



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

MIGRACIÓN DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

**PROGRAMABLES PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE SERVICIOS EN UNA
EMPRESA DE SEGURIDAD ELECTRÓNICA. LIMA 2026**

**Línea de investigación:
Sistemas eléctricos y electrónicos**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecatrónico

Autor

Infante Paiva, Beder Jafer

Asesor

Peña Carillo, César Serapio

ORCID: 0000-0001-5565-8430

Jurado

Solis Fonseca, Justo Pastor

Flores Masias, Edward Jose

Rodriguez Rodriguez, Ciro

Lima - Perú

2026



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

MIGRACIÓN DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
PROGRAMABLES PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE SERVICIOS EN UNA
EMPRESA DE SEGURIDAD ELECTRÓNICA. LIMA 2026

Línea de Investigación:

Sistemas eléctricos y electrónicos

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

Autor:

Infante Paiva, Beder Jafer

Asesor:

Peña Carillo, César Serapio

ORCID: 0000-0001-5565-8430

Jurado:

Solis Fonseca, Justo Pastor

Flores Masias, Edward Jose

Rodriguez Rodriguez, Ciro

Lima-Perú

2026

ÍNDICE

Resumen:.....	8
Abstract	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Trayectoria del autor	10
1.1.2. <i>Capacitaciones y certificaciones</i>	11
1.2. Descripción de la empresa	12
1.3. Organigrama de la empresa	13
1.4. Áreas y funciones desempeñadas	13
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.....	15
2.1. Planteamiento del problema	15
2.1.1. <i>Descripción del problema</i>	15
2.1.2. <i>Problema general</i>	17
2.1.3. <i>Problemas específicos</i>	17
2.1.4. <i>Objetivo general</i>	18
2.1.5. <i>Objetivos específicos</i>	18
2.1.6. <i>Justificación</i>	19
2.1.7. <i>Alcances y limitaciones</i>	20
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. <i>Antecedentes nacionales</i>	21
2.2.2. <i>Antecedentes internacionales</i>	22
2.3. Bases teóricas sobre el informe de trabajo	24

2.3.1. Transmisores	26
2.3.2. Protocolos serie.....	26
2.3.3. Protocolos híbridos	27
2.3.4. Protocolos abiertos	28
2.3.5. Red de comunicaciones	30
2.3.6. Mantenimientos	31
2.3.7. Redes industriales	32
2.3.8. Industria 4.0	43
2.3.9. Lenguajes de programación.....	44
2.3.10. Sistema de iluminación.....	49
2.3.11. Definición de términos	49
2.4. Propuesta de solución	53
2.4.1. Descripción de la propuesta	53
2.4.2. Desarrollo de la solución.....	55
2.4.3. Factibilidad técnica-operativa.....	73
2.4.4. Cuadro de inversión	81
2.5. Análisis de resultados	81
III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA	84
IV. CONCLUSIONES	85
V. RECOMENDACIONES.....	86
VI. REFERENCIAS.....	87

VII. ANEXOS	95
-------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Capacitaciones	11
Tabla 2 Gestión de Riesgos técnicos	79
Tabla 3 Propuesta para la migración de equipos legados	81
Tabla 4 Métricas de desempeño de la Migración	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de Electronic Security Systems.....	12
Figura 2 Organigrama Empresa Electronic Security Systems.....	13
Figura 3 Protocolo HART.....	28
Figura 4 Profibus.....	29
Figura 5 Cable y Circuito del Foundation Fielbus.....	30
Figura 6 Pirámide de automatización	33
Figura 7 Nivel de gestión de la producción	35
Figura 8 Nivel de gestión de recursos empresariales.....	36
Figura 9 Sistema de comunicación	37
Figura 10 Topologías físicas de comunicación.....	40
Figura 11 Cuotas de mercado 2022 según HMS Networks: buses de campo, Ethernet industrial y tecnologías inalámbricas.....	42
Figura 12 Pilares Tecnológicos de la Industria 4.0.....	44
Figura 13 Elementos básicos del diagrama de escalera	46
Figura 14 Elementos básicos del esquema de contactos.....	47
Figura 15 Comparativa de conectores de FUP con puertas lógicas y contactos.....	47
Figura 16 Planificación de la instalación del sistema automático	49
Figura 17 Andover continuum Discontinuado.....	54
Figura 18 Demo WebStation EBO	54
Figura 19 Verificación de Hardware existente - Controlador I2 600	55
Figura 20 Datasheet del Controlador I2600.....	56
Figura 21 Verificación de Hardware existente - Controlador I2887	57
Figura 22 Datasheet del controlador i2887.....	58
Figura 23 Verificación de Hardware existente - Controlador B3624.....	59

Figura 24 Datasheet Controlador B3624	60
Figura 25 Inspección de los servicios automatizados del Aire acondicionado del Andover Continnum.....	61
Figura 26 Inspección del servicio de alumbrado en el Andover Continuum.....	62
Figura 27 Arquitectura BACnet ampliada	63
Figura 28 Base de datos de Entradas	64
Figura 29 Base de datos de Salidas.....	65
Figura 30 Arquitectura de migración.....	66
Figura 31 Gráfico Gantt para los trabajos de migración.....	66
Figura 32 Desmontaje de Equipos obsoletos	68
Figura 33 Montaje de equipos nuevos	69
Figura 34 Perfiles de acceso para el sistema.....	70
Figura 35 Puerto 2 del AS-P Deshabilitado.....	71
Figura 36 AS-P con licencia para 100 dispositivos de campo.....	72
Figura 37 AS-P con licencia para 25 dispositivos de campo.....	72
Figura 38 Configuración de Red Infinet	73
Figura 39 Configuración de la red BACnet MSTP.....	74
Figura 40 Configuración de la red Maestra Modbus RTU	75
Figura 41 Reconstrucción de la Base de datos para controlador B3.....	76
Figura 42 Equipo Modbus RTU	76
Figura 43 Configuración de Tendencia para los medidores de energía Multifunción.....	77
Figura 44 Controlador de chiller, equipo de terceros	78
Figura 45 Empalmes mal realizados	80
Figura 46 Menú de Subsistemas	83

Resumen

La migración de sistemas automatizados es una decisión importante por muchas razones, algunas de las cuales pueden ser exclusivas de cada empresa o incluso de cada sector. Obsolescencia Tecnológica hace que los sistemas de automatización tengan una vida útil limitada y pueden no ser compatibles con las tecnologías más recientes o las normas del sector. Para evitar accidentes y pérdidas económicas, los sistemas de automatización deben ser fiables y seguros, logrando así una reducción de fallas. Los avances en tecnología e innovación nos posibilitan a obtener mejoras significativas en el rendimiento del sistema. Migrar a un sistema más moderno puede garantizar la compatibilidad con otras soluciones y facilitar la integración con sistemas de terceros, puede permitir la implementación de medidas de seguridad más avanzadas y mejorar la confiabilidad del sistema. Si el fabricante original del sistema ya no ofrece soporte técnico o actualizaciones, la migración puede ser la única opción para garantizar la continuidad de las operaciones. Uno de los objetivos clave de este trabajo es lograr una mayor performance en la Servidor, Workstation y Controladores utilizados en los sistemas de automatización aplicando los conocimientos teóricos- prácticos necesarios, reutilizando lo más que se pueda los controladores y sensores de campo. Esto se traduce en una experiencia de usuario mejorada y un trabajo más eficiente para el operador final. Al optimizar la interacción entre la Workstation y los sistemas, se busca mejorar la calidad de trabajo y la productividad, y sobre todo un ahorro significativo al reutilizar componentes.

Palabras Claves: Migración, Automation Server Premium, control, ciberseguridad, Gateway, HMI, PLC, SCADA, servidor, virtualización, Workstation.

Abstract

Migrating automated systems is a significant decision for many reasons, some of which may be specific to a particular company or even an entire industry. Technological obsolescence limits the lifespan of automation systems, potentially rendering them incompatible with the latest technologies or industry standards. To prevent accidents and financial losses, automation systems must be reliable and safe, thereby minimizing failures. Advances in technology and innovation enable significant improvements in system performance. Migrating to a more modern system can ensure compatibility with other solutions, facilitate integration with third-party systems, enable the implementation of advanced security measures, and enhance system reliability. If the original manufacturer no longer provides technical support or updates, migration may be the only option to ensure operational continuity. A key objective of this project is to enhance the performance of the servers, workstations, and controllers used in automation systems by applying the necessary theoretical and practical knowledge while reusing field controllers and sensors as much as possible. This results in an improved user experience and greater operational efficiency for the end operator. Optimizing the interaction between the workstation and the systems aims to improve work quality and productivity while , and above all, achieving significant cost savings through component reuse.

Keywords: Migration, Automation Server Premium, control, cybersecurity, Gateway, HMI, PLC, SCADA, server, virtualization, Workstation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria del autor

Luego de terminar mis estudios universitarios de pregrado en ingeniería mecatrónica en la Universidad Nacional Federico Villarreal, me enfoque en el mundo del control y de la automatización, empecé armando tableros de control y de fuerza aplicando lógica cableada con contactores, sensores y actuadores; programando PLC's de la marca Siemens y Schneider; configurando equipos de telecomunicaciones de la marca Siemens para subestaciones de transmisión de energía, además de comisionar sistemas de seguridad electrónica.

En enero de 2023 ingresé a ESS al departamento de ingeniería; luego de obtener mi bachiller, obtuve la certificación oficial de la marca Schneider en “EcoStruxure Building Operation” con ello amplié mis conocimientos en la automatización y redes industriales. Desde entonces he venido integrando sistemas multimarca, equipos, sensores, PLC's garantizando su control y monitoreo a través de protocolos de comunicación comerciales como PROFINET, PROFIBUS, CANOPEN, HART E INCLUSO PROTOCOLOS PROPIETARIOS DE SCHNEIDER. Asimismo, brindar asistencia y soporte continuo en la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos para optimizar y mantener la productividad de los sistemas de control y automatización.

1.1.2. Capacitaciones y certificaciones

En estos años he comprendido mejor la importancia que tiene la industria 4.0 para las empresas. Por ello, he procurado estar siempre en formación y he reforzado mis conocimientos en control, automatización industrial, gestión de sistemas operativos, ciberseguridad e instrumentación. Estos conocimientos me han permitido aplicar soluciones tecnológicas en campo más actuales y útiles, haciendo que la infraestructura y los procesos automatizados trabajen de forma conjunta de manera más segura y eficiente, satisfaciendo las necesidades de los clientes más exigentes.

Tabla 1

Capacitaciones

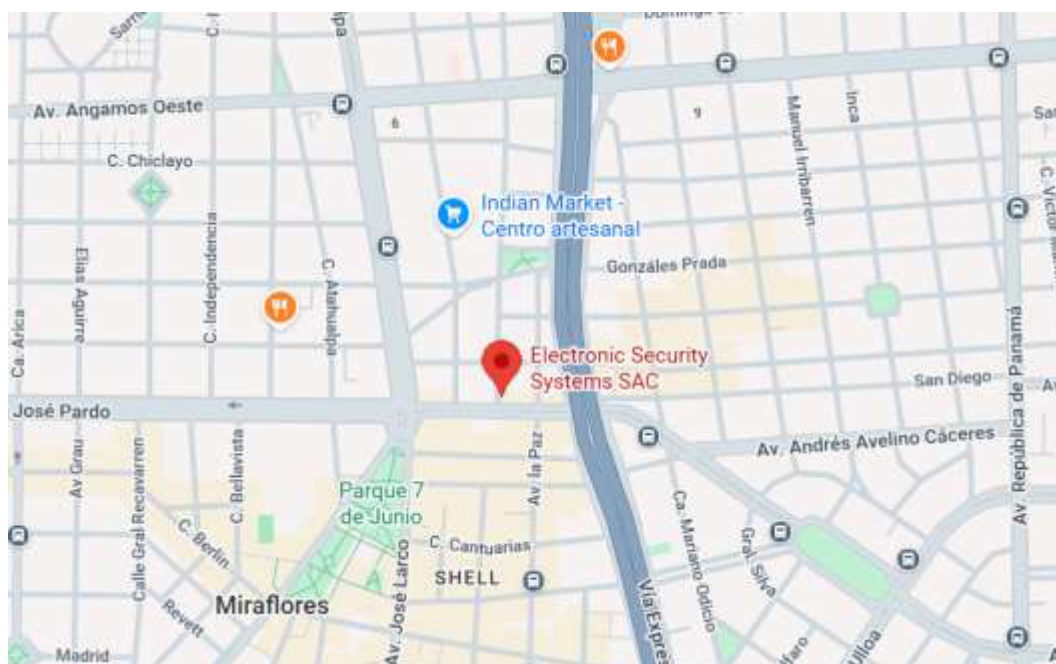
Ítem	Descripción	Institución	Fecha	Horas
1	Reparación y bobinado de Motores	Electrotec	Nov-2019	24
2	Base de datos SQL Server 2019	Cámara Latinoamericana De Comercio	Ago-2019	80
3	Electrotecnia Y Electricidad Industrial	UNFV	Dic-2021	32
4	Automatización y control industrial con PLC logo V8	UNFV	May-2022	32
5	Sistemas integrados de gestion (SIG)	UNLAM	Sep-2023	470
6	Instalación, Calibración y Configuración de Sistemas de Medición y Control	TECSUP	Oct-2023	136
7	Implementación de Redes TCP-IP	INICTEL UNI	May-2025	30
8	Administración de servicios de redes GNU/LINUX	INICTEL UNI	Jun-2025	30
9	Administración de Windows Server 2019	INICTEL UNI	Oct-2025	30
10	Implementación de Cloud IAAS	INICTEL UNI	May-2026	30

1.2. Descripción de la empresa

Electronic Security Systems es una empresa de capitales peruanos que inició sus operaciones en 1994. A lo largo de los años, ha instalado sistemas de seguridad electrónica y de protección contra incendios para diversas instituciones nacionales y extranjeras. Ubicada en el distrito de Miraflores en Lima, Perú.

