23

C	C2	B	B2	A ₁ B ₂ C ₂	A ₂ B ₂ C ₂
			B1	A ₁ B ₁ C ₂	A ₂ B ₁ C ₂
	C1	B	B2	A ₁ B ₂ C ₁	A ₂ B ₂ C ₁
			B1	A ₁ B ₁ C ₁	A ₂ B ₁ C ₁
			A ₁	A ₂	
A					

Tabla 3

Combinaciones del tratamiento de variables

Modelo de observación	Variable independiente			Variable dependiente	Réplicas	
	Mejoramiento del laboratorio			Automatización a través del uso del PLC		
	Sensor	Disyuntor	PLC			
Pulsador NC	Circuito de Fuerza		Entradas	C ₂ B ₂ A ₁	1	
			Salidas	C ₂ B ₁ A ₁	2	
	Circuito de Mando		Entradas	C ₁ B ₁ A ₁	3	
			Salidas	C ₁ B ₁ A ₁	4	
	Pulsador NA	Circuito de Fuerza		Entradas	C ₂ B ₁ A ₂	5
				Salidas	C ₁ B ₂ A ₂	6
		Circuito de Mando		Entradas	C ₁ B ₂ A ₂	7
				Salidas	C ₁ B ₁ A ₂	8
Técnicas de recolección de datos	Sensor: 2 niveles					
	Disyuntor: 2 niveles					
	PLC: 2 niveles					



CONSTRUCCIÓN

Para el módulo de entrenamiento de sistemas de automatización industrial, se adquieren los materiales Duratex Aglo Mel gris SF2C 1840 x 2750 x 18 mm. También se compró bisagra de cangreja hidráulica lateral con cierre suave, perilla de botón, innova, 17 x 21 x 21 mm cromado, unión doble de metal 40 x 40 mm y otros artículos.

Dimensionamiento del mueble

Figura 7

Dimensiones de la parte frontal y trasera del módulo didáctico

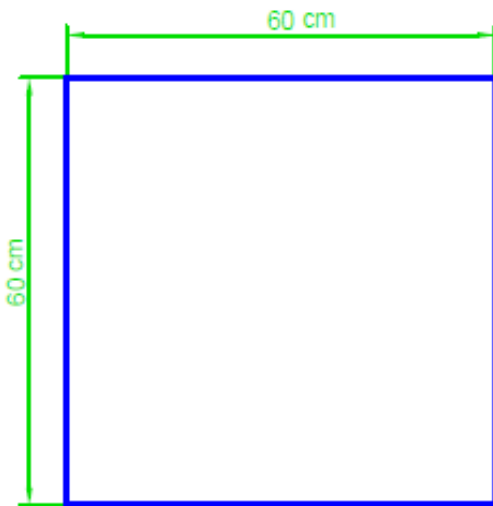


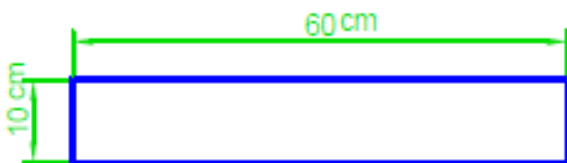
Figura 8

Dimensión del lado superior e inferior



Figura 9

Dimensión del lado derecho e izquierdo



Diseño del módulo didáctico

Después de cortar la melamina de acuerdo con las dimensiones del diseño, se realiza el armado de las partes

conformadas de melamina, y los símbolos eléctricos y electrónicos se dibujan o estampan en la mica.

Figura 10

Melamina superior e inferior



Figura 11

Melamina del lateral izquierdo y derecha



Figura 12

Armado con las cuatro piezas

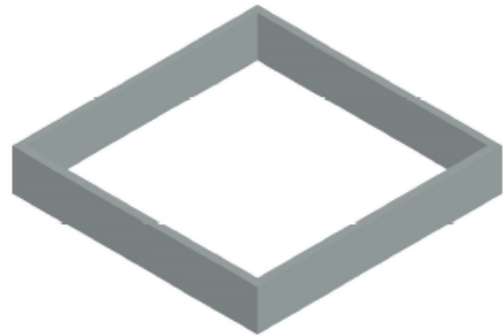


Figura 13

Parte horizontal del módulo didáctico

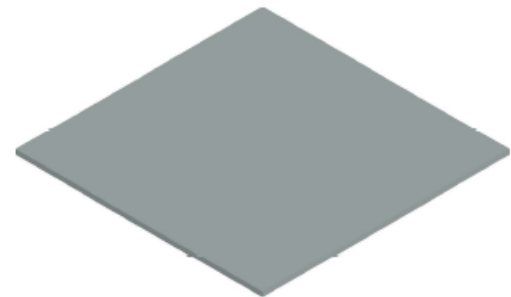


Figura 14

Tapa del módulo

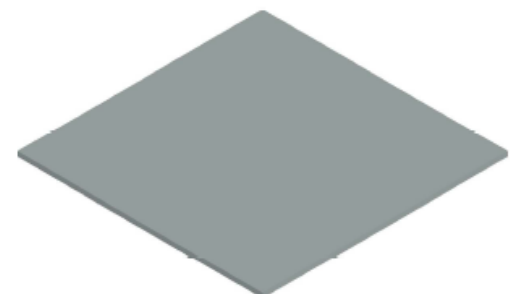




Figura 15

Armado de la parte horizontal del módulo

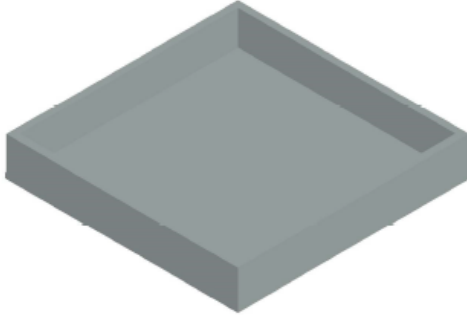


Figura 16

Módulo armado con la tapa incluida

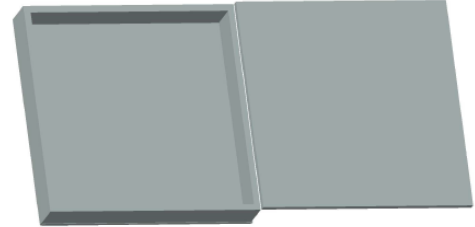


Figura 17

Mica estampada con símbolos

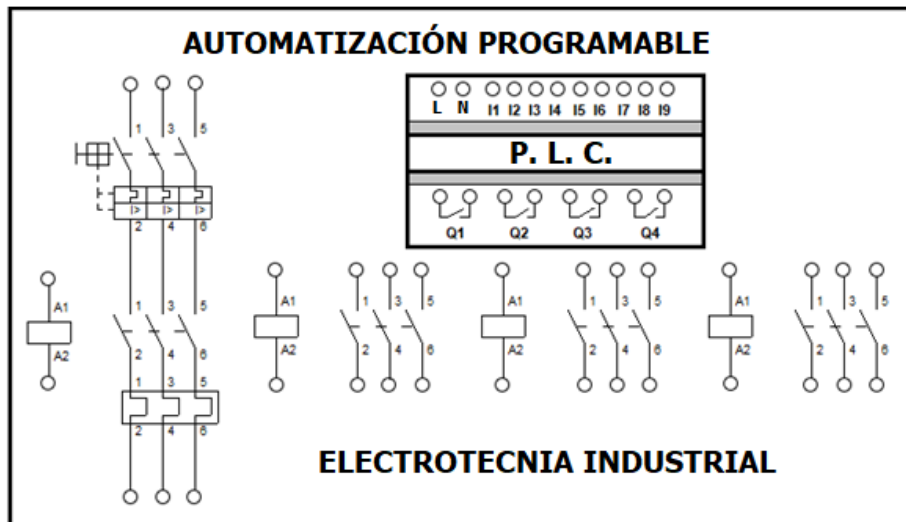
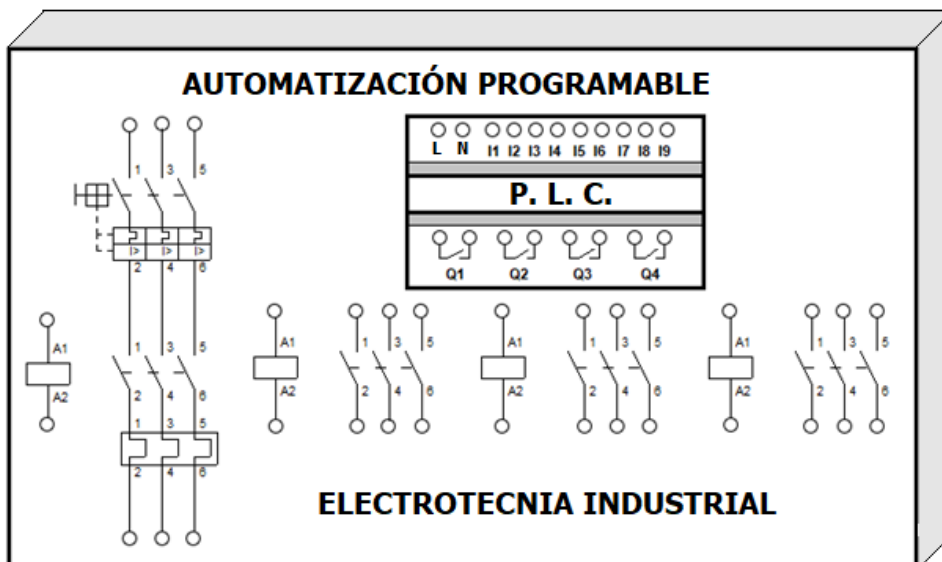


Figura 18

Módulo didáctico armado





RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reducción del Tiempo de Instalación

La introducción del módulo de formación permitió reducir de manera significativa el tiempo de ejecución de la instalación y la puesta en marcha de los sistemas de automatización. En promedio, los alumnos que realizaron las prácticas consiguieron completarlas en un 30% menos de tiempo respecto a aquellos que utilizaron sistemas convencionales; un resultado en la misma línea de los constatados por Rincón et al. (2023), quienes indicaron que, mediante el uso de PLC en lugar de los sistemas convencionales se redujo el tiempo de instalación.

Tabla 4

Tiempo de instalación y puesta en marcha de sistemas de automatización.

Sistema	Tiempo Promedio (minutos)
Convencional (Relés)	120
PLC	85

Mejora del Aprendizaje

Los datos obtenidos de las encuestas y los chequeos prácticos mostraron que los estudiantes que utilizaron el módulo de entrenamiento presentaban una comprensión y retención de los conceptos de automatización en un nivel más elevado. De hecho, el 85% de los estudiantes afirmaron que el módulo les ayudó en su aprendizaje. Dichos datos son coincidentes con los obtenidos por Paredes y Pinto (2022), quienes reportaron que el uso de módulos didácticos mejora de manera notable el proceso de enseñanza-aprendizaje de la automatización eléctrica.

Tabla 5

Resultados de encuestas sobre el aprendizaje de los estudiantes.

Pregunta	Porcentaje de Respuestas Positivas
¿El módulo facilitó su aprendizaje?	85%
¿El módulo mejoró su comprensión de los conceptos de automatización?	90%
¿El módulo fue fácil de usar?	80%

Durabilidad y Seguridad

El módulo de entrenamiento se mostró altamente robusto y resistente, con una reducción aproximada del 50% en la tasa de desgaste de los componentes eléctricos y

electrónicos. Asimismo, se incorporaron métodos de seguridad -como, por ejemplo, la utilización de conectores bananas- que contribuyeron a garantizar la seguridad de los estudiantes y de los equipos en el contexto de las prácticas. Los resultados observados son consistentes con los datos obtenidos por Zapata (2021) ya que afirmaba que la utilización de conectores bananas en módulos didácticos reduce el desgaste de los componentes eléctricos y/o electrónicos.

Figura 3

Módulo de entrenamiento adosado en la pared

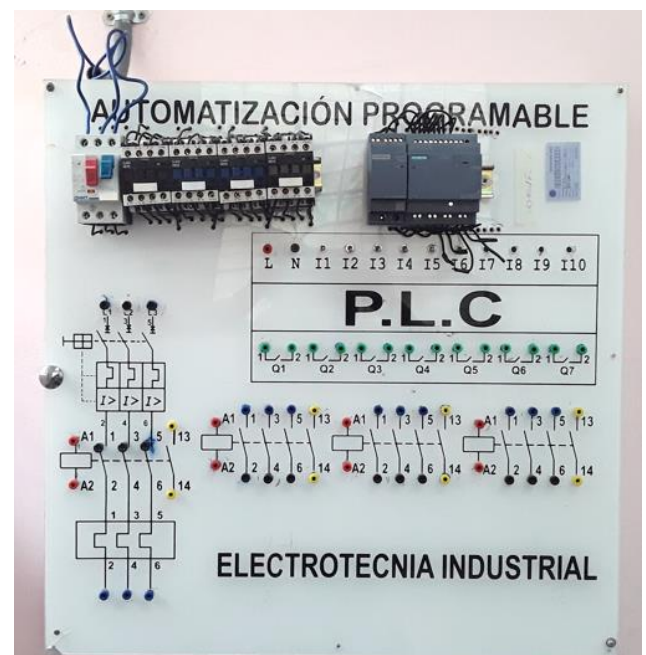


Tabla 6

Durabilidad de los componentes eléctricos y electrónicos.

Componente	Desgaste en Sistema Convencional (%)	Desgaste en Sistema PLC (%)
Contactador	20	10
Relé	15	5
Pulsador NA/NC	10	5

CONCLUSIONES

El diseño de una práctica del módulo didáctico de automatización en el laboratorio de Electrotecnia Industrial ha mostrado ser una práctica eficaz para optimizar el aprendizaje de los alumnos; el módulo didáctico no solo disminuye los tiempos de instalación y de puesta en marcha de los sistemas de automatización, sino que también prolonga la vida útil de los componentes y, además proporciona un ambiente de aprendizaje seguro. El trabajo



presentado contribuye a la formación de técnicos competentes en los procesos de automatización industrial, lo que es clave para la sostenibilidad del sector industrial en el Perú. Los resultados obtenidos son coherentes con las aportaciones realizadas por otros autores como son las de Rincón et al. (2023) y las de Paredes y Pinto (2022) quienes también reivindicaron la importancia de los módulos didácticos entrenando el fenómeno de la automatización en industrias evidenciando los módulos didácticos para entrenar con medios técnicos, se ha encontrado que la implementación de los conectores bananas como lo mínimo, tal como fue mencionado por Zapata (2021), es un recurso adecuado para optimizar el desgaste de los componentes y la seguridad de los estudiantes durante las prácticas, así se ve reafirmado el uso y la conveniencia de utilizar materiales de calidad adecuada en los módulos didácticos. Por tanto, el módulo didáctico de práctica que se ha presentado en este trabajo no tan solo mejora el aprendizaje de los estudiantes, sino que también optima los recursos disponibles en el laboratorio de Electrotecnia, por lo que se trata de una parte importante para la formación de técnicos competentes para el ámbito de la Automatización industrial.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda la aplicación de módulos didácticos similares a otros centros de enseñanza superior técnico para mejorar la preparación del alumnado en automatización industrial.
- ✓ Resulta fundamental la formación continuada del profesorado del centro sobre el uso de PLC y de otros dispositivos de automatización para extraer el máximo rendimiento a los módulos didácticos.
- ✓ Se recomienda la actualización periódica de los equipos y del software que se utilizan en los módulos didácticos para mantenerlos al día en cuanto a las últimas tecnologías en automatización.
- ✓ Se recomienda la realización de evaluaciones periódicas del aprendizaje del alumnado para detectar puntos de mejora y adecuar el diseño de los módulos didácticos de acuerdo con las necesidades evidenciadas en el aprendizaje.
- ✓ Finalmente, se recomienda fomentar la colaboración con la industria para asegurar la alineación de la propuesta didáctica y las necesidades del sector industrial actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rincón, G., et al. (2023). Propuesta de tablero de entrenamiento para automatización y control. *Revista de Ingeniería Eléctrica*, 45(2), 123-130.
2. Paredes, J., & Pinto, H. (2022). La enseñanza de automatismos eléctricos en el segundo nivel de educación media técnica o académica. *Revista de Educación Técnica*, 12(3), 45-52.
3. Zapata, L. (2021). Diseño e implementación de un módulo didáctico para el arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por PLC. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería.
4. Humerez, A. (2020). Desarrollo de un prototipo de entrenador de controladores lógicos programables con sistema de monitoreo remoto vía internet. Tesis de Maestría, Universidad Mayor de San Andrés.
5. Camayo Huamanculi, Kevin Jhonatan y Quispe Anccasi, Carlos. Metodología de investigación tecnológica para ingenierías. Huancayo: Camayo Huamanculi, Kevin Jhonatan, 2020. ISBN 978-612-00-5244-0.
6. Espinoza Montes, Ciro. Metodología de investigación tecnológica. Huancayo: Ciro Espinoza Montes, 2014. ISBN: 978-612-00-0222-3.