Innovación en la Pasteurización: Migración a Sistemas PLC CompactLogix y HMI Avanzados para Mayor Eficiencia y Control

Valerio-Favela, J.[1]; González-Vargas, L.A.[2] , Huerta-Valenzuela, F. [3]; Godínez-Jiménez F.C.[4]; Manqueros-Avilés, V.E.[5]

Datos de Adscripción:

[1] Jaziel Valerio Favela, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo/TecNM, División Electromecánica, 202310208@itslerdo.edu.mx
https://orcid.org/0009-0000-7687-1783

[2]✉ Luis Amado González Vargas. Instituto Tecnológico Superior de Lerdo/TecNM, Departamento de Posgrado, Luis.gv@lerdo.tecnm.mx.
https://orcid.org/0009-0008-9094-6188

[3] Francisco Huerta Valenzuela, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo/TecNM, División Electromecánica, francisco.hv@itslerdo.edu.mx
https://orcid.org/0009-0001-3073-6524

[4] Félix Cuitláhuac Godínez Jiménez, INHASU SA de CV, felix@morley.com.mx
https://orcid.org/0009-0005-2213-6683

[5] Víctor Edi Manqueros Avilés, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo /TecNM, Departamento de Posgrado, edi.ma@itslerdo.edu.mx
https://orcid.org/0009-0003-9717-1542

Resumen **- La constante evolución tecnológica en los entornos industriales demanda la actualización continua de los sistemas de automatización para garantizar eficiencia, confiabilidad y competitividad. En este artículo se presenta el rediseño e implementación de un sistema de control moderno para el proceso de pasteurización de leche, reemplazando una plataforma obsoleta basada en PLC Micrologix 1500 LRP Series C y HMI PanelView 800 por una arquitectura basada en PLC CompactLogix 1769-L33ERM y HMI PanelView Plus 7 Performance. Se integraron tecnologías como redes AS-Interface y Ethernet/IP para optimizar la gestión de válvulas y motores, respectivamente. El nuevo sistema no solo mejora el rendimiento operativo y la escalabilidad, sino que también permite una interacción más intuitiva mediante interfaces gráficas modernas. Finalmente, se discute la aplicabilidad de esta solución a otros procesos industriales con requerimientos similares, destacando los beneficios técnicos y económicos derivados de la migración tecnológica.**

Palabras Clave: AS-Interface, Automatización industrial, CompactLogix, Ethernet/IP, PanelView, Pasteurización.

Abstract **- The constant technological evolution of industrial environments necessitates the ongoing modernization of automation systems to ensure efficiency, reliability, and competitiveness. This article presents the redesign and implementation of a modern control system for a milk pasteurization process, replacing an obsolete platform based on the MicroLogix 1500 LRP Series C PLC and PanelView 800 HMI with a new architecture centered on the CompactLogix 1769-L33ERM PLC and PanelView Plus 7 Performance HMI. Technologies such as AS-Interface and Ethernet/IP networks were integrated to optimize the valves and motors, respectively. The upgraded system not only improves operational performance and scalability but also provides a more intuitive user experience through modern graphical interfaces. Finally, the applicability of this solution to other industrial processes with similar requirements is examined, emphasizing the technical and economic advantages of technological migration.**

Keywords: AS-Interface, CompactLogix, Ethernet/IP, Industrial automation, PanelView, Pasteurization.

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Migración del Sistema SattControl al Sistema ControlLogix

Como parte de los esfuerzos de modernización y estandarización de los sistemas de automatización industrial, en el proyecto desarrollado por Odreman (2006) se llevó a cabo la migración del sistema de control del módulo pasteurizador de cerveza FLEXITHERM a la plataforma ControlLogix de Rockwell Automation. El objetivo principal de esta iniciativa fue unificar la tecnología de control en las áreas de envasado, optimizando la integración de los equipos electrónicos y simplificando su mantenimiento en planta.

La migración permitió mejorar significativamente la eficiencia operativa, la confiabilidad del sistema y la gestión de mantenimiento, además de establecer un estándar tecnológico que favorece la escalabilidad y la interoperabilidad en el entorno industrial. Esta transición no solo generó beneficios técnicos tangibles —como la reducción de tiempos de parada y la centralización del control—, sino que también representó un valioso aporte formativo en el campo de la ingeniería de automatización, sirviendo como referencia para futuras actualizaciones tecnológicas.

I.2 Migración y Diseño De La Interfaz De Operación Del Proceso De Fraccionamiento De Aceite

La obsolescencia tecnológica en sistemas de automatización industrial representa un desafío crítico, ya que compromete la continuidad operativa y la eficiencia de los procesos productivos. Un ejemplo emblemático de este problema fue abordado en el proyecto de migración realizado por Ayora (2015) en la planta de producción de DANEC S.A., específicamente en la sección de fraccionamiento de aceite. En este caso, se modernizó el sistema de control, reemplazando la tecnología obsoleta Siemens S5 por una plataforma Siemens S7, ante la falta de soporte técnico y los riesgos operativos derivados de más de 15 años de uso continuo.

El proyecto incluyó:

- Sustitución del PLC y módulos remotos para garantizar compatibilidad y confiabilidad.
- Actualización de la HMI, migrando de *Wizcon* a *WinCC Runtime Professional*, con una interfaz más intuitiva y

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID005

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

moderna.

Cabe destacar que la migración no modificó la lógica de control ni los procedimientos operativos, lo que permitió mantener la funcionalidad del proceso mientras se mejoraba la disponibilidad, mantenibilidad y acceso a soporte técnico. Esta transición no solo mitigó riesgos operacionales, sino que también sentó las bases para futuras integraciones tecnológicas en la planta.

I.3 Migración de Arquitectura Rockwell a Arquitectura Siemens

Entre los proyectos más relevantes en el ámbito de la automatización industrial destaca la migración de sistemas basados en tecnología Rockwell hacia plataformas Siemens, liderada por *Caro (2019)* para el control de envasadoras verticales en la industria láctea. Esta transición requirió la implementación de un nuevo controlador lógico programable (PLC), junto con el diseño e instalación de los lazos de control asociados, adaptados a los estrictos requisitos de higiene y seguridad exigidos en el procesamiento de productos de consumo humano.

Un caso emblemático de este proyecto fue el desarrollo de una envasadora Ultra Limpia de dos cabezales, implementada en Honduras como parte de una iniciativa industrial. Esta migración permitió a la empresa Soluciones, Servicios e Innovación (ESSI) ampliar sus capacidades técnicas, diversificando el diseño y fabricación de envasadoras mediante la integración de tecnologías Siemens, lo que representó un avance significativo frente a las limitaciones de las plataformas anteriores.

Beneficios clave de la migración:

- Flexibilidad tecnológica: Adopción de estándares Siemens para optimizar el control de procesos críticos.
- Cumplimiento normativo: Garantía de condiciones óptimas para el manejo de productos alimenticios.
- Innovación en diseño: Capacidad para desarrollar equipos con mayor eficiencia y adaptabilidad.

Esta transición no solo mejoró la competitividad de ESSI, sino que también demostró la viabilidad de migrar entre arquitecturas de automatización sin comprometer la operatividad ni la calidad del producto final.

I.4 Modernización Del Sistema De Control De Evaporador

En la industria láctea, los sistemas automatizados son fundamentales para garantizar la eficiencia operativa y la calidad del producto, particularmente en procesos críticos como la evaporación de leche. La empresa en cuestión utiliza un evaporador de triple efecto, equipo clave para la deshidratación y tratamiento térmico de la leche, que permite obtener el concentrado base para la producción de leche evaporada.

No obstante, el sistema de control actual presenta limitaciones críticas:

- Tecnología obsoleta: Controles aislados e instrumentación desactualizada generan altos costos de mantenimiento y reemplazo.
- Dependencia manual: Excesiva intervención operativa que reduce la eficiencia y aumenta el riesgo de errores.

Para resolver estos desafíos, se propone la modernización integral del sistema, que incluye:

1. Implementación de un PLC para centralizar y automatizar el control del proceso.
2. Adquisición de nueva instrumentación para monitoreo preciso y ajuste en tiempo real de parámetros críticos (flujo, temperatura, presión).

Esta solución, basada en el trabajo de *Madariaga (2017)*, busca:

- Optimizar la eficiencia energética y reducir pérdidas de producto.
- Preservar las propiedades fisicoquímicas de la leche durante el tratamiento térmico.
- Disminuir costos operativos a largo plazo mediante una arquitectura robusta y mantenible.

I.5 Actualización del PLC en un sistema de manufactura integrada por computadora

La modernización de sistemas de automatización industrial no solo representa una necesidad en entornos productivos, sino también en el ámbito académico, donde se busca preparar a los futuros profesionales con tecnologías alineadas a los estándares actuales del sector. En este contexto, la migración y rehabilitación de la etapa de control de un Sistema de Manufactura Integrada por Computadora ha sido una estrategia clave para actualizar los entornos de formación práctica en la carrera de Ingeniería en Control y Automatización.

El proyecto consistió en la implementación de un sistema de automatización moderno con fines tanto didácticos como profesionales. Para ello, se seleccionaron nuevos equipos de control adaptados a las necesidades de cada una de las estaciones de trabajo que conforman el sistema. Asimismo, se diseñó una topología de interconexión basada en el protocolo EtherNet/IP, permitiendo una comunicación eficiente entre estaciones. Finalmente, se desarrolló e implementó la lógica de funcionamiento necesaria para la operación coordinada del sistema completo (Rodríguez et al., 2018).

I.6 Automatización De Proceso De Producción De Leche Ultrapasteurizada

Se destaca la implementación de un sistema automatizado en el proceso de ultrapasteurización dentro de una empresa distribuidora de productos lácteos. Este proyecto permitió corregir deficiencias operativas atribuibles al manejo manual del proceso, reduciendo significativamente los tiempos improductivos. La automatización, mediante una rutina de arranque secuencial programada, aseguró condiciones óptimas de temperatura y limpieza al inicio del ciclo, lo que se tradujo en una mejora en la calidad del producto, un aumento en la eficiencia de producción, y una mayor confiabilidad y seguridad en la operación del sistema (Hernández et al., 2013)

Este proyecto destaca la importancia de la automatización en procesos industriales.

El objetivo de este trabajo es diseñar e implementar un sistema de automatización moderno para el proceso de pasteurización, evaluando su desempeño frente a soluciones obsoletas y destacando su escalabilidad hacia otros sectores.

h t t p s : / / d o i . o r g / 1 0 . 6 2 8 0 5 / c i d 2 0 2 5 . C I D 0 0 5
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

II.1 Selección del PLC CompactLogix 1769-L33ERM

El éxito de la migración del sistema de control depende en gran medida de la correcta selección e integración de los principales componentes. Estos elementos clave permiten el funcionamiento eficiente del sistema y aseguran una optimización en el proceso de la pasteurización.

Entre los componentes principales del sistema se encuentra el PLC CompactLogix 1769 L33ERM y PanelView Plus 7 Performance de la marca Allen Bradley, interfaz sensor-actuador (AS-i) y red EtherNet.

A continuación, se detallan las características de cada uno de estos componentes.

Los controladores lógicos programables son componentes esenciales en los sistemas de automatización industrial. El CompactLogix L33ERM de Allen Bradley destaca por su versatilidad, rendimiento y capacidad de integración. Este PLC es ampliamente utilizado en aplicaciones de control complejas debido a su arquitectura modular, su capacidad de comunicación avanzada y su compatibilidad con una amplia gama de dispositivos (Rockwell Automation, 2013).

Figura 1
PLC CompactLogix 5370 L3.

Nota. Controlador Allen Bradley CompactLogix 1769-L33ERM.

En el contexto de una arquitectura de control integrada, los controladores de la serie CompactLogix L3 comparten el entorno de programación, protocolos de red y capacidades de gestión de información, lo que facilita un desarrollo uniforme y coherente entre las distintas disciplinas de la automatización.

Este PLC ha sido seleccionado para la implementación del sistema de control debido a su reconocible fiabilidad, flexibilidad operativa y destacada relación costo-beneficio, lo que lo convierte en una opción altamente eficiente para aplicaciones industriales.

El PLC CompactLogix 5370 se alimenta mediante diversas fuentes eléctricas, como los módulos 1769-PA2, 1769-PB2, 1769-PA4. En cuanto a la comunicación, es compatible con redes EtherNet/IP a través de puertos incorporados, así como con DeviceNet mediante el módulo 1769-SDN. También cuenta con una conexión USB para actualizaciones de firmware. El sistema es operado por el software RSLogix 5000 desde la versión 20 y la aplicación Logix Designer (studio 5000) desde la versión 21 o superior, complementado por RSLinx Classic (v2.59 o superior) y RSNetWorx para DeviceNet (v11 o superior). Para las entradas y salidas, admite módulos de E/S locales tipo 1769 Compact I/O y soluciones de E/S distribuidas a través de las redes DeviceNet y EtherNet/IP, brindando así una arquitectura flexible y escalable.

El siguiente componente es el PanelView Plus 7 Performance. Este permite a los operadores interactuar con los sistemas de control de manera intuitiva y eficiente.

Los terminales PanelView Plus 7 Performance funcionan como interfaces hombre-máquina, permitiendo la supervisión y el control de equipos vinculados a controladores CompactLogix y ControlLogix a través de una red Ethernet/IP. Estas interfaces proporcionan representaciones visuales mediante gráficos dinámicos y mensajes de texto, lo que permite a los operadores tener una visión clara y en tiempo real del estado operativo del proceso o maquinaria involucrada.

Este PanelView es de los más utilizados actualmente en su versión estándar, pero el cliente optó por la versión performance de 15 pulgadas.

Figura 2
PanelView Plus 7 Performance de 15".

Nota. Interfaz de llenado de tinas.

Los terminales gráficos con pantalla táctil ofrecen una amplia gama de opciones en cuanto a tamaño y funcionalidad, incluyendo monitores TFT a color de 6.5", 10.4", 15", 19", y modelos panorámicos de 9" y 12.1", algunos de los cuales incorporan mini teclado y teclas de función para mayor interacción del operador. Están disponibles con alimentación de 18...30VCC en versiones de aluminio y acero inoxidable, o de 100…240VCA para terminales de aluminio. Disponen de dos puertos Ethernet 10/100Base-T, además de dos puertos USB 2.0 de alta velocidad. El puerto de dispositivo USB no está operativo. También incluyen un puerto de salida de audio para altavoces o amplificadores y LEDs indicadores de estado y fallos.

Una parte fundamental en el sistema son los sensores y actuadores, ya que permiten la interacción entre el sistema y el entorno físico. Juntos forman el lazo de control. Sin sensores no hay información y sin actuadores no hay acción y sin ambos, simplemente el control automático no sería posible.

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID005
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Para el accionamiento de válvulas se utiliza la interfaz Actuador-Sensor también conocida como AS-i. La tecnología AS-Interface, ampliamente consolidada, se caracteriza por su alta fiabilidad, resistencia a interferencias electromagnéticas y capacidades avanzadas de diagnóstico. Su diseño simplificado permite que los sensores comuniquen datos de diagnóstico tanto al PLC como a los sistemas informáticos de nivel superior. A través de un cable plano de dos conductores se transmite simultáneamente energía y datos, lo que contribuye significativamente a la reducción del cableado y a la optimización de la instalación. Los maestros AS-i controlan de forma fiable el intercambio de datos hasta el nivel del sensor/actuador y se comunican rápidamente con el nivel de control superior.

Tabla 1
Datos sobre AS-i.

Topología	*Estructura de árbol abierta*
Medio de Bus	Cable de dos hilos
Longitud del cable	100 m sin repetidor, 200 m con terminación de bus AS-i, 1000 m con repetidores, 3000 m con repetidor para fibra óptica
Número de esclavos	62 por ramal AS-i
Número de E/S	248 entradas y 248 salidas
Acceso	Funcionamiento maestro-esclavo
Direccionamiento	Dirección fija e inequívoca en el esclavo, direccionamiento a través del maestro o la unidad de direccionamiento
Datos de usuario	4 bits (cíclicos), parámetros de 4 bits (acíclicos)
Tiempo de ciclo	Máx. 5 ms (esclavo simple) o 10 ms (esclavos A/B)
Tolerancia de fallos	Identificación y repetición de telegramas erróneos
Seguridad funcional	Hasta SIL3 (IEC 61508) y Cat. 4

Nota. Adaptado de Comunicación industrial de fácil implementación: con AS-Interface por ifm. (s. f.).[Tabla] https://media.ifm.com/CIP/mediadelivery/asset/86a5ca11281ee0438ba29e0d60c9a023/Brochure_AS-interface_ESES_052022_low.pdf

Figura 3
Maestro AS-i.

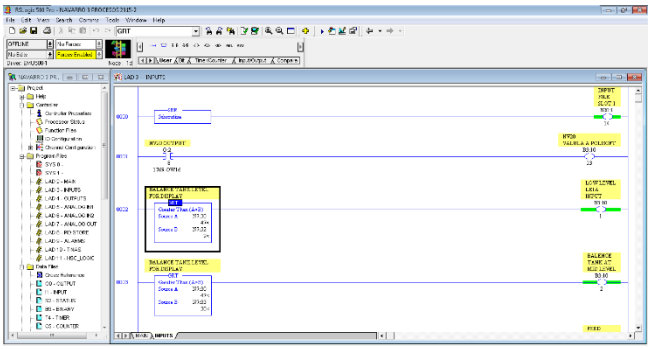
Nota. Al maestro AS-i también se le conoce como Pasarela.

Finalmente tenemos el protocolo Ethernet/IP, el cual es uno de los más utilizados a nivel de redes industriales en todo el mundo. La conexión de instrumentos de campo mediante ethernet/IP permite acceso completo a todas las variables de proceso y parámetros de configuración. Todo esto se realiza mediante la conexión de solo un cable y a través del mismo hardware de red. (Reher y Navarra, 2017)
Para el control de los motores utilizados en el proceso se usan variadores de frecuencia PowerFlex 525 controlados por una red Ethernet.

II.2 Lógica de Programación En Studio 5000

El programa es el punto más importante del sistema de control. Este se encarga de gestionar todo el proceso de pasteurización y realizar el proceso de CIP (Cleaning in place). La programación del PLC estaba elaborada en el software RSLogix 500 y se migró a Studio 5000 con la versión 30.

Figura 4
Programa de PLC en RSLogix 500.



Nota. Rutina principal del programa en RSLogix 500.

Figura 5
Programa migrado a Studio 5000.

Nota. Rutina principal del programa en Studio 5000.

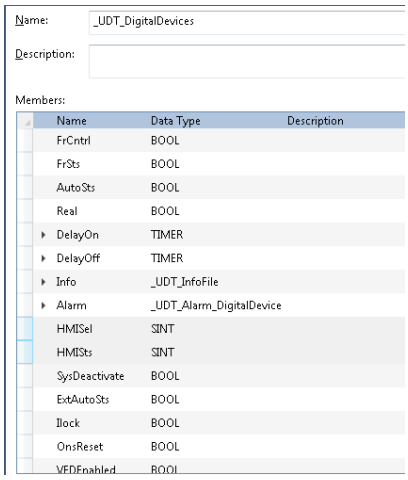
Esta nueva versión del programa cuenta con UDTs (User-Defined Data Types o Tipos de Datos Definidos por el Usuario). En Studio 5000, los UDT se utilizan para organizar y estructurar la información de manera más eficiente dentro de un proyecto de automatización. Su principal función es agrupar en una sola

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID005
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Año: 2025. Volumen: 1. Numero:11 ISSN: 2448-623X

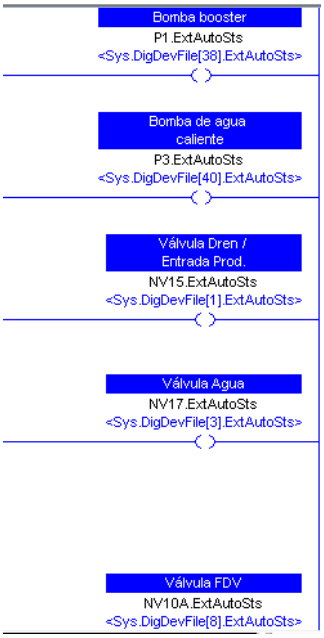
estructura lógica varias variables relacionadas entre sí, incluso si son de distintos tipos de datos. Por ejemplo, en lugar de tener múltiples variables separadas para controlar un motor, como Motor1Start, Motor1Stop o Motor1Speed, se puede crear un UDT llamado “Motor” que contenga todos estos elementos dentro de un único bloque: Motor1.Start, Motor1.Stop, Motor1.Speed, etc. Esto no solo mejora la legibilidad y el orden del programa, sino que también facilita su escalabilidad, ya que el mismo tipo de dato se puede reutilizar para múltiples dispositivos.

Figura 6
Configuración de un UDT utilizado en el programa del PLC.



Nota. UDT utilizado para las salidas digitales.

Figura 7
Uso de UDT en programa de PLC.

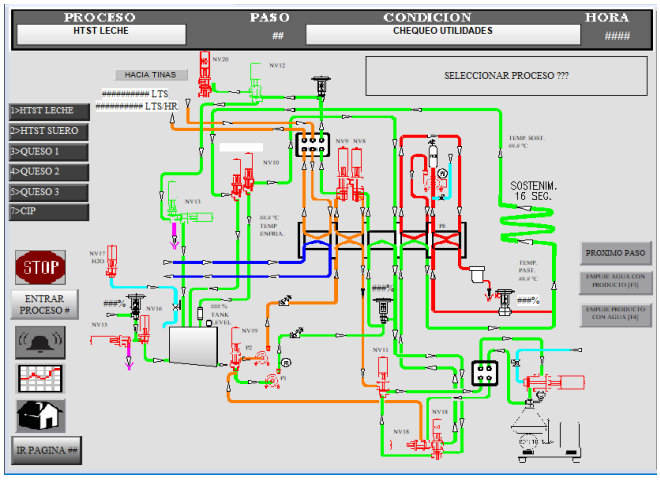


Nota. Uso de UDT en subrutina para salidas digitales del programa.

II.3 Diseño de interfaz en El PanelView Plus 7

El diseño de la interfaz en el PanelView está basado en principios de accesibilidad, con el objetivo de ser intuitiva y fácil de comprender para los operadores de la planta. Se prioriza la simplicidad en los elementos de la interfaz, como botones e indicadores para facilitar la navegación y la selección de los distintos menús.
La característica más importante de la interfaz del usuario es la capacidad para modificar los parámetros según las necesidades del proceso. Además, se muestra en tiempo real todo el proceso de la pasteurización en un menú principal como se muestra en la figura 8.

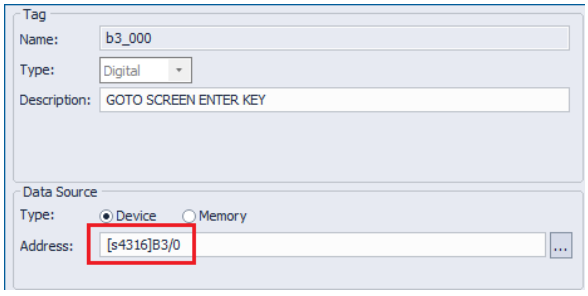
Figura 8
Nueva interfaz del proceso.



Nota. En esta interfaz se muestra el proceso de pasteurización y CIP.

Para poder visualizar todas las variables del proceso, es necesario modificar los tags con los que contaba el programa, ya que, debido a la versión del PLC, la nomenclatura de los tags tiene ligeros cambios.
Un tag es una variable que almacena datos y permite la comunicación entre el PLC y la interfaz HMI, además de ser usada dentro del programa para controlar y monitorear el sistema.

Figura 9
Nomenclatura de tag anterior en FactoryTalk View.



Nota. Nomenclatura utilizada en programas elaborados en RSLogix 500.

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID005

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Año: 2025. Volumen: 1. Numero:11 ISSN: 2448-623X

Figura 10
Nomenclatura de nuevo tag en FactoryTalk View.

Nota. Esta nomenclatura es utilizada en programas elaborados en Studio 5000.

En esta nueva interfaz no hay cambios importantes en lo visual, pues el objetivo es mantener la esencia de la interfaz anterior. El cambio importante está en el hardware, pues con este nuevo PanelView se aprovechan al máximo las herramientas con las que cuenta FactoryTalk View. Lo destacable de este PanelView es su compatibilidad con la mayoría de los controladores de Allen Bradley, tanto con generaciones pasadas como las nuevas y futuras versiones de los PLC. Con este cambio se asegura un alto tiempo de operación del sistema.

II.4 II. Red AS-Interface Para Válvulas

El diseño de una red AS-interface para el control de las válvulas ayuda a mejorar la eficiencia y disponibilidad de las instalaciones, además de ahorrar una gran cantidad de cableado. El diseño de la red AS-i es muy simple, ya que solo es utilizada para el control de las válvulas del sistema.
La red cuenta con un maestro AS-i o también llamado pasarela AS-i con su respectiva fuente de alimentación. Después, es utilizado el cable AS-i amarillo, el cual cuenta con dos cables en su interior, uno de datos y otro para la alimentación eléctrica.
Para el control de las válvulas, se utiliza una tarjeta especial que va conectada a los cabezales de las válvulas. Esto permite conectar la válvula a través de un conector M12 para redes AS-i como se muestra en las figuras 11 y 12.

Figura 11
Tarjeta AS-i instalada dentro del cabezal de la válvula.

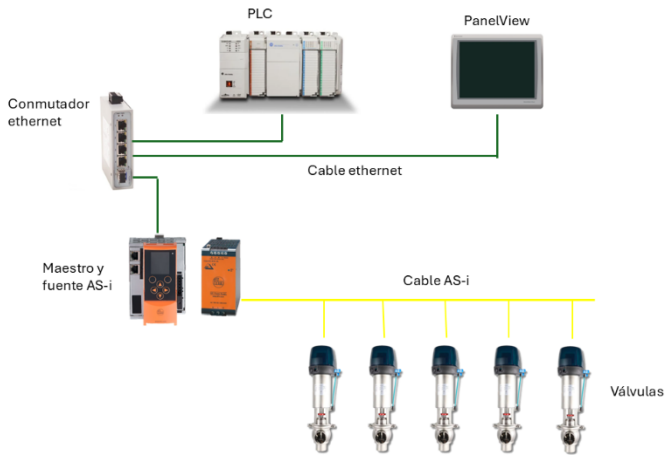
Nota. Adaptado de C-TOP AS-I Cabezal de Control C-TOP AS-I [Fotografía], por Valvulinox S.L. (2021, 8 enero) (https://www.valvulinox.com/producto/c-top-as-i-cabezal-de-control-c-top-as-i/AC1422)

Figura 12
Conectores M12.

Nota. A los conectores que van en el cable amarillo se les llama coloquialmente "Conectores Vampiro".

La comunicación del PLC con el Maestro AS-i se realiza por medio de conexión ethernet, después, de la fuente del maestro AS-i sale el cable amarillo AS-i el cual va a las conexiones M12 para el control de las válvulas. Es posible controlar hasta 124 válvulas de proceso a lo largo de la pasarela.
Desde el PanelView se visualiza cuál es el estado de cada una de las válvulas además de poder accionarlas de forma manual en caso de ser necesario o simplemente cuando se tenga que realizar algún mantenimiento.

Figura 13
Red AS-i para control de válvulas.



Nota. Para esta red AS-i no es necesario el uso de repetidores.

II.5 II. Red Ethernet/IP Para Motores

La red Ethernet está diseñada exclusivamente para el control de motores. Para esto se utiliza un conmutador Ethernet y variadores de frecuencia PowerFlex 525.
La ventaja del uso del variador de frecuencia es que disminuye considerablemente la corriente de arranque del motor, además de controlar de manera sencilla la velocidad de operación de éste.

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID005

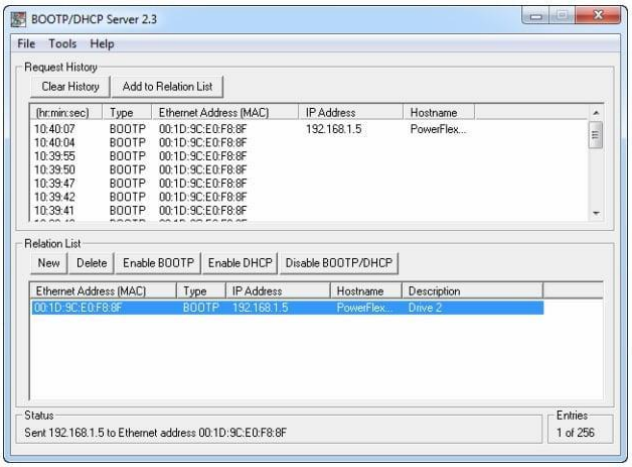
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Año: 2025. Volumen: 1. Numero:11 ISSN: 2448-623X

Se debe asignar una dirección IP a los variadores de frecuencia. Existen dos formas de hacerlo; la primera es asignarla mediante el teclado del variador: desde la pantalla principal, se debe presionar la tecla azul Intro y luego la flecha arriba hasta encontrar un parámetro que empiece con "C". Localizar el parámetro C128, presionar Intro y se debe asegurar de que esté en 1 (Parámetros) para configurar la IP manualmente. Luego hay que presionar Esc, ir a C129, presionar Intro y ajustar el primer número de la dirección IP con las flechas; confirmar con la tecla Intro. Repetir este proceso para los siguientes números en C130, C131 y C132. Para agregar la máscara de subred, se debe hacer lo mismo en los parámetros C133 a C136, y si hay una subred adicional, continuar con C137 a C140. Finalmente, apagar y reiniciar la unidad para aplicar los cambios.

La segunda manera es mediante el software BOOTP/DHCP: primero hay que conectar el variador a la red junto con una PC que tenga el software instalado. Abrir el programa y seleccionar el adaptador de red correcto. Luego, encender el variador y esperar a que aparezca su dirección MAC en la lista del servidor BOOTP. Una vez visible, seleccionarla y hacer clic en "Add to Relation List" para asignarle una dirección IP y máscara de subred. Después de asignar la IP, es importante deshabilitar el modo BOOTP en el variador para que conserve la configuración, lo cual se puede hacer desde el mismo software marcando la opción “Disable BOOTP”. Finalmente, verificar la conexión haciendo ping a la dirección IP asignada o escaneando el dispositivo desde RSLinx.

Figura 14
Asignación de dirección IP al variador de frecuencia mediante BOOTP/DHCP.

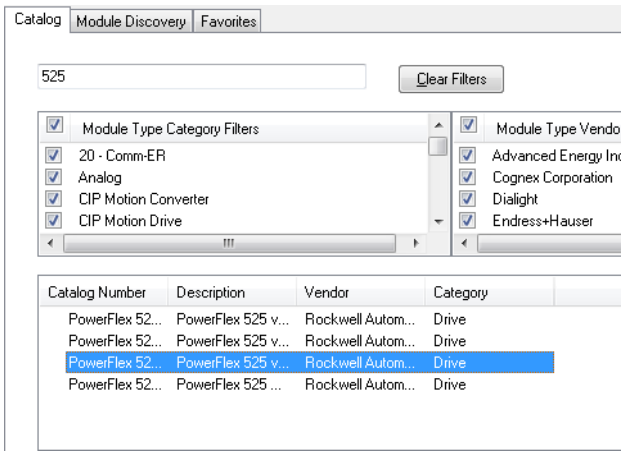


Nota. Con esta herramienta también se le asigna una dirección IP a PLC y HMI totalmente nuevos.

Una vez asignada la dirección IP al variador, es momento de darlo de alta en el programa de Studio 5000.

Dentro del programa, en la sección de ethernet que se encuentra en el árbol de trabajo se agrega un nuevo módulo. Se busca el modelo del variador de frecuencia y se selecciona como se muestra en la figura 15.

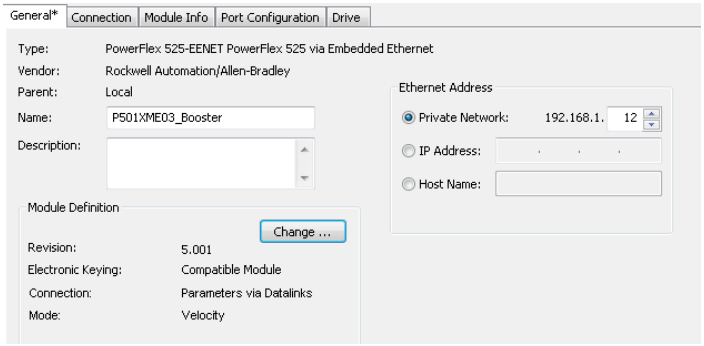
Figura 15
Selección del módulo PowerFlex 525.



Nota. Se debe seleccionar la opción “Embebido Ethernet”.

Una vez seleccionado, se debe asignar un nombre al módulo y establecer la dirección IP que previamente se le asignó. Es importante definir la configuración del módulo, ya que de no asignar la revisión correcta, no funcionará. No obstante, este paso se puede realizar de manera automática en el software, solo basta con tener el variador conectado a la red para que el programa lo detecte y pueda extraer la configuración correcta.

Figura 16
Configuración del módulo PowerFlex 525.



Nota. Se debe agregar al programa cada uno de los variadores utilizados.

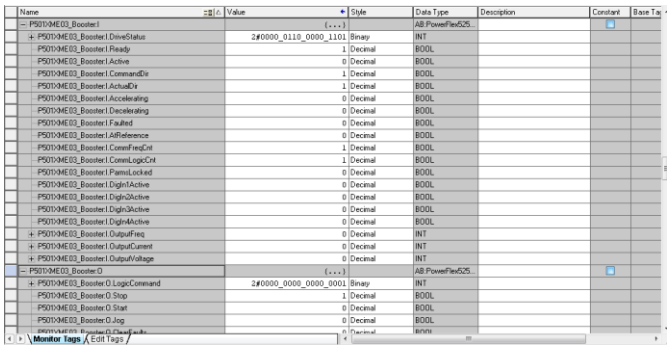
Una vez finalizada la configuración del módulo, en el apartado de tags se mostrarán los correspondientes al variador de frecuencia como se observa en la figura 17.

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID005

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Año: 2025. Volumen: 1. Numero:11 ISSN: 2448-623X

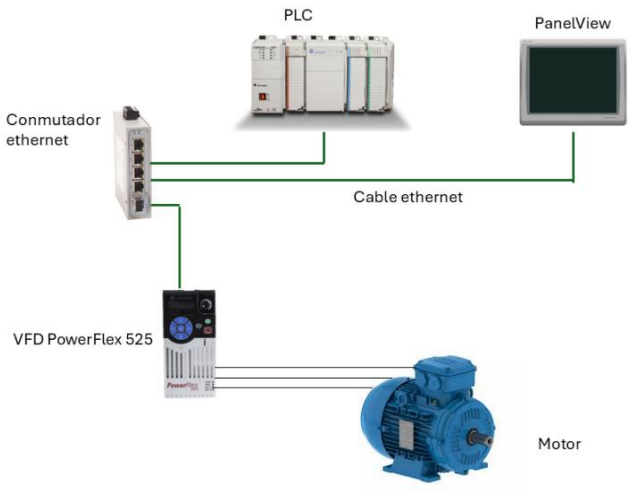
Figura 17
Tags correspondientes al variador de frecuencia.



Nota. En algunos de los tags podemos observar el estado del variador y el motor.

Estos tags sirven para controlar el encendido y apagado del motor, así como establecer la frecuencia a la que opera.
El uso de variadores de frecuencia controlados por protocolo Ethernet/IP para el control de motores ofrece múltiples beneficios, comenzando por un arranque y paro suaves que reducen el desgaste mecánico y los picos de corriente, así como un control preciso de la velocidad que optimiza la eficiencia energética. A nivel de comunicación, Ethernet permite una supervisión en tiempo real, integración sencilla con sistemas como PLCs y SCADAs y diagnóstico avanzado que facilita el mantenimiento preventivo. Además, la alta velocidad de transmisión de datos y la reducción de cableado físico simplifican la instalación y expansión del sistema. Este tipo de configuración disminuye el mantenimiento gracias a una menor exigencia sobre los componentes, optimizando los procesos y prolongando la vida útil del motor y del equipo asociado.

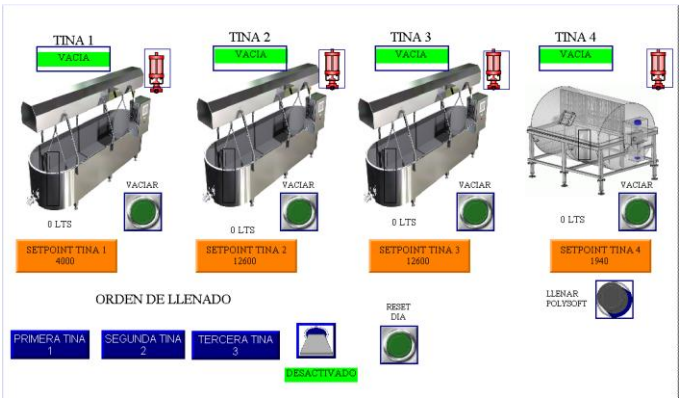
Figura 18
Red Ethernet para control de motores.



III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevaron a cabo pruebas para evaluar el funcionamiento de la migración del sistema de control. Estas pruebas incluyeron la simulación del programa del PLC y PanelView. Además, se evaluó la correcta comunicación entre los componentes del sistema, como la transmisión de datos entre el PLC y el PanelView.
Un punto muy importante en el programa son los set point, ya que estos ayudan a llevar un control adecuado en el proceso.

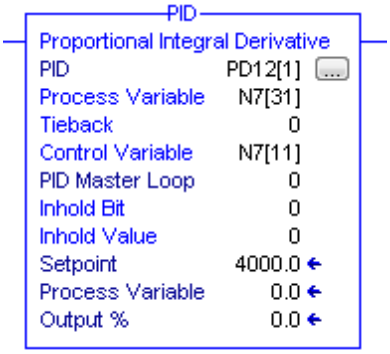
Figura 19
Set Point de nivel de tinas.



Nota. Simulación de interfaz realizada en FactoryTalk View.

Como se puede observar en la figura 19, se debe tener un control en el nivel de las tinas; esto se logra mediante control PID establecido en el programa del PLC.

Figura 20
Control PID.



Nota. Bloque de control PID para el control de nivel.

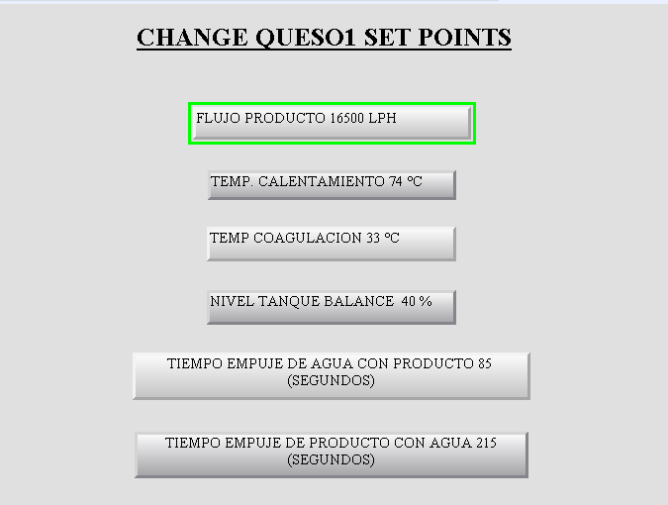
Con el control PID se mantiene de manera constante la variable deseada, es decir, a qué cifra en específico se desea llegar. En este caso la variable deseada puede ser una temperatura, nivel, flujo, etc.
Cada uno de los procesos cuenta con un control PID, en cada uno de ellos podemos establecer los set point, como vemos en las figuras 21 y 22.

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID005

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

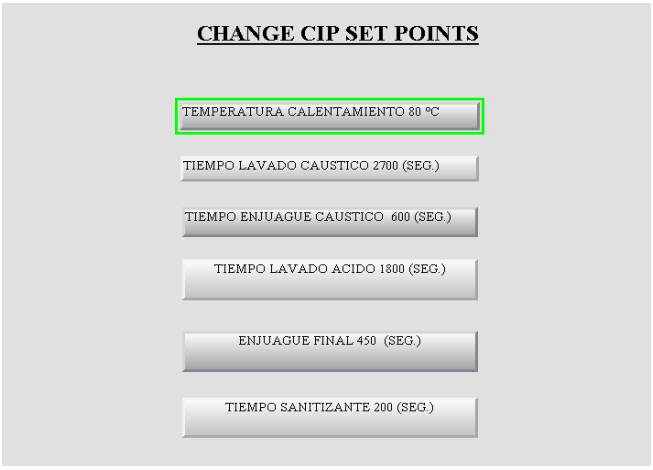
Año: 2025. Volumen: 1. Numero:11 ISSN: 2448-623X

Figura 21
Set point en proceso de queso.



Para el proceso de producción de queso es indispensable mantener los parámetros establecidos por los set point, pues de no ser así, la producción se verá afectada y el producto final será de una calidad inferior a la esperada o, en el peor de los casos, una pérdida total.

Figura 22
Set point de proceso CIP.



En los procesos de pasteurización es indispensable mantener las líneas limpias para una nueva producción. Esto se logra mediante el sistema CIP. Para lograr un buen CIP se deben considerar factores como el tiempo, la temperatura, el flujo y la concentración de la solución. En la figura 22 podemos observar 2 de estas variables a considerar.
Se comprobó que todas estas variables se pueden visualizar y/o modificar a través del PanelView después de realizar la migración del sistema.
La interfaz está diseñada para poder detener actividades para realizar el mantenimiento correspondiente en el sistema. Esto facilita en gran medida el trabajo del personal de mantenimiento de la planta, aunado a eso, es posible realizar alguna reparación sin la necesidad de detener la producción.
Una de las ventajas de esta nueva interfaz es que se puede obtener un registro del llenado de tinas, el cual podemos visualizar como se muestra en la figura 23.

Figura 23
Registro de llenado de tinas.

Llevar estos registros mensuales del llenado de tinas permite monitorear el rendimiento del sistema y llevar un registro de posibles fallas.
Gracias a la implementación de redes AS-i y Ethernet/IP se logra optimizar el nivel de respuesta de los componentes, además, representa un ahorro significativo en costos de cables para la conexión de las válvulas.

Basándonos en datos técnicos de los componentes reemplazados y los nuevos, hay un buen porcentaje de mejora en muchas áreas del sistema.

Tabla 2
Porcentajes de mejora en distintas áreas.

Área de mejora	*% de mejora estimada*	*Descripción*
Velocidad de procesamiento	300%	Ciclos de escaneo más rápido y lógica más eficiente.
Precisión de control de temperatura	30 – 40%	PID más finos, respuesta más ágil en válvulas y bombas.
Cableado	80%	Uso de AS-i reduce drásticamente el cableado.
Tiempo de mantenimiento	40%	Diagnóstico en tiempo real, menor tiempo de paro.
Flexibilidad para futuros cambios	50%	Modularidad en CompactLogix y redes inteligentes.
Reducción de mermas en el producto	25%	Mejor control evita producto fuera de estándar.
Eficiencia en motores	20%	Control de velocidad vía Ethernet/IP optimiza el consumo.

h t t p s : / / d o i . o r g / 1 0 . 6 2 8 0 5 / c i d 2 0 2 5 . C I D 0 0 5

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Estos porcentajes son estimaciones basadas en las fichas técnicas de cada componente, no son datos obtenidos del sistema, recordemos que este porcentaje puede variar dependiendo de las condiciones y factores externos al sistema y con el tiempo disminuir su porcentaje.

Un punto destacable es que gracias a los variadores de frecuencia la eficiencia de los motores puede incrementar hasta un 20%, esto debido a que las prestaciones de un variador son superiores en comparación con arranques tradicionales por medio de una señal eléctrica que activa a un contactor.

La migración de un sistema de control de estas características requiere una inversión de capital algo significativa. En la tabla 3 se observan los costos aproximados del nuevo sistema en comparación con el antiguo.

Tabla 3
Costos de sistema de control.

Componente	*Sistema Actual*	*Costo (USD) Actual*	*Sistema Nuevo*	*Costo (USD) nuevo*
PLC	MicroLogix 1500 Series C	$1,200	CompactLogix L33ERM	$3,200
Fuente de alimentación (24VDC)	Externa	$100	CompactLogix L33ERM	$3,200
Pantalla HMI	PanelView 800	$900	PanelView Plus 7 Performance 15”	$5,000
Control de válvulas	Tarjeta normal	$200	Tarjeta AS-i para 14 válvulas	$900
Maestro AS-i	No aplica		AC1422 IFM	$600
Cableado a válvulas	Cable de 4 hilos	$100	Cable Amarillo AS-i (100m)	$300
Variadores de frecuencia	3 × arrancadores	$600	3 × PowerFlex 525 (10 HP)	$4,500
Switch Ethernet industrial	No aplica		Stratix 2000 (8 puertos)	$500
Módulos de entradas y salidas	Integradas		5069-IB32, 5069-OB32, 5069-OB32 y 5069-OF8	$4,300
Software de programación Studio 5000	RSLogix 500		Studio 5000 Logix Designer	$3,500
Ingeniería e integración	Ya realizada		Programación, pruebas, puesta en marcha	$8,000

IV. CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto se ha demostrado la viabilidad y efectividad de migrar un sistema de control obsoleto a equipos de nueva generación.

El diseño del sistema de control incluye equipos modernos que ofrecen una gran capacidad para expandir el sistema, añadiendo nuevos componentes que mejoren la eficiencia y calidad del proceso.

Con este cambio de componentes el sistema puede mantenerse vigente por lo menos 10 años más gracias a su compatibilidad con nuevos dispositivos e instrumentos. Reducción del 30% en tiempos de ciclo y 25% en consumo energético (según datos de prueba).

Este proyecto puede ser replicado para otros sectores de la industria como lo vimos en la introducción de este artículo, ya que los componentes que utilizamos no son exclusivos del sector alimenticio y se pueden utilizar en todos los sistemas que requieran un proceso automatizado pequeño o a gran escala.

Este proyecto establece un precedente para:

- Migraciones tecnológicas con mínima interrupción operativa
- Protocolos estandarizados de actualización (basados en ISA-88/95)
- Formación de personal técnico en nuevas tecnologías

La arquitectura propuesta sienta las bases para la integración de analítica avanzada (machine learning) y mantenimiento predictivo, alineándose con tendencias globales de digitalización industrial.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial al Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, por el apoyo académico y las facilidades brindadas para la realización de este proyecto. Su compromiso con la formación de profesionales en el área de control y automatización fue fundamental para el desarrollo de este trabajo.

Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a todas las personas involucradas en la ejecución de este proyecto, especialmente a la empresa que depositó su confianza en nuestro equipo para llevar a cabo la migración del sistema de control. Su colaboración y orientación técnica fueron clave para el éxito de esta implementación.

Finalmente, agradecemos a nuestros profesores y colegas por sus valiosos aportes y retroalimentación durante el proceso.

VI. REFERENCIAS

Ayala, P., Gordillo, R., Calvache, E. y López, G. (2011). Automatización de la estación neumática PN-2800 mediante la plataforma CompactLogix de Allen Bradley. *Revista Científica*, 3(1). *http://www.usfq.edu.ec/Publicaciones/Avances/*

Ayora Morocho, D.X. (2015). *Migración, configuración del sistema de control y diseño de la interfaz de operación del proceso de fraccionamiento de aceite* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10336

Caro Cuadros, C. (2019). *Apoyo en la migración de arquitectura Rockwell usada actualmente en las envasadoras ESSI a arquitectura Siemens, determinando cambios en componentes y planos eléctricos* [Tesis de grado, Universidad Pontificia Bolivariana]. http://hdl.handle.net/20.500.11912/8296.

Hernández Espinel, L.C., Llerena Palma, R.J. y Morris Navarro, Y.F. (2013). *Implementación de automatización de proceso de producción de leche ultrapasteurizada. Universidad Tecnológica*, [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Bolívar]

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID005

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

https://repositorio.utb.edu.co/server/api/core/bitstreams/ea6336d6-c314-4105-9438-771a7f5660fa/content

ifm. (s. f.*). Comunicación industrial de fácil implementación: con AS-Interface. Soluciones de automatización de ifm*.[Archivo PDF] https://media.ifm.com/CIP/mediadelivery/asset/86a5ca11281ee0438ba29e0d60c9a023/

Madariaga Anibar, S.A. (2017). *Modernización del Sistema de Control del Evaporador de la Planta de Producción de Leche Evaporada de la Empresa Gloria S.A. – Sede Arequipa.* [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/7ca31e4a-c72d-4f34-8a97-7a5392397754

Odreman Marín, R.E. (2006). *Migración del sistema de control del módulo pasteurizador de cerveza para barriles al sistema ControlLogix* [Proyecto de grado, Universidad Simón Bolívar]. https://www.academia.edu/download/53956028/Pasteurizador_Flash.pdf

Reher García, O., y Navarra Lafuente, L. (2017). Instrumentación Ethernet en procesos industriales. *Endress+Hauser.* https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6011103

Rockwell Automation. (2013). *Sistema CompactLogix.* [Archivo PDF]. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1769-pp010_-es-e.pdf

Rodríguez, I.C.T., González, P.F.H., & Bautista, Z.I.B. (2018). PLC update of a computer-integrated manufacturing system. RISTI - *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (27), 18–35. https://doi.org/10.17013/risti.27.18-35

Valvulinox S.L. (2021, 8 enero). *C-TOP AS-I Cabezal de Control C-TOP AS-I* [Fotografía]. https://www.valvulinox.com/producto/c-top-as-i-cabezal-de-control-c-top-as-i/

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/