Figura 1

Ubicación de Electronic Security Systems



Nota. Tomado de Google Maps el 27/01/2026, Av. Ricardo Palma 341, Lima 15074

Electronic Security Systems (ESS) es una empresa peruana con más de 30 años de trayectoria, especializada en el diseño, implementación y mantenimiento de soluciones integrales de ingeniería en seguridad, automatización y protección contra incendios. A lo largo de su historia, ESS ha ejecutado más de 1,600 proyectos exitosos para clientes de los sectores corporativo, minero, hotelero, industrial y comercial, respaldando su operación en altos estándares de calidad, gestión técnica especializada y equipos profesionales altamente calificados. Nuestros servicios abarcan sistemas de videovigilancia (CCTV – analógico, digital y en la nube), sistema de control de accesos, automatización de edificios, detección y alarma

de incendios, sistemas de extinción y mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas y equipos. ESS es una empresa de Capital Management Partners (CMP), desde donde fortalecemos nuestras capacidades técnicas y operativas con una visión estratégica y de largo plazo. (Electronic Security Systems [ESS], 2026).

1.3. Organigrama de la empresa

Figura 2

Organigrama Empresa Electronic Security Systems



Fuente: Empresa Electronic Security Systems

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

Mis funciones dentro de la empresa se realizaron en el área de ingeniería desempeñando el cargo de ingeniero programador. Responsable del ciclo completo de desarrollo de sistemas de control y automatización, desde el diseño de la arquitectura lógica y la programación de equipos de la marca Schneider, la puesta en marcha y optimización en sitio, integrando diversos protocolos de comunicación y sistemas operativos para maximizar la eficiencia energética y la productividad, siempre bajo estándares de seguridad,

Desarrollo de interfaces HMI/SCADA intuitivas que facilitan la toma de decisiones en tiempo real.

Realizar diagnósticos detallados mediante la depuración de código para comprobar que la comunicación entre sensores, actuadores y los controladores principales y que estos funcionen sin interrupciones, ni caídas inesperadas.

Elaborar los protocolos de pruebas de performance, entre ellas pruebas FAT, SAT de las señales I/O y de los protocolos de comunicación de los controladores principales verificando la respuesta del sistema al máximo de su capacidad. Además, del diseño escenarios de estrés, para detectar cuellos de botella y localizar puntos de falla en los controladores principales. Garantizando que todo opere dentro de los parámetros de los datasheets.

Preparar la documentación técnica de los sistemas asignados, incluyendo un BOM detallado y reportes de servicio claros, para facilitar la trazabilidad, lo permite entender qué se tocó, qué pruebas se hicieron y qué resultados se obtuvieron.

Apoyar y dar soporte tecnico y de ingeniería a las áreas de mantenimiento y a preventa dentro de la misma empresa.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1. Planteamiento del problema

2.1.1. Descripción del problema

Las industrias de hoy en día deben adoptar nuevos sistemas que puedan seguir el ritmo de las demandas siempre cambiantes de las organizaciones actuales; sin embargo, los sistemas de información actuales de muchas empresas carecen de este dinamismo, lo que dificulta, si no imposibilita, la incorporación de nuevas funciones a los procesos de producción autónomos. Esto se debe a que estos sistemas carecen de la adaptabilidad y flexibilidad necesarias para responder con rapidez a los cambios en los estilos de producción (Koren, et al., 2018, como se citó en Mejía et al., 2019, p.222). Para trasladar sus aplicaciones a la infraestructura actual de la nube, muchas empresas de TI adoptan hoy en día servicios en contenedores y emplean procedimientos DevOps Barros et al. (2021). Hoy en día, la automatización industrial es una parte crucial para que la producción sea más eficiente y menos costosa. Sin embargo, muchos sistemas de control están anticuados y deben actualizarse y con ello las compañías logren ventajas competitivas.

La introducción en campos industriales sobre las nuevas tecnologías conlleva numerosas ventajas en la etapa de la industria. La falta de nuevas filosofías entre los ingenieros de automatización significa que la transición a estos enfoques debe hacerse gradualmente. La prevalencia de dispositivos avanzados integrados está teniendo un impacto significativo en la automatización industrial. Parece que las tecnologías basadas en protocolos web son un enfoque prometedor para lograr esta integración. Estas tecnologías desempeñan un papel de apoyo clave en el campo de la automatización industrial, ya que facilitan el objetivo global de una integración perfecta de los servicios a nivel de dispositivo con la infraestructura informática a nivel de empresa (Mejía et al., 2019).

Asimismo, Barros et al. (2021) renovación de estos espacios suele ser impulsada por los mismos usuarios, administradores e integrantes del equipo de desarrollo quienes buscan una mejor experiencia al interactuar con el sistema, y buscan formas más simplificadas de realizar los procesos necesarios para el concurso profesional.

El uso de la video vigilancia y la vigilancia de los espacios públicos en las ciudades con el objetivo de reducir las actividades delictivas es una respuesta a la preocupación de los ciudadanos de a pie por su nivel de seguridad. Sin embargo, la relación entre estas reivindicaciones y las respuestas públicas mediadas por la tecnología no siempre tiene como escenario correlativo paisajes urbanos desprovistos de riesgos o temores (Lio, 2020).

“El Perú en el contexto latino americano es un país con poca aplicación en la robótica industrial y la automatización, debido a que la implementación conlleva altos costos” (Moreno, 2020, p. 1). En la actualidad, la multinacional Suiza suministra tecnología a aproximadamente el 40% del mercado minero y energético peruano, lo que le convierte en líder indiscutible del mercado nacional peruano y de los sectores energéticos de la región y del mundo por segundo año consecutivo, que este tipo de soluciones sirven como catalizadores para una implantación exitosa del IoT industrial y una navegación ágil dentro de la Industria 4.0, aportando multitud de beneficios a la industria en los frentes financiero, logístico y medioambiental (ABB Group, 2022).

La falta de documentación estandarizada dificulta que se logre integraciones de los sistemas, en algunas empresas embotelladoras en la costa norte del Perú realizan el proceso de llenado de botellas de forma manual y para automatizar dicha actividad compran a ACASI Machinery Inc-Miami máquinas GI3300 en donde se debe realizar el proceso de migración del sistema electro neumático y sistema PLC, para aumentar la capacidad de agua. (Chinguel et al., 2020).

Hoy en día realizar la migración a los sistemas de automatización es crucial para evitar fallas y vulnerabilidades de seguridad de sistemas antiguos. La actualización no solo abarca el nivel software, también el nivel hardware y en muchos casos ambos, esto garantiza la continuidad, el correcto monitoreo y control de los equipos y al estar con lo último en tecnología se puede contar con el soporte por parte de los fabricantes. Este trabajo tiene como finalidad identificar los problemas que se presentan al migrar sistemas de automatización y dar soluciones prácticas y efectivas para mejorar la calidad, precisión y seguridad de los equipos, así como reducir los costos operativos al momento de realizar el comisionamiento de los equipos.

2.1.2. Problema general

¿Cómo sería la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica, Lima 2026?

2.1.3. Problemas específicos

¿Cómo sería la planificación del proceso de migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica, Lima 2026?

¿Cómo sería la arquitectura para la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica, Lima 2026?

¿Cómo determinar los protocolos de comunicación más eficientes para la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica, Lima 2026?

¿Cuáles son los riesgos de vulnerabilidad de la ciberseguridad después de la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica, Lima 2026?

¿Cuál es el grado de escalabilidad después de la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica, Lima 2026?

2.1.4. *Objetivo general*

Describir la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica. Lima 2026

2.1.5. *Objetivos específicos*

Planificar el proceso de migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios de una empresa de seguridad electrónica. Lima 2026

Diseñar la arquitectura para la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios de una empresa de seguridad electrónica. Lima 2026.

Identificar los protocolos de comunicación más eficientes para la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica, Lima 2026

Analizar los riesgos de vulnerabilidad de la ciberseguridad después de la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica, Lima 2026

Evaluar el grado de escalabilidad después de la migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios en una empresa de seguridad electrónica, Lima 2026

2.1.6. Justificación

La migración de sistemas automatizados es una decisión importante por muchas razones, algunas de las cuales pueden ser exclusivas de cada empresa o incluso de cada sector. Obsolescencia Tecnológica hace que los sistemas de automatización tengan una vida útil limitada. La tecnología y el software obsoletos pueden hacer que sea más difícil conseguir piezas de repuesto y asistencia técnica experta a medida que pasa el tiempo. El mantenimiento de los sistemas más antiguos puede resultar caro por el tiempo y los conocimientos necesarios para mantenerlos funcionando al máximo rendimiento y porque pueden no ser compatibles con las tecnologías más recientes o las normas del sector. Para evitar accidentes y pérdidas económicas, los sistemas de automatización deben ser fiables y seguros, logrando así una reducción de fallas. Un sistema más actualizado puede proporcionar capacidades mejoradas que ayuden a la empresa a seguir siendo competitiva. Puede tratarse de la capacidad de analizar y recopilar datos de manera instantánea, procesos altamente automatizados o gestión remota.

Los avances en tecnología e innovación nos posibilitan a obtener mejoras significativas en el rendimiento del sistema. Esto incluye una mayor eficiencia energética, mayor velocidad de procesamiento y capacidad de procesar volúmenes de datos más grandes. Migrar a un sistema más moderno puede garantizar la compatibilidad con otras soluciones y facilitar la integración con sistemas de terceros, puede permitir la implementación de medidas de seguridad más avanzadas y mejorar la confiabilidad del sistema. Si el fabricante original del sistema ya no ofrece soporte técnico o actualizaciones, la migración puede ser la única opción para garantizar la continuidad de las operaciones. El nuevo enfoque de la industria se centra en el desarrollo de sistemas autónomos, inteligentes y distribuidos globalmente que puedan automatizarse y tomar decisiones colaborativas por sí solos.

La selección de los equipos adecuados para llevar a cabo la migración es fundamental para el éxito del proyecto. Garantizar que el personal sea proveído con las herramientas y el

equipo adecuado para llevar a cabo la migración de manera eficiente y efectiva es esencial para hacer mínimos los costos y los tiempos de inactividad. Así mismo, estos sistemas de automatización incluyen la seguridad de los trabajadores durante el diseño, lo que se traduce en pocos accidentes laborales que casi nunca son causados por la propia maquinaria. En otras palabras, son seguros cuando se aplican correctamente. Por otro lado, si se reducen los errores de producción, la calidad de cualquier producto mejora considerablemente. Con la ayuda de los sistemas automatizado programables, la maquinaria mecánica puede supervisarse y corregirse en tiempo real sin interrumpir la cadena de producción.

Uno de los objetivos clave de este trabajo es lograr una mayor performance en la Servidor, Workstation y Controladores utilizados en los sistemas de automatización aplicando los conocimientos teóricos- prácticos necesarios, reutilizando lo más que se pueda los controladores y sensores de campo. Esto se traduce en una experiencia de usuario mejorada y un trabajo más eficiente para el operador final. Al optimizar la interacción entre la Workstation y los sistemas, se busca mejorar la calidad de trabajo y la productividad, y sobre todo un ahorro significativo al reutilizar componentes.

2.1.7. Alcances y limitaciones

La migración contempla la transición parcial con proyección a una completa y escalable, este proceso abarca la reingeniería de los controladores principales y adaptación de las líneas de código. El objetivo es asegurar la interoperabilidad con los controladores y la instrumentación de campo, con la nueva plataforma de control y monitoreo, garantizando que el flujo de datos desde los sensores hacia los niveles de supervisión sea constantes y precisos.

Un factor crítico identificado es el tiempo de inactividad producto de la ejecución de los trabajos. Durante esta fase los subsistemas operarán en modo “stand-alone” (autónomo), lo que implica una suspensión temporal del monitoreo centralizado. Esta condición exige

protocolos de rondas de inspección, donde los operadores tienen que ir periódicamente a revisar los equipos manualmente, y limita la capacidad de respuesta oportunas para los otros sistemas.

