



## Diseño e implementación de un prototipo de sistema de supervisión y control I-IOT para procesos industriales con plc de siemens y software opensource

*Design and Implementation of a Prototype Industrial IIoT Monitoring and Control System Using Siemens PLC and Open-Source Software*

William Andrés Rodríguez López \*

[willian.rodriquezl@ug.edu.ec](mailto:willian.rodriquezl@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-5051-9447>

Melannie Maureen Vera Madero \*

[melannie.veramad@ug.edu.ec](mailto:melannie.veramad@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0008-7051-0686>

Diana Carolina Andrade Cedeño \*

[diana.andradeced@ug.edu.ec](mailto:diana.andradeced@ug.edu.ec)

Sergio Israel Peña Guano \*

[sergio.penagua@ug.edu.ec](mailto:sergio.penagua@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-4021-1892>

\*Universidad de Guayaquil, Ecuador

Recibido: 25/07/2025-Aceptado: 16/08/2025

Correspondencia: [willian.rodriquezl@ug.edu.ec](mailto:willian.rodriquezl@ug.edu.ec)

### RESUMEN

La Cuarta Revolución Industrial ha posicionado la digitalización y el análisis de datos como pilares de la competitividad, sin embargo, la adopción de sistemas de supervisión y control (SCADA) se ve a menudo limitada por los altos costos y la rigidez de las soluciones propietarias. Este artículo aborda dicho problema mediante el diseño e implementación de un prototipo de sistema de supervisión y control basado en el Internet Industrial de las Cosas (IIoT), que integra la robustez de un Controlador Lógico Programable (PLC) Siemens S7-1200 con la flexibilidad y nulo costo de licenciamiento de un stack de software open source. La metodología se centró en la construcción de un panel de control industrial físico y el desarrollo de una interfaz SCADA utilizando Node-RED como orquestador central. Los resultados demostraron la exitosa comunicación bidireccional con el PLC, permitiendo la monitorización en tiempo real de variables y la ejecución de comandos de control remotos de forma fiable.

**Palabras clave:** IIoT, SCADA, Node-RED, Siemens PLC, Open Source, Automatización Industrial.

### ABSTRACT

*The Fourth Industrial Revolution has positioned digitalization and data analytics as pillars of competitiveness; however, the adoption of Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) systems is often limited by the high costs and rigidity of proprietary solutions. This article addresses this issue through the design and implementation of a prototype supervisory and control system based on the Industrial Internet of Things (IIoT), integrating the robustness of a Siemens S7-1200 Programmable Logic Controller (PLC) with the flexibility and zero licensing cost of an open-source software stack. The methodology focused on building a physical industrial control panel and developing a SCADA interface using Node-RED as the central orchestrator. The results demonstrated successful bidirectional communication with the PLC, enabling real-time monitoring of variables and reliable execution of remote-control commands.*

**Keywords:** IIoT, SCADA, Node-RED, Siemens PLC, Open Source, Industrial Automation.

#### Cómo citar

Rodríguez López , W. A., Vera Madero , M. M., Andrade Cedeño , D. C., & Peña Guano , S. I. (2025). Diseño e implementación de un prototipo de sistema de supervisión y control I-IOT para procesos industriales con plc de siemens y software opensource . *GADE: Revista Científica*, 5(3), 331-344.

<https://doi.org/10.63549/rg.v5i3.713>



## INTRODUCCIÓN

En el actual paradigma de la Industria 4.0, la capacidad de una organización para recopilar, procesar y visualizar datos de sus procesos productivos se ha convertido en un factor diferenciador clave. Los sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) son la herramienta fundamental para lograr esta visibilidad operativa. Sin embargo, el ecosistema de la automatización industrial ha estado dominado históricamente por soluciones de software propietarias, las cuales, a pesar de su robustez, imponen barreras significativas: altos costos de licenciamiento, escasa flexibilidad para la personalización y una fuerte dependencia de un único proveedor.

Esta realidad económica y tecnológica crea una brecha digital, dejando a un gran número de pequeñas y medianas empresas (PYMES), así como a instituciones educativas, al margen de los beneficios de la digitalización industrial. Frente a este desafío, emerge una solución innovadora desde el mundo de las Tecnologías de la Información (TI): la integración de hardware industrial de probada fiabilidad con plataformas de software de código abierto (Open Source).

