



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO CON PLC Y HMI PARA LA OPERACIÓN DE TANQUES REACTORES EN LA PRODUCCIÓN DE GRASAS**

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título  
profesional de:**

**Ingeniero Mecatrónico**

**Autor:**

Frank Dux Carrillo Rojas

**Asesor:**

**Mg. Eliseo Juan Zarate Perez**

<https://orcid.org/0000-0002-3946-4924>

**Lima - Perú**

2026

# Informe de Similitud



## 11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe




- Bibliografía

### Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas

---

### Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
  - 1%  Publicaciones
  - 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)
-

## Tabla de contenido

Índice de tablas .....	9
Índice de Figuras.....	10
RESUMEN EJECUTIVO.....	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	16
1.1. Contextualización de la experiencia profesional .....	16
1.2. Descripción general de la empresa .....	19
1.2.1. Misión .....	19
1.2.2. Visión.....	20
1.2.3. Valores .....	20
1.2.4. Organigrama .....	20
1.2.4. Productos o servicios brindados .....	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	23
2.1. Automatización industrial en procesos de producción .....	23
2.2. Controladores lógicos programables (PLC) .....	24
2.2.1. Siemens SIMATIC S7-1500.....	25
2.2.2. Siemens SIMATIC S7-1200.....	26
2.2.3. Programación de PLC.....	27
2.2.4. Módulos de entrada/salida (E/S).....	28
2.3. Actuadores en el proceso .....	32
2.3.1. Variador de Frecuencia (VFD) .....	33
2.3.2. Motores Eléctricos en Automatización Industrial .....	35

2.3.3. Electrobombas .....	38
2.3.4. Extractores .....	39
2.5. Sensores industriales aplicados al control del proceso .....	39
2.5.1. Sensor Óptico Difuso.....	39
2.6. Redes industriales .....	40
2.6.1. Topología de red .....	42
2.6.2. Comunicación controlador-dispositivo subordinado en Redes ind. .	43
2.6.3. Ethernet Industrial (TCP/IP).....	45
2.7. Diseño eléctrico aplicado a tableros de control y fuerza .....	47
2.8. Interfaz HMI .....	48
2.9. Sistema de control automatizado para tanques reactores .....	49
2.10. Normativas aplicadas.....	50
2.10.1. IEC 61131-3 – Estándar para programación de PLC .....	50
2.10.2. IEC 60204-1 – Seguridad en máquinas: Equipos eléctricos.....	50
2.10.3. NFPA 70 (NEC) – National Electrical Code .....	51
2.10.4. ISA-101 – Human-Machine Interface Design.....	51
2.11. Aspectos propios de la carrera profesional.....	51
2.11.1. Limitaciones del proyecto.....	52
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....	54
3.1. Objetivos del proyecto de la especialidad .....	55
3.1.1. Objetivo general.....	55

3.1.2. Objetivos específicos .....	55
3.2. Funciones desempeñadas en el proyecto .....	56
3.3. Limitaciones del proyecto.....	58
3.4. Entregables del proyecto.....	59
3.5. Proceso para la ejecución del proyecto.....	59
3.6. Levantamiento de información y diagnóstico inicial.....	60
3.7. Diseño del sistema de automatización.....	63
3.7.1. Bloques funcionales.....	64
3.7.2. Bocetos e Instrumentación.....	66
3.7.1 Arquitectura general del sistema .....	74
3.7.2. Nivel de campo: instrumentación y actuadores .....	77
3.7.3 Instalación de sensores y electroválvulas .....	81
3.8.3. Tableros eléctricos .....	91
3.8.8. Nivel de control y comunicación industrial: PLC y lógica de control .....	104
3.8.9. Nivel de supervisión: HMI .....	110
3.8.10 Diagramas y documentación técnica del sistema .....	120
CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	122
4.1. Migración tecnológica y centralización del control.....	122
4.1.1. Beneficios obtenidos con la migración tecnológica del sistema de control.....	123
4.2. Supervisión visual y respuesta operativa .....	125

4.3. Infraestructura de comunicación industrial .....	127
4.4. Documentación técnica y trazabilidad eléctrica .....	128
4.5. Validación funcional y desempeño operativo.....	129
4.6. Conclusión de resultados .....	131
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	133
REFERENCIAS .....	138
ANEXOS .....	143