Adicionalmente, existe una restricción técnica respecto a la continuidad de los registros históricos “logs de eventos”. Debido al cambio de los controladores principales se pierde la trazabilidad de los eventos previos a la migración.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Antecedentes nacionales

En López (2019), en su tesis titulada “Modernización del sistema de supervisión y control del oleoducto norperuano mediante la migración al protocolo de comunicación TCP/IP”, tuvo como objetivo la migración al protocolo de comunicación TCP/IP en un esfuerzo por actualizar el sistema de monitoreo y control del Oleoducto Norperuano.. Concluye que una gran variedad de procesos industriales puede ser controlado por los PLC’s debido a las grandes prestaciones que presentan, pues su construcción robusta, además presentan altos estándares con las que fueron diseñados, soportan altas temperaturas, vibraciones y humedad. Estas características los hacen fiables en los procesos industriales, todo proceso industrial puede monitorearse en tiempo real a través de la pantalla de un servidor y a cierta distancia sin tener que presenciar el operador.

En Chinguel et al. (2020) su informe de investigación titulado: “Diseño De Un Sistema De Automatización De La Máquina Llenadora De Botellas De Desbordamiento De Presión GI3300 De ACASI” en donde tuvo la intención de desarrollar un sistema automatizado para la máquina de llenado de botellas a presión de ACASI, modelo GI3300. Al cambiar a un nuevo PLC, Aumentó la capacidad para la retención de agua de la maquinaria, diseñando un sistema automatizado para la GI3300 e integrándolo con un nuevo sistema de control electrónico.

En Ulloa (2019) la cual estaba titulada “Centralización y ampliación de sistema de monitoreo de ambientes en edificio principal e instrumentación en campo de parque eólico

Talara en simatic wincc rt profesional v15.1” con el objetivo de que las señales del sistema de seguridad se centralicen, detección del movimiento, detectores magnéticos de puertas, detección de humo y humedad del cliente ENERGÍA EÓLICA ubicada en la ciudad de Talara, la empresa DIN AUTOMATIZATION S.A.C dedicada a brindar soluciones integrales hizo uso de una serie de métodos para ejecutar el proyecto de principio a fin, en este trabajo se describe los conceptos necesarios para llevar a cabo un proyecto de esta magnitud, el conocer los sistemas de alarmas, instrumentación, protocolos comunicación, controladores lógicos, lenguajes de programación, sistemas Scada, HMI y software de desarrollo, que para la integración es imprescindible.

En Abramonte (2021) titulada “Propuesta De Implementación Del Sistema De Automatización Building Management System (Bms) Para El Control De Equipos En Un Casino De Miraflores- Lima” con el objetivo de Desarrollar una Propuesta de Implantación de sistemas para la Monitorización, Control y Gestión de Equipos (BMS) para un Casino de Miraflores. Unos de los protocolos que se utilizó para usados para gestionar edificios (BMS) son Lonworks, BACnet y KNX, en este trabajo de investigación se realiza una comparativa entre estos tres quedando como ganador este último para la automatización de una edificación antigua de un casino de Miraflores, el cual es usado para controlar y monitorear Chiller’s, cámaras frigoríficas, pozo sumidero, extractor de monóxido, grupo electrógeno actuadores, etc. logrando así mejorar radicalmente respecto al sistema anterior logrando así la integración de todos los sistemas con el protocolo KNX.

2.2.2. Antecedentes internacionales

En Medina (2019), realizó un estudio titulado “Migración De Un Sistema Electrónico Denominado ETL A Una Plataforma De Código Abierto Para UAV’S” debe ceñirse a una estrategia de investigación con una modalidad básica y un nivel de investigación correlacional con la posibilidad de predecir, asimismo participaron 10 expertos en aerotécnica y operarios

de cabina, que se evaluarán las necesidades o dificultades del CIDFAE y se propondrá una solución, basada en la información recopilada y en la validez de la hipótesis. En lo que respecta a los trabajos intercambio informativo durante la subida al avión, los sistemas ETL presentan niveles de confianza incoherentes. Se pudo concluir que la capacidad de realizar tareas experimentales en el CIDFAE bajo el enfoque de arquitectura Cortex ARM de código abierto ha sido posible gracias a la implementación del sistema ETL en dicha arquitectura.

Navarro (2022), en su trabajo de investigación que tuvo como título “Migración de sistema de control en PCS 7: Caso práctico en la industria azucarera” pretende mejorar la vida útil de los equipos, por el cual optó por las migraciones y actualizaciones del software y hardware necesario para todas las industrias que utilizan un sistema de control, por lo que proporcionan un flujo constante de trabajo a empresas de automatización de distintos tamaños, para lo cual se tomó una metodología cuantitativa para una investigación tecnológica, en donde obtuvo como resultados una mejora visual por medio de las pantalla HDMI, con un mejor estado de secuencias por medio de las visualizaciones SPC. Finalmente concluyó que la migración funcionó correctamente durante la puesta en acción.

Villasante (2022) realizó su investigación la cual tenía como título “Migración de un Sistema On-Premise de administración de recursos humanos hacia una plataforma en la nube utilizando la metodología de desarrollo DevOps para el sector de las PYMES” y tuvo como objetivo reducir al mínimo el tiempo dedicado a crear nuevos entornos de cliente y lograr la transformación digital de los procesos mediante la aplicación de tecnologías de desarrollo punteras, para eso fue necesario una metodología aplicada con un marco de Scrum y DevOps. Logrando resultados favorables a través de un sistema automatizado que a la vez está centrado en la nube. Concluyendo que con la implementación del sistema de migración en procesos automatizados.

De Nicolás (2022) tituló su investigación “Definición de una estrategia de migración de sistemas legados sin interrupción de servicio” pretendió tener en cuenta una solución técnicamente diseñada para que no se interrumpa el servicio, y que se desarrolle de forma incremental y segura de acuerdo con una metodología aplicada, esta estrategia de migración del sistema heredado esbozando con todo detalle cada paso de la solución técnicamente diseñada como un plan-guía, analizando todas las ventajas e inconvenientes, etc. El investigador llegó a la conclusión de que el sistema debe migrar el año que viene a un nuevo sistema con una estructura de datos diferente, manteniendo muchas de las funcionalidades existentes y añadiendo otras.

Muñoz (2023), en su tesis la cual tenía como título “Migración del sistema concurso público de méritos para la vinculación de profesores de la Universidad de Antioquia” buscó en migrar con éxito el sistema al nuevo entorno de desarrollo que ofrece el lenguaje JavaScript, que cuenta con frameworks y librerías como NestJs y ReactJs para desarrollar de manera más fácil las aplicaciones de web, para ello empleó una investigación aplicada. El investigador llegó a la conclusión de que el nuevo sistema debía mantener todas las funcionalidades del anterior y añadir algunas nuevas diseñadas para mejorar y agilizar los procesos tanto de los usuarios como de los desarrolladores responsables del mantenimiento del sistema.

2.3. Bases teóricas sobre el informe de trabajo

Para tener una noción general de los sistemas se debe tener en cuenta los activos que lo conforman y las partes involucradas, para Socarrás y Santana (2019) considera a los elementos activos los detallados a continuación:

- ❖ Transmisores de flujo, presión, etc., así como variadores de frecuencia y válvulas de control. Instrumentos y actuadores de campo
- ❖ Controladores. Inteligentes dispositivos electrónicos, RTU o PLC
- ❖ Interfaces Máquina-Hombre. Consolas de operación y Paneles de operación.

- ❖ Los controladores con lógica en ejecución, los PLC con programas de usuarios.
- ❖ Equipos o dispositivos del proceso.
- ❖ Información y detalle del proceso. Diagramas instrumentales, tuberías y Planos eléctricos, etc.
- ❖ Elementos de comunicación y redes.
- ❖ Personal. (p. 4)

Los sistemas industriales de infraestructura crítica están siendo objeto de ataques cibernéticos, y los resultados de estos ataques representan una continua amenaza a las operaciones y actividades comerciales, la estabilidad económica y el bienestar de la población. (Insafrán et al., 2023)

Para Fernández y Calderón (2017) Los Criterios Para Seleccionar un PLC son los siguientes:

- ❖ Coste según la función (caro – barato, desprotegido – protegido, seguro – sin seguridad, austero – completo).
- ❖ Número de salidas / entradas, así como si son digitales o analógicas, y sus rangos operativos. El número de programas que es capaz de gestionar.
- ❖ Número de programas que simultáneamente se pueden ejecutar (multitarea).
- ❖ Número de registros, banderas, temporizadores y contadores.
- ❖ Lenguajes de programación.
- ❖ Software diseñado específicamente para cada modelo de PLC y su facilidad de uso.
- ❖ Necesidad de tarjeta de interface y software programación PC.
- ❖ Capacidad para conexión en red de diversos PLC.
- ❖ Respaldo de la compañía local productora del PLC en nuestra localidad.
- ❖ Servicio y refacciones.

- ❖ Incremento del nivel de conocimiento al personal mediante al nivel de capacitaciones de acuerdo al sistema de control.
- ❖ Literatura en el idioma que se presente. (p. 11)

Para tener un panorama más amplio es necesario conocer los protocolos y equipos que se encargan de la transmisión y recepción de datos.

2.3.1. Transmisores

Reciben la variable de un elemento primario en el proceso y la convierten en una señal ya sea, digital, neumática, óptica, electrónica o por radio. La señal electrónica normalizada es de 4 a 20 mA en CC. Las señales para radio son utilizadas para grandes distancias y en ambientes hostiles, generalmente se utiliza dentro de la banda de los 902-928 ISM moduladas en dispersión. El sistema hidráulico se utiliza cuando se aplican altas presiones a los pistones hidráulicos. Los transmisores digitales pueden conectarse a través de un bus de comunicaciones como por ejemplo RS-232, Profibus y Foundation Fieldbus y la exactitud es 10 veces mayor que la señal electrónica normalizada. Su tiempo de respuesta se puede ver afectado por la frecuencia de la señal, la cual podría transmitirse con poca fidelidad por retardos del microprocesador. (Creus, 2011)

2.3.2. Protocolos serie

A. RS-232. Con más de 25 años de antigüedad, es una configuración eléctrica no equilibrada para la transmisión de señales digitales. Consta de tres conductores, transmisión, recepción y el común. La tensión utilizada comúnmente es de $\pm 12V$ cc. Donde el “1” es una tensión negativa y el “0” es una tensión positiva. La distancia máxima es de unos 15 metros que se da entre los equipos de transmisión de datos y comunicación de datos, en el entorno industrial la velocidad de transmisión es de 9200 baudios y puede alcanzar una velocidad máxima de transmisión de 20kbaudios. (1 baudio = 1bit/segundo). (Creus, 2011)

B. RS-422. Creado para satisfacer las demandas de mayor velocidad y distancia.

Puede alcanzar distancias de hasta 1200 metros y limitada a 60 a una velocidad máxima de 10Mbaudios. (Creus, 2011)

C. RS-485. Diseñado para comunicaciones multipunto, Introducido por Electronic Industries Association (EIA), aplicado para estaciones menores a 32. Distancia de comunicación máxima 1200 metros a una velocidad de 10Mbits/s. (Creus, 2011)

2.3.3. Protocolos híbridos

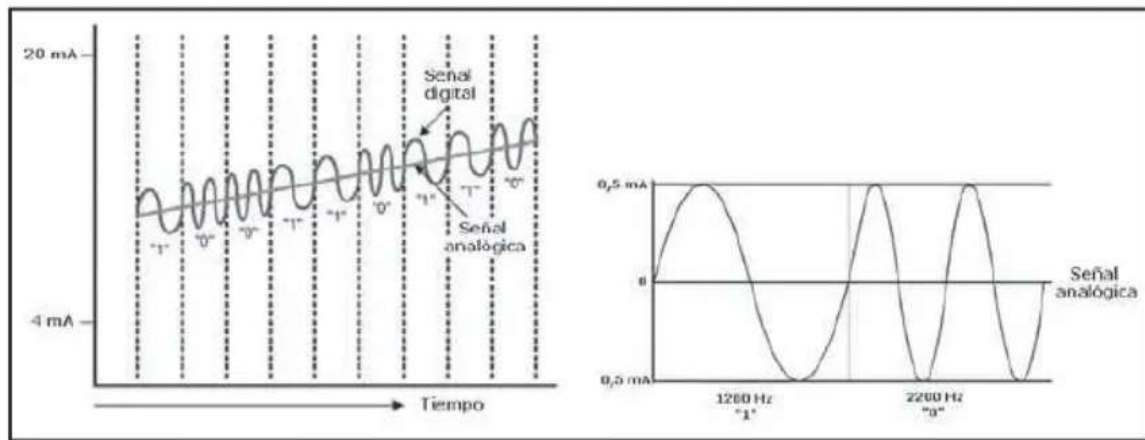
Utilizan la comunicación estándar analógica 4-20 mA cc, además de un protocolo de comunicación digital.