Este artículo se centra precisamente en explorar y validar dicha solución. El objetivo general es diseñar, implementar y validar un prototipo funcional de un sistema de supervisión y control IIoT de bajo costo, que aprovecha la potencia y el estándar industrial de un PLC Siemens S7-1200 y lo integra con la versatilidad de herramientas open source, con Node-RED como núcleo del sistema SCADA.

Para lograrlo, se ha construido un panel de control físico que simula un proceso industrial, dotado de elementos de control como pulsadores, selectores y actuadores.

El presente trabajo se justifica por su capacidad de ofrecer un camino práctico y accesible para la modernización industrial. Aporta una solución tangible y replicable que puede impulsar la eficiencia, optimizar el mantenimiento y facilitar la toma de decisiones basada en datos en organizaciones con recursos limitados.

## PROBLEMÁTICA

En la actualidad, muchas pequeñas y medianas empresas enfrentan el reto de modernizar sus procesos industriales para hacerlos más eficientes y competitivos. Sin embargo, las



soluciones SCADA propietarias que dominan el mercado implican altos costos de licenciamiento, mantenimiento y escalabilidad, lo que las vuelve inaccesibles para este segmento. A esto se suma la dependencia de tecnologías cerradas, que limitan la interoperabilidad con equipos de distintos fabricantes y pueden requerir hardware o licencias adicionales para su integración. Estas barreras frenan la adopción de tecnologías IIoT, que ofrecen ventajas como la supervisión remota, el análisis de datos en tiempo real y una mayor flexibilidad operativa. La necesidad de soluciones más accesibles y abiertas se vuelve crítica para democratizar el acceso a la Industria 4.0 y permitir que las PYMES puedan competir en un entorno cada vez más digitalizado.

### **OBJETIVO DEL PROYECTO**

El objetivo principal de este trabajo es diseñar e implementar un prototipo de sistema de supervisión y control IIoT para procesos industriales, utilizando un PLC Siemens S7-1200 y el software open source Node-RED, con el fin de demostrar que es posible desarrollar una solución SCADA funcional, escalable y de bajo costo que integre entornos de Tecnología de

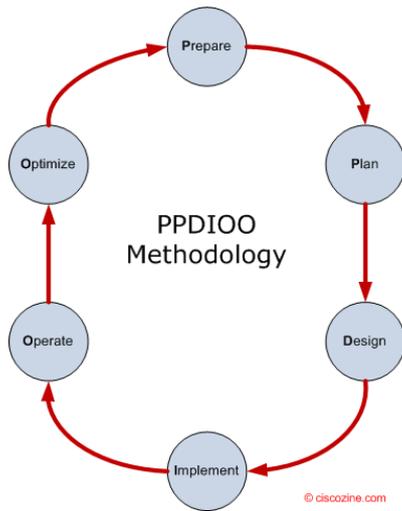
Operación (OT) y Tecnología de la Información (IT) para supervisar y controlar procesos en tiempo real. Para alcanzar este objetivo, se plantea el diseño de la arquitectura de comunicación y el panel de control del prototipo, la programación del PLC en lenguaje Ladder para la gestión de variables y actuadores, el desarrollo de una interfaz SCADA en Node-RED Dashboard que permita visualización, control y generación de alertas, así como la validación de su funcionamiento y viabilidad técnica mediante pruebas integradas y evaluación por expertos del sector industrial.

### **METODOLOGÍA**

Para garantizar un desarrollo estructurado, sistemático y alineado con los estándares de la industria tecnológica, este trabajo adoptó el ciclo de vida PPDIOO (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize). Aunque originaria del diseño de redes de Cisco, su enfoque de ciclo de vida completo es perfectamente aplicable al desarrollo de sistemas tecnológicos complejos como el prototipo IIoT propuesto, ya que, asegura que todas las fases, desde la concepción hasta la optimización, sean consideradas. Esta metodología



proporciona un marco de trabajo robusto para transformar los requerimientos del proyecto en una solución funcional, validada y con potencial de mejora continua.