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Requerimientos Generales del Sistema. ....	61
<b>Tabla 2.</b> Requerimientos de Control. ....	61
<b>Tabla 3.</b> Requerimientos de Instrumentación. ....	61
<b>Tabla 4.</b> Requerimientos de Tableros Eléctricos. ....	62
<b>Tabla 5.</b> Requerimientos de Interfaz HMI. ....	62
<b>Tabla 6.</b> Requerimientos de Comunicaciones. ....	62
<b>Tabla 7.</b> Requerimientos de Cableado y Canalización. ....	63
<b>Tabla 8.</b> Requerimientos de Mantenimiento. ....	63
<b>Tabla 9.</b> <i>Principales componentes del sistema en símbolos.</i> ....	69
<b>Tabla 10.</b> Selección del PLC. ....	76
<b>Tabla 11</b> Comparación de alternativas de interfaces HMI para el sistema de automatización. ....	89
<b>Tabla 12</b> Herramientas CAD empleadas. ....	120
<b>Tabla 13.</b> Comparación del sistema de control antes y después de la automatización. ....	123
<b>Tabla 14.</b> Principales beneficios operativos derivados de la automatización. .	124
<b>Tabla 15.</b> <i>Resultados asociados a la supervisión HMI y respuesta operativa.</i>	125
<b>Tabla 16</b> Resultados asociados a la documentación técnica y trazabilidad. ....	129
<b>Tabla 17.</b> Objetivos específicos, resultados obtenidos y evidencias verificables. ....	132

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Organigrama general.</i> .....	21
<b>Figura 2.</b> <i>Configuración de un sistema de automatización S7-1500.</i> .....	25
<b>Figura 3.</b> <i>Vista general de TIA Portal.</i> .....	27
<b>Figura 4.</b> <i>Esquema general del módulo E/S.</i> .....	29
<b>Figura 5.</b> <i>Configuración máxima ET 200MP.</i> .....	30
<b>Figura 6.</b> <i>Variador de frecuencia de marca: Schneider Electric.</i> .....	35
<b>Figura 7.</b> <i>Motor eléctrico de marca: WEG.</i> .....	36
<b>Figura 8.</b> <i>SIMATIC S7-1500 a nivel de dirección, nivel de control y nivel de campo.</i> .....	41
<b>Figura 9.</b> <i>Topologías de red.</i> .....	43
<b>Figura 10.</b> <i>Modelo maestro-esclavo.</i> .....	45
<b>Figura 11.</b> <i>SIMATIC S7-1500 con periferia, ET 200MP y dispositivo HMI.</i> ....	48
<b>Figura 12.</b> <i>Diagrama de bloques de la solución.</i> .....	64
<b>Figura 13.</b> <i>Boceto de diagrama P&amp;ID.</i> .....	68
<b>Figura 14.</b> <i>Boceto de control.</i> .....	72
<b>Figura 15.</b> <i>Diagrama pictórico de la solución.</i> .....	73
<b>Figura 16.</b> <i>Fragmento del diagrama P&amp;ID: Tanque 1.</i> .....	79
<b>Figura 17.</b> <i>Instalación de sensores y electroválvulas.</i> .....	82
<b>Figura 18.</b> <i>Cambio de válvulas manuales a automáticas.</i> .....	83
<b>Figura 19.</b> <i>Fabricación, pintado y lijado de soportes.</i> .....	84
<b>Figura 20.</b> <i>Montaje de soportes en todos los niveles.</i> .....	85