A. BRAIN. Son impulsos codificados modulados, donde la ausencia de pulsos es representada por “1” y alternados con una amplitud de 2mA c.c. en dos pulsos de subida y bajada que representa “0”. Esta señal se encuentra modulada sobre la señal de 4-20mA c.c. (Creus, 2011)

B. FSK. Desarrollado por el grupo ABB. Con una distancia máxima de 1.6 Km y está basado en modulación de frecuencia. (Creus, 2011)

C. DE. De la empresa Honeywell, consta de la modulación de corriente donde 4mA su estado es “0” y a 20mA su estado es “1”. Usa un protocolo propietario. (Creus, 2011)

D. HART. Siglas en ingles de High way Addressable Remote Transducer, codifica por cambio de frecuencia, donde 1200 Hz para el “1” y 2200 Hz para el “0” en forma senoidal. soporta hasta 256 variables, a través de un bus los transmisores pueden conectarse entre sí y tener comunicación con 15 aparatos (ordenadores, PLC, etc.). (Creus, 2011)

Figura 3*Protocolo HART*

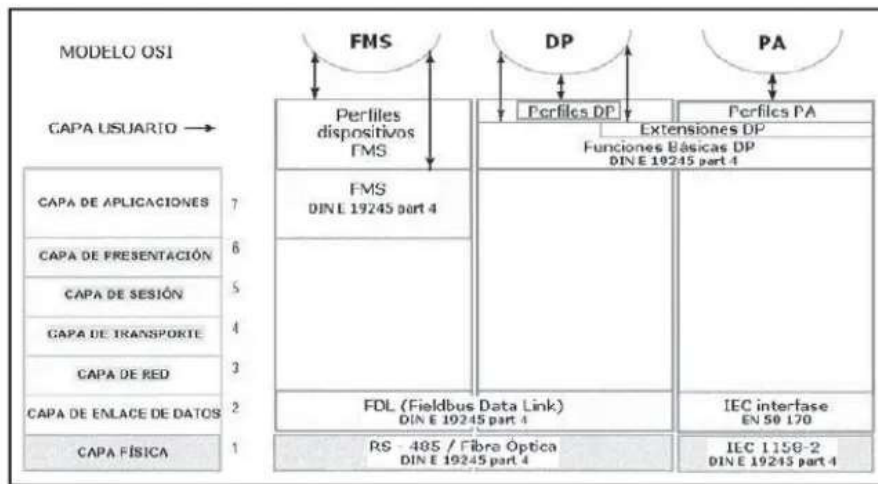
Nota. Tomado de Protocolo HART, por Creus, 2011, instrumentación industrial.

E. MODBUS. Es el primer bus de campo, la versión de Gould Modicon desarrollado en 1979, fue el más utilizado ampliamente que sólo disponía de los niveles 2 (enlace) y 1 (físico) y Comunica instrumentos inteligentes y sensores, se puede controlar instrumentos y herramientas de campo con las PCs y es ideal en transmisión de aplicaciones de señales de proceso por radio. El protocolo MODBUS TCP/IP permite la interoperabilidad entre dispositivos que usan funciones MODBUS. (Creus, 2011)

2.3.4. Protocolos abiertos

Los buses Lonworks, interbus, ASI, Devicenet, CAN, P-NET, World FIP, Profibus y Foundation Fieldbus, son los que más se utilizan en la actualidad en campo.

A. Profibus. Su alimentación se puede suministrar por los hilos de comunicación. Dispone de tres variantes Profibus FMS, Profibus DP, Profibus PA. (Creus, 2011)

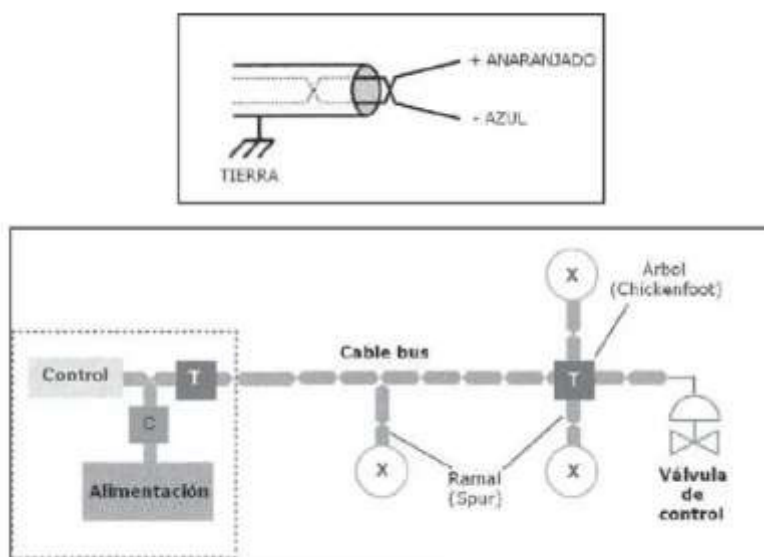
Figura 4*Profibus*

Nota. Tomado de Profibus, por Creus,2011, instrumentación industrial.

B. Foundation Fieldbus. Consiste en un bus de datos serie, multipunto y digital, de dos hilos torsionados con un blindaje puesto a tierra diseñado para satisfacer la norma IEC 1158-2. Que permite conectar dispositivos de sala con instrumentos de campo. Y utiliza 3 niveles de 7 del sistema OSI (Open Systems Interconnect). Usa dos tipos de tarjetas para las comunicaciones: (Creus, 2011)

B1. Tarjeta H1 (IEC 61158). Es de baja velocidad (31.25 Kbits/s) normalmente se usa en válvulas e instrumentos de proceso.

B2. Tarjeta H2. Es de alta velocidad (1,0/2,5 Mbits/s) usada en PLC, DCS, señales remotas I/O. Puede integrar hasta 32 Fieldbus H1 e integrar otros buses.

Figura 5*Cable y Circuito del Foundation Fieldbus*

Nota. Tomado de Cable y circuito del Foundation Fieldbus, por Creus, 2011, instrumentación industrial.

2.3.5. Red de comunicaciones

Permite que la información se intercambie entre dos o más dispositivos, llamados nodos de planta, los cuales físicamente deben ser unidos (mediante cableado, electrónica, conectores, etc.). Y usar el mismo protocolo de comunicación, en todo caso, disponer de dispositivos traductores para la conversión del protocolo. Inicialmente los fabricantes desarrollaron sus sistemas de comunicación llamados como propietarios, los cuales no pueden comunicarse con otros fabricantes, la demanda hizo que estos fabricantes usaran protocolos de comunicación abiertos para que sean compatibles entre sí. (Creus, 2011)

Las comunicaciones se hacen punto a punto de forma directa con el dispositivo. Usualmente para los mantenimientos correctivos hay que trasladarse a campo y conectarse al equipo para su diagnóstico y o configuración. (Creus, 2011)

Las comunicaciones multipunto permiten conectarse a no solo un instrumento al mismo tiempo, hay varios tipos:

A. Topología de bus. A través del bus de dos hilos el protocolo HART permite conectar varios dispositivos. (Creus, 2011)

B. Comunicación “on-line”. mediante la comunicación serie RS-485, parte la señal de 4-20 mA en dos salidas, mediante multiplexores: una para el control de 4 a 20mA y para el sistema de gestión que es digital. (Creus, 2011)

C. Comunicación mediante instrumentación inteligente. Realiza diversas funciones gracias a la información proporcionada por los microprocesadores, tales como diagnósticos, configuración de equipos, monitorización de alarmas, gestión de calibraciones del instrumento. (Creus, 2011)

Para integrar varios sistemas que están alejados entre sí y por razones técnicas y abaratar costes, se subdividen en subredes LAN (Local Area Network) para el intercambio de información. (Creus, 2011)

Las tecnologías Ethernet y Fieldbus se complementan y ofrecen una solución abierta para la integración de dispositivos de campo y de panel. La interoperabilidad se ve obstaculizada porque prácticamente todos los protocolos con base Ethernet son propietarios (Creus, 2011).

La comunicación Wireless se siguen con las normas 802.11 Wi-Fi, ISA100, IEEE 802.11 a/b/g, IEEE 802.11q, ANSI/ISA-TR99.00.01-2007 y IEEE 802.3. Es una tecnología permite realizar la comunicación sin hilos. (Creus, 2011)

2.3.6. Mantenimientos

Para Creus (2011) los sistemas de automatización requieren que se le realicen mantenimientos para garantizar su funcionamiento, estos mantenimientos pueden ser:

A. Correctivo. Se realiza cuando el sistema tiene una falla total o cuando se encuentra en la etapa final de desgaste cuando las operaciones resultan ser muy costosas. En

ocasiones puede darse una para total o parcial de la planta, esto debido a instrumentos en lazos críticos.

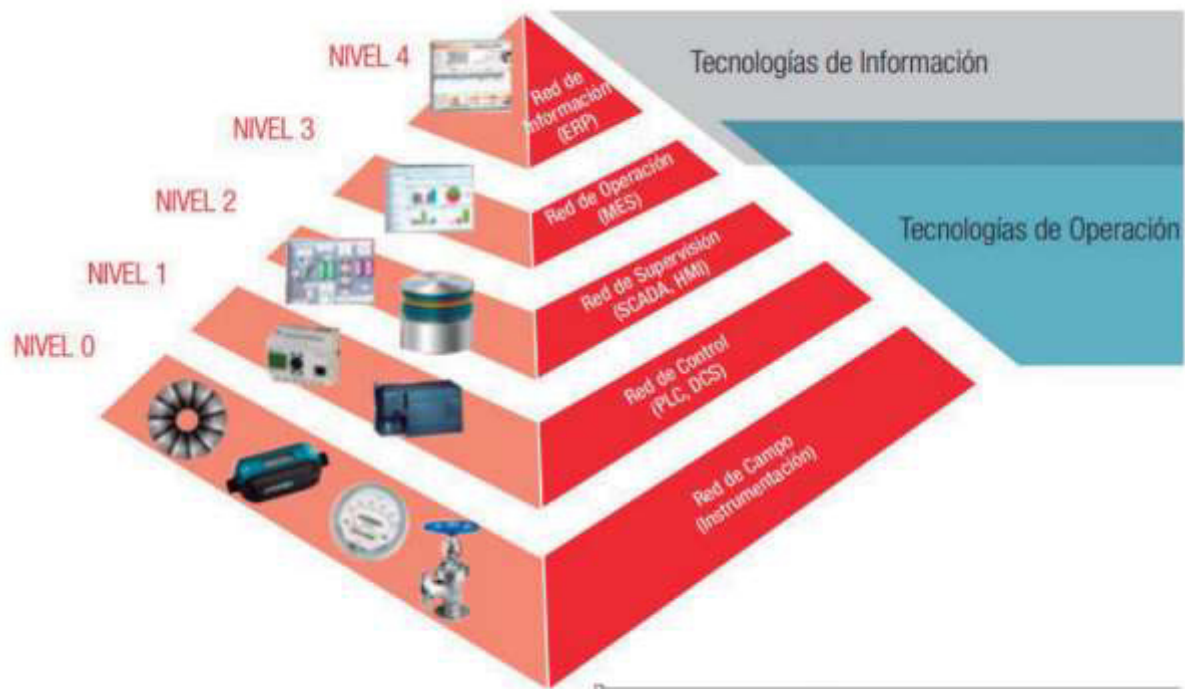
B. Preventivo. Los equipos son sometidos a revisiones periódicas basadas en su historial de fallas en la planta y las recomendaciones del fabricante. Estas revisiones son programadas con anticipación, coincidiendo con los períodos de parada de la planta, y se llevan a cabo con el equipo, repuestos y personal necesario. Sin embargo, una desventaja de este método es que a veces los equipos se revisan sin necesidad, lo que podría afectar su funcionamiento y provocar una falla prematura.

C. Predictivo. Se revisan los equipos con base en la detección temprana de posibles fallos usando dispositivos que alertan sobre problemas en un momento determinado. El mantenimiento predictivo se utiliza en máquinas rotativas.

2.3.7. Redes industriales

Actualmente, una red industrial ofrece ventajas competitivas a empresas o industrias. Estas ventajas incluyen la reducción del cableado, la mejora de los tiempos de respuesta, la flexibilidad en la producción, el manejo, almacenamiento y análisis de datos, la detección de errores, los costos de mantenimiento reducidos, la información en tiempo real y la conexión con herramientas y recursos de gestión, entre otros beneficios. (Zapata et al., 2021)

2.3.7.1. Pirámide de automatización. En Zapata et al. (2021) muestra una representación visual de los diferentes niveles de integración y automatización ofrece una visión general de los diferentes niveles de automatización que pueden existir en una industria, lo que permite a las empresas planificar y mejorar su infraestructura tecnológica y aumentar su eficiencia y competitividad.

Figura 6*Pirámide de automatización*

Nota. Tomado de Pirámide de automatización, por Zapata et al, 2021, Fundamentos de Automatización y Redes Industriales.