**Fig. 1** Fases de la Metodología de trabajo PPDIOO

## MARCO TEÓRICO

La Cuarta Revolución Industrial, o Industria 4.0, ha impulsado la integración de tecnologías digitales avanzadas en los procesos productivos, con el objetivo de optimizar la eficiencia, reducir costos y mejorar la toma de decisiones. Dentro de este contexto, el Industrial Internet of Things (IIoT) conecta dispositivos, sensores y sistemas de control a través de redes, permitiendo la recolección y análisis de grandes volúmenes de datos en tiempo real.

Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)

desempeñan un papel central en la monitorización y gestión de procesos industriales. Tradicionalmente, han sido implementados mediante soluciones propietarias de alto costo y limitada flexibilidad. Sin embargo, la incorporación de software de código abierto como Node-RED, Grafana e InfluxDB ofrece alternativas escalables y de bajo costo para la visualización, lógica de control y almacenamiento de datos.

La combinación de la robustez de los Controladores Lógicos Programables (PLC), como el Siemens S7-1200, con la flexibilidad de herramientas *open source* permite el desarrollo de sistemas SCADA basados en IIoT, accesibles y adaptables a distintos entornos industriales. Este artículo se sustenta en estos principios, proponiendo un prototipo que aprovecha dichas tecnologías para superar las barreras económicas y técnicas que limitan la adopción de soluciones de Industria 4.0.

## DETALLES TÉCNICOS

El prototipo utilizó un PLC Siemens S7-1200 CPU 1212C, con 8 entradas digitales, 6 salidas digitales y soporte Ethernet/IP. El gateway IT fue un PC con Node.js y Node-RED,



actuando como servidor SCADA y puente de protocolos. Se empleó MQTT por su bajo consumo de ancho de banda y arquitectura publish/subscribe ideal para transmisión de eventos en tiempo real. La interfaz SCADA en Node-RED Dashboard incluyó indicadores de estado, gráficos de tendencia, botones de control y alarmas, permitiendo monitoreo y control de operaciones no críticas.

A continuación, se describen los pasos a seguir en cada una de las seis fases de la metodología PPDIOO:

1. Prepare (Preparación): En esta fase se establecieron las bases estratégicas del proyecto, definiendo una justificación clara y los objetivos generales. Se formuló el objetivo principal: diseñar y construir un prototipo funcional de un sistema de supervisión y control IIoT de bajo costo, usando un PLC Siemens S7-1200 y Node-RED como software open source. Se delimitó el alcance del prototipo, especificando variables a monitorear como estados de actuadores, conteo de ciclos, marcas, entre otros,

así como acciones de control como el arranque/parada remota. Además, se realizaron visitas a plantas industriales con el tutor y personal de mantenimiento OT/IT para conocer de forma directa el funcionamiento de sistemas de control automático industrial y sus requerimientos.

2. Plan (Planificación): La fase de planificación se enfocó en la gestión del proyecto, definiendo tareas, recursos y cronogramas para garantizar su finalización exitosa y a tiempo. El proyecto se descompuso en tareas pequeñas y manejables como adquisición de materiales, diseño de esquemas eléctricos, ensamblaje del panel, programación del PLC en ladder, configuración del software y ejecución de pruebas, asignando tiempos a cada una. Esto permitió crear una hoja de ruta visual con hitos clave y dependencias claras, complementada con un diagrama de Gantt detallado distribuido en 16 semanas, el



cual sirvió como guía estructurada para el desarrollo del proyecto, manteniendo flexibilidad para ajustar tiempos según el avance. Se pensó en una réplica de un proyecto industrial, donde se realice la animación en 3D, con un diseño de animación en Factory I/O, que es un software de simulación para PLCs diseñado y creado por la empresa Real Games, el cual te permite construir, mediante elementos de control, una fábrica virtual y poder controlarla con un PLC, real o simulado, en tiempo real.