<b>Figura 21.</b> Instalación de cajas de paso. ....	85
<b>Figura 22.</b> <i>Canalizado de tuberías por nivel del área.</i> .....	86
<b>Figura 23.</b> Canalizado de tuberías Conduit. ....	86
<b>Figura 24.</b> Armado de placas de montaje en armarios azules. ....	87
<b>Figura 25.</b> Pantallas HMI instaladas y armado de placa de montaje.....	89
<b>Figura 26.</b> Porción de diagrama unifilar mostrando la conexión de motores y contactores para un arranque directo. ....	94
<b>Figura 27.</b> Diagrama unifilar mostrando unas conexiones del Variador de velocidad.....	95
<b>Figura 28.</b> Diagrama unifilar mostrando otras conexiones del variador de velocidad.....	96
<b>Figura 29.</b> Diagrama unifilar mostrando la conexión del PLC.....	96
<b>Figura 30.</b> Diagrama unifilar mostrando la conexión del SITOP PSU6200. ....	98
<b>Figura 31.</b> Diagrama unifilar mostrando la conexión de contactores para alimentar los motores. ....	99
<b>Figura 32.</b> Diagrama unifilar mostrando la conexión de SCALANCE XB008.	99
<b>Figura 33.</b> Diagrama unifilar mostrando la conexión de PLC.....	100
<b>Figura 34.</b> Porción del Diagrama unifilar mostrando un interruptor y válvula. .....	101
<b>Figura 35.</b> Diagrama unifilar mostrando la conexión de SCALANCE XB008. .....	102
<b>Figura 36.</b> Diagrama unifilar mostrando la conexión del PLC y el HMI. ....	103
<b>Figura 37.</b> <i>Diagrama unifilar mostrando la conexión del PLC e interruptores.</i> .....	103

<b>Figura 38.</b> Diagrama unifilar mostrando la conexión del SITOP PSU6200. ...	104
<b>Figura 39.</b> Árbol de proyecto en TIA PORTAL.....	105
<b>Figura 40.</b> Vista de red. ....	106
<b>Figura 41.</b> Detalle del árbol del proyecto: Carpeta PLC maestro.....	107
<b>Figura 42.</b> Programación Ladder: carpeta comunicación con lectura y escritura de los PLC. ....	108
<b>Figura 43.</b> Detalle del árbol del proyecto: carpetas internas de tanques con sus secuencias y programación independientes. ....	108
<b>Figura 44.</b> Detalle del árbol del proyecto: ET 200 con sus respectivos módulos por cada tanque independiente .....	108
<b>Figura 45.</b> Detalle del árbol del proyecto: ET 200 con sus respectivos módulos por cada tanque independiente. ....	109
<b>Figura 46.</b> Interfaz de entrada.....	112
<b>Figura 47.</b> Interfaz del tanque 1.....	113
<b>Figura 48.</b> Interfaz del tanque 2.....	113
<b>Figura 49.</b> Interfaz del tanque 3.....	114
<b>Figura 50.</b> Interfaz del tanque 4.....	114
<b>Figura 51.</b> Interfaz del tanque 5 y 6.....	115
<b>Figura 52.</b> Interfaz del tanque 7.....	115
<b>Figura 53.</b> Gráfico de tendencia. ....	117
<b>Figura 54.</b> Histórico de alarmas.....	118
<b>Figura 55.</b> Pruebas: sensores. ....	126
<b>Figura 56.</b> Pruebas: válvulas en HMI. ....	126

**Figura 57.** Pruebas: Ejecución del PLC en el TIA PORTAL..... 127

## **Glosario de Términos y Siglas**

**AC:** Corriente Alterna

**AI:** Entrada Analógica

**AO:** Salida Analógica

**CPU:** Unidad Central de Procesamiento

**DC:** Corriente Continua

**DI:** Entrada Digital

**DO:** Salida Digital

**E/S:** Entradas / Salidas

**HMI:** Interfaz Hombre-Máquina

**IEC:** Comisión Electrotécnica Internacional

**IIoT:** Internet Industrial de las Cosas

**ISA:** Sociedad Internacional de Automatización

**ISA-101:** Interfaces Hombre-Máquina para Sistemas de Automatización de Procesos

**LAN:** Red de Área Local

**Modbus TCP:** Protocolo de Control de Transmisión Modbus

**P&ID:** Diagrama de Tuberías e Instrumentación

**PLC:** Controlador Lógico Programable

**SCADA:** Supervisión, Control y Adquisición de Datos

**TIA Portal:** Portal de Automatización Totalmente Integrada

**TCP/IP:** Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet

**VDC:** Voltios en Corriente Continua

**VAC:** Voltios en Corriente Alterna

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como finalidad diseñar e implementar un sistema de automatización y control para los tanques de mezcla del área de grasas, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa del proceso productivo, reforzar la seguridad del personal y asegurar una supervisión confiable de las variables críticas del sistema. El proyecto surge ante la necesidad de migrar un esquema de operación predominantemente manual hacia una arquitectura de control automatizada, centralizada y estandarizada.