A. Nivel de campo (Nivel 0). También conocido como el nivel de sensores y actuadores, se refiere a aquel en el cual los elementos están directamente involucrados en el proceso productivo. Incluye todos los sensores que miden y evalúan el estado de las variables del proceso, así como los actuadores que establecen y modifican el estado de las variables del proceso. Es el nivel con mayor cantidad de componentes en una red industrial, pero también tiene poca información para transmitir, ya que los sensores digitales envían una señal de 1 o 0 y los analógicos tienen un valor limitado. La velocidad de transmisión (en el orden de kbps) es baja y las distancias pueden ser extensas. Además, la latencia y el tiempo real son importantes, por lo que los sistemas de transmisión y recepción son importantes. Debido a que está en contacto con el proceso productivo, puede encontrarse con fuentes de ruido y residuos químicos, por lo que los medios de transmisión deben ser robustos. (Zapata et al., 2021)

B. Nivel de control (Nivel 1). Este nivel engloba los elementos que poseen la inteligencia y capacidad de controlar los procesos industriales, tales como los controladores lógicos programables (PLC's), autómatas programables, sistemas de control distribuido (DCS), variadores de velocidad y controladores de variables específicas. En la actualidad, los PLC's son los más utilizados en este nivel, debido a que pueden ser programados con la lógica o algoritmo adecuado para llevar a cabo el control de procesos, y se pueden conectar con otros dispositivos, como interfaces humano-máquina (HMI) o PLC's adicionales, según los requerimientos de los procesos industriales. (Zapata et al., 2021)

Aunque el número de elementos de control es menor en comparación con el nivel de sensores y actuadores, se están implementando procesos cada vez más complejos que requieren una mayor cantidad de elementos y algoritmos más sofisticados. En el nivel de control, los requerimientos de información son mayores que en el nivel de campo, ya que se necesita comunicar el estado de los sensores y actuadores a otros dispositivos de control, y obtener información de los demás dispositivos. Velocidad de transmisión en el orden de los bytes y Kbyte. (Zapata et al., 2021)

C. Nivel de supervisión (Nivel2). Lo conforman el Sistema de Supervisión Control y Adquisición de Datos (SCADA), compuesto por hardware y software para la supervisión, monitoreo y control remoto de un proceso. El componente principal es el cuarto de control central, que permite visualizar el funcionamiento parcial o total de una planta industrial y es fundamental para identificar y modificar el estado del proceso. (Zapata et al., 2021)

D. Nivel de gestión de la producción (Nivel3). Se refiere a la parte de gestión y administración necesaria para planificar, organizar y supervisar un proceso industrial en planta, que incluye la logística, adquisición de materias primas, almacenamiento, entrega de productos terminados, gestión del talento humano, control de calidad, compras, contabilidad y otras actividades relacionadas. Es responsable de monitorear y verificar el estado de la planta, así

como de planificar y programar las tareas a realizar en el proceso industrial. (Zapata et al., 2021)

Figura 7

Nivel de gestión de la producción

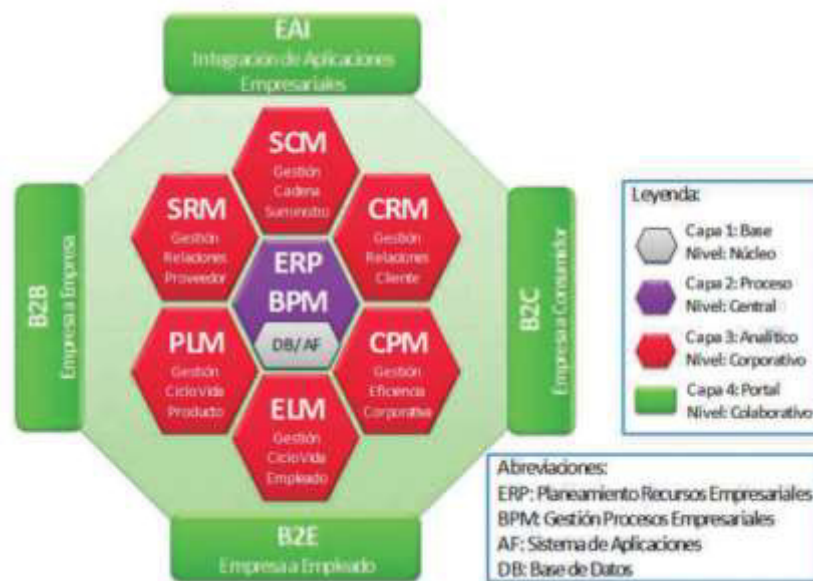


Nota. Tomado de Nivel de gestión de la producción, por Zapata et al, 2021, Fundamentos de Automatización y Redes Industriales.

E. Nivel de planificación de recursos empresariales. Conocido como Enterprise Resource Planning (ERP) cumple el papel de sistema para planificar los recursos en el entorno de producción. Dicho de otro modo, establece una estrecha relación entre los procesos administrativos y productivos al gestionar la información y satisfacer las necesidades de gestión empresarial de forma organizada y completa. El sistema es modular y estandarizado, con interfaces de conexión a otros sistemas de información, lo que permite la integración del entorno productivo y administrativo. Su implementación permite mejorar procesos productivos, reducir inventarios, optimizar espacios de almacenamiento, establecer cadenas logísticas, gestionar ventas y planificar y ejecutar pedidos. (Zapata et al., 2021)

Figura 8

Nivel de gestión de recursos empresariales

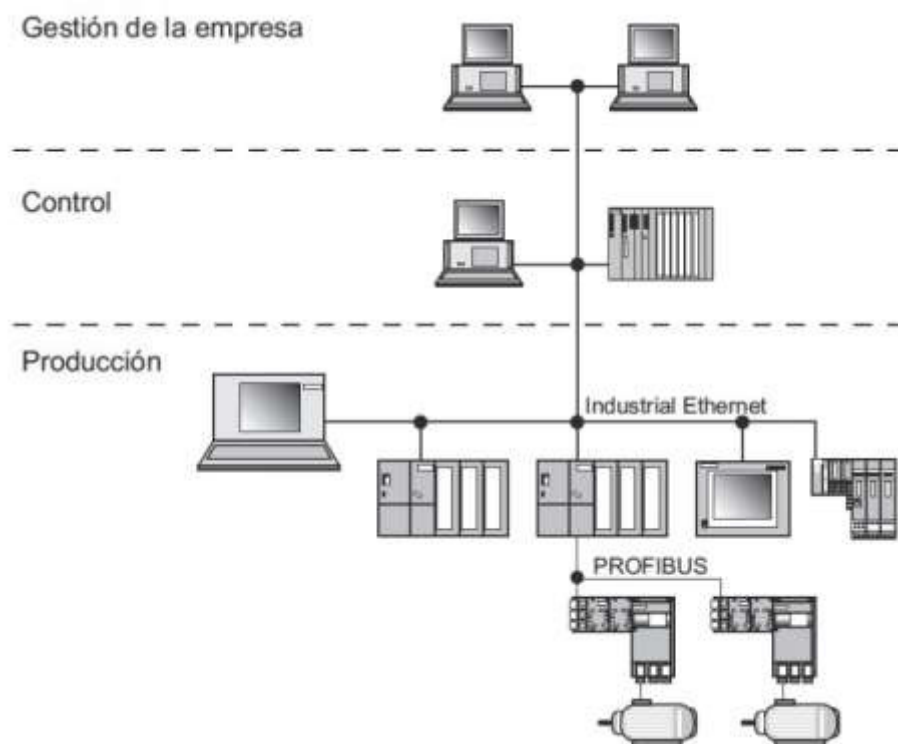


Nota. Tomado de Nivel de gestión de la producción, por Zapata et al., 2021, Fundamentos de Automatización y Redes Industriales.

2.3.7.2. Sistemas de comunicación. La demanda actual de los procesos industriales hace que se requieran infraestructuras de comunicación que permitan la transmisión y recepción de datos sobre el estado de las variables, sensores y actuadores de un proceso industrial. Estas infraestructuras deben adecuarse a las necesidades específicas del proceso, así como a las características y limitaciones del entorno industrial y comercial. (Zapata et al., 2021)

Figura 9

Sistema de comunicación



Nota. Tomado de Sistema de comunicación, por Zapata et al, 2021, Fundamentos de Automatización y Redes Industriales.

2.3.7.3. Clasificación por el modo de transmisión.

A. Full dúplex. Permite transmitir y recibir datos simultáneamente. Ejemplo: telefonía.

B. Half dúplex. Permite transmitir y recibir datos, pero no simultáneamente. Ejemplo: radio handy, walkie talkie.

C. Simplex. Solo se puede transmitir o recibir, un equipo funciona como transmisor y el otro como receptor. Ejemplo: juguetes a control remoto.

2.3.7.4. Clasificación por el medio de transmisión.

A. Guiado. Los datos se transmiten mediante un medio físico. Los medios de transmisión más comunes son los eléctricos y ópticos. Los medios eléctricos se refieren a los conductores eléctricos que pueden usarse en las comunicaciones, como par simple, par trenzado, cable coaxial, buses de datos, entre otros. Por otro lado, los medios ópticos se refieren a la fibra óptica, utilizada en aplicaciones específicas por sus características eléctricas, mecánicas y de transmisión. Por ejemplo, el par simple se utiliza en la telefonía, el par trenzado en las redes de datos, el cable coaxial en la TV por cable y la fibra óptica en Internet. (Zapata et al., 2021)

B. No guiado. No usa un medio físico, se realiza a través de ondas y señales electromagnéticas que se difunden en el medio ambiente. Las frecuencias de transmisión están reguladas a nivel nacional e internacional por los entes reguladores correspondientes, y existen sistemas de transmisión no guiada ópticos utilizados en equipos domésticos como los sistemas de control remoto infrarrojos y láser. Ejemplos comunes de transmisión no guiada incluyen la radio, TV, telefonía móvil y comunicaciones satelitales. (Zapata et al., 2021)

2.3.7.5. Clasificación por el tipo de sincronismo.

A. Sincrónico. Incluye un reloj para la sincronización de la comunicación. Ejemplo: protocolo I2C.

B. Asincrónico. No incluye un reloj para la sincronización de la comunicación, en su defecto usa bits banderas o de inicio y parada. Ejemplo: comunicación RS-232.

C. Isócrona. No hay una señal de sincronismo, los equipos se sincronizan a partir de otros mecanismos.

2.3.7.6. Clasificación por el método de acceso al medio.

A. *Sondeo o polling.* El dispositivo maestro consulta a los esclavos sobre su estado. Este método puede generar tráfico innecesario. Debe usarse en sistemas en los que los esclavos dan poca información.

B. *Selección.* el dispositivo maestro selecciona al esclavo para realizar la consulta de su estado. Puede ser usado cuando el maestro determina la prioridad y la cantidad de información no es alta.

C. *Por eventos.* Se basa en proporcionar información cuando tenga datos a transmitir dejando el medio libre.

2.3.7.7. Clasificación por la topología física.

A. *Bus.* En sistemas de comunicación industrial, a nivel de campo y de control, se usa un medio o bus compartido al que están conectados los equipos. Este tipo de topología permite cubrir distancias más largas. Para asegurar la transmisión de datos, se requiere la instalación de terminadores en ambos extremos del bus, los cuales mantienen la impedancia del cable. Sin embargo, una desventaja de esta topología es que si el medio falla en cualquier punto, toda la comunicación se ve afectada. (Zapata et al., 2021)

B. *Árbol.* En esta topología, la red de comunicaciones se distribuye de forma similar a la estructura de un árbol, con varios concentradores de los que derivan los equipos conectados como ramas. Aunque se asemeja a la topología estrella, la diferencia radica en la ausencia de un equipo central, ya que existen varios concentradores. (Zapata et al., 2021)

C. *Anillo.* En esta topología, se utiliza un único medio o bus común que forma un camino cerrado, donde los extremos del bus están conectados para formar un anillo. A diferencia de la topología bus, no se requieren terminadores. Sin embargo, al igual que en la topología bus, si se produce una falla en cualquier punto, puede afectar la comunicación. Una

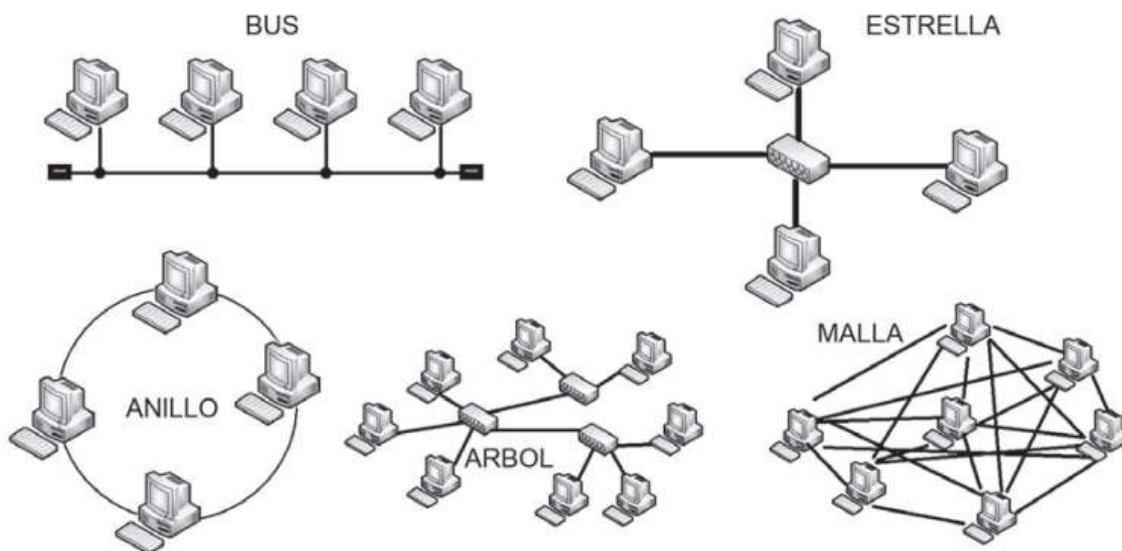
variante es el anillo redundante, que establece un sistema de doble anillo para reducir el riesgo de fallos en la comunicación. (Zapata et al., 2021)

D. Estrella. En esta topología, todos los equipos están conectados a un dispositivo central, que es responsable de la comunicación y la conexión entre todos los nodos de la red. Sin embargo, si ocurre una falla en el equipo central, toda la comunicación se ve interrumpida. (Zapata et al., 2021)

E. Malla. Esta topología se basa en la conexión de diferentes caminos entre dos o más equipos, lo que permite la transmisión de datos. Funciona mediante la interconexión de todos los equipos de la red y es ideal para garantizar la transmisión de datos. Sin embargo, su implementación puede resultar costosa debido a la necesidad de establecer múltiples conexiones entre los equipos. (Zapata et al., 2021)

Figura 10

Topologías físicas de comunicación



Nota. Tomado de Topologías físicas de comunicación, por Zapata et al, 2021, Fundamentos de Automatización y Redes Industriales.