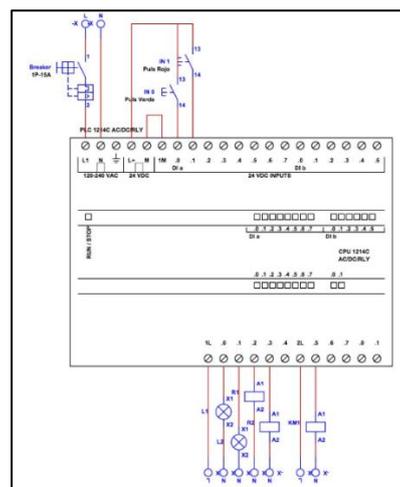


*Fig. 2 Software Factory I/O*

3. Design (Diseño): En esta fase se elaboró el plano técnico del prototipo, la arquitectura de comunicaciones y las topologías necesarias para su funcionamiento. Como punto

de partida, se propuso una animación en 3D del proceso industrial utilizando el software Factory I/O, que permite construir fábricas virtuales controladas por PLCs, reales o simulados, en tiempo real.

Para la parte física, se diseñó el hardware mediante un diagrama esquemático eléctrico elaborado en ControlMax360 o CAdE-SIMU, detallando la distribución de componentes en el panel industrial y las conexiones entre el PLC, la fuente de alimentación, botones, luces y demás elementos.

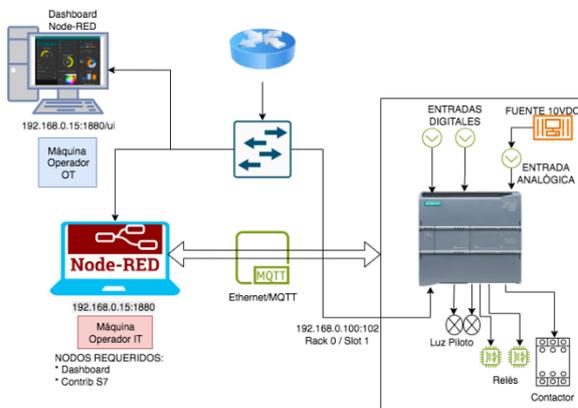


*Fig. 3 Diagrama Esquemático Eléctrico de Control con PLC para el prototipo.*

Seguidamente, se definió la arquitectura de red y software,



estableciendo la topología local con direcciones IP estáticas para el PLC y el gateway Node-RED. Se creó un diagrama de flujo de datos que describe el recorrido de la información desde el PLC, su procesamiento en Node-RED y su visualización en dashboards interactivos.



**Fig. 4** *Arquitectura de Red y Software para el prototipo.*

La lógica de control se programó en TIA Portal mediante lenguaje Ladder, simulando operaciones como arranque-parada, control de nivel o conteo de piezas. Finalmente, se desarrolló la interfaz SCADA en Node-RED Dashboard, incorporando medidores, gráficos, tablas y botones para una experiencia de usuario clara e intuitiva. Esta interfaz se presentará en la

siguiente fase de la metodología.

4. Implement (Implementación):  
En esta fase se construye y configura el prototipo físico y lógico, siguiendo los planos y diseños elaborados anteriormente. Se inicia con la adquisición y ensamblaje del hardware, comprando los materiales y montando físicamente el panel industrial. Se realiza el cableado de todos los componentes, siguiendo rigurosamente el esquema eléctrico diseñado.



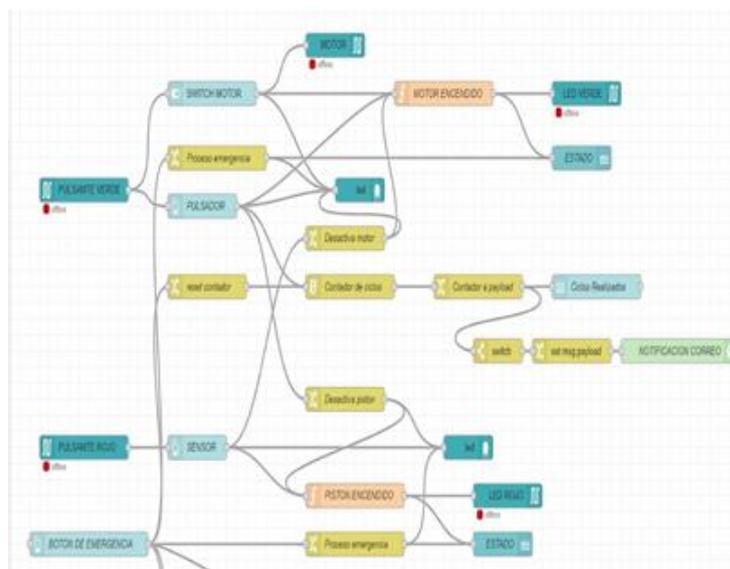
**Fig. 5** *Ensamblaje final del prototipo físico*