La metodología aplicada incluyó el análisis del proceso existente, la definición de bloques funcionales, la elaboración de bocetos preliminares y el diseño del sistema mediante diagramas P&ID, arquitectura de red y lógica de control. Se implementó una solución basada en controladores lógicos programables (PLC), interfaces Hombre-Máquina (HMI) y una red Ethernet industrial bajo protocolo PROFINET, lo que permitió la integración coordinada y la supervisión local y centralizada de los siete tanques de mezcla. La automatización del sistema redujo la intervención manual, mejoró la repetitividad de las operaciones, optimizó los tiempos de respuesta y disminuyó los riesgos asociados a errores humanos.

Asimismo, la incorporación de pantallas HMI con funciones de alarmas y tendencias favoreció una operación más segura, intuitiva y eficiente, alineada con los lineamientos de la norma ISA-101. Finalmente, se elaboró y actualizó la documentación técnica del sistema mediante herramientas CAD, incluyendo diagramas P&ID, diagramas unifilares, layouts de tableros y arquitectura de red, estableciendo una base sólida para la estandarización, escalabilidad y futura integración del proceso en un entorno industrial alineado con los principios de la Industria 4.0.

## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto** por determinación de los propios autores, en concordancia con en el Texto Integrado del Reglamento RENATI (artículo 12), la Directiva N°048-2020-CONCYTEC-P que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto (ALICIA) administrado por el pliego Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC y la Ley N° 29733, Ley de Protección de Datos Personales.

## REFERENCIAS

- Alcocer, P., Calero, M., Cedeño, N. & Lapo, E. (2020). Automatización de los procesos industriales. *Journal of business and entrepreneurial studies: JBES*, 4(2), 123–131. <https://doi.org/10.37956/jbes.v4i2.82>
- Alonso, U. A. (2025). *Proyecto de automatización mediante gemelo digital para la optimización de una línea de producción de mecanizado, ensamblaje y almacenamiento, utilizando autómatas SIMATIC S7-1500, comunicación OPC UA e interfaz gráfica SCADA en WINCC* [Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/221740>
- Ahmad, S., & Shukla, V. K. (2025). Industrial automation through PLC and SCADA. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 13(7), 737–741. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.73072>
- Arias, A. (2024). *Diseño e implementación de un sistema decodificador de mapas de memoria a nivel de aplicación en un enlace de comunicación Maestro-Esclavo Modbus usando técnicas de visión artificial*. [Tesis de maestría, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fb672886-3f5d-4faa-a222-b87f31a0dcd8/content>
- Automaq. (2022). Variador de frecuencia ENT monof 1.1A 3HP/2.2KW 200-240VAC Altivar 320. Automaq. <https://automaq.pe/producto/3499/variador-de-frecuencia-ent-monof-11a-3hp22kw200-240vac-altivar-320>
- Avedaño, D. (2025). *Desarrollo e implementación de una guía paso a paso para la comunicación exitosa de un PLC S7-1200 ubicado en el Laboratorio de Control de Tecnología Eléctrica a la Nube de AWS a través del protocolo MQTT* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/09fab8af-2c04-48f5-9f70-cdba95ce1e88/content>
- Behnke, I., & Austad, H. (2024). Real-Time Performance of Industrial IoT Communication Technologies: A Review. *IEEE Internet of Things Journal*, 11(5), 7399-7410. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3332507>
- Carrión, A. (2020). Control del sistema de E/S: Sistemas Operativos. *Ciencias Huasteca Boletín Científico de la Escuela Superior de Huejutla*, 8(15), 19–25.