2.3.7.8. Clasificación por la relación funcional.

A. *Entre iguales o peer to peer.* El dispositivo maestro consulta a los esclavos sobre su estado. Este método puede generar tráfico innecesario. Debe usarse en sistemas en los que los esclavos dan poca información.

B. *Cliente - servidor.* el dispositivo maestro selecciona al esclavo para realizar la consulta de su estado. Puede ser usado cuando el maestro determina la prioridad y la cantidad de información no es alta.

C. *Maestro - esclavo.* Se basa en proporcionar información cuando tenga datos a transmitir dejando el medio libre.

2.3.7.9. Clasificación por el área de cobertura.

A. *Red de área personal (Personal Area Network PAN).* El dispositivo maestro consulta a los esclavos sobre su estado. Este método puede generar tráfico innecesario. Debe usarse en sistemas en los que los esclavos dan poca información.

B. *Red de área local (Local Area Network LAN).* el dispositivo maestro selecciona al esclavo para realizar la consulta de su estado. Puede ser usado cuando el maestro determina la prioridad y la cantidad de información no es alta.

C. *Red de área metropolitana (Metropolitan Area Network MAN).* Se basa en proporcionar información cuando tenga datos a transmitir dejando el medio libre.

Para Precision (s.f.) experto en automatización y redes industriales señala que:

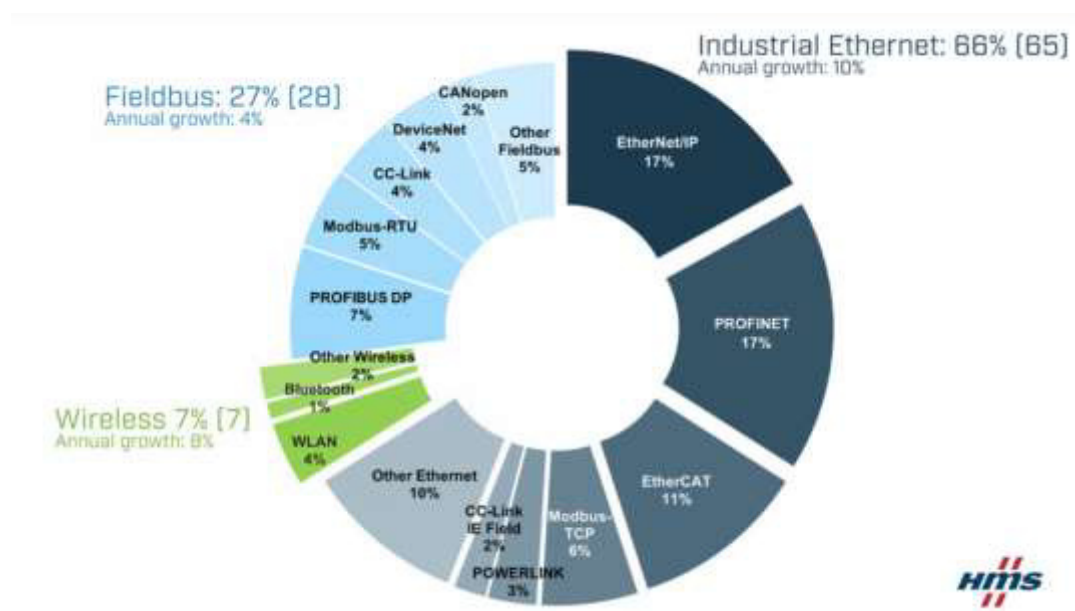
Ethernet es el protocolo estándar que controla cómo se transmiten los datos en redes de área local (LAN) y redes de área extensa (WAN); sus ventajas son bien entendidas en el mundo empresarial: es interoperable, redundante, flexible, escalable, rápido y rentable, entre otros. En la industria es especialmente popular para aplicaciones de control, pues es fácil de configurar, operar, mantener y ampliar. A su vez, permite la

mezcla de productos de 10 Mbps y 100 Mbps, y es compatible con la mayoría de los conmutadores (switch) Ethernet.

Todos los años, HMS Networks analiza el mercado de redes industriales el estudio realizado en 2022 proyecta un crecimiento del 8%. Dicha distribución se puede observar en la figura 9.

Figura 11

Cuotas de mercado 2022 según HMS Networks: buses de campo, Ethernet industrial y tecnologías inalámbricas



Nota. Tomado de Cuotas de mercado 2022 según HMS Networks: buses de campo, Ethernet industrial y tecnologías inalámbricas, por Fabricación, 2022, Las Redes Industriales Siguen Creciendo A Pesar De Los Tiempos Difíciles - Cuotas De Mercado De Redes Industriales 2022 Según HMS Networks.

La interpretación que realiza Fabricación (2022):

Ethernet Industrial aún muestra el mayor crecimiento y ahora representa el 66% de todos los nuevos nodos instalados (65% el año pasado). Los buses de campo tienen una participación de mercado del 27% (28), mientras que la tecnología inalámbrica

permanece en el 7%. PROFINET y EtherNet/IP comparten el primer lugar en la clasificación de redes con una participación de mercado del 17%, pero EtherCAT se acerca rápidamente, ahora con un 11%.

2.3.8. Industria 4.0

Para Basco et al. (2018) la Cuarta Revolución Industrial es impulsada por la digitalización del sector manufacturero y se caracteriza por la convergencia de varias tecnologías. Los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 son:

A. Sistemas de integración. Conectan máquinas, productos y áreas de producción, facilitando la gestión interna y la colaboración en la cadena de valor.

B. Máquinas y sistemas autónomos (robots). Automatizan tareas industriales, fomentando la robótica colaborativa y la conectividad en fábricas inteligentes.

C. Internet de las cosas (IoT). Permite la comunicación entre máquinas, personas y productos, mejorando la toma de decisiones, la personalización de productos y el monitoreo en tiempo real.

D. Manufactura aditiva. Fabrica piezas mediante la superposición de capas de materiales, descentralizando el diseño y reduciendo costos y tiempos de producción.

E. Big data y análisis de grandes datos. El análisis de datos masivos es crucial para la toma de decisiones en tiempo real, la mejora de la calidad y la innovación basada en datos.

F. Computación en la nube. Ofrece almacenamiento y acceso flexible a recursos informáticos, mejorando la agilidad y la escalabilidad en aplicaciones industriales.

G. Simulación de entornos virtuales. Permite probar máquinas y procesos en un entorno virtual antes de implementarlos, reduciendo costos y mejorando la eficiencia.

H. Inteligencia Artificial. Desarrolla algoritmos que permiten a las computadoras procesar datos y aprender, mejorando la visión, el control de calidad y la gestión de producción.

I. Ciberseguridad. Es fundamental para proteger sistemas de información en entornos industriales cada vez más conectados.

J. Realidad aumentada. Complementa el entorno real con objetos digitales, agilizando procesos de diseño, reparación y capacitación.

Figura 12

Pilares Tecnológicos de la Industria 4.0

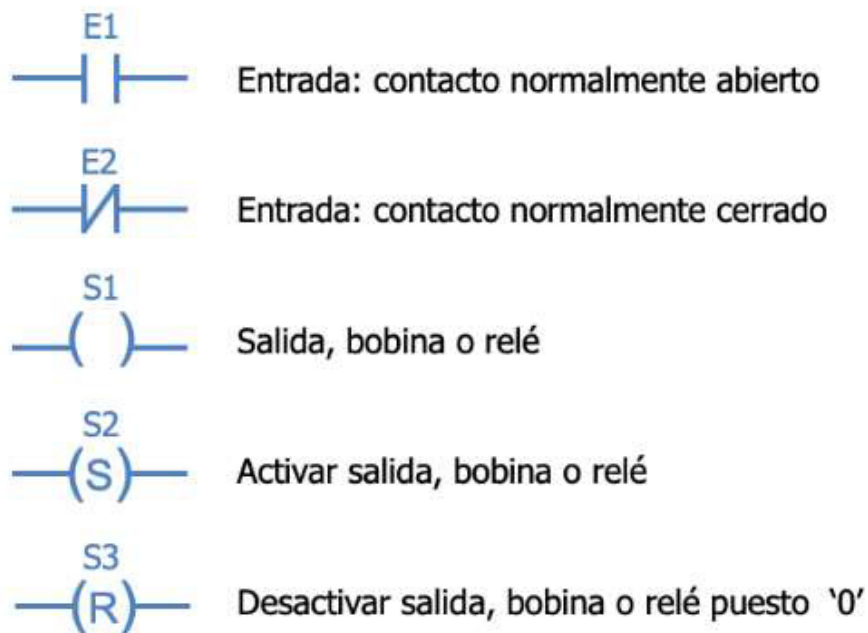


Nota. Tomado de Pilares Tecnológicos de la Industria 4.0, por Basco et al., 2018, Industria 4.0: Fabricando el Futuro.

2.3.9. Lenguajes de programación

La programación se utiliza para escribir instrucciones y algoritmos que permiten a las computadoras y otros dispositivos electrónicos realizar tareas específicas. Estas tareas pueden ser variadas y van desde simples cálculos hasta operaciones complejas de control y procesamiento de datos. Los lenguajes más usados para la automatización de sistemas industriales son los siguientes:

A. Lenguaje de escalera (Ladder Logic). También conocido como diagrama ladder, para Brunete et al. (2020) es un lenguaje de programación gráfico ampliamente utilizado en los controladores lógicos programables (PLCs). Se basa en los esquemas eléctricos de control tradicionales, lo que facilita su comprensión para técnicos e ingenieros eléctricos. En el entorno de programación STEP7, se conoce como "KOP". En Ladder Logic, la energía no fluye de arriba hacia abajo por el contrario fluye de izquierda a derecha en lugar, como ya se evidencian en los esquemas eléctricos convencionales. En un circuito típico, las ubicaciones de los contactos están en lado izquierdo y en lado derecho una bobina. La lógica de control representada en este circuito puede interpretarse como una inferencia lógica, donde la lógica de los contactos actúa como premisa y la bobina como conclusión. Este enfoque gráfico es fundamental en la programación de PLCs y se ajusta a estándares como IEC 61131-3.

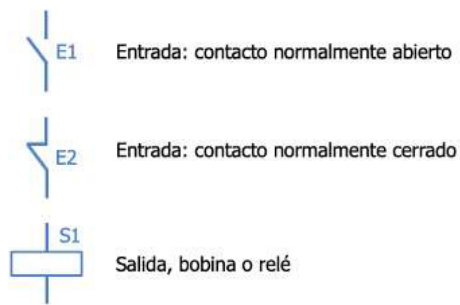
Figura 13*Elementos básicos del diagrama de escalera*

Nota. Tomado de Elementos básicos del diagrama de escalera, por Brunete et al, 2020, Introducción a la automatización industrial.

B. Esquema de contactos. Se rige por la norma DIN 40713-6. Es un método de representación que se corresponde directamente con el esquema de conexiones eléctricas que habría que realizar para construir un automatismo. (Brunete et al., 2020)

Figura 14

Elementos básicos del esquema de contactos

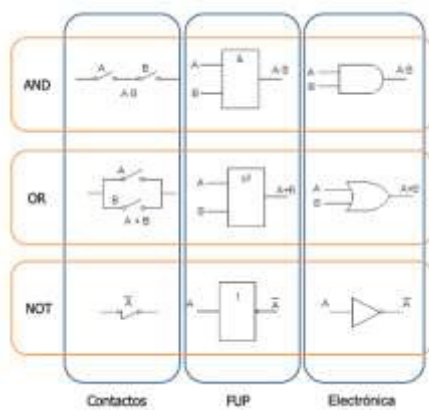


Nota. Tomado de Elementos básicos del esquema de contactos, por Brunete et al, 2020, Introducción a la automatización industrial.

C. Plano de funciones. En STEP7 se denomina FUP. se refiere a la utilización de las puertas lógicas típicas de la electrónica digital. (Brunete et al., 2020)

Figura 15

Comparativa de conectores de FUP con puertas lógicas y contactos



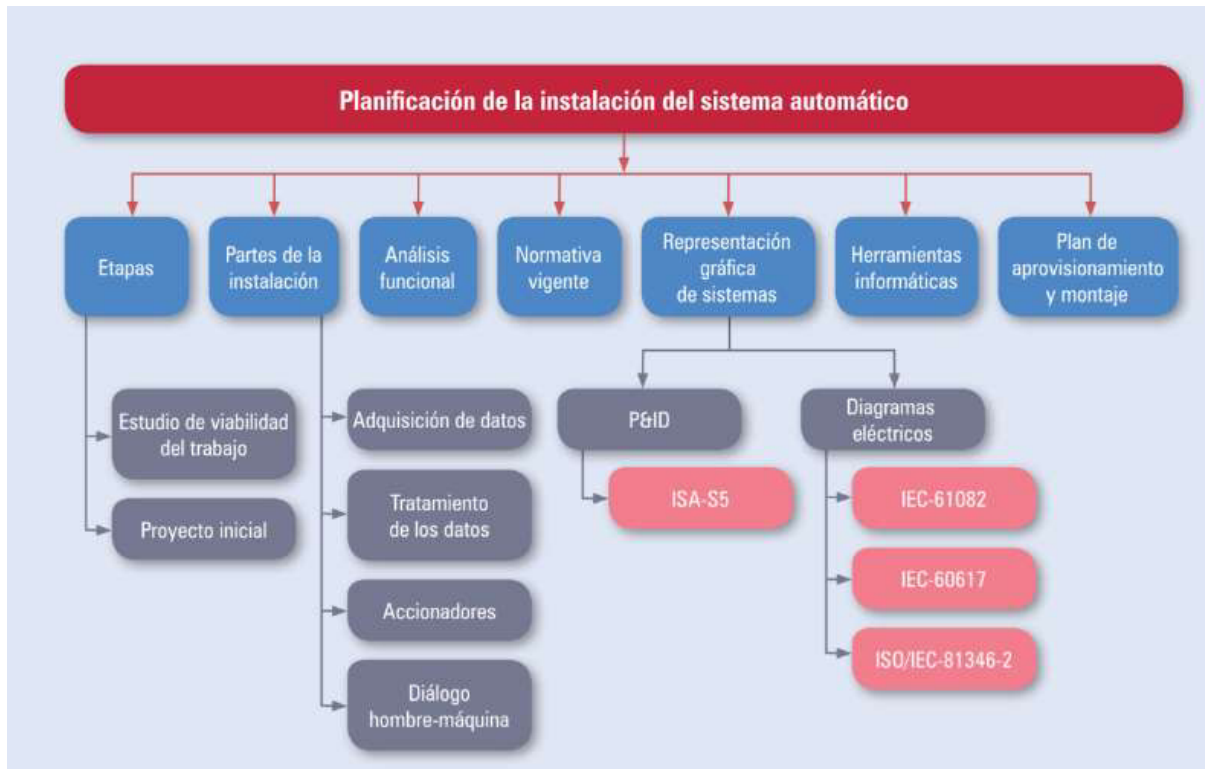
Nota. Tomado de Comparativa de conectores de FUP con puertas lógicas y contactos, por Brunete et al, 2020, Introducción a la automatización industrial.

D. Lista de instrucciones. Los autómatas pueden programarse mediante diferentes lenguajes, y en el caso de STEP7, un entorno de programación de Siemens, se utilizan principalmente dos: AWL y SCL. AWL (Anweisungs-Liste) o STL (Statement List): Este lenguaje, similar a un ensamblador, es utilizado para programar autómatas Siemens. Consiste

en un conjunto de códigos nemotécnicos y operandos que se traducen en código máquina. Este lenguaje cuenta con un amplio conjunto de códigos nemotécnicos y modos de direccionamiento, siguiendo las pautas de la norma IEC 61131-3, lo que lo hace compatible con estándares internacionales. (Brunete et al., 2020)

E. HTML. (Lenguaje de Marcas de Hipertexto, del inglés HyperText Markup Language) es la parte más fundamental de la web. Explica qué es el contenido web y cómo se estructura. El uso de "etiquetas", que consisten en el nombre del elemento encabezado por "<" y ">", permite que un elemento HTML destaque sobre el resto del texto de un documento. El nombre de un elemento en una etiqueta no diferencia entre minúsculas y mayúsculas. Podemos escribir en mayúsculas, minúsculas o una combinación de ambas. (Mozilla, s.f.)

F. JavaScript. (a menudo abreviado como JS) es un lenguaje ligero que se entiende y se dirige a objetos con funciones de primera clase. Es más conocido como lenguaje de programación para sitios web, aunque también se utiliza en muchos contextos ajenos a los navegadores. Es un lenguaje de script dinámico y multiparadigmático basado en prototipos que admite estilos de programación orientados a objetivos, imperativos y funcionalidades (Mozilla, s.f.).

Figura 16*Planificación de la instalación del sistema automático*

Nota. Tomado de Planificación de la instalación del sistema automático, por Escaño et al., 2019, Integración de sistemas de automatización industrial.

2.3.10. Sistema de iluminación

El objetivo de instalar un sistema de control inteligente de la iluminación es aprovechar al máximo la luz natural automatizando los procesos de apagado y encendido del sistema. El importante ahorro económico que puede suponer la sustitución de luminarias ineficientes por luminarias LED ha sido confirmado por los estudios comparativos que se han realizado para estimar el ahorro en consumo eléctrico y coste económico de las distintas propuestas de sustitución de luminarias para la sala de investigación evaluada (Rios et al., 2019).

2.3.11. Definición de términos

A. AS-P. Siglas de Automation server premium, es un dispositivo potente de la marca Schneider que puede actuar como servidor autónomo, controlar módulos de E/S y supervisar y

gestionar dispositivos de bus de campo. Se puede usar en instalaciones pequeña, medianas y grandes. (Schneider Electric, AS-P, 2026)

B. Automatización. En el ámbito de la industria con referencia al sistema que permite que una máquina desarrolle ciertos procesos o realice tareas sin intervención del ser humano. Es empleada con frecuencia por su capacidad de ahorrar tiempo y dinero. (Agudelo et al., 2020, p. 1)

C. Bridge. Con un puente la conexión entre dos diferentes secciones de red, puede tener diferentes características eléctricas y protocolos; además, puede enlazar dos redes diferentes. (Caicedo et al., 2012)

D. Bus de campo. Es una red de comunicación industrial entre dispositivos de campo inteligentes bidireccional y multipunto. (Academia de PLC, 2022)

E. Control. Son aquellos procesos donde se aplican distintas áreas de la tecnología para monitorear el trabajo que desarrollan los dispositivos y máquinas sin la necesidad del hombre. (GSL Industrias, 2021)

F.Controlador. tienen la capacidad de continuar con las tareas de control y monitorización basadas en tiempo por largos períodos, aún sin conexión, y pueden funcionar como controladores independientes en aplicaciones que no requieran de un dispositivo de supervisión en red. (Johnson Controls, s.f.)

G. Ciberseguridad. Es la actividad de proteger sistemas, programas y redes en contra de ataques digitales los cuales pueden ser phishing (suplantación de identidad), ransomware (software malicioso), malware (software que causa daños). (Cisco, s.f.)

H. datasheet. También conocido como una hoja de datos o ficha técnica, que describe las especificaciones, explica el rendimiento y las características técnicas de un producto, material, componente, máquina, etc. (Machuca, 2021)

I. Enrutador. Es un switch “enrutador” entre los varios segmentos de red definidos en la ruta de paquetes de comunicación. (Caicedo et al., 2012)

J. Firewall. Este software o esta unidad de hardware y software dedicados funciona bloqueando o permitiendo los paquetes de datos de forma selectiva. Por lo general, su propósito es ayudar en la prevención de actividades maliciosas y garantizar que nadie (dentro o fuera de la red privada) pueda llevar a cabo actividades en línea no autorizada (Karpersky, s.f.).

K. Gateway. Un Gateway es comparable a un puente, ya que permite que las aplicaciones se comuniquen a través de ella y ofrece interoperabilidad entre buses y diversos tipos de protocolos (Caicedo et al., 2012).

L. HMI. Representa las iniciales de interfaz humano-máquina, y hace referencia a un dispositivo que posibilita la interacción entre un individuo y una máquina, programa o sistema. En términos técnicos, puede abarcar cualquier pantalla empleada para la comunicación con un dispositivo, aunque su empleo suele centrarse en entornos industriales. Las HMI exhiben información en directo y otorgan al usuario la capacidad de dirigir las máquinas mediante una interfaz visual. (Copadata, s.f.)

M. Licencia. Comúnmente, se brinda a los usuarios finales el permiso para obtener una o varias copias del software, manteniendo la integridad de los derechos de autor. Por lo general, esto involucra detalles como la cantidad de descargas permitidas, el costo asociado y el nivel de acceso otorgado al código fuente. En términos de categorías de licencias, existen dos tipos principales: las licencias de código abierto y las licencias propietarias. (VIPNET 360, 2022)

N. Migración. Acto de actualizar un sistema de automatización antiguo permite optimizar la infraestructura actual al mismo tiempo que se introduce modernización y se incorporan nuevos componentes de control. (Sicma21, 2023)

O. Operador. Es responsable de controlar y monitorear sistemas y procesos automatizados. Se asegura de que los sistemas de automatización funcionen correctamente y

de manera eficiente, y realiza actividades de mantenimiento y reparación siempre que sea necesario. (Hiring People, s.f.)

P. PLC. siglas de Controlador lógicos programables son dispositivos electrónicos que controlan el funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales.

Q. Productividad. En el sector industrial está conformado por el conjunto de entidades que transforman la materia prima enfocados a la optimización de los recursos, y existe una relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados para obtenerlos. (Maldonado y Campos, 2019)

R. Repetidor. El repetidor o amplificador es un dispositivo que aumentan las señales eléctricas para que puedan viajar grandes distancias entre nodos. Este dispositivo permite la conexión de un gran número de nodos a la red, así como la adaptación a diversos medios físicos como el cable coaxial o la fibra óptica (Caicedo et al., 2012, p. 15).

S. SCADA. (Supervisory, Control and Data Acquisition) es un sistema de supervisión, control y adquisición de datos considerado fundamental en la automatización de los procesos de producción.

T. Sensor. Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente. (Real Academia Española [RAE], 2026)

U. Servidor. Se basa en el modelo “cliente-servidor”. El cliente puede ser un computador como una aplicación que requiere información del servidor y si está autorizado el servidor ofrecerá la información demandada. (Tic.Portal, 2022)

V. TI. significa Tecnología de la información, un TI se encarga del buen funcionamiento de las computadoras bien brinda Soporte, administración, diseño de telecomunicaciones, sistemas informáticos y control de redes. (ETAC, s.f.)

W. Virtualización. Es un método para simular virtualmente componentes de hardware del mundo real, como almacenamiento, redes y servidores. Mediante el uso de software virtual,

los recursos de hardware pueden utilizarse de forma más eficiente simulando las acciones del hardware real (Amazon, s.f.).

X. Web browser. Un navegador web maneja la actividad HTTP entre un cliente y un servidor que es la columna vertebral del uso de la World Wide Web. Las URL son instrucciones de tráfico para el navegador web, y el navegador utiliza direcciones IP y otras herramientas para establecer estas conexiones. (Rouse, 2020)

Y. Workstation. Es un equipo de alto rendimiento, Ofrece una capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos muy alta, así como otras funcionalidades necesarias para llevar a cabo tareas superiores a los computadores comunes. (Aurum Informática, 2021)

2.4. Propuesta de solución

2.4.1. Descripción de la propuesta

Se ha identificado una degradación crítica en la estabilidad del sistema de control y monitoreo basada en la arquitectura de Andover continuum de Schneider Electric, infraestructura sustentada en controladores Netcontroller II y BCX, presenta interrupciones de servicio recurrentes debidas al agotamiento del ciclo de vida del hardware, estas caídas contantes no solo comprometen el monitoreo en tiempo real, sino que exponen a la edificación a riesgos operativos y de confort por la pérdida de control automático en subsistemas críticos.

La propuesta consiste en una transición tecnológica hacia la plataforma de nueva generación de EcoStruxure de Schneider Electric. El objetivo es la sustitución de los Netcontroller II y BCX por Servidores de Automatización (AS-P) ó ASB que eliminan los reinicios inesperados, e interrupciones de los servicios.

Reingeniería de la lógica de control, Migración y optimización de los programas originales en Plain English a estructuras de bloques de funciones o texto estructurado modernos y compatibles, para garantizar una gestión fiable, precisa, la interoperabilidad y escalabilidad de los equipos legados remanentes, que en caso de una futura caída puedan ser reemplazados

usando la infraestructura de comunicación existente, además de permitir la integración de equipos nuevos y de ser el caso el uso de Gateway's.

Figura 17

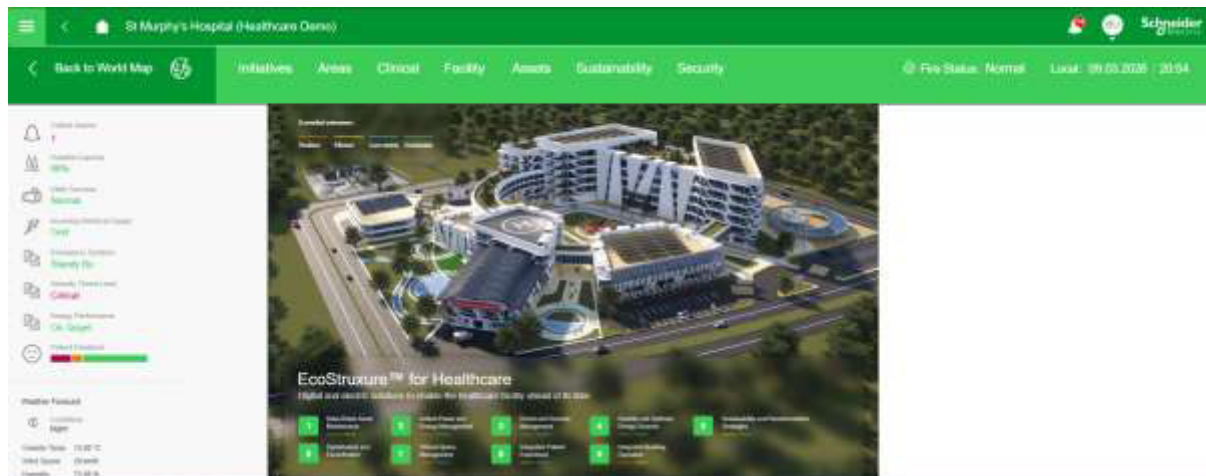
Andover continuum Discontinuado



Nota. Tomado de Gestion de instalaciones/ Andover Continuum, por Schneider Electric, 2026, Andover Continuum.

Figura 18

Demo WebStation EBO



Nota. Tomado de la vista demo de la WebStation v.7.0.3.142 de EBO, por Schneider Electric, 2026, WebStation Demo.

2.4.2. Desarrollo de la solución

La migración de sistemas de automatización industrial programables deja de ser una mejora opcional y pasa a ser una necesidad estratégica cuando los sistemas heredados empiezan a comprometer la confiabilidad, la seguridad, la escalabilidad y la capacidad de integración de los servicios automatizados.

2.4.2.1. Identificación de protocolos a migrar. El proceso de migración inicia con un levantamiento técnico exhaustivo de la infraestructura existente tanto a nivel hardware como software. En esta etapa, se realiza un mapeo detallado de las topologías de red, identificando la arquitectura de los buses de campo, los protocolos de comunicación activos y revisión de los datasheets. Se cuantifica y etiqueta cada dispositivo conectado, analizando la cantidad de equipos por bus de comunicación para detectar posibles cuellos de botella.

Figura 19

Verificación de Hardware existente - Controlador I2 600



Nota. Controlador I2 600, destinado para el monitoreo de alarmas.

Figura 20*Datasheet del Controlador I2600*

i2600 Series Local Controllers		
Electrical Power 24VAC, 12-24VDC - auto sensing, +10% -15%, 50/60 Hz Power Consumption 25 VA Overload Protection Fused with 3 amp fuse. MOV protected Software Real-Time Clock Synchronized through Andover Continuum Infinet by network controller	Battery Battery Backup Replaceable, non-rechargeable, lithium battery. Provides 5 years typical accumulated power failure backup of RAM memory Communications Communications Interface Through Andover Continuum Infinet RS-485 field bus to network controller Communications Speed 1200 to 19.2K baud Bus Length 4,000 ft. (1,220m) standard for Andover Continuum Infinet, i2 Infilink module allows extension to longer distances and is required after every group of 32 units on the network. Bus Media Andover Continuum Infinet: twisted, shielded pair, low capacitance cable RS-485 port for implementing Wireless Andover Continuum Infinet II connection, including: Standard service port, four-position shrouded connector Comm. Error Checking International Standard CRC 16 Compatibility Andover Continuum CyberStation Version 1.5 or greater	Inputs Inputs i2608: 8 Universal inputs i2624: 24 Universal inputs Voltage (0-5.115 VDC); Temperature -30°F to 230°F (-34°C to 110°C), Digital (on/off), Counter (up to 4Hz at 50% duty cycle, 125 ms min. pulse width). Supervised Alarm (single or double resistor). Current input (0 - 20 mA) using external 250 ohm resistor Input Voltage Range 0-5.115 volts DC Input Impedance 10K ohm to 5.120V or 5M ohm with pull-up resistor disabled Input Resolution 5.0 mV Input Accuracy ±15mV (±0.56°C from -23°C to +66°C or ±1°F from -10°F to +150°F)
Mechanical Operating Environment 32°-120°F (0-49°C), 10-95% RH (non-condensing) Size 9.03" H x 6.01" W x 2.14" D (229 H x 153 W x 54 D) mm Weight 1.19 lbs. (.54 kg) Enclosure Type UL Open class, IP 10. Flammability rating of UL94-5V Mounting Panel mount		

Nota. La comunicación es por RS-485 a través del protocolo Andover Continuum Infinet.

Tomado de i2600 Series Local Controllers, por Schneider Electric, 2026, Andover Continuum Infinet II.

Figura 21

Verificación de Hardware existente - Controlador I2887



Nota. Controlador I2887, destinado para el control de Fancoil de 3 velocidades + válvula.

Figura 22

Datasheet del controlador i2887

Andover Continuum Infinet II i2887
Terminal Controllers
Specifications

i2887 Terminal Controllers		
Electrical	Communications	Input Protection
Power i2887: 24 VAC, +10% -15%, 50/60 Hz or i2887-L-xxx: 115/230 VAC, +10% -15%, 50/60 Hz	Communications Interface Through Andover Continuum Infinet RS-485 field bus to network controller	24 VAC or 24 VDC temporarily on any single channel, ±1000V transients (Tested according to EN61000-4-4)
Power Consumption i2887: 10 VA i2887-L-xxx: 32 VA i2887-L-xxx-C 32 VA	Communications Speed 1200 to 19.2K baud	Input Resolution 5.0 mV
Overload Protection Fused with 1 amp fuse. MOV protected	Bus Length 4,000 ft. (1,220m) standard for Andover Continuum Infinet, i2 Infilink module allows extension to longer distances and is required after every group of 32 units on the network.	Input Accuracy ±15mV (±0.56°C from -23°C to +66°C or ±1°F from -10°F to +150°F)
Software Real-Time Clock Synchronized through Andover Continuum Infinet by network controller	Bus Media Andover Continuum Infinet: twisted, shielded pair, low capacitance cable	Outputs 4 single pole single throw (SPST) Form A Triacs (any two consecutive outputs can be configured as one Tri-state Form K) 1 Form A Relay, 277 VAC @3A
Mechanical	Comm. Error Checking International Standard CRC 16 Compatibility: Andover Continuum CyberStation 1.6x or greater	Triac Output Rating Maximum 0.3A, 24VAC, ±2000V transients (Tested according to EN61000-4-4) Minimum: 30 mA AC Each Triac is ground referenced, DC loads not permitted
Operating Environment 32°–120°F (0–49°C), 10–95% RH (non-condensing)	Compatibility Andover Continuum CyberStation 1.6x or greater	Output Accuracy
Size i2887: 4.40" H x 5.13" W x 1.15" D (111H x 130W x 30D) mm i2887-L-xxx: 4.40"H x 7.32"		

Nota. La comunicación es por RS-485 a través del protocolo Andover Continuum Infinet.

Tomado de i2887 Terminal Controllers, por Schneider Electric, 2026, Andover Continuum Infinet II.

Figura 23

Verificación de Hardware existente - Controlador B3624



Nota. Controlador B3, destinado para el monitoreo de Bombas y sensores de nivel ultrasónico.

Figura 24*Datasheet Controlador B3624*

b3600




The b3600 Series is ideal for small or large groups of inputs that require monitoring in a concentrated area. Equipped with a built-in 24 VAC and 12-24 VDC auto sensing power supply, the unit allows any Universal Input to be configured as a Supervised Input for monitoring open wires or short circuits.

Specifications	b3608	b3624
RS-485 Port – BACnet/MSTP	Yes	Yes
UI (0-5 Volts) – 10 bit	8	24
Smart Sensor/Room Sensor Input	-	-
Expansion I/O Port	-	-
Local Service Port	Yes	Yes
Flash Memory Size (Application)	128k	128k
BACnet Device Profile	B-AAC	B-AAC
BTL Listed		

Nota. La comunicación es por RS-485 a través del protocolo BACnet/MSTP, tomado de b3600, por Schneider Electric, 2026, Andover Continuum BACnet Family of Controllers.

Además de los protocolos Andover Continuum Infinet y BACnet MS/TP también se identificaron equipos por protocolo Modbus RTU serial por RS485.

Posteriormente se realiza una inspección del software obsoleto, se verifica su arquitectura, se realiza la validación de las señales (entrada/salida) y el tipo de señal (analógica/digital), su función lógica dentro del proceso y al subsistema (HVAC, iluminación, energía, consumo, etc.) al que pertenece, esto es fundamental para que la nueva solución replique con exactitud la operatividad de los servicios vinculados.

Figura 25

Inspección de los servicios automatizados del Aire acondicionado del Andover Continnum



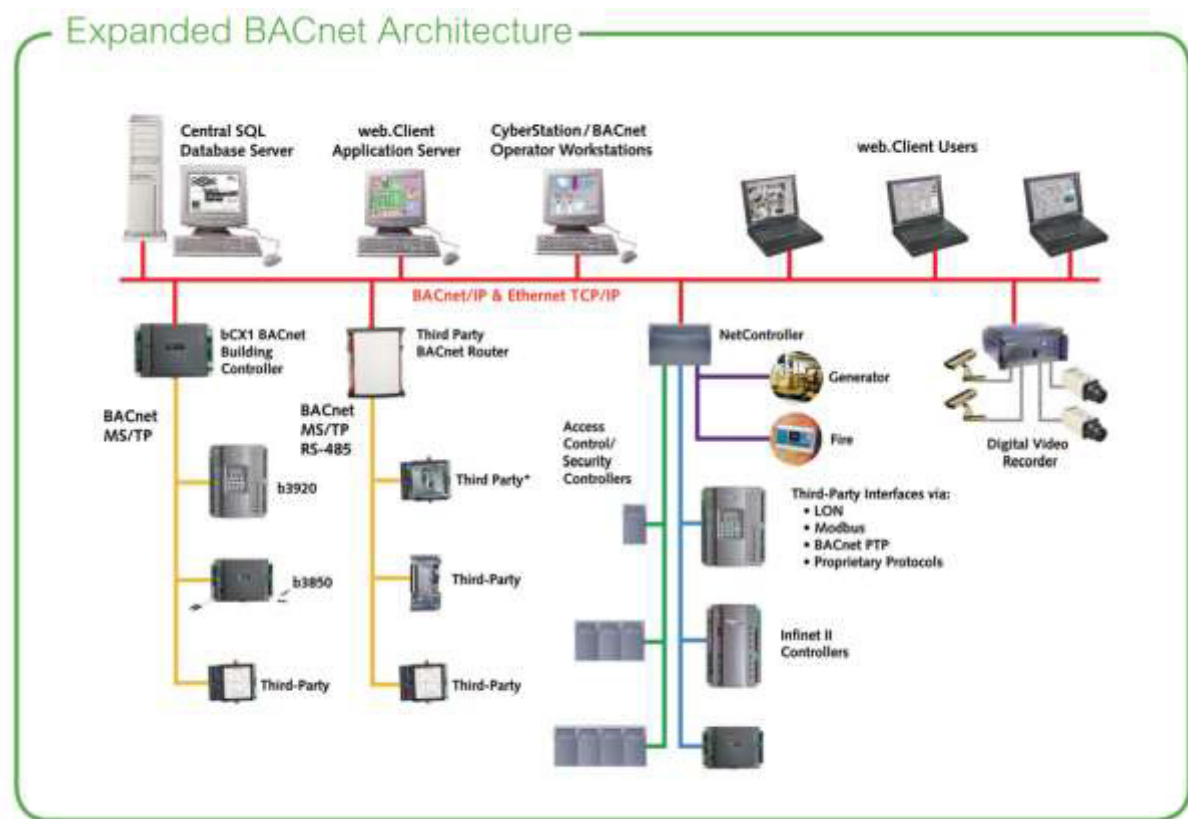
Nota. Control y monitoreo de Fancoils.

Figura 26

Inspección del servicio de alumbrado en el Andover Continuum



Nota. Control y monitoreo del servicio de Iluminación.

Figura 27*Arquitectura BACnet ampliada*

Nota. Tomado de Expanded BACnet Architecture, por Schneider Electric, 2026, Andover Continuum BACnet Family of Controllers.

Figura 28

Base de datos de Entradas

InfinityInput	DeviceId	IOU	Channel	Name	Description	ElecType	ResistorType	State	Value	AlarmEnable	
	NC2	9	2	Baja_Pre_Aceite	Baja Presion Aceite Grupo Electr	Digital	NOSeries	Enabled	Off	255	
	NC2	9	4	Flujo_Chiller_1	Det Flujo Agua Helada Ramal 1	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	9	5	Flujo_Chiller_2	Det Flujo Agua Helada Ramal 2	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	9	6	Flujo_Chiller_3	Det Flujo Agua Helada Ramal 3	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	9	7	Flujo_Chiller_4	Det Flujo Agua Helada Ramal 4	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	9	8	Flujo_Chiller_5	Det Flujo Agua Helada Ramal 5	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	3	3	Det_CO_Sotano_1	Detector de Monóxido Sótