

Herramientas para la comunicación de un PLC Siemens S7-1200 y un PLC Allen-Bradley CompactLogix L23E.

(Noviembre de 2024)

Valenzuela Ardila Duvan Jose, Mancilla Lopez Luis Rodrigo, ingeniero mecatrónico, facultad de ingeniería mecatrónica, Universidad Santo Tomas, Bucaramanga, Colombia, duvan.valenzuela@ustabuca.edu.co, luis.mancilla@ustabuca.edu.co.

Resumen - La comunicación de controladores lógicos programables (PLC) son fundamentales para la creación de sistemas de automatización flexibles, eficientes y actualizables, lo que contribuye significativamente a la mejora de la productividad y competitividad en la industria. Este trabajo de investigación se centra en la validación de protocolos de comunicación entre PLCs de marcas SIMATIC y Allen Bradley. Se desarrollará un marco teórico basado en información obtenida de los portales de soporte técnico de ambas marcas, junto con guías prácticas para la configuración y prueba de conexión entre estos equipos. Se crearán dos guías de trabajo las cuales estarán desarrolladas entorno a los equipos disponibles en el laboratorio de automatización de la universidad santo tomas seccional Bucaramanga, una para implementación directa en el laboratorio de automatización y otra orientada a prácticas virtuales debido a limitaciones de hardware. La validación incluirá pruebas de interoperabilidad y fluidez de comunicación, abarcando diversos tipos de datos para asegurar una integración sin problemas entre sistemas de marcas distintas.

Palabras claves: automatización, comunicación, PLC, conexiones, protocolos, allen bradley, siemens.

1

Tools for the communication between a Siemens S7-1200 PLC and an Allen-Bradley CompactLogix L23E PLC.

Abstract – The communication between programmable logic controllers (PLCs) is essential for the development of flexible, efficient, and upgradeable automation systems, which

¹ Artículo científico presentado como opción de grado para optar por el título de ingeniero mecatrónico.

Autor: Duvan Jose Valenzuela Ardila. Perfil, estudiante de ingeniería mecatrónica de la universidad santo tomas seccional Bucaramanga, duvan.valenzuela@ustabuca.edu.co

Director: Luis Rodrigo Mancilla Lopez, ingeniero mecatrónico de la universidad Santo Tomas Seccional Bucaramanga, docente de la universidad Santo tomas seccional Bucaramanga.

significantly enhance productivity and competitiveness in the industry.

This research focuses on validating communication protocols between SIMATIC and Allen Bradley PLCs. A theoretical framework will be developed using information obtained from the technical support portals of both brands, complemented by practical guides for configuring and testing the connections between these devices.

Two work guides will be created, designed around the equipment available in the automation laboratory at Santo Tomás University, Bucaramanga branch. One guide will be intended for direct implementation in the automation laboratory, while the other will be adapted for virtual practices to address hardware limitations.

The validation process will include interoperability and communication fluency tests, encompassing various types of data to ensure seamless integration between systems from different brands.

Keywords: automation, communication, PLC, connections, protocols, Allen Bradley, Siemens.

I. INTRODUCCIÓN

El laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad Santo Tomas, seccional Bucaramanga, es un entorno crucial para el desarrollo de habilidades clave en automatización, gracias a la presencia de PLCs SIEMENS S7-1200 y Allen-Bradley CompactLogix L23E. Estos dispositivos, ampliamente utilizados en la industria, reflejan la creciente demanda de procesos automatizados para optimizar la producción.

La enseñanza de los protocolos de comunicación entre estos PLCs es esencial para preparar a los estudiantes ante los retos del mercado laboral actual. La capacidad de trabajar con distintas marcas de PLCs es una competencia fundamental,

impulsando la necesidad de tecnologías que faciliten la interconexión y el intercambio eficiente de datos entre equipos diversos.

Esta investigación se enfoca en proporcionar a los estudiantes un profundo entendimiento de los protocolos de comunicación entre los PLCs SIEMENS y Allen-Bradley, mediante la elaboración de guías de trabajo basadas en la investigación realizada en los portales de soporte técnico de cada proveedor. El objetivo general es desarrollar guías de laboratorio que detallen la implementación de comunicaciones básicas entre estos PLCs, especificando paso a paso los diferentes protocolos comunes entre ambas marcas. Esto preparará a los estudiantes para satisfacer las necesidades de interoperabilidad de la industria.

II. MATERIALES Y EQUIPOS

Los siguientes elementos son los necesarios para la comunicación de los PLCs presentes en el laboratorio de automatización de la universidad santo tomas, seccional Bucaramanga, utilizando las guías de trabajo desarrolladas en esta investigación:

a) PLC S7-1200 Siemens.

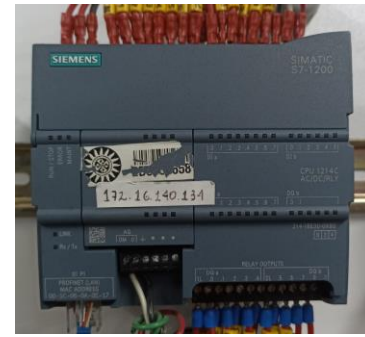
Siemens es una empresa alemana, pionera en el desarrollo de maquinaria automatizada en la década de 1950. La Hannover Messe, una feria de referencia en la exhibición, venta y distribución de tecnología fue el escenario donde se presentaron por primera vez sus avances en controles lógicos programables, destacando el SIMATIC G. [22]

Desde entonces, este PLC industrial ha experimentado una evolución significativa, dando lugar a una gama de productos que abarca desde controladores básicos hasta avanzados. Por ejemplo, el SIMATIC S7-1200 forma parte de la línea básica y es ideal para operaciones con un rendimiento de bajo a medio. [22]

Por otro lado, los PLC avanzados, como el SIMATIC S7-1500, SIMATIC S7-300 y SIMATIC S7-400, ofrecen la capacidad de automatizar líneas de producción completas, gracias a su tecnología de tiempos de respuesta mínimos y lenguajes de programación flexibles. [22]

El laboratorio de automatización de la universidad santo tomas, seccional Bucaramanga cuenta con 12 equipos de PLCs S7-1200 estos dispositivos están instalados en bancos de trabajo que facilitan su uso en prácticas de laboratorio en las áreas de automatización, comunicaciones industriales y control. Están a disposición de cualquier estudiante de pregrado y posgrado de la facultad de ingeniería mecatrónica de la Universidad Santo Tomas.

Figura 1. PLC S71200, 6ES7 214-1BE30-0XB0 Siemens.



Tomado: [Laboratorio de automatización de la Universidad Santo Tomas Seccional Bucaramanga.]

Figura 2. Bancos de trabajo donde están instalados los PLCs siemens S7-1200.



Tomado: [Laboratorio de automatización de la Universidad Santo Tomas Seccional Bucaramanga.]

Datos importantes a tener en cuenta sobre el PLC S7-1200 [«6ES7214-1BE30-0XB0 | Controlador lógico Siemens SIMATIC S7-1200, 16 (14 digitales, 2 analógicas) entradas tipo Analógico, digital, 10] [1].

Tabla 1. Especificaciones PLC S7-1200

Atributo	Valor
Para Uso con	Serie SIMATIC S7-1200
Número de Entradas	16
Tipo de Entrada	Digital, Analógica
Número de Salidas	10
Tipo de Salida	Digital, Relay
Tipo de Red	Ethernet
Tipo de Puerto de Comunicación	Ethernet
Idioma de Programación Utilizado	FBD, Ladder Logic, control del sistema
Número de Puertos de Comunicación	1
Corriente de Salida	2 A
Memoria	4 MB

Tomado: [1].

b) PLC Allen-Bradley CompactLogix L23E

Allen-Bradley es una compañía estadounidense establecida en 1970, se ha consolidado como una de las marcas de PLC más populares en la industria. Al igual que otras compañías del sector, ofrece sistemas de control lógico programable en diversos tamaños y con diferentes requisitos, adaptándose a las necesidades específicas de cada usuario. [22]

Su catálogo incluye PLCs de tamaño micro, pequeño y grande, además de un sistema de control distribuido que optimiza el control de la tecnología en una planta de producción completa. Un aspecto notable de sus productos es la eficiencia energética y espacial, lo que los posiciona entre los PLC más eficientes del mercado. [22]

El laboratorio de automatización de la Universidad Santo Tomas, seccional Bucaramanga cuenta con 5 equipos de la empresa rockwell automation los cuales se encuentran instalados en bancos de trabajo que facilitan su uso y el desarrollo de prácticas de laboratorio en las áreas de automatización, comunicaciones industriales y control. Están a disposición de cualquier estudiante de pregrado y posgrado de la facultad de ingeniería mecatrónica de la Universidad Santo Tomas.

Figura 3. PLC CompactLogixL23E



Tomado: [Laboratorio de automatización de la Universidad Santo Tomas Seccional Bucaramanga.]

Datos importantes a tener en cuenta sobre el PLC CompactLogixL23E [1769-L23E-QB1B | controlador empaquetado de Allen-Bradley, serie A (COMPACTLOGIX, 16 DIGITAL INPUTS, 16 DIGITAL OUTPUTS, 512KB USER MEMORY), comunicación por medio de ETHERNET/IP, RS-232] [2].

Tabla 2. Especificaciones PLC 1769-l23E-QB1B

Manufacturer	Rockwell Automation / Allen-Bradley
No. of Embedded Inputs:	(16) 24 VDC
No. of Program per Task:	100
No. of Task:	32 Task
Maximum number of I/O modules supported:	3 1769 Modules
Supported Protocols:	Ethernet I/P; DF1; DH485; ASCII
Communication ports:	1 Ethernet I/P; 1 RS232
Product Type:	CompactLogix Controller
Programming Language:	Relay ladder (Safety Task only); Structured Text; Function block; SFC
Mounting:	DIN Rail
Current draw @ 5V DC:	1000 mA
Current draw @ 24V DC:	700 mA
Brand	Allen-Bradley
Part Number/Catalog No.	1769-L23E-QB1B

Tomado: [3]

Tabla 3. Especificaciones PLC 1769-l23E-QB1B

Línea de producto	CompactLogix
Tipo de módulo	Módulo de procesador
Comunicación	Serie y Ethernet
Memoria	512KB
Peso de envío	3 libras
Dimensiones de envío	11x8x6 pulgadas
Serie	A y B
Número de pieza del bloque de terminales de repuesto	1769-RTBN18
Tipo de alambre	Cobre-90 grados Celsius
Tamaño del cable (sólido)	22 a 14 CAE
Tamaño del cable (trenzado)	22 a 16 CAE
Batería	1769-BA
Tapa final	1769-REC
UPC	10612598350763

Tomado: [3].

C) Equipos computacionales

El laboratorio de la Universidad Santo Tomas Seccional Bucaramanga está equipado con computadoras capaces de ejecutar el software desarrollado por Allen Bradley y Siemens para la programación de sus PLCs. La fluidez de estos equipos facilita la realización de prácticas de laboratorio y la comunicación entre los PLCs, agilizando el proceso y

mejorando la eficiencia en las actividades realizadas en el laboratorio.

D) Software TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), desarrollado por Siemens, se presenta como un entorno de ingeniería integral que utiliza diversas herramientas para la automatización y el control de sistemas industriales. Esta plataforma permite a los estudiantes realizar tareas de configuración, programación, prueba y diagnóstico de PLCs de Siemens, dispositivos HMI y otros componentes de automatización dentro de un entorno unificado. [21]

Una de sus principales ventajas es la capacidad de combinar diferentes herramientas de ingeniería en una única plataforma, lo que incluye la programación de PLCs, el diseño de interfaces HMI y la configuración de redes. Además, TIA Portal soporta varios lenguajes de programación, como Ladder Logic (LAD), Function Block Diagram (FBD) y Structured Text (ST), entre otros, lo que lo convierte en una herramienta versátil y adaptable a diversas necesidades de automatización. La integración completa que ofrece este entorno permite la comunicación fluida entre dispositivos y sistemas, facilitando el intercambio de datos y mejorando la eficiencia operativa. TIA Portal también destaca por sus avanzadas herramientas de diagnóstico y mantenimiento, que contribuyen a la detección temprana de fallos y al mantenimiento predictivo, reduciendo así el tiempo de inactividad. [21]

Las capacidades de simulación que proporciona permiten a los ingenieros probar programas y configuraciones en un entorno virtual antes de su implementación en el hardware real, lo que minimiza errores y optimiza los procesos. Por último, su escalabilidad lo hace compatible con una amplia gama de productos de Siemens, desde aplicaciones simples hasta soluciones de automatización complejas, consolidándolo como una herramienta esencial en la industria para el desarrollo de soluciones de automatización eficientes y confiables. [21]

C) Software Studio 5000 Logix Designer

Studio 5000 Logix Designer es un entorno de desarrollo integrado (IDE) desarrollado por Rockwell Automation, diseñado para la programación, configuración y mantenimiento de Controladores Lógicos Programables (PLC) de la serie Logix, como CompactLogix y ControlLogix. Este software es una herramienta fundamental en la automatización industrial, ya que permite un entorno de desarrollo unificado que integra todas las herramientas necesarias para la programación de PLCs, la configuración de redes industriales, y la gestión de dispositivos. Esto facilita el flujo de trabajo y la coherencia en el diseño de proyectos. [23]

El software cuenta con programación estructurada la cual soporta múltiples lenguajes de programación estandarizados por IEC 61131-3, como Ladder Logic, Function Block Diagram, Structured Text, y Sequential Function Chart,

proporcionando flexibilidad en el desarrollo de aplicaciones. También nos ofrece herramientas avanzadas de simulación, lo que permite a los ingenieros probar y verificar la lógica de control sin necesidad de hardware físico, reduciendo así los tiempos de desarrollo y los costos asociados. [23]

Entre sus características esta:

- **Configuración de Redes:** Permite la configuración y gestión de redes industriales como EtherNet/IP y ControlNet, asegurando una comunicación eficiente y fiable entre dispositivos en un entorno de automatización. [23]
- **Integración de Dispositivos:** Facilita la integración de diversos dispositivos y componentes del sistema, permitiendo una interoperabilidad sin problemas entre diferentes equipos y módulos de automatización. [23]
- **Gestión de Bibliotecas:** Ofrece la posibilidad de crear y gestionar bibliotecas de código reutilizable, lo que mejora la eficiencia en el desarrollo de proyectos repetitivos o con funcionalidades comunes. [23]

E) Software KEPServerEX

Es una plataforma de software que facilita la conectividad y comunicación entre diferentes dispositivos industriales y sistemas de automatización. Permite la integración y gestión eficiente de datos provenientes de distintos controladores y protocolos, lo que es esencial para el monitoreo, control y análisis en entornos de manufactura y automatización industrial. KEPServerEX es ampliamente utilizado en la industria para garantizar la interoperabilidad entre equipos de diversos fabricantes, incluyendo PLCs de marcas como Siemens y Allen-Bradley, mediante el uso de distintos protocolos de comunicación como OPC, Modbus, y Ethernet/IP. [24]

F) Software node red

Node-RED es un entorno de programación visual que permite a los usuarios diseñar y desplegar aplicaciones mediante la interconexión de bloques funcionales (nodos) en un editor gráfico basado en navegador. Es particularmente útil en proyectos de automatización, IoT, y control industrial, ya que facilita la integración de dispositivos y servicios a través de protocolos estándar como MQTT, HTTP, y OPC-UA, entre otros. Node-RED simplifica el desarrollo de flujos de trabajo complejos al permitir la creación de lógicas de control y procesamiento de datos sin necesidad de programación extensa, lo que lo convierte en una herramienta accesible y poderosa para ingenieros y desarrolladores en el ámbito de la automatización. [25]

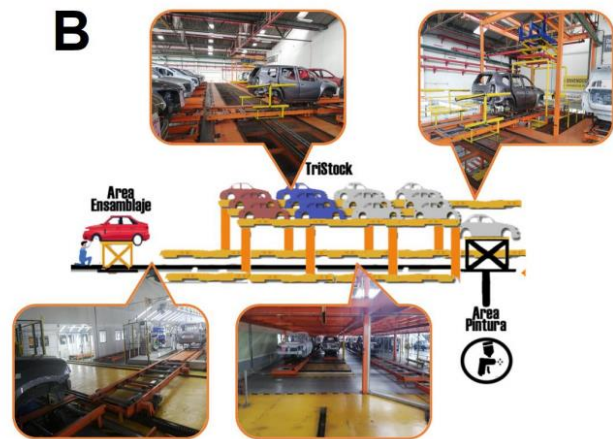
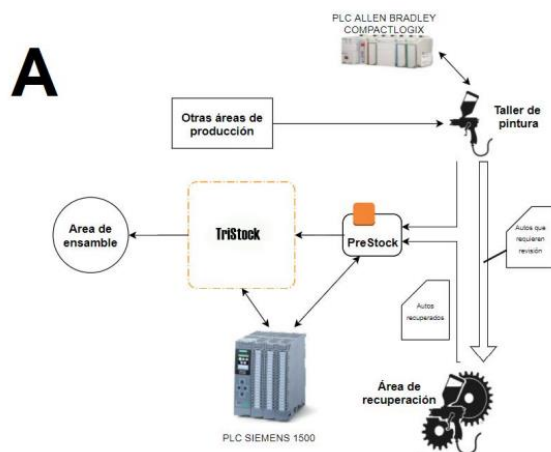
III. ESTADO DEL ARTE

En la siguiente sección mediante una revisión bibliográfica con una ventana de 5 años se le da a conocer al lector algunos proyectos donde se utilizan distintas herramientas para la comunicación de plc's de diferentes marcas, con el fin de mostrar algunas de las aplicaciones y soluciones que pueden llegar a tener estas comunicaciones en diferentes ámbitos.

- a) “Desarrollo de un driver basado en APIs para hacer interfaz entre PLCs Rockwell-CompactLogix y Siemens con sistemas de información de alto nivel a través del protocolo Ethernet/IP” [4]

En Renault SOFASA (Colombia), se realizó una inversión para modernizar la planta y mejorar los procesos productivos, específicamente en el paso de las cabinas de automóviles desde el área de pintura hasta el ensamblaje. Se implementó una nueva sección llamada TriStock a finales de 2019 para actuar como un acopio de cabinas y resolver contratiempos en la línea de producción. Sin embargo, se identificó un error crítico en la operación: un mal posicionamiento de las cabinas al entrar al TriStock desde dos puntos diferentes, causando paros en la producción de hasta dos horas y media. Este problema motivó la necesidad de comunicar las áreas de pintura y ensamblaje las cuales operan con PLCs de diferentes fabricantes, con un sistema de información de alto nivel, para tomar decisiones en tiempo real y minimizar errores en la línea de producción. [4]

Figura 4. Áreas de la planta de producción afectadas y TriStock: (A) diagrama de bloques del proceso y (B) diagrama con fotos de la estructura del TriStock. [4]



Tomado: [4]

Se presentan varias soluciones para este problema, como el uso de software licenciado por Rockwell, dispositivos de Opto 22 para la comunicación entre PLCs, entre otras, las cuales presentan altos costos y no brindan la seguridad adecuada en la protección de datos que requiere la empresa. [4]

Frente a este panorama los estudiantes de la universidad cooperativa de Colombia sede Medellín optan por el desarrollo de un driver en Node.js con interfaz API REST para conectar PLCs de diferentes fabricantes con el sistema corporativo. La implementación de esta última solución muestra resultados positivos al reducir significativamente los paros en la producción y mejorar la eficiencia en las áreas de pintura y ensamblaje. Esto resalta la importancia de desarrollar soluciones alternativas eficientes y de bajo costo para problemas de comunicación en la industria, especialmente cuando se trata de integrar PLCs de diferentes fabricantes con sistemas corporativos para mejorar la eficiencia y la productividad. [4]

- b) “Implementación de un sistema de control para regular la velocidad y posición de motores industriales utilizando el protocolo de comunicación OPC” [5]

En este artículo de investigación, los estudiantes de la Universidad Industrial de Santander implementaron el protocolo de comunicación OPC entre el software matemático Matlab y la plataforma de programación gráfica LabView. Este protocolo permitió enlazar ambos softwares con dos controladores lógicos programables (PLC): Siemens S7-300 y Allen Bradley ControlLogix 5566, además de una estación de trabajo Festo. [5]

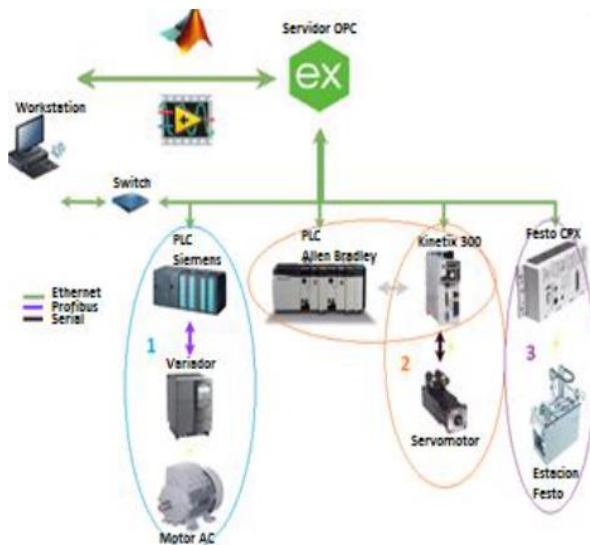
En cada programa se implementaron tres técnicas de control: PID, lógica difusa y LQG, para regular la velocidad de un motor AC acoplado a un generador DC y controlar la posición de un servomotor industrial de la marca Rockwell. Se analizó el tiempo de respuesta obtenido con cada enlace de comunicación, así como las ventajas del protocolo OPC y de cada software utilizado. [5]

Figura 5. Equipos utilizados.



Tomado: [5]

Figura 6. Enlace de los equipos y los softwares.



Tomado: [5]

La conclusión del artículo respecto a la comunicación por medio de OPC, lo describe como una herramienta sumamente útil, ya que permite integrar diferentes tecnologías (Siemens, Allen Bradley y Festo) en una única interfaz HMI. Esto posibilita el control de una cantidad significativa de dispositivos conectados a una red, y además, permite la utilización de software como Matlab y LabView. Estos programas están diseñados para cálculos y diseños más complejos, como el control LQG y el control difuso, que superan las capacidades de un PLC convencional. [5]

IV MARCO CONCEPTUAL.

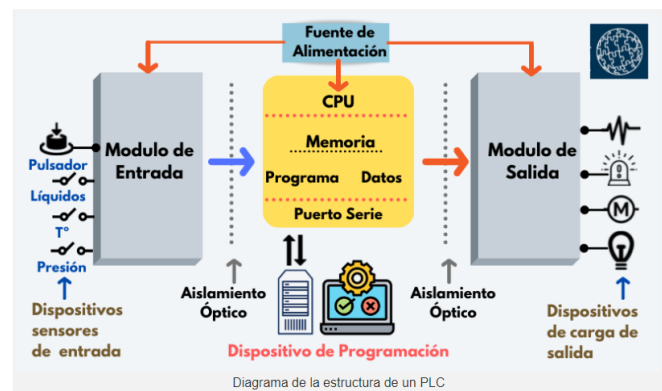
En esta sección, se presentan al lector los conceptos fundamentales necesarios para comprender y desarrollar adecuadamente las guías de laboratorio creadas a partir de esta investigación.

a) Autómata Programable o PLC

Un Controlador Lógico Programable (PLC) puede considerarse el cerebro de una fábrica. Este dispositivo se encarga de tomar decisiones y controlar las máquinas en una línea de producción llena de equipos y cintas transportadoras. Programado específicamente para diferentes tareas, un PLC recibe señales de sensores que, por ejemplo, detectan la presencia de una botella en la cinta transportadora en una fábrica de alimentos. Según su programación, el PLC puede decidir cuándo activar un brazo robótico para mover los envases a la siguiente fase o cuándo abrir una válvula para llenarlas en el momento preciso. Todo este proceso se realiza de manera automática, sin la necesidad de intervención humana en cada paso. [6]

Además, un PLC está diseñado para ser robusto y operar en condiciones industriales difíciles, como altas temperaturas y entornos con mucho polvo. Su alta confiabilidad garantiza que las máquinas funcionen de manera segura y eficiente. En resumen, un PLC actúa como el cerebro que permite que todos los procesos en una fábrica se desarrollen sin contratiempos, tomando decisiones rápidas y precisas para el control del equipo y los procesos de producción. [6]

Figura 7. Diagrama de la estructura de un PLC.



Tomado [6]

Los PLCs pueden ser programados usando lenguajes específicos, como Ladder Logic, Structured Text, o Functional Block Diagram, lo que permite una gran flexibilidad en el control de procesos.

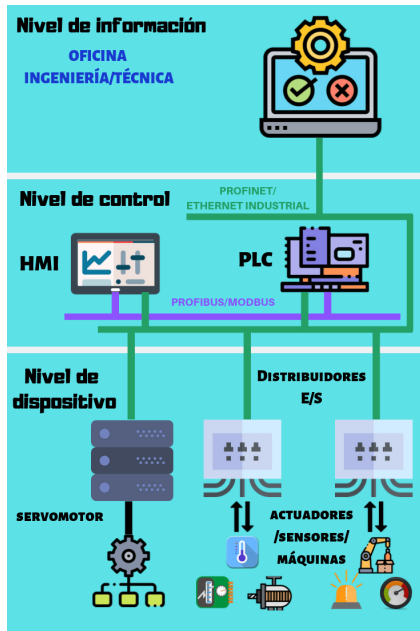
b) Comunicaciones industriales

Las comunicaciones industriales se refieren a los métodos y protocolos utilizados para intercambiar datos y controlar procesos entre dispositivos y sistemas dentro de un entorno industrial. Estas comunicaciones son esenciales para garantizar que los diversos componentes de un sistema

automatizado puedan funcionar de manera coordinada y eficiente. [7]

En un entorno industrial, las comunicaciones se utilizan para conectar controladores lógicos programables (PLCs), sistemas de control distribuido (DCS), interfaces hombre-máquina (HMI), sensores, actuadores y otros dispositivos. La finalidad de estas comunicaciones es facilitar el monitoreo, control y automatización de procesos industriales complejos. [7]

Figura 8. Arquitectura de una red de comunicación industrial



Tomado [8]

b) Topologías de red

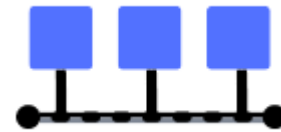
Las topologías de red se refieren a la disposición física o lógica de los dispositivos y los enlaces de comunicación en una red. En un entorno industrial, la topología de red es crucial para determinar cómo se interconectan los diversos dispositivos, como controladores lógicos programables (PLCs), sensores, actuadores, interfaces hombre-máquina (HMI) y otros equipos. La elección de una topología de red adecuada puede influir significativamente en la eficiencia, fiabilidad y capacidad de expansión del sistema de control industrial. [9]

Existen 5 topologías básicas para la interconexión de equipos las cuales son:

- **Topología de bus:** La topología en bus se caracteriza por conectar todos los dispositivos en serie a un único cable de comunicación, conocido como bus. Entre sus ventajas destacan la facilidad de implementación y la reducción en el uso de cableado, lo que la convierte en una opción económica y sencilla de expandir. Sin embargo, esta configuración presenta desventajas significativas, como la vulnerabilidad a

fallos: si el cable principal se daña, toda la red queda inoperativa. Además, puede haber problemas de colisión de datos cuando varios dispositivos intentan comunicarse al mismo tiempo, lo que puede afectar el rendimiento de la red, este tipo de conexión se puede aplicar en sistemas simples y de bajo costo donde la simplicidad es crucial, como en pequeñas líneas de ensamblaje. [9]

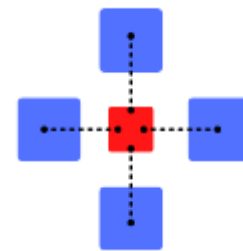
Figura 9. Dispositivos conectados en serie (topología bus).



Tomado [9].

- **Topología en estrella:** es una configuración en la que todos los dispositivos están conectados a un dispositivo central, como un switch o hub. Esta estructura presenta varias ventajas, como la facilidad de gestión y localización de fallos, ya que, si un enlace falla, no afecta al resto de la red. Sin embargo, también tiene desventajas: el dispositivo central representa un punto único de fallo, y, además, requiere más cableado en comparación con la topología en bus, esta topología se encuentra comúnmente en sistemas SCADA donde la facilidad de gestión y la identificación rápida de fallos son importantes. [10]

Figura 10. Dispositivos conectados en estrella

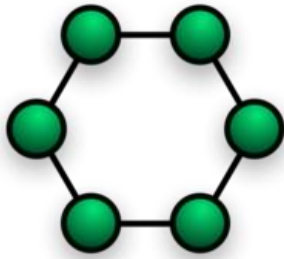


Tomado: [9]

- **Topología en anillo:** se caracteriza por la conexión de los dispositivos en una estructura circular, donde cada dispositivo tiene exactamente dos conexiones, formando un bucle cerrado. Entre sus ventajas, destaca la facilidad para la detección de fallos y la posibilidad de ofrecer redundancia mediante la implementación de un anillo dual. Sin embargo, presenta desventajas significativas, como el hecho de que un fallo en cualquier enlace o dispositivo puede afectar a toda la red. Además, su implementación y mantenimiento pueden ser complejos, requiriendo una gestión cuidadosa para garantizar un funcionamiento óptimo, se implementa frecuentemente en redes que requieren alta

disponibilidad y baja latencia, como en sistemas de control de procesos críticos. [11]

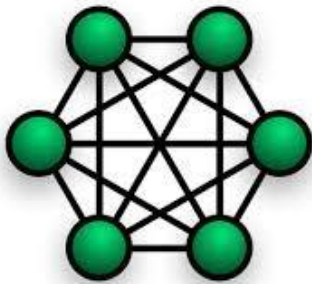
Figura 11. Dispositivos conectados en anillo



Tomado: [11]

- **Topología en malla:** se caracteriza por conectar cada nodo a todos los nodos, creando múltiples caminos para la transmisión de datos. Esta configuración ofrece una alta redundancia y fiabilidad, ya que un fallo en un enlace no afecta la comunicación debido a los diversos caminos alternativos disponibles. Sin embargo, la implementación de esta topología es costosa y compleja debido a la gran cantidad de cableado y las configuraciones necesarias, es Ideal para aplicaciones que no pueden permitirse fallos, como en redes de comunicación de plantas grandes y complejas. [12]

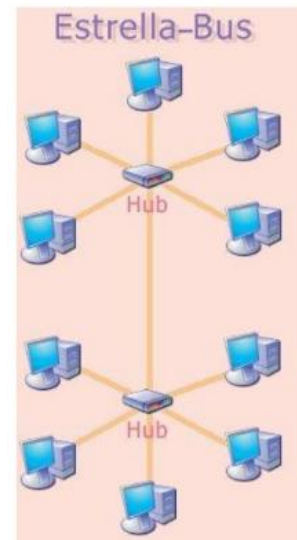
Figura 12. Dispositivos conectados en red de malla



Tomado: [13]

- **Topología híbrida:** es una configuración que combina dos o más topologías básicas con el objetivo de aprovechar sus ventajas y minimizar sus desventajas. Una de las principales ventajas de esta topología es su flexibilidad, ya que permite adaptarse a diferentes necesidades y configuraciones específicas de una planta industrial. Sin embargo, presenta desventajas como el aumento en la complejidad del diseño y la implementación, así como un incremento en los costos asociados, se aplica en grandes instalaciones industriales donde se necesitan las ventajas combinadas de diferentes topologías para satisfacer requisitos específicos. [14]

Figura 13. Ejemplo de conexión híbrida



Tomado [14]

c) Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación son un conjunto de normas y reglas establecidas que permiten la transferencia de datos entre dispositivos y sistemas dentro de una red. Estos protocolos son esenciales para garantizar que la información se transmita de manera precisa, eficiente y segura, facilitando la comunicación entre diferentes equipos, controladores y sistemas en un entorno industrial. En el ámbito de la automatización industrial, los protocolos de comunicación juegan un papel crucial al permitir la interoperabilidad entre equipos de distintas marcas y fabricantes. Entre los protocolos más utilizados se encuentran Ethernet/IP, Modbus, PROFIBUS y OPC, entre otros, cada uno con características y aplicaciones específicas que los hacen adecuados para diversos escenarios de comunicación en plantas industriales. Estos protocolos no solo aseguran la integridad y la sincronización de los datos, sino que también contribuyen a la optimización de procesos y la mejora de la eficiencia operativa. [15]

V. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

En esta sección se le da a conocer al lector las características fundamentales de los protocolos de comunicación utilizados para el correcto desarrollo de las guías de laboratorio desarrolladas a partir de la investigación.

a) Ethernet/IP (Ethernet Industrial Protocol)

Es un protocolo de comunicación industrial basado en la tecnología Ethernet estándar, desarrollado por Rockwell Automation y gestionado por ODVA. Entre sus características principales se incluyen:

- **Base en Ethernet:** Utiliza la infraestructura Ethernet estándar, facilitando la integración con otros sistemas y tecnologías de la información.

- **Transporte de Datos en Tiempo Real:** Maneja datos cíclicos y acíclicos, cruciales para aplicaciones industriales, mediante el Protocolo de Datos Comunes de Industrias (CIP).
- **CIP (Common Industrial Protocol):** Define servicios y objetos que aseguran la interoperabilidad y compatibilidad entre diferentes equipos y fabricantes.
- **Compatibilidad y Estándares:** Compatible con una amplia gama de dispositivos industriales y sigue los estándares de la IEEE.
- **Seguridad y Fiabilidad:** Ofrece autenticación, autorización, encriptación de datos, mecanismos de recuperación de fallos y redundancia para asegurar la continuidad operativa.
- **Diagnóstico y Mantenimiento:** Proporciona herramientas avanzadas de monitorización en tiempo real para la detección de fallos y mantenimiento preventivo.
- **Escalabilidad:** Permite la expansión de la red según las necesidades, adaptándose a diferentes tamaños y complejidades de sistemas. [18]

Estas características hacen de Ethernet/IP una opción versátil y robusta para la comunicación y automatización en entornos industriales. [16]

Topologías utilizadas por el protocolo Ethernet/IP: Anillo, Bus, Estrella.

b) Modbus

Es un protocolo de comunicación de datos que se utiliza en redes de automatización industrial para conectar dispositivos electrónicos. Originalmente desarrollado por Modicon (ahora Schneider Electric) en 1979, Modbus permite la comunicación entre muchos dispositivos conectados a la misma red, como un sistema que mide y transfiere datos entre sensores y computadoras. Su simplicidad y facilidad de implementación lo han convertido en uno de los protocolos más populares en la industria. [17]

Modbus es un protocolo de comunicación que opera en varios modos, siendo los más comunes el Modbus RTU, Modbus ASCII y Modbus TCP/IP. El Modbus RTU utiliza la transmisión de datos en formato binario, lo que lo hace eficiente en el uso del ancho de banda y robusto ante entornos industriales ruidosos, reduciendo el riesgo de errores en la comunicación. Por otro lado, el Modbus ASCII transmite datos en formato ASCII, lo que facilita su lectura y depuración, aunque es menos eficiente en términos de ancho de banda que el Modbus RTU. Finalmente, el Modbus TCP/IP extiende la funcionalidad de Modbus a redes Ethernet,

permitiendo la comunicación a través de redes IP. Este modo es especialmente útil para aplicaciones que requieren integración con sistemas de TI y acceso remoto, brindando una mayor flexibilidad y versatilidad en la comunicación. [18]

Algunas características del protocolo modbus son:

- **Simplicidad y Facilidad de Implementación:** La simplicidad del protocolo facilita su implementación en dispositivos con recursos limitados. [18]
- **Compatibilidad y Estándar Abierto:** Modbus es un estándar abierto, lo que permite su implementación en dispositivos de diferentes fabricantes sin problemas de licencia. [18]
- **Flexibilidad:** Puede operar en diferentes medios de transmisión, como cables RS-485, RS-232 y Ethernet. [18]
- **Capacidad de Direccionamiento:** Modbus RTU y ASCII están limitados a 247 dispositivos esclavos por maestro, lo que puede ser una restricción en redes muy grandes. [18]
- **Seguridad:** La versión básica de Modbus no incluye características de seguridad como encriptación o autenticación, lo que lo hace vulnerable a ataques si no se implementan medidas de seguridad adicionales. [18]

Modbus sigue siendo una opción muy común en la industria debido a su robustez, simplicidad y amplia aceptación, haciendo de este protocolo una herramienta fundamental para la comunicación en redes de automatización industrial. [18]

Topologías utilizadas por el protocolo Modbus: Bus, Estrella, Anillo, Árbol, Malla.

c) Process Field Bus (PROFIBUS)

Es un estándar de comunicación utilizado en redes de automatización de procesos y manufactura. Desarrollado por Siemens y estandarizado por la IEC, PROFIBUS permite la transmisión de datos y control entre dispositivos de campo y sistemas de control. Es conocido por su alta velocidad de comunicación y su capacidad para integrar dispositivos de diferentes fabricantes, lo que facilita la interoperabilidad y la flexibilidad en el diseño de sistemas industriales. [19]

La arquitectura de PROFIBUS se basa en el modelo Maestro-Eslavo, donde el maestro (o controlador) se comunica con múltiples dispositivos esclavos (o periféricos) para monitorear y controlar procesos. Esta arquitectura permite la configuración flexible de redes con diferentes tipos de dispositivos y ofrece un alto grado de control y supervisión,

lo que lo hace adecuado para entornos industriales complejos y dinámicos. [19]

Tipos de PROFIBUS:

- **PROFIBUS DP (Decentralized Periphery):** Utilizado principalmente para la comunicación entre dispositivos de campo y sistemas de control en tiempo real. Es ideal para aplicaciones que requieren una alta velocidad de transmisión de datos, como en la industria de procesos.[19]
- **PROFIBUS PA (Process Automation):** Diseñado específicamente para aplicaciones en la industria de procesos, como la medición y el control de variables como presión, temperatura y caudal. PROFIBUS PA utiliza técnicas de transmisión robustas para garantizar la fiabilidad en entornos industriales exigentes. [19]

Características Principales de PROFIBUS:

- **Velocidad de Comunicación:** PROFIBUS ofrece velocidades de transmisión de datos que van desde 9.6 kbps hasta 12 Mbps en su versión DP. Esto permite una comunicación rápida y eficiente entre dispositivos en tiempo real. [19]
- **Diagnósticos Avanzados:** El protocolo PROFIBUS incluye capacidades avanzadas de diagnóstico que permiten detectar fallos, identificar problemas y realizar mantenimiento predictivo en dispositivos conectados a la red. Esto contribuye a una mayor disponibilidad y fiabilidad del sistema. [19]
- **Flexibilidad y Escalabilidad:** PROFIBUS es altamente flexible y escalable, lo que significa que puede adaptarse a diferentes requisitos de aplicaciones y crecer conforme a las necesidades de la planta industrial. Además, es compatible con una amplia variedad de dispositivos y equipos de diferentes fabricantes.[19]

En resumen, PROFIBUS es un protocolo de comunicación robusto, rápido y versátil que ofrece una amplia gama de funcionalidades para la automatización industrial, desde el control en tiempo real hasta el monitoreo de procesos y la seguridad funcional. Su uso extendido en diversas industrias es testimonio de su eficacia y confiabilidad en entornos industriales exigentes. [19]

Topologías utilizadas por el protocolo Modbus: Bus, Estrella, Anillo, Árbol, Malla.

d) *OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control).*

Es un protocolo de comunicación independiente de la plataforma y centrado en la interoperabilidad. Desarrollado

por la OPC Foundation, OPC permite el intercambio seguro y confiable de datos en entornos industriales. A diferencia de sus predecesores, OPC no solo se centra en la transmisión de datos de proceso, sino que también abarca la semántica y la seguridad, proporcionando una arquitectura escalable que puede integrarse con sistemas de nivel empresarial y de control. [20]

OPC se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones industriales, destacándose en varios campos clave. En el monitoreo y control de procesos, OPC permite la recolección y análisis de datos en tiempo real, optimizando así la operación de procesos industriales. En cuanto a la integración de sistemas empresariales, facilita la conexión entre sistemas de control y aplicaciones empresariales como ERP (Enterprise Resource Planning) y MES (Manufacturing Execution Systems), mejorando la eficiencia y la gestión de recursos. Además, OPC-UA es fundamental en aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT), conectando y gestionando dispositivos y sensores distribuidos en diversas ubicaciones para lograr una operación más coordinada y eficiente. Por último, en el ámbito del mantenimiento predictivo, OPC permite la recolección y análisis de datos de maquinaria y equipos, lo que ayuda a predecir fallos y a programar mantenimientos preventivos, reduciendo así el tiempo de inactividad y los costos operativos.

Características de OPC:

- **Interoperabilidad:** Permite la integración de dispositivos y sistemas de diferentes fabricantes, mejorando la interoperabilidad y reduciendo la dependencia de proveedores específicos. [20]
- **Reducción de Costos:** Al permitir la integración directa de dispositivos y sistemas, se reducen los costos asociados con la implementación de interfaces propietarias y se simplifica la arquitectura del sistema. [20]
- **Mejora en la Toma de Decisiones:** La capacidad de definir modelos de información ricos y detallados permite una mejor comprensión y análisis de los datos, lo que facilita la toma de decisiones informadas y precisas. [20]
- **Flexibilidad y Adaptabilidad:** La independencia de la plataforma y la escalabilidad permiten que OPC se adapte a diferentes necesidades y entornos, desde pequeñas instalaciones hasta grandes plantas industriales. [20]

Topologías utilizadas por el protocolo Profibus: Bus, Estrella, Anillo, Árbol, Malla, híbrida.

VI. METODOLOGIA

Realizada la investigación y dejando claro todos los conceptos básicos sobre las comunicaciones industriales y enfocándonos en la conexión de equipos de diferentes marcas nos dirigimos a los portales de siemens y allen bradley para descargar los respectivos software y llevar a cabo la realización de la guías de trabajo, el paso a paso de las comunicaciones y la implementación de las herramientas para la comunicación de plc's de diferentes marcas estarán explicadas detalladamente en las guías trabajo las cuales se dejaron en los anexos de este documento.

VII. Conclusiones

Las herramientas que ofrece el laboratorio de automatización industrial de la Universidad Santo Tomas nos permiten realizar la comunicación entre los plc's siemens S7-1200 y el plc compact Logix L23E por medio de software como lo evidencia la guía 1, donde las comunicaciones se realizan por medio de kepsserver y node red.

La segunda guía se planteó para comunicar a los plc's s7-1200 y compactlogix l23e por medio de los protocolos modbus y profibus por medio de simulación, esta no se puede realizar debido a que el software Studio 5000 Logix Designer de rockwell no permite la configuración de una ip propia en la creación de un plc virtual. Para realizar esta práctica en el laboratorio de automatización de la universidad Santo Tomas seccional Bucaramanga se deben adquirir los equipos físicos. Mediante una revisión de las ofertas que hay en el mercado de la automatización y comunicaciones industriales se sugiere la compra de los elementos necesarios para la práctica, los cuales quedaran propuestos en la guía 2 junto con un paso a paso de cómo deben ir las configuraciones de estos para lograr la comunicación.

En la segunda guía se propone la adquisición de los módulos MVI56E-MCM/MCMXT y ILX56-PBM de la marca ProSoft Technology, acompañados de sus respectivas cotizaciones para facilitar su compra. ProSoft Technology, reconocida a nivel mundial en el ámbito de la automatización, se destaca por su experiencia y especialización exclusiva en comunicaciones industriales, lo que garantiza la alta eficiencia de sus equipos. Por estas razones, se sugiere la adquisición de los módulos mencionados, diseñados específicamente para integrarse con una amplia variedad de PLCs de la familia ControlLogix de Rockwell Automation. Esto ampliaría las posibilidades de adquisición de un nuevo PLC para el laboratorio de automatización de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga, ya que el equipo CompactLogix L23E actualmente disponible no permite la adición de módulos en su hardware. [26]

Futuros proyectos

Gestionar la adquisición de los equipos necesarios para comunicar los plc's de la sala de automatización por medio de los protocolos modbus y profibus. Y validar mediante pruebas que las comunicaciones funcionen de manera correcta.

A partir de las conclusiones encontradas en esta investigación se puede plantear una librería que permita al software Studio 5000 Logix Designer de rockwell la configuración de una ip propia en la creación de un plc virtual. Para poder implementar una guía de laboratorio que permita el desarrollo de comunicaciones virtuales entre plc's de diferentes marcas empleando protocolos de comunicación como MODBUS y PROFIBUS, permitiendo a los estudiantes adquirir estas competencias sin tener que incurrir en gastos de equipos costosos.

REFERENCIAS:

- [1] Universidad Santo Tomás. [En línea]. Disponible: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/50602/2023/williamtapias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] RADWELL. [En línea]. Disponible: <https://www.radwell.com/es-ES/Buy/ALLEN%20BRADLEY/ALLEN%20BRADLEY/1769-L23E-QB1B>
- [3] DOSupply. [En línea]. Disponible: <https://www.dosupply.com/automation/allen-bradley-plc/compactlogix-1769/1769-L23E-QB1B>
- [4] Repositorio Institucional UCC: Inicio. [En línea]. Disponible: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/46c5a19d-eda5-46c7-9df8-fdec8f159947/content>
- [5] "Implementación de un sistema de control para regular la velocidad y posición de motores industriales utilizando el protocolo de comunicación OPC | Revista UIS Ingenierías". Portal de Revistas UIS. [En línea]. Disponible: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/9046>
- [6] "Qué es un PLC, cómo funciona y por qué se utilizan". Soluciones Integrales para la Industria 4.0. [En línea]. Disponible: <https://www.sicma21.com/que-es-un-plc/>
- [7] "Redes de comunicaciones industriales". Google Books. [En línea]. Disponible: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4TKJ9IpMSJEC&oi=fnd&pg=PP1&dq=comunicaciones+industriales&ots=gVzwyuNryu&sig=cw37yX_jdPzSPgOVdHxa7IzJxPE#v=onepage&q=comunicaciones%20industriales&f=false
- [8] "Qué son las redes de comunicación industrial y cómo funcionan". aula21 | Formación para la Industria. [En línea]. Disponible: <https://www.cursosaula21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/>
- [9] "Redes de Comunicación Industrial: Todo lo que necesitas saber". Soluciones Integrales para la Industria 4.0. [En línea]. Disponible: <https://www.sicma21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/#:~:text=redes%20en%20serie,-Topologías%20de%20red%20industrial:%20qué%20son,%20tipos%20y%20características,las%20redes%20de%20comunicación%20industrial.>
- [10] "Topologías de red: ¡todo lo que necesitas saber!" Tokio School. [En línea]. Disponible: <https://www.tokioschool.com/noticias/topologias-red/#:~:text=Topología%20de%20Estrella,estaciones%20se%20comunican%20entre%20sí.>
- [11] Colaboradores de los proyectos Wikimedia. "Red en anillo - Wikipedia, la enciclopedia libre". Wikipedia, la enciclopedia libre. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_anillo

- [12] Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Red en malla - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_malla
- [13] “Comunicación en malla para redes de automatización - blog - innotica”. Innotica. Edificios inteligentes y sostenibles. [En línea]. Disponible: <https://innotica.net/blog/articulo/comunicacion-en-malla-para-redes-de-automatizacion>
- [14] “Redes mixtas o híbridas”. studocu. [En línea]. Disponible: <https://www.studocu.com/co/document/servicio-nacional-de-aprendizaje/tecnologo-en-analisis-y-desarrollo-de-software/redes-mixtas-o-hibridas/48123440>
- [15] “Protocolos de comunicación industriales - critical to quality”. Critical to Quality. [En línea]. Disponible: <https://www.ctq.com.mx/protocolos-de-comunicacion-industriales/#:~:text=Es%20un%20sistema%20de%20reglas,implementan%20en%20hardware%20o%20software>.
- [16] “Soluciones de cableado de redes, sistemas y productos - siemon”. Default. [En línea]. Disponible: <https://www.siemon.com/es/home/Company/media-center/white-papers/03-10-13-ethernet-ip#:~:text=Ethernet/IP%20es%20un%20protocolo,controlar%20dispositivos%20de%20automatización%20industrial>.
- [17] Contemporary Controls. [En línea]. Disponible: <https://www.ccontrols.com/pdf/Extv9n4.pdf>
- [18] “Modbus: Qué es y cómo funciona | Comunicaciones Industriales”. aula21 | Formación para la Industria. [En línea]. Disponible: <https://www.cursosaula21.com/modbus-que-es-y-como-funciona/#:~:text=Modbus%20es%20el%20protocolo%20de,para%20conectar%20dispositivos%20electrónicos%20automatizados>.
- [19] “PROFIBUS: Qué es y cómo funciona - Cursos Centro de Entrenamiento Internacional de PROFIBUS & PROFINET”. Cursos Centro de Entrenamiento Internacional de PROFIBUS & PROFINET. [En línea]. Disponible: https://profibus.com.ar/profibus_que_es_y_como_funciona/#:~:text=PROFIBUS%20es%20un%20estándar%20industrial,la%20seguridad%20de%20los%20datos.
- [20] Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “OPC - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/OPC>
- [21] “TIA portal (totally integrated automation portal)”. SIEMENS. [En línea]. Disponible: <https://www.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html>
- [22] “Marcas de PLC más utilizadas en la industria, estas son las mejores”. Blog Boltronic. [En línea]. Disponible: <https://blog.boltronic.com.mx/marcas-de-plc-más-utilizadas-en-la-industria>
- [23] Literature Library | Rockwell Automation | US. [En línea]. Disponible: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/9324-pp006_-es-p.pdf
- [24] “Qué es KEPServerEX, cómo funciona y qué te puede aportar”. KEPServerEx. [En línea]. Disponible: <https://www.kepserverexopc.com/que-es-kepserverex-como-funciona-y-que-te-puede-aportar/>
- [25] “¿Qué es Node-RED y para qué sirve? | Grupo Sinelec”. Grupo Sinelec | Expertos en distribución, especialistas en servicio. [En línea]. Disponible: <https://blog.gruposinelec.com/actualidad/que-es-node-red-y-para-que-sirve/>.
- [26] “LA EMPRESA / Inicio - ProSoft Technology, Inc.” ProSoft Technology Inc — IIOT connectivity starts with ProSoft. Accedido el 20 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://mx.prosoft-technology.com/LA-EMPRESA>