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/huejutla/article/view/5254/668>

2

- Cavedo, F., Pavan, P., Stoppa, D., & Simoni, A. (2021). A low-cost reflectivity sensor based on pulsed laser and digital signal processing. *Sensors*, 21(4), 1301. <https://doi.org/10.3390/s21041301>
- Cran Synergy Automation. (s. f.). *Nosotros - CRAN - SYNERGY AUTOMATION*. <https://cranaut.com/nosotros/>.
- Dao, Q.-T., Nguyen, L.-T., Ha, T.-K., Nguyen, V.-H., & Nguyen, T.-A. (2025). Investigación de la comunicación segura del protocolo Modbus TCP/IP: caso práctico de la serie S7 de PLC de Siemens. *Innov. del sistema de aplicaciones*, 8(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/asi8030065>
- Dong, C., Xiong, X., Xue, Q., Zhang, Z., Niu, K., & Zhang, P. (2024). A survey on the network models applied in the industrial network optimization. *Science China Information Sciences*, 67. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11432-023-3868-6>
- Edipesa. (s.f.). Motor eléctrico blindado 5HP 3600 RPM WEG. Edipesa. <https://www.edipesa.com.pe/tienda/motores/motor-electrico-blindado-5hp-3600rpm-weg/>
- Elhadary, M. I., Alzahrani, A. M. Y., Aly, R. M. H., & Elboshy, B. (2021). A Comparative Study for Forced Ventilation Systems in Industrial Buildings to Improve the Workers' Thermal Comfort. *Sustainability*, 13(18), 10267. <https://doi.org/10.3390/su131810267>
- Ia, A. M., & Sari, L. N. (2025). Performance analysis of three phase induction motor at PT. Intracawood Manufacturing. *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA*, 9(1), 29–35. <https://doi.org/10.21070/jeeeu.v9i1.1692>
- Indulkar, P., Rane, S., Solkar, I., Takale, Y., & Mestry, S. (2025). Design of Industrial-Based Control Panels. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 12(10). <https://www.jetir.org/papers/JETIR2510240.pdf>
- International Society of Automation. (2025, 5. mayo). *ISA-101 Series of Standards*. <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-101-standards>
- Kleines, H., Detert, S., Drochner, M. & Suxdorf, F. (2008). Performance aspects of profinet IO. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 55(1), 290-294. <https://doi.org/10.1109/TNS.2007.914032>
- Kinco Automation Co., Ltd. (s.f.). Kinco HMI product catalog (K1E20) [Catálogo].

[https://en.kinco.cn/Download/D\\_enCatalog/HMI/2021/KincoCatalog\\_HMI\\_K1E20\\_2108EN.pdf](https://en.kinco.cn/Download/D_enCatalog/HMI/2021/KincoCatalog_HMI_K1E20_2108EN.pdf)

- Larabee, J., Pellegrino, B., & Flick, B.L. (2005). Induction motor starting methods and issues. *Record of Conference Papers Industry Applications Society 52nd Annual Petroleum and Chemical Industry Conference*, 217-222. <https://doi.org/10.1109/PCICON.2005.1524557>
- López, G. B. & Velasteguí, L. E. (2021). Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0. *Alfa Publicaciones*, 3(3.1), 98–115. <https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.80>
- Mora-Sánchez, J. F., Serna-García, R., Bouzas, A., Seco, A., & Ruano, M. V. (2023). Anaerobic Membrane Bioreactor for Microalgae and Primary Sludge Co-Digestion at Pilot Scale: Instrumentation, Control and Automation Implementation, and Performance Assessment. *Water*, 15(18), 3225. <https://doi.org/10.3390/w15183225>
- Muhammad Zikri Hamim, Suriana Salimin, & Afarulrazi Abu Bakar. (2024). Analysis of Variable Frequency Drive for Induction Motor using Matlab Software. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 116(1), 117–129. <https://doi.org/10.37934/aram.116.1.117129>
- Orlandi, F., Montorsi, L., & Milani, M. (2023). Cavitation analysis through CFD in industrial pumps: A review. *International Journal of Thermofluids*, 20, 100506. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666202723002215>
- Pardo, E. & Meriño, J. (2015). *Simulador para el protocolo de comunicación industrial AB Ethernet* [Tesis de licenciatura, Universidad de las Ciencias Informáticas]. <https://repositorio.uci.cu/jspui/handle/123456789/7536>
- Prasetia, A. M., Sartika, L., Sanjaya, D., & Samanta, R. (2024). Implementation of Variable Speed Drive as Starting Control of Three Phase Induction Motor. *Jurnal Edukasi Elektro*, 8(2), 187–197. <https://doi.org/10.21831/jee.v8i2.78636>
- Seong, J., Ranjan, R., Kye, J., Lee, S., & Lee, S. (2023). Enhancing Industrial Communication with Ethernet/Internet Protocol: A Study and Analysis of Real-Time Cooperative Robot Communication and Automation via Transmission Control Protocol/Internet Protocol. *Sensors*, 23(20), 8580. <https://doi.org/10.3390/s23208580>
- Siemens. (2024). SIMATIC S7-1500/ET 200MP system manual (Manual del sistema). Siemens Industry Online Support.