Una vez finalizado el panel, se procede con la parte de software. Se instaló y configuró el sistema operativo en el ordenador que funcionará como Gateway Node-RED, asegurando tener una versión óptima y actualizada de



Node.js. Luego, se procedió con la instalación de Node-RED. Se desarrollan los flujos correspondientes para leer/escribir datos en el PLC, procesarlos y enviarlos a InfluxDB. Posteriormente, se verifica cada componente de forma aislada, como, por ejemplo, se prueba que al presionar un botón físico (I0.0), la entrada

correspondiente en el PLC se active y así mismo, que este obedezca a la programación cargada activando las salidas definidas. De la misma manera, se comprueba que Node-RED pueda leer exitosamente una variable del PLC, mediante la configuración óptima de las variables en nodo S7.



**Fig. 6** Programación de Flujos en Node-RED.

5. Operar (Operate):

Esta fase se centró en la puesta en marcha del prototipo integrado y en la validación de su funcionamiento completo. Se ejecutaron pruebas exhaustivas para verificar que

el sistema si cumplía con todos los requerimientos, ejecutando el sistema completo para validar los flujos de datos de extremo a extremo



*Fig. 7 Dashboard Final para el Operador OT*

6. Optimize (Optimización):  
Recolección y Análisis de Datos para la Identificación de cuellos de botella o áreas de mejora. Optimización de la lógica del PLC para mayor eficiencia. Refinamiento de la interfaz de Node-RED para una mejor experiencia de usuario.

## RESULTADOS

El prototipo desarrollado logró establecer una comunicación estable y bidireccional entre el PLC Siemens S7-1200 y la plataforma Node-RED mediante el protocolo MQTT. Durante las pruebas, se observó un tiempo de

respuesta promedio de aproximadamente 200 ms, sin pérdidas significativas de paquetes. Esta comunicación permitió la supervisión y control remoto en tiempo real de variables de proceso no críticas.

La interfaz SCADA implementada en Node-RED Dashboard mostró información dinámica, incluyendo gráficos de tendencia, indicadores visuales y botones para la ejecución de comandos de control. La usabilidad y claridad en la visualización facilitaron la monitorización eficaz del proceso simulado.

Se realizó un análisis económico comparativo entre el prototipo y un sistema SCADA propietario con funcionalidades similares. El sistema propietario, considerando licencias,



servidores y horas de desarrollo, tiene un costo estimado superior a 5,000 USD. Por su parte, el prototipo basado en tecnologías open source y hardware

estándar implicó un costo aproximado de 900 USD, lo que representa una reducción significativa en inversión inicial y costos asociados.

*Tabla 1 Comparativa de Solución OpenSource vs. Scada propietario*

Concepto de Costo	Solución Propuesta (Open Source)	Solución Tradicional (SCADA Propietario)
<i>Software SCADA/HMI</i>	\$0 (Node-Red)	~\$1,500 - \$3,000 USD
<i>Base de Datos</i>	\$0 (InfluxDB Community)	Incluida o con costo adicional
<i>Software de Visualización</i>	\$0 (Open Source)	Incluido en el SCADA
<i>Subtotal Licencias</i>	\$0	~\$2,250 USD (promedio)
<i>PLC y Módulos</i>	Idéntico en ambos casos	
<i>Servidor</i>	~\$100 USD (ej. Raspberry Pi 4)	~\$600 USD (PC de panel o similar)
<i>Horas de Desarrollo</i>	Moderado	Alto

Para validar la pertinencia, viabilidad técnica y funcionalidad del prototipo desarrollado, se realizó una evaluación cualitativa mediante entrevistas con tres especialistas en automatización industrial y tecnologías IIoT. Este método permitió obtener una retroalimentación directa sobre los aspectos más relevantes del sistema, enfocándose en su aplicabilidad práctica, beneficios y posibles áreas de mejora.

Los expertos analizaron el prototipo bajo cuatro dimensiones clave: pertinencia y valor de la propuesta para PYMES, viabilidad técnica de la arquitectura, funcionalidad en supervisión y control, y potencial de escalabilidad para aplicaciones futuras.

Los comentarios recogidos fueron en general positivos, destacando la accesibilidad económica, la flexibilidad del uso de software open source y la robustez en la comunicación y control en tiempo real. Además, reconocieron que esta solución puede facilitar la adopción de tecnologías Industria 4.0 en empresas con recursos limitados, impulsando así la digitalización y automatización de procesos.

El prototipo fue probado incrementando el número de variables de proceso a monitorear y controlar, logrando manejar hasta el doble de las variables iniciales sin presentar deterioro en el desempeño ni retrasos en la comunicación. Esto indica que la



solución puede escalar para procesos industriales de mayor complejidad, manteniendo la estabilidad y la confiabilidad.

## DISCUSIÓN

El proyecto demuestra la factibilidad técnica de una arquitectura IIoT basada en open source para interactuar con hardware industrial estándar como los PLCs Siemens. Establece una línea base de rendimiento y funcionalidad que puede ser utilizada para futuras comparaciones o desarrollos. Además, contribuye a identificar mejores prácticas, desafíos específicos y posibles soluciones en la selección, configuración e integración de componentes open source para aplicaciones industriales, un campo en constante evolución.

Se espera que este proyecto contribuya a mejorar la eficiencia, la seguridad y la competitividad de las industrias, al tiempo que impulsa la innovación y el desarrollo en el campo de las tecnologías IIoT, y aporte con la realización de un caso de estudio práctico y relevante para la formación de nuevos ingenieros en tecnologías de información en la región, desarrollando habilidades críticas en la convergencia OT/IT, fomentando el uso y la

contribución al ecosistema de software de código abierto, inspirando la creación de soluciones tecnológicas locales adaptadas a las necesidades específicas de la industria ecuatoriana, impulsando la innovación y el desarrollo tecnológico, que representan un paso hacia la democratización del acceso a tecnologías avanzadas en el sector productivo.

## CONCLUSIONES

Se ha demostrado la viabilidad de integrar hardware industrial estándar con software open source para crear sistemas IIoT funcionales y de bajo costo, por lo que representa una solución altamente eficaz. El prototipo implementado validó que es factible superar las barreras de los ecosistemas propietarios para desarrollar sistemas de supervisión y control modernos, accesibles y personalizables.

El uso de Node-RED fue un factor crítico para el éxito del proyecto. Se concluye que su paradigma de programación visual basada en flujos simplifica drásticamente la complejidad de la comunicación con dispositivos industriales, el procesamiento de datos y la integración con bases de datos y dashboards.



El prototipo cumplió exitosamente con la doble funcionalidad de supervisión y control remoto. Se validó la capacidad de control bidireccional, permitiendo enviar comandos desde la interfaz SCADA hacia el PLC, demostrando un lazo de control completo para operaciones no críticas.

La solución propuesta ofrece una ventaja económica sustancial, democratizando el acceso a tecnologías de la Industria 4.0. El análisis económico y la implementación práctica confirman que el costo de esta solución es una fracción de un sistema SCADA propietario equivalente, al eliminar por completo los gastos de licenciamiento de software.

## RECOMENDACIONES

Para Futuros Trabajos de Investigación

Utilizar los datos históricos almacenados en InfluxDB para desarrollar y entrenar modelos de Machine Learning. Se recomienda explorar algoritmos para la detección de anomalías o el mantenimiento predictivo de los componentes del panel, añadiendo una capa de inteligencia al sistema actual.

Extender la arquitectura del prototipo para enviar datos a una plataforma cloud IIoT, tales como AWS IoT Core o Azure IoT Hub. Esto permitiría investigar las capacidades de almacenamiento masivo, análisis a gran escala y gestión remota de dispositivos a nivel global.

Modificar el gateway basado en Node-RED para incluir soporte a otros protocolos industriales relevantes e incluir un análisis histórico con dashboard de reportes como Grafana y bases de datos como InfluxDB. Esto convertiría al prototipo en una solución más universal y alineada con los estándares de interoperabilidad de la Industria 4.0.

## REFERENCIAS

- AWS Whitepaper. (21 de Mayo de 2021). Security Best Practices for Manufacturing OT. Obtenido de AWS DE AMAZON: <https://docs.aws.amazon.com/whitepapers/latest/security-best-practices-for-manufacturing-ot/security-best-practices-for-manufacturing-ot.html>
- Fernández, T. D. (2022). Plataformas IIoT con potencial aplicación en el contexto industrial cubano.



- Revista Cubana de Transformación Digital. Industrial Shields. (11 de Mayo de 2021). Tutorial de Node-RED y Panel PC de 7. Obtenido de [https://www.industrialshields.com/es\\_ES/blog/raspberry-pi-para-la-industria-26/tutorial-de-node-red-y-panel-pc-de-7-como-probar-las-entradas-y-salidas-299](https://www.industrialshields.com/es_ES/blog/raspberry-pi-para-la-industria-26/tutorial-de-node-red-y-panel-pc-de-7-como-probar-las-entradas-y-salidas-299)
- InfluxData. (2025). InfluxDB for IoT Analytics and Predictive Maintenance. Obtenido de <https://www.influxdata.com/solutions/iot-analytics-and-predictive-maintenance/>
- Iñigo, G. (2022). PLC S7-1200 de Siemens: características generales. Obtenido de Programación Siemens: <https://programacionsiemens.com/s7-1200/#:~:text=1200%20de%20Siemens-,Controladores%20SIMATIC%20S7%2D1200%20y%20protecci%C3%B3n%20de%20datos%20en%20la,tengan%20acceso%20a%20los%20sistemas.>
- IQHome. (2025). Node-RED Data Visualization. Obtenido de <https://www.iqhome.org/solutions/node-red>
- Izaro M&T. (16 de Mayo de 2022). Nota: Adaptado de (Peñalver-Higuera & Isea-Argüelles, 2024) [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2665-03042024000100038](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2665-03042024000100038). Obtenido de IZARO.com: <https://www.izaro.com/los-sistemas-ciberfisicos-claves-en-la-industria-40/c-1652610657/>
- Lozada Cabrera, C. (2022). Desarrollo de un sistema basado en Internet Industrial de las Cosas para el monitoreo y control de un banco de pruebas de intercambiadores de calor. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Méndez, V. H. (2023). La industria 4.0 y la transformación digital el efecto sinérgico de la responsabilidad social corporativa y el capital humano en el marco de los objetivos de desarrollo del milenio. Dialnet - Universidad Politécnica de Cartagena.
- Monges, Y., Flecha, E., & Chaparro, E. (2023). Integración de IIoT en Smart Grid: Análisis de protocolos MQTT y CoAP en subestaciones



- digitales. REVISTA CIENTÍFICA UNE, 6(1), 78-86.
- Node-RED. (2022). node-red-contrib-s7 3.1.0. Obtenido de Node-RED: <https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-s7>
- Node-Red.org. (2025). Low-code programming for event-driven applications. Obtenido de Node-Red.org: <https://nodered.org/>
- PowerData; Equipo Escat. (10 de Junio de 2022). Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad. Obtenido de <https://blogs.uninter.edu.mx/ESCAT/index.php/big-data-en-que-consiste-su-importancia-desafios-y-gobernabilidad/>
- Reinoso, M. L., & Méndez, P. M. (2023). Diseño de una arquitectura para seguridad de datos en las comunicaciones en redes basado en Industrial IoT. Repositorio Universidad Politécnica Salesiana.
- SAP Business. (2023). ¿Obtenido de What is the Industrial Internet of Things (IIoT)?: <https://www.sap.com/sea/products/scm/industry-4-0/what-is-iiot.html>
- Semperboni, F. (29 de Enero de 2019). The PPDIIO network lifecycle. Obtenido de CiscoZine: <https://www.ciscozine.com/the-ppdiao-network-lifecycle/>
- Siemens. (2025). PLC S71200. Obtenido de <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/s7-1200.html>