

Jornadas de Automática

Adaptación de herramientas software industriales a la docencia universitaria

Moya, Eduardo^{a*}, Abril, Jorge^b, Herreros, Alberto^a

^a ITAP, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Valladolid, Paseo Prado de la Magdalena nº 3-5, 47011, Valladolid, España

^b Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Valladolid, Paseo Prado de la Magdalena nº 3-5, 47011, Valladolid, España.

To cite this article: Moya, Eduardo, Abril, Jorge, Herreros, Alberto. 2025. Adaptation of the industrial software tools to university teaching. *Jornadas de Automática*, 46. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2025.46.12160>

Resumen

El objetivo de este artículo es la descripción de una metodología docente que integre y adapte las funciones que realizan los ingenieros programadores en la industria, mediante simulaciones empleadas como prácticas de laboratorio en asignaturas de varios grados y máster de la Escuela de Ingenierías Industriales (EII-UVA). Para ello se presenta en una tabla la posible idoneidad entre las prácticas y las distintas asignaturas.

Las prácticas tienen como finalidad dotar a los alumnos de las capacidades necesarias para programar y simular procesos industriales, empleando PLC's, HMI's, controladores PID y modelos digitales.

Se han utilizado varios softwares propios de SIEMENS: TIA Portal para la programación secuencial, WinCC como gemelo digital de los HMI, PLCSIM y PLCSIM Advanced como simuladores del autómata, y los modelos digitales de las estaciones a programar se han realizado mediante Factory IO y SIMIT. El conjunto de programas permite reproducir un entorno industrial completo de forma virtual, así como la programación de sus componentes.

Palabras clave: Docencia, modelos digitales, simulación, PLC, HMI, TIA Portal, Factory IO.

Adaptation of the industrial world to university teaching

Abstract

The objective of this article is the description of a teaching methodology that integrates and adapts the functions performed by automation engineers in the industrial world in simulations used as laboratory practices of several industrial degrees and master's degrees from de School of Industrial Engineering (EII) at the University of Valladolid (UVa). To this end, a correspondence and possible suitability between the practices and the different subjects is presented.

The practices aim to provide students with the necessary skills to program and simulate industrial processes, using programmable logic controllers (PLC), human-machine interfaces (HMI), PID controllers and digital twins.

Several of SIEMENS software's have been used: TIA Portal for sequential programming, WinCC as a digital twin of the HMI and PLCSIM and PLCSIM Advanced as PLC simulators. Factory IO and SIMIT were used to simulate the digital twins of the stations to be programmed. The set of programs allows us to reproduce a complete industrial environment virtually, as well as the programming of tis components.

Keywords: Teaching, digital twins, simulation, PLC, HMI, TIA Portal, Factory IO.

1. Introducción

Actualmente los alumnos de los diferentes grados y másteres de la Escuela de Ingenierías Industriales (EII) de la UVa que cursan asignaturas relacionadas con la automatización, adquieren competencias en programación de

PLC's, comunicación con el PC, así como en la carga y simulación de programas tanto en autómatas reales como simulados. Esto les proporciona una formación exhaustiva y detallada en la programación de autómatas y su simulación.

El objetivo de este trabajo es facilitar la comprensión de estos conocimientos y visualizar el propósito final de los

programas que desarrollan. Para ello se propone actualizar y crear varias estaciones utilizando modelos digitales de los diferentes elementos que conforman un proceso automatizado en la industria.

Estas estaciones industriales incorporan robots, HMI's y controladores PID, dispositivos muy empleados en los procesos industriales actuales. De esta manera se podría decir que las competencias que adquieren los alumnos reflejan las habilidades que actualmente aplican los ingenieros programadores de autómatas en la industria. Los estudiantes no solo aprenderán a programar y simular autómatas, sino que también podrán diseñar y simular modelos digitales de procesos industriales automatizados, programar y simular HMI's y ciertos tipos de robots, realizando de forma virtual la conexión entre los diferentes elementos que componen el entorno automatizado.

La simulación ofrece la ventaja de no tener que disponer de los componentes físicos de la estación ni de los elementos de control, permitiendo realizar estas simulaciones de forma remota y no presencial mediante el uso de modelos digitales. De esta forma, las instituciones educativas no necesitan realizar una inversión significativa en maquinaria industrial para la formación de sus alumnos.

1.1 Objetivos del trabajo

Los objetivos del trabajo realizado son:

- *Actualizar cuatro simulaciones* de estaciones industriales controladas por autómatas creadas en una versión anterior del software de TIA Portal, ya que no tienen utilidad práctica hasta su actualización.
- *Crear cinco estaciones*, con el objetivo de ampliar los conocimientos que los alumnos deben adquirir y ofrecer diferentes niveles de dificultad en las prácticas.
- *Complementar los contenidos impartidos* actualmente en las asignaturas relacionadas con la automatización industrial, añadiendo conocimientos que hasta el momento no se impartían como la programación y simulación de HMI's y el uso de modelos digitales de las estaciones automatizadas.
- *Ampliar los conocimientos* de los estudiantes, sin necesidad de invertir en material, ya que la escuela dispone de las licencias de los softwares utilizados para simular los elementos físicos.

Para lograr los objetivos antes mencionados, ha sido necesario realizar las siguientes acciones:

- *Aplicar conocimientos* de programación y simulación de la automatización de procesos industriales.
- *Comprender y programar* HMI's.
- *Afianzar y emplear* competencias vinculadas con los controladores PID (Moreno, 2003) en TIA Portal.
- *Comprender los protocolos de comunicación* entre los elementos de las estaciones industriales (Black, 1994).
- *Actualizar cuatro estaciones de simulación*, indicando el proceso de actualización.
- *Diseñar y programar* el proceso automático de cinco estaciones industriales enfocadas al aprendizaje de la programación de la automatización de procesos.
- *Crear los entornos de simulación* de las estaciones

industriales programadas.

- *Relacionar los conceptos teóricos y prácticos* empleados, con las competencias y objetivos de las asignaturas donde se podrían implementar.

Este artículo está estructurado en varias secciones. En la sección 1, correspondiente a la introducción, se explica las necesidades que cubre el trabajo y los objetivos a alcanzar. En la sección 2 se describe el software empleado, presentando información básica sobre su uso y aplicación. La sección 3 hace referencia a las estaciones de simulación, explicando el proceso de actualización de las simulaciones recuperadas, el funcionamiento de las estaciones y los conocimientos involucrados. La sección 4 relaciona las prácticas con las asignaturas en las que podrían usarse como prácticas de laboratorio. La sección 5 presenta las conclusiones del trabajo. La sección 6 nombra las líneas futuras para continuar con la investigación. Y finalmente, en la sección 7 se incluyen las referencias empleadas para escribir este artículo.

2. Software de programación y simulación empleado

Dado que en la industria se utilizan gran variedad de softwares de simulación y programación para la automatización, las prácticas se han confeccionado para emplear diferentes programas de simulación.

Las estaciones están compuestas por los cuatro elementos más comunes en los procesos automatizados industriales (Duran, 2009):

- *PC y software de programación*: En el trabajo, se utiliza un PC como elemento de comunicación con el software, y TIA Portal V17 para la creación, modificación y revisión del programa.
- *Controlador lógico programable* (PLC o autómata): Como elemento de simulación del autómata físico, se emplean PLCSIM y PLCSIM Advanced.
- *Interfaz hombre-máquina* (o HMI): Se emplean dos herramientas, TIA Portal V17 para su programación y WinCC para su simulación. (Siemens AG, 2025)
- *Instalación física*: se simula con Factory IO (Factory IO, 2025) y SIMIT (SIMIT, 2025).

PC	PLC	HMI	INSTALACION
HERRAMIENTA DE PROGRAMACION	TIA Portal V17	TIA Portal V17	Factory IO SIMIT
SIMULADOR	PLCSIM PLCSIM Advanced	WinCC	Factory IO SIMIT

Figura 1: Hardware y software de programación de las estaciones.

2.1. TIA Portal V17

TIA Portal, (o Portal de Automatización Totalmente Integrado), es una aplicación software potente que permite la programación de autómatas e interfaces hombre-máquina, la configuración de objetos tecnológicos como PC's industriales y la parametrización de accionamientos y arrancadores. Este software está compuesto por diferentes herramientas de

programación (como STEP 7) y simulación (como WinCC, PLCSIM o PLCSIM Advanced), siendo estos editores de un sistema que accede a una base de datos común, no programas independientes.

Todas sus funcionalidades se implementan en una interfaz única, lo que caracteriza a TIA Portal como una herramienta perfecta para la iniciación en la automatización (Siemens AG, 2025).

2.2. Factory IO

Factory IO es una herramienta de simulación de procesos industriales mediante entornos virtuales en tres dimensiones denominados escenas. Es un software fácil de usar y simular, que brinda la posibilidad de creación de instalaciones o procesos industriales típicos a partir de los elementos industriales ofrecidos por el programa (Factory IO, 2025).

2.3. SIMIT

Los sistemas de simulación y entrenamiento SIMIT (SIMIT, 2025) permiten la formación y la realización de pruebas de proyectos de automatización, al igual que Factory IO. SIMIT puede usarse como un entorno de simulación en tiempo real de una instalación completa (simulando señales, dispositivos y la respuesta de la instalación ante eventos), como simulador de entradas y salidas de señales de prueba para PLC's y para comprobar el programa del autómata (Siemens AG, 2025).

2.4. Comunicación entre elementos

Para la conexión entre el PC y los softwares de simulación es necesario crear una red local para el correcto intercambio de información.

En este trabajo se emplea un protocolo de comunicación TCP/IP. El protocolo IP o Internet Protocol emplea un sistema de direccionamiento jerárquico a dos niveles, dirección de red y dirección de equipo o local. Cada nodo de la red tiene una dirección IP compuesta por la misma parte de red y una parte local única en la red (Black, 1994).

Si bien solo se emplea direccionamiento IP en las estaciones, se podría haber empleado otro tipo de comunicación entre el PC, los PLC's y los HMI's si este último tiene un puerto adecuado para ello.

3. Estaciones de simulación

En esta sección se mencionarán las estaciones diseñadas, programadas y actualizadas. Posteriormente se describe el proceso de actualización, aspecto que se pretende que los alumnos adquieran en las prácticas de laboratorio.

Y finalmente, se describe el funcionamiento de cada estación, enfocándose en los contenidos que los estudiantes deben entender y aplicar en las prácticas durante la programación y simulación de la estación virtual.

Las estaciones actualizadas son las siguientes:

- Estación paletizadora, Figura 6.
- Estación distribuidora, Figura 7.
- Estación depósito líquido, Figura 8.
- Estación gestión de stock, Figura 9.

Mientras que las estaciones creadas son:

- Estación cinta transportadora, Figura 2 y Figura 3.
- Estación calculadora, Figura 4.
- Estación clasificadora, Figura 5.
- Estación colocadora por peso, Figura 10.
- Estación producción en línea, Figura 11.

3.1. Proceso de actualización

Uno de los objetivos docentes del trabajo es que los alumnos aprendan a actualizar ficheros creados en versiones anteriores a nuevas versiones, ya que en la industria es muy común realizar este proceso como parte de la labor de los ingenieros programadores de autómatas (Moya, 2017).

El proceso general de actualización seguido para todas las estaciones consta de tres pasos principales:

- Migrar los archivos '.ap13' a '.ap17' desde el propio software de TIA Portal V17.
- Descargar un bloque de programa que permite el correcto intercambio de información entre Factory IO y PLCSIM e introducirlo en los archivos de TIA Portal.
- Configurar el controlador de Factory IO, seleccionando el tipo de controlador, el tipo de variables y las direcciones de las entradas y salidas.

Hay estaciones que requieren de procesos adicionales específicos, como la actualización del firmware de un HMI o las modificaciones relacionadas con la compatibilidad de ciertas instrucciones, como en el caso de PID_Compact (Siemens AG, 2025).

3.2. Prácticas

Una vez introducidas las estaciones que se emplean como prácticas y descrito el proceso de actualización, ya se está en disposición de analizar su funcionamiento y las competencias que se desea trabajar con cada una.

Para ello, comenzaremos describiendo el funcionamiento de cada estación y posteriormente se indican los conocimientos que se adquieren con ellas.

3.2.1. Cinta transportadora

La estación tiene como finalidad la automatización de un sistema de transporte y conteo de cajas en una línea de cintas transportadoras equipadas con sensores difusos.



Figura 2: Estación cinta transportadora.

Hay que resaltar que esta estación se simula tres veces en las prácticas, siendo la primera con PLCSIM y Factory IO, la segunda con PLCSIM Advanced y Factory IO y por último con PLCSIM Advanced y SIMIT. De esta forma se adquieren conocimientos básicos de todos los softwares de software.

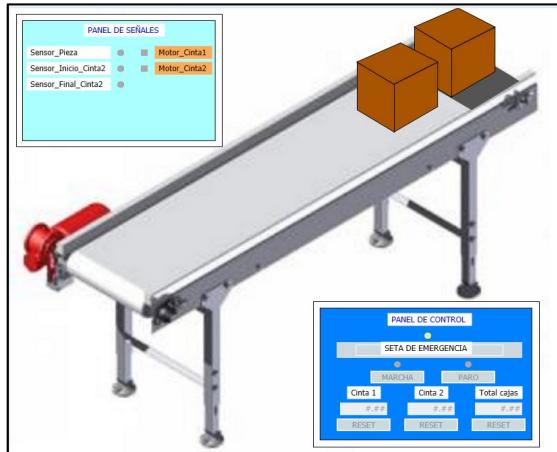


Figura 3: Estación cinta transportadora simulada en SIMIT.

3.2.2. Calculadora

Este HMI simula el funcionamiento de una calculadora, ofreciendo la posibilidad de realizar ciertas operaciones matemáticas entre dos operandos o dar información tras su comparación. Se trata de una estación cuyos únicos elementos que la conforman son un PLC y un HMI.

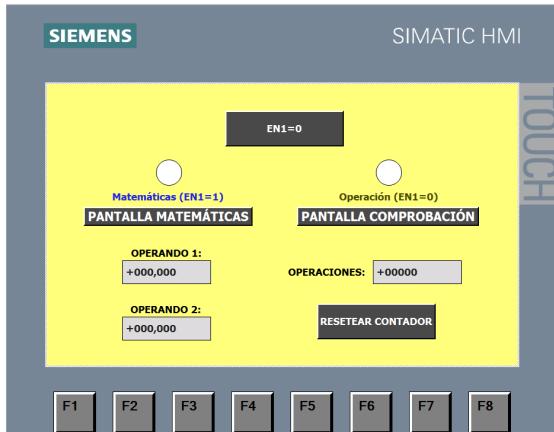


Figura 4: Estación calculadora.

3.2.3. Clasificadora

La finalidad de la estación es la automatización de un sistema de clasificación y conteo de piezas, empleando un sensor de visión, un conjunto de sensores difusos, cintas transportadoras y brazos pivotantes.

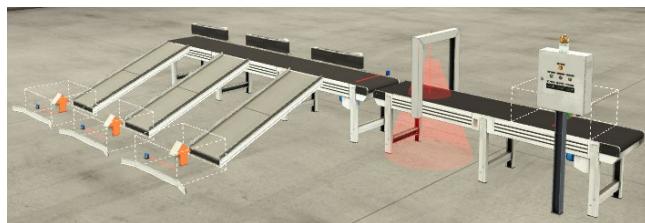


Figura 5: Estación clasificadora.

3.2.4. Paletizadora

Se trata de una estación paletizadora automática cuyo objetivo es colocar seis cajas en un palet de una manera determinada mediante el uso de un robot cartesiano con una ventosa de succión en su extremo.



Figura 6: Estación paletizada.

3.2.5. Distribuidora

La estación se encarga de la separación de piezas de dos colores diferentes, que entran por una misma cinta, en cajas con piezas de un solo color mediante un conjunto de cintas transportadoras, sensores, robots de dos ejes y un sensor de visión.

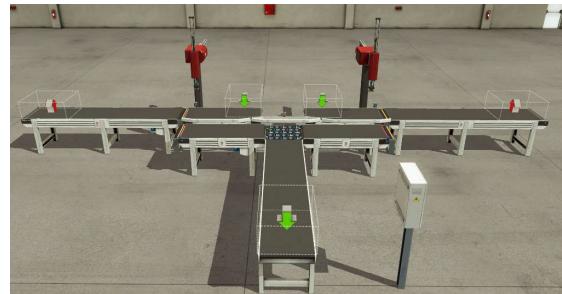


Figura 7: Estación distribuidora.

3.2.6. Depósito de líquido

La estación tiene como finalidad el control de nivel de un tanque mediante la apertura o cierre progresivo de una válvula situada a la entrada y una válvula situada a la salida, controladas cada una de ellas por un regulador PID (Kuo, 1996).



Figura 8: Estación depósito de líquido.

3.2.7. Gestión de stock

Se trata de una estación conformada por una grúa apiladora y una estantería que pretenden gestionar de forma automática el sistema de almacenamiento y salida de productos de una fábrica ofreciendo dos tipos de gestión, LIFO o FIFO. El sistema de control está gestionado por la combinación de un PLC y un HMI.

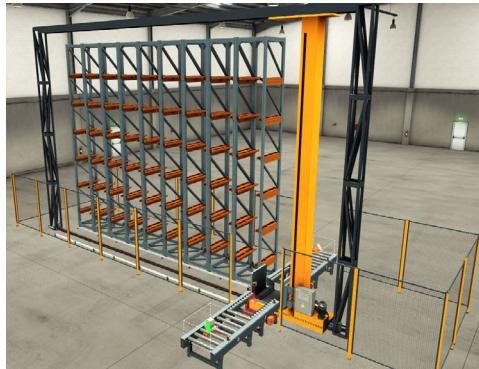


Figura 9: Estación gestión de stock.

3.2.8. Colocadora por peso

La finalidad de la estación es la separación automatizada de tres tipos de cajas según su peso, almacenando, mediante varios robots, las cajas pequeñas en cajones apilables, las cajas medianas en pallets y las grandes de forma individual, cada una por una rama de líneas transportadoras.

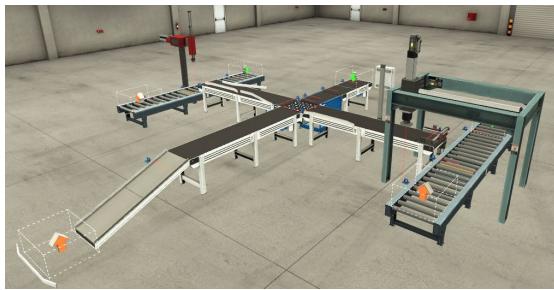


Figura 10: Estación colocadora por peso.

3.2.9. Producción en línea

La estación se encarga de producir tapas o bases a partir de materias primas mediante dos centros de mecanizado.

Cada centro emplea un robot de seis ejes para introducir la materia prima y sacar las piezas del centro, colocándolas en unas cintas transportadoras.

Las cintas de bases y tapas se unen en una misma línea más adelante, necesitando realizar una gestión de prioridad. Este proceso está automatizado y controlado a través de un PLC y un HMI, que también están encargados de gestionar la seguridad de cada recinto vallado.



Figura 11: Estación producción en línea.

3.2.10. Conocimientos adquiridos

Después de haber presentado cada estación, se muestra en la tabla siguiente los conocimientos y competencias adquiridos por los alumnos tras la realización de estas prácticas.

Tabla 1: Conocimientos que adquirir con cada práctica

ELEMENTO \ ESTACIÓN	TIA PORTAL	FACTORY IO / SIMIT
Cinta transportadora	<ul style="list-style-type: none"> - Comandos básicos. - Contadores - Operadores matemáticos. - Variables entrada, salida y marcas. - Importar y exportar variables. - Cortar y pegar bloques de programa. - Tipo de PLC. - Direcciónamiento IP. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos básicos y librerías. - Colocación del layout. - Configuración del driver. - Conectividad de PLCSIM y PLCSIM Advanced con SIMIT y Factory IO. - Comando rampa de SIMIT.
Calculadora	<ul style="list-style-type: none"> - Compartimentación del programa en bloques OB, FC, FB y DB. - Conectividad PLCSIM y WinCC. - Elementos básicos y librerías del HMI. - Conexión HMI con PLC. - Programar el HMI. - Tipo de HMI. 	
Clasificadora	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de DB's globales o variables de memoria para los GRAFCET. - Estructura GRAFCET en lenguaje ladder. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensor de visión.
Paletizadora	<ul style="list-style-type: none"> - Variables tipo array. - OB de arranque (OB100). 	<ul style="list-style-type: none"> - Robot cartesiano
Distribuidora	<ul style="list-style-type: none"> - Comando Reset BF. - Variables analógicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Robot de dos ejes.
Depósito de líquido	<ul style="list-style-type: none"> - Comandos PID_COMPACT, NORM X, SCALE X. - OB de alarma cíclica (B30). 	<ul style="list-style-type: none"> - Estación del tanque y sus válvulas.
Gestión de stock	<ul style="list-style-type: none"> - Comando P_TRIG. - Aplicar un control FIFO o LIFO en lenguaje ladder. - Representación gráfica en HMI. - Uso de recetas en HMI. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estación grúa apiladora y estantería.
Colocador por peso	<ul style="list-style-type: none"> - Diferenciar FB de FC. - Uso de DB's en lugar de marcas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Báscula
Producción en línea	<ul style="list-style-type: none"> - Temporizador TONR. - Protección Know-how de los bloques de programa. - Administración de usuarios. - Permisos de seguridad. - Pantallas emergentes. - Planificador de tareas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Centros de mecanizado.

4. Integración en la docencia

Tras realizar un estudio, se identificaron las asignaturas relacionadas con la automatización industrial en los diferentes programas académicos impartidos en la EII. Cada una de estas asignaturas hace mayor énfasis en ciertos conceptos en función de la titulación. Por su parte, el máster, al ser un máster genérico de ingeniería industrial, abarca todos los conocimientos (UVa, 2025).

A continuación, se presentan las asignaturas junto al grado o máster al que pertenecen y los conceptos más relevantes en la asignatura en función de su titulación:

- *Automatización Industrial (Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática)*: robótica y control de procesos.
- *Automatización Industrial (Grado en Ingeniería en Organización Industrial)*: Gestión de actividades y procesos industriales.
- *Sistemas de Control Industrial (Grado en Ingeniería Eléctrica)*: Comunicación en entornos industriales.
- *Tecnología de Control (Máster en Ingeniería Industrial)*: Todos los conceptos mencionados.

Es importante destacar que todas las estaciones pueden emplearse en cualquiera de estas asignaturas, aunque su grado de adecuación varía según las guías docentes y los contenidos principales de cada una.

La siguiente tabla muestra la propuesta de distribución de las estaciones en función de la adecuación de las simulaciones a las asignaturas, ya sea como prácticas de laboratorio o como trabajo final de la asignatura. La triple X indica que la estación es muy adecuada, la doble X bastante adecuada y la X algo adecuada.

Tabla 2: Conveniencia de las simulaciones según los grados y másteres

ESTUDIOS \ ESTACIÓN	Ingeniería en Electrónica y Automática	Ingeniería en Organización Industrial	Ingeniería Eléctrica	Máster en Ingeniería Industrial
Cinta transportadora	XX	XXX	XX	X
Calculadora	X	XXX	XXX	X
Clasificadora	X	XXX	X	X
Paletizadora	XXX	XX	XX	XX
Distribuidora	XXX	XX	XX	XX
Depósito de líquido	XXX	XX	XX	XXX
Gestión de stock	XX	XXX	XXX	XXX
Colocadora por peso	XXX	XX	XX	XXX
Producción en línea	XXX	X	XXX	XXX

5. Conclusiones

Gracias a este trabajo se puede complementar los contenidos docentes impartidos, añadiendo la programación y simulación de HMI's y PID's, usando modelos digitales. De esta manera, se obtiene una visión básica pero casi completa de las funciones que desempeñan los ingenieros que programan autómatas en la industria.

Tras haber utilizado diferentes softwares para simular los modelos digitales de las estaciones, consideramos que Factory IO es mucho más sencillo y rápido de usar en comparación con SIMIT. En cuanto a los simuladores de PLC, ambos softwares son igual de válidos en este caso.

Es importante resaltar la relevancia y funcionalidad de los softwares utilizados, siendo estos programas ampliamente empleados en la industria actual y con un excelente potencial de proyección futura.

Por último, hay que mencionar que el uso de modelos digitales genera un impacto positivo en el medioambiente, optimizando el proceso industrial, y por tanto, reduciendo el gasto energético, los residuos y las emisiones generadas en las fábricas, permitiendo lograr los objetivos económicos reduciendo la huella ambiental ligada a ellos.

Como reflexión final señalamos que, en nuestra opinión, el uso de software de simulación facilita el aprendizaje en el campo de la automatización. Prácticas como las presentadas permiten a los alumnos adquirir una mayor cantidad de conocimientos de manera más visual, rápida e intuitiva. Por todo lo mencionado, nos parece que la utilización de estas prácticas es un buen método pedagógico para la formación de futuros ingenieros.

En cuanto a las líneas futuras que surgen a partir de este trabajo, se pueden destacar:

- A nivel docente, se plantea la creación de una estación con un PLC de seguridad o un HMI que utilice scripts, herramientas muy empleadas en la industria.
- La siguiente línea futura es la actualización de estas nueve estaciones, a futuras versiones de TIA Portal.
- Referente a la investigación, realizar un estudio comparativo de diferentes programas que empleen modelos digitales, dado que esta tecnología cada vez está más presente en la industria.
- Como elemento innovador, TIA Portal V19 incorpora una inteligencia artificial diseñada para asistir al programador. Aprovechar esta herramienta y enseñar a los futuros ingenieros su uso puede ser un objetivo muy interesante.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado parcialmente gracias al apoyo del ITAP (Instituto de las Tecnologías Avanzadas de la Producción) y del Departamento Ingeniería de Sistemas y Automática-

Referencias

- Black, U. (Ed. 2), 1994. Redes de ordenadores: protocolos, normas e interfaces. Ra-ma, España.
- Duran, J. L., Martínez, H., Gámiz, J., Domingo, J., Grau, A., 2009. Automatismos eléctricos e industriales. Altamar y Marcombo., España.
- Factory I/O, “Página web oficial de Factory IO.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://factoryio.com>
- Kuo, B. C. (Ed. 7), 1996. Sistemas de control automático. Prentice Hall-Inc, México.
- Moreno, L., Garrido, S., Balaguer, C., 2003. Ingeniería de control. Modelado y control de sistemas dinámicos. Ariel Ciencia, España.
- Moya, E. J., Poncela, A., García, F. J., Barrio, V., 2017. Programación atractiva de PLC. En Actas de las XXXVIII Jornadas de Automática, (pp.502-509). DOI: <https://doi.org/10.17979/spude.9788497497749.0502>
- Siemens AG, “Página web oficial SIEMENS.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.siemens.com/global/en.html>
- “SIMIT – Primeros pasos.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109746485/first-steps-with-simit-simulation-and-simatic-pcs-7?dti=0&dl=en&lc=fr-DZ>
- Uva, “Guías docentes.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.eii.uva.es/titulaciones/guiasDocentes/>