[https://support.industry.siemens.com/dl/files/792/59191792/att\\_895926/v6/s71500\\_et200mp\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://support.industry.siemens.com/dl/files/792/59191792/att_895926/v6/s71500_et200mp_system_manual_es-ES_es-ES.pdf)

- Sun, Y., Xu, Q., Chen, C., & Guan, X. (2023). Resilient Clock Synchronization Architecture for Industrial Time-Sensitive Networking. *Electrical Engineering and Systems Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.02693>
- Rockwell Automation, Inc. (2013). 1769-UM011E-EN-P – CompactLogix 5370 controllers user manual [Manual]. Rockwell Automation. [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011_-es-p.pdf)
- Rockwell Automation, Inc. (2017). 1756-UM001E-EN-P – ControlLogix controllers and chassis user manual [Manual]. Rockwell Automation. [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001_-es-p.pdf)
- Rockwell Automation, Inc. (2026). 2711P-T6C21D8S-B PanelView Plus 7 Standard 6 terminal – Product details. Rockwell Automation. <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.2711P-T6C21D8S-B.html#documentation>
- Schneider Electric. (s.f.). Magelis HMIGTO2310 5.7" color HMI (serie +/1P ETH). <https://www.se.com/pe/es/product/HMIGTO2310/magelis-57-color-2-p-serie-+-1-p-eth/>
- Schneider Electric. (2024). Modicon M241 logic controller – User guide [Manual]. Schneider Electric. <https://www.se.com/pe/es/download/document/EIO0000004270/>
- Siemens AG. (2015). SIMATIC S7-1200 system manual (Version 1) [Manual]. Siemens. [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/121/109478121/att\\_851433/v1/s71200\\_system\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/121/109478121/att_851433/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf)
- Siemens AG. (2025). S7-1500 & ET 200MP manual collection [Manual]. Siemens. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/86140384/s7-1500-et200mp-manual-collection-s7-1500-et-200mp?dti=0&lc=en-PE>
- Siemens AG. (2025). SIMATIC ST80 / STPC complete – English [Manual]. Siemens. [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/146/109744146/att\\_1341186/v1/simatic-st80-stpc-complete-english-2025\\_1.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/146/109744146/att_1341186/v1/simatic-st80-stpc-complete-english-2025_1.pdf)
- Tokola, H., Gröger, C., Järvenpää, E. & Niemi, E. (2016). Designing Manufacturing Dashboards on the Basis of a Key Performance Indicator Survey☆. *Procedia*

*CIRP*, 57(2016), 619-624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.107>

Universidad de Valencia (s.f.) Redes de comunicación: Topología y enlaces [PDF].

[https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo2\\_rev0.pdf](https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo2_rev0.pdf)

You, X., Qiu, L., Zhang, H., Xin, Y. & Lu, J. (2022). Study on the impedance characteristics of a high-capacity pulse tube cryocooler. *Energy Reports*, 8(2022), 2210-2218. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.055>

Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., & Sajdl, O. (2016). Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), 8-12. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.002>

Zhang, T., Xue, C., Wang, J., Yun, Z., Lin, N., & Han, S. (2024). A Survey on Industrial Internet of Things (IIoT) Testbeds for Connectivity Research. *Networking and Internet Architecture*. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.17485>

Zhang, T., Wang, G., Xue, C., Wang, J., Nixon, M., & Han, S. (2024). Time-Sensitive Networking (TSN) for Industrial Automation: Current Advances and Future Directions. *ACM Computing Surveys*, 57(2), 1-38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1145/3695248>