

Sistema de Modulo Didáctico para el Control del Proceso de Llenado de Recipientes Mediante PLC

Juan Mariano Herrera Abad¹

Jherreraa@unfv.edu.pe

Universidad Nacional Federico Villarreal
Perú-Lima

José Alberto Huiman Sandoval

jhuiman@unfv.edu.pe

Universidad Nacional Federico Villarreal
Perú-Lima

Jorge Alberto Vales Carrillo

jvales@unfv.edu.pe

Universidad Nacional Federico Villarreal
Perú-Lima

Edward Flores

[eflores@unfv.edu.pe*](mailto:eflores@unfv.edu.pe)

Universidad Nacional Federico Villarreal

RESUMEN

La presente investigación de diseño e implementación de un Sistema de Modulo Didáctico para el Control del Proceso de Llenado de Recipientes Mediante PLC, permite a través del programable PLC, controlar las acciones de mezclado de líquidos con sensores de niveles de líquidos situados estratégicamente en los recipientes los cuales enviaran las señales correspondientes al CPU para que este a su vez comande las acciones correspondientes a través de los actuadores tales como electroválvulas, bombas y mezcladores, los cuales efectuaran el proceso de mezclado. El módulo implementado, cumple los objetivos de la investigación, logrando implementarse y programarse para los objetivos trazados, poniéndose a prueba eficientemente. Nuestra investigación es pionera en la implementación de este tipo modulo educativo, donde los alumnos puedan interactuar con el módulo en forma física y directa, beneficiando a los estudiantes de la FIIS-UNFV, pues al contar con dicho modulo podrán fortalecer sus conocimientos teóricos con la parte práctica experimental, y puedan embarcarse en el diseño de nuevas investigaciones y puedan reconocer el comportamiento de nuevos actuadores, sensores y otros nuevos componentes innovadores de tecnología de punta que sean programables con el PLC.

Palabras claves: *implementación; diseño; PLC; sensores; actuadores*

¹ Autor principal

Correspondencia: Jherreraa@unfv.edu.pe

Didactic Module System for the Control of the Container Filling Process by Means of PLC

ABSTRACT

The present investigation of design and implementation of a Didactic Module System for the Control of the Filling Process of containers Through PLC, allows through the programmable PLC, to control the actions of mixing of liquids with liquid level sensors strategically located in the glass containers, which will send the corresponding signals to the CPU, so that it in turn commands the corresponding actions through actuators such as solenoid valves, pumps and mixers, which will carry out the mixing process. The implemented module meets the research objectives, managing to be implemented and programmed for the objectives set, being tested efficiently. Our research is a pioneer in the implementation of this type of educational module, where students can interact with the module in a physical and direct way, benefiting the students of the FIIS-UNFV, since by having this module they will be able to strengthen their theoretical knowledge with the experimental practical part, and can embark on the design of new investigations and can recognize the behavior of new actuators, sensors and other new innovative components of state-of-the-art technology that are programmable with the PLC.

Keywords: implementation; design; PLC; sensors; actuators

Artículo recibido 19 agosto 2023

Aceptado para publicación: 23 setiembre 2023

INTRODUCCIÓN

Automatizar un proceso consiste en poner en funcionamiento un proceso sin la intervención de un operador. El operador intervendrá solamente cuando sea necesario efectuar cambios en las variables del proceso, de lo contrario el equipo continuará funcionando sin la intervención del operador, almacenando toda la información de cómo se desarrolla el proceso, lo que facilitará posteriormente efectuar mejoras al proceso, la detección de fallas y su rápida y precisa intervención. El prototipo propuesto permitirá al estudiante poder cambiar los valores y las condiciones de las variables del proceso y obtener diferentes resultados de control de acuerdo con los resultados requeridos y del algoritmo de control programado en el PLC.

La construcción de un módulo didáctico de control de nivel de líquidos en la Escuela Politécnica de Quito. Mi objetivo es diseñar y construir un módulo para enseñar el control de nivel de líquidos, con el fin de crear un laboratorio de procesos industriales para el Departamento de Automatización y Control Industrial. El módulo está diseñado para que los estudiantes aprendan a controlar procesos a través de prácticas de laboratorio. (Benítez y Zalamea, 2003).

En los procesos industriales es común que se requieran sistemas para controlar el nivel de dos o más tanques, cuyo comportamiento dinámico depende del caudal generado por otros tanques. Por lo tanto, la estrategia de control debe tener en cuenta que cada parámetro puede tener una gran dependencia de los demás parámetros, lo que hace que su respuesta an un estímulo sea imprevisible. Los sistemas de nivel de líquido son una ilustración específica de los sistemas de control que se encuentran ampliamente utilizados en los medios industriales. Todo procedimiento que necesite almacenar sustancias en cualquiera de sus estados requiere registrar el nivel de depósito de estas sustancias. Un proyecto de grado que se presentó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia tiene como objetivo desarrollar un sistema destinado a controlar, medir y monitorear variables como el nivel y el flujo de líquido. Para lograr esto, se utilizan los conocimientos adquiridos en la Visita Técnica Internacional al Canal de Panamá sobre el proceso de llenado y vaciado de esclusas utilizando el principio básico de gravedad. Además, se aplican las ideas necesarias para desarrollar el prototipo de manera teórica y práctica. En la actualidad, las compañías llevan a cabo procedimientos industriales, incluyendo el manejo de los

niveles de sustancias presentes en los tanques. Este proceso requiere métodos de concentración, tanques de mezcla y procesos de fundición. Un sistema de nivel proporciona el control necesario para la producción y el almacenamiento de sustancias mediante una variedad de reacciones químicas que dependen de las variables a medir y los componentes completos del sistema. A nivel académico, el uso de tanques acoplados ayuda en el estudio y desarrollo de sistemas de control lineal y no lineal, así como proporciona una forma didáctica de realizar prácticas de laboratorio enfocadas en la solución de problemas relacionados. (Bohorquez, Fonseca y Gutiérrez, 2017).

Un sistema de nivel utiliza una variedad de reacciones químicas que dependen de las variables a medir y los componentes completos del sistema para proporcionar el control necesario para la producción y el almacenamiento de sustancias. A nivel académico, el uso de tanques acoplados ayuda en el estudio y desarrollo de sistemas de control lineal y no lineal, así como proporciona una forma didáctica de realizar prácticas de laboratorio centradas en la solución de problemas relacionados. La eficiencia es un concepto fundamental que explica la importancia de automatizar procesos industriales. Los sistemas industriales son excelentes para realizar tareas repetitivas y, una vez calibrados, rara vez se desvían de su funcionamiento, lo que significa que siempre producen resultados consistentes. (EDS Robotics, 2020).

Sobre temas de enlace de HMI con PLC, Se describe un prototipo que utilizó una interfaz hombre-máquina (HMI) para observar y controlar las variables de nivel y flujo. Se compone principalmente de una estructura que contiene los componentes y el software necesarios para la visualización y el control. El objetivo del proyecto es encontrar los lazos de control adecuados para controlar de manera efectiva dos variables comunes en la industria, nivel y flujo, con equipos fácilmente escalables a una operación industrial. (Vergara, 2011).

La informática se ha posesionado de forma muy relevante con técnicas novedosas e innovaciones para la enseñanza y aprendizaje. El tema informático es muy amplio, una parte son los controladores lógicos programables, PLC, que es parte central del desarrollo del proyecto. El objetivo es la implementación del sistema de modulo didáctico para el control del proceso, a través del PLC, conseguir control del proceso de automatización y lograr la mayor precisión posible en la regulación de nivel, caudal y volumen

A nivel académico, esto permitirá una mejor forma didáctica de enseñanza y aprendizaje lo cual les permitiría resolver problemas industriales complejos en tiempo real mediante prácticas de laboratorio. El PLC es un dispositivo que mejora el rendimiento de los sistemas de automatización y ha tenido un gran impacto en las industrias, porque ha funcionado con bastante éxito y ha sido ampliamente aplicado en diversas industrias, está diseñado y dotado para controlar procesos en ambientes agrestes industriales, en el almacenamiento y procesamiento de datos para la producción y el mantenimiento industrial. Para el control del proceso de nivel y de llenado del sistema planteado en el presente proyecto se prevé la utilización del software TIA PORTAL V13 para la programación del PLC modelo Siemens S7-1200, por ser un equipo con soporte técnico en el Perú representada por la Cía. Siemens del Perú.

La Ley Universitaria establece como exigencia la complementación de la enseñanza teórica con la aplicación práctica, razón por la que se debe incorporar en el Plan Curricular la complementación de clases prácticas de laboratorio con módulos didácticos adecuadamente equipados, con la finalidad de que el alumno aumente su capacidad de formación y pueda involucrarse en el desarrollo de proyectos de diferente índole que sean realmente aplicables en el ámbito industrial.

En los sensores capacitivos, Para funcionar como un capacitor abierto, las dos placas de conducción (a diferentes potenciales) se alojan en el cabezal del sensor. En reposo, las dos placas tienen poca capacitancia porque el aire actúa como aislante. Estas placas, como los sensores inductivos, tienen un oscilador, un disparador Schmitt y un amplificador de salida. La capacitancia de las dos placas aumenta a medida que un objetivo ingresa a la zona de detección, lo que cambia la amplitud del oscilador. El estado del disparador Schmitt cambia y se produce una señal de salida. Tenga en cuenta la diferencia entre los sensores inductivos y capacitivos: los sensores inductivos oscilan hasta que el objetivo está presente y los sensores capacitivos oscilan cuando el objetivo está presente. Un objeto aumenta la capacidad del condensador cuando se acerca al sensor y entra en el campo electrostático de los electrodos. Un circuito oscilador del que forma parte permite detectar la variación de la capacidad. Al aumentar la capacidad, el oscilador entra en oscilación y aumenta su amplificación. El estado del sensor cambia cuando la amplitud

de oscilación del sensor supera un cierto nivel en presencia de un objeto. La amplitud del oscilador disminuye cuando el objeto se aleja hasta que vuelve a su estado inicial (sin oscilación). Como el sensor inductivo, el sensor también consta de un circuito rectificador, un comparador y una etapa de salida. En otra configuración, el electrodo principal es el objeto que detectar. (Brunete, San Segundo y Herrero, 2020).

El sensor de nivel de proximidad no invasivo de tipo capacitivo detecta la presencia o ausencia de líquido al nivel instalado. Cuando no se puede interferir con la sustancia por seguridad o para mantener la integridad del envase, no necesita estar en contacto con el líquido.

Cuando un líquido pasa el nivel del sensor, su capacitancia parásita se conecta al campo eléctrico producido por el sensor. El sensor capacitivo detecta esto y lo interpreta como presencia de líquido. Retire la tapa trasera y use un destornillador para ajustar la sensibilidad del potenciómetro. Gire el potenciómetro en sentido horario para reducir la sensibilidad y en sentido antihorario para aumentar la sensibilidad. La salida del sensor puede cambiar de dirección. (MCI Automation, 2022).

El actuador de una válvula usa la señal de control para accionar el obturador de la válvula (tapón, disco, bola, etc.) y cambiar su porcentaje de apertura y capacidad. Los actuadores se clasifican según la señal de entrada y el proceso de conversión de la señal en un movimiento mecánico (Compañía Levantina de Reductores.2022).

Desarrollo del módulo didácticos para una mejor enseñanza.

La utilización del módulo didáctico con los PLC permitirá a los alumnos:

Adquirir la destreza suficiente en el control de procesos industriales.

El almacenamiento y clasificación de todos los datos involucrados en el proceso.

Utilizar el software correspondiente, TIA PORTAL V1, para el desarrollo de simulaciones complejas de procesos industriales, sin riesgos y a un menor costo, asegurándose resultados efectivos finales.

Los materiales didácticos elaborados por el docente con la utilización del módulo didáctico asistido con el PLC, en el proceso de enseñanza de los estudiantes se pudo apreciar los siguiente:

Explicaciones del profesor utilizando el módulo didáctico implementado, hacen más fácil el entendimiento del funcionamiento, tanto de sus partes que lo componen como del sistema integral.

Poder adaptar y aplicar problemas reales al módulo didáctico para su estudio detallado.

Utilización del módulo didáctico, computador, PLC y el software involucrado por parte de los alumnos, para realizar simulaciones, y realizar tareas de aprendizaje.

El presente estudio tiene como objetivo implementar y programar un módulo didáctico utilizando PLC para controlar los procesos de nivel de fluido y llenado de tanques en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIIS-UNFV.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación se han utilizado los siguientes métodos:

El método empírico es un enfoque de investigación que busca obtener conocimiento observando lo que sucede en el mundo real. Por lo tanto, es experimental y práctico, basado en la experiencia.

El módulo didáctico utilizará el método inductivo y deductivo para estudiar el comportamiento de los equipos que se utilizan con mayor frecuencia en la sección de control y automatización a nivel industrial.

Método Analítico, se implementará en el presente módulo didáctico con principios en el conocimiento de la aplicación del PLC, sensores, electroválvulas.

Metodología sintética, Se pasa de lo abstracto a lo concreto y de lo general a lo específico.

La investigación se ha efectuado en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional Federico Villarreal, contando con el aporte de algunos equipos y herramientas disponibles en el Laboratorio, tales como: ambiente, máquina de soldar, pinzas amperimétricas, herramientas y otros.

La técnica de investigación experimental efectuada en el Laboratorio permitió obtener una serie de datos para la construcción del módulo de investigación.

La técnica de investigación bibliográfica de casos similares efectuados, documentos editados, nos permitió obtener la información para efectuar los estudios correspondientes de la investigación utilizando el PLC con su Unidad Central de Procesamiento (CPU) y sus bondades de programación como núcleo central de estudio.

Se desarrollo el programa de funcionamiento en el Lenguaje Ladder, Tia Portal V13, y su instalación e interconexión en el módulo didáctico con los demás componentes para su funcionamiento en forma integral.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación tiene tres etapas de desarrollo:

Diseño.

Para el diseño del módulo se definirá los pasos del funcionamiento, los elementos constituyentes y los costos correspondientes de los elementos.

Elementos del módulo.

Los elementos del módulo están establecidos en la Figura 1 y son los siguientes:

PLC, Controlador Lógico Programable que controla todo el proceso de acuerdo a las indicaciones dadas a través del programa Ladder del TIA PORTAL.

Recipientes de líquidos a mezclar. Recipientes de 1 litro cada uno para recepcionar los líquidos a mezclar, con dos sensores capacitivos de nivel detectores de proximidad.

Sensores de nivel. Detectores de proximidad capacitivos situados en el nivel inferior y nivel superior, controladas por el PLC.

Válvulas electromagnéticas solenoides. Válvulas de control de los recipientes, controladas por el PLC a través de un panel de conexiones.

Recipiente para el mezclado, de 5 litros para procesar el mezclado, con dos sensores capacitivos de proximidad sin contacto.

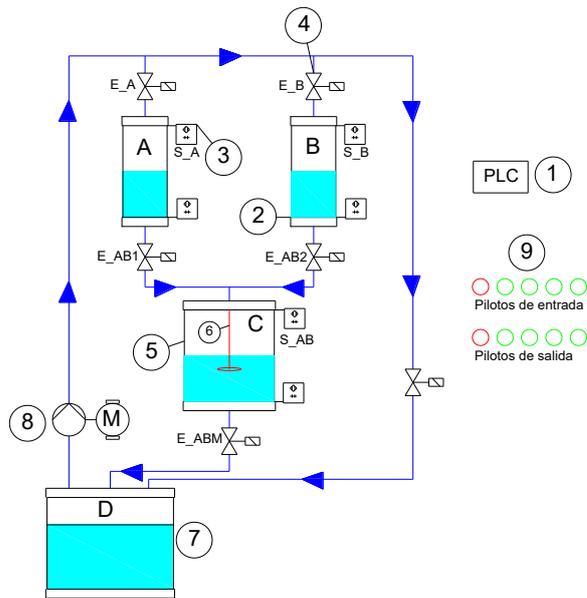
Agitador de mezclado para asistir la mezcla de los líquidos.

Recipiente de almacenamiento. Deposito donde se almacena los líquidos mezclados.

Bomba sumergible.

Pilotos de señalización, que indica el estado y la secuencia de cada paso del proceso.

Figura 1
Componentes del Módulo Educativo



Programación.

El software STEP 7 Basic del TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) se utiliza para la programación. Este portal proporciona un entorno amigable que permite desarrollar, modificar y observar la lógica de programación necesaria para controlar la aplicación. También incluye herramientas para administrar y configurar todos los dispositivos del proyecto, como PLC y HMI. El lenguaje de programación KOP es un esquema de contactos, escalera o ladder.

El programa del presente proyecto denominado “Sistema de modulo didáctico para el control del proceso de llenado de recipientes mediante PLC” se desarrolló utilizando el lenguaje Ladder del software de TIA PORTAL V13, la simulación del programa utilizando el simulador del mismo programa, y la ejecución del programa en el controlador PLC Siemens S7-1200.

Descripción del funcionamiento

El módulo diseñado para el sistema didáctico de combinación de fluidos es un modelo bastante práctico, resistente y robusto.

La Figura 2. representa esquemáticamente del funcionamiento del proceso de mezclado, donde los recipientes A y B son los líquidos para mezclar. El recipiente AB es donde se ejecuta el

mezclado y el recipiente D es de almacenamiento final. Asimismo, en el panel acrílico van colocado todos los pulsadores de arranque y los pilotos indicadores del proceso de mezclado.

Los tanques alimentadores, así como el tanque mezclador cuentan con sensores capacitivos “sin contacto” de fabricación genérica china que se encargan de controlar los niveles de agua al que se encuentran y mandan la señal al CPU para el cierre o alimentación correspondiente. Estos sensores “sin contacto” presentan una excelente alternativa y cierta inmunidad ante todo tipo de contaminación de los líquidos a mezclar, pues no se encuentran en contacto directo con el líquido debido a que están colocados en la parte externa del recipiente de vidrio, y detectan el nivel de agua a través de ondas.

En el módulo también se ubica el PLC que es la unidad de procesamiento de control lógico, que controlara todo el proceso de mezclado, conectado por cables a los dispositivos de entrada, que son los sensores, y dispositivos de salida, que son las electroválvulas, bomba sumergible y pilotos indicadores.

El módulo está diseñado de fácil acceso para cambios que podría darse de acuerdo con las necesidades de futuros experimentos, también cuenta con el espacio suficiente para aumentar y añadir recipientes y nuevos requerimientos al módulo para nuevos proyectos futuros.

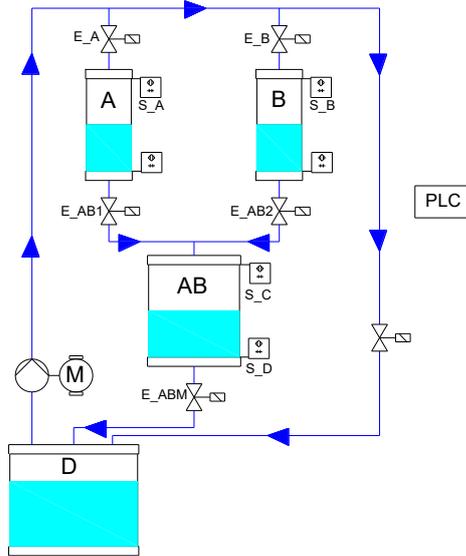
Diagrama de flujo del programa

Luego de haber descrito el funcionamiento del módulo didáctico y efectuado el esquema del proceso de mezclado integral, procedemos a efectuar el diagrama de flujo del programa con el software Grafcet (Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones), Figura 3. para luego elaborar el programa del proceso de mezclado con el Software de TIA Portal V13.

El GRAFCET se compone de varios componentes en un flujo de trabajo lógico en programación. Estos componentes se distribuyen a través de procesos secuenciales en etapas, acciones asociadas y transiciones. Este método de programación permite trabajar con diagramas secuenciales, paralelos y con muchas otras características, lo que hace que la programación sea extremadamente simple.

Figura 2.

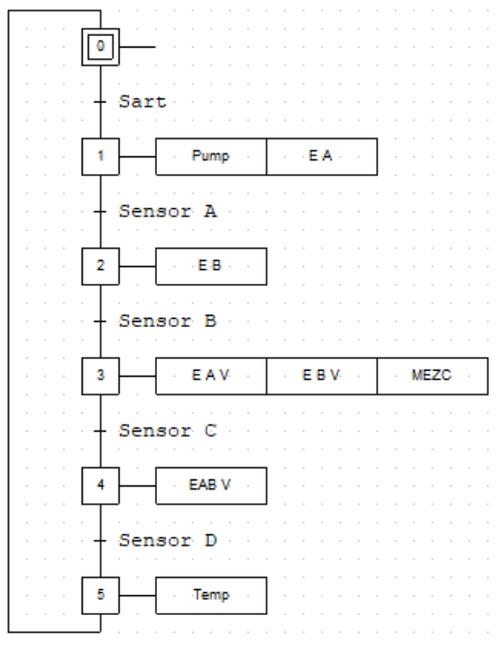
Representación esquemática del funcionamiento del proceso de mezclado.



Las interconexiones del PLC con los dispositivos del módulo están especificadas en el diagrama eléctrico de la Fig. 16. Se utilizan seis puntos o direcciones de ingreso de señales (I0.0, I0.1, I0.2, I0.3, I0.4, I0.5), y se utilizan siete puntos o direcciones de salida (Q0.0, Q0.1, Q0.2, Q0.3, Q0.4, Q0.5, Q0.6).

Figura 3.

Diagrama de flujo en Grafset del proceso de mezclado



Se puede añadir más dispositivos al sistema, tales como flujómetros (análogo) en las descargas para controlar cantidades de mezcla producido versus lo programado. También el módulo tiene

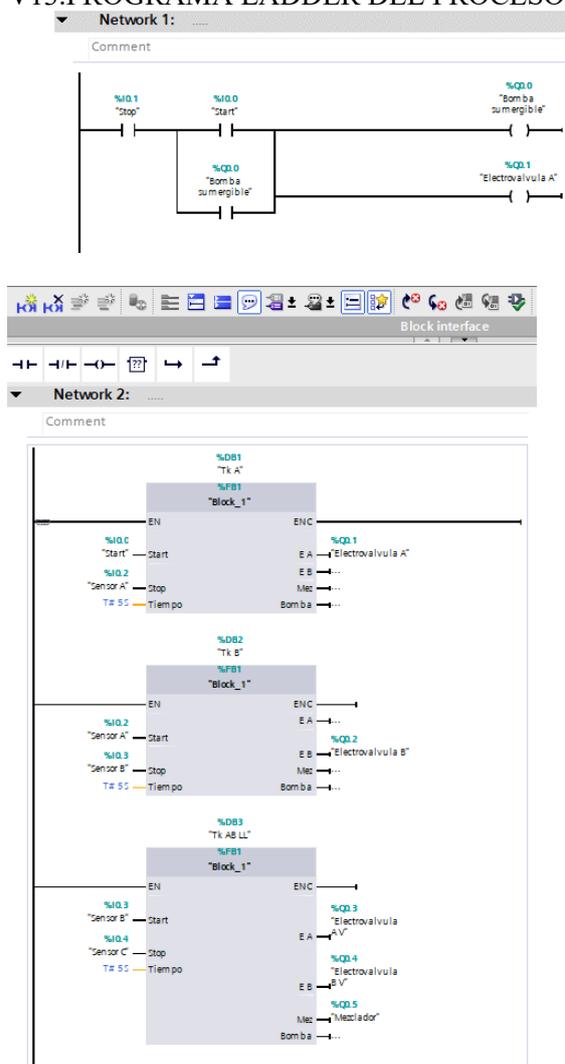
suficiente espacio para aumentar los recipientes de mezcla hasta un total de cinco recipientes, con diferentes líquidos (GRAF CET, 2022).

Programa del proceso de mezclado

El software de programación de TIA Portal, Figura 4, tiene herramientas de simulación adaptables, que mejoran la producción de la planta a partir de diagnósticos adicionales que se descubren durante la simulación. Aumenta la productividad a través de la consistencia de datos y transparencia en la producción, mayor disponibilidad de máquinas y equipos de producción, transparencia energética para ahorrar dinero y conectar la planta con el mundo de las tecnologías de la información. (Siemens. 2021).

Figura 4.

Programa del proceso de mezclado en el lenguaje Ladder del software de TIA PORTAL V13. PROGRAMA LADDER DEL PROCESO DE MEZCLADO.



Construcción.

Con los resultados obtenidos del diseño, el correcto funcionamiento del programa y los materiales definidos se procederá al ensamblado del equipo en los ambientes del laboratorio.

La construcción del mueble metálico, que albergara los componentes del módulo didáctico, se ha construido con perfiles metálicos de 2 pulg. x 1 pulg. y se ha efectuado en el laboratorio. Se ha colocado los recipientes A, B de un litro cada uno y el recipiente AB de cinco litros de capacidad y el recipiente de almacenamiento. Los recipientes están conectados por medio de cañerías de PVC para el llenado y vaciado de líquidos. El módulo cuenta con ruedas para su fácil transportación. Asimismo, se han instalados los sensores, las electroválvulas solenoides y la bomba sumergible.

El objetivo principal del proyecto, que era implementar y programar un módulo didáctico utilizando PLC para controlar los procesos de nivel de fluido y llenado de tanques, se ha cumplido. Se ha ejecutado previamente el programa elaborado en el simulador de TIA Portal V13 buenos resultados de funcionamiento. Con esta base se ejecuta el programa en el módulo implementado contrastando el buen funcionamiento mostrado en el simulador. Este paso se aplica en el campo industrial, primero se corre el programa en el simulador y luego de estar seguro de su funcionamiento y de hacer las correcciones y mejoras se implementa en los equipos industriales. Se ha logrado construir la estructura metálica del módulo didáctico, asimismo, se ha ensamblado todos los componentes del módulo: recipientes, sensores, electroválvulas, bomba sumergible y tuberías de circulación de fluidos.

Para el correcto funcionamiento del programa, se efectuó una serie de pruebas posibles en el laboratorio por ser un método experimental, obteniendo buenos resultados en la ejecución del programa. El módulo didáctico implementado cuenta con un PLC y todos los accesorios necesarios debidamente instalados y en perfecto estado de funcionamiento y se encuentra en el Laboratorio Metal Mecánico de la Universidad, para que pueda ser utilizado por los alumnos. Esto les permitirá tener una herramienta muy útil y poderosa para diferentes tipos de proyectos de investigación.

CONCLUSIONES

Con la implementación del proyecto se puede deducir que la tecnología avanza a gran escala, sin embargo, la enseñanza universitaria no se compenetra en el campo tecnológico de automatización, debido a que no cuentan con los recursos suficientes. El presente modulo didáctico, permitiría adquirir aprendizaje de tecnología de última generación, en forma directa, donde los docentes deben de innovarse con tecnología de punta para brindar una educación de calidad y formar entes competitivos, de igual manera recíprocamente los estudiantes deben de presentar una actitud de aprendizaje de la tecnología, concluyendo que la presente experiencia es beneficiosa para los estudiantes proporcionándoles una idea clara del funcionamiento de los procesos de automatización frente a la realidad del campo profesional.

El módulo de control del proceso de llenado de recipientes implementado a través de PLC cumple con todos los objetivos establecidos en el plan de proyecto. El equipo es versátil y fácil de manejar, y sus componentes funcionan armónicamente de acuerdo con lo planificado, lo que permite una visión general del funcionamiento y la función de cada uno de los componentes del sistema de control.

Los sensores sin contacto utilizados para medir el nivel de líquido en el recipiente muestran una señal lineal y un buen tiempo de respuesta, sin tiempos muertos de respuesta a tener en cuenta.

Las electroválvulas solenoides a pesar de ser del tipo de control ON/OFF muestran resultados satisfactorios en el proceso de mezclado, siendo activados por un voltaje de 220 VAC.

El contador implementado en el algoritmo también cumplió su cometido, logrando de esta manera programar grandes cantidades de ciclos de mezclado.

Los sensores sin contacto utilizados para medir el nivel de líquido en el recipiente muestran una señal lineal y un tiempo de respuesta rápido sin tiempos muertos de respuesta a tener en cuenta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benítez, V y Zalamea, J. (2003). Construcción de un Módulo Didáctico de Control de Nivel de Líquidos. Contextos: Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería, Quito. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5034/1/T2176.pdf>.
- Bohorquez, K., Fonseca, D. y Gutiérrez, S. (2017). Sistema Didáctico para el Control de Nivel con Tanques Acoplados. Universidad Católica de Colombia. Bogotá. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/436552871/Sensores-de-Nivel-de-Agua>.
- Brunete, A, San Segundo, P y Herrero, R. (2020). Introducción a la Automatización Industrial. Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI-UPM). Madrid. Recuperado de: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/sobre-los-autores.html.
- Néstor, E. (2009). Controladores Lógicos Programables (PLC), Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires.
- Petruzella, F. (2011). Programmable Logic Controllers, Fourth Edition. Editorial Mc Graw Hill.
- Petruzella, F. (2011). LogixPro Lab Manual for use with Programmable Logic Controllers. Fourth Edition. Mc Graw Hill.
- S7-1200. (2009). Controlador programable S7-1200 Manual del Sistema. Siemens. <http://www.siemens.com/automation/support-request>.
- Vergara, J. (2011). Prototipo para Control Automático de Nivel y Caudal de Líquidos. Artículo científico. INGENIOUS, Revista de Ciencia y Tecnología. No 9. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8401/1/Prototipo%20para%20control%20autom%C3%A1tico%20de%20nivel%20y%20caudal%20de%20l%C3%ADquidos.pdf>.
- Bloques de función (FB)_PLC, Tia Portal clase #1.3_mmvde45wptw_1080p.
- Electroválvulas: <https://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>
- Actuadores: http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/sistema/actuadores.htm.

Ciencia. (2020). Válvula Solenoide. Recuperado de: <https://curiosoando.com/que-es-una-valvula-solenoide>.

Compañía Levantina de Reductores. Actuadores eléctricos en robótica: algunas sorprendentes innovaciones. (2022). Recuperado de: <https://clr.es/blog/es/actuadores-robotica-sorprendentes-innovaciones/>

EDS Robotics, (2020). La Importancia de la Automatización de Procesos Industriales. <https://www.edsrobotics.com/blog/automatizacion-procesos-industriales>.

EDS Robotics, (2022). Los 12 Tipos de Sensores más Usados: Características y Funciones. <https://www.edsrobotics.com/blog/tipos-sensores-mas-usados/>.

MCI Automation. (2022). Automatización Industrial. Recuperado de: <http://mci-automation.blogspot.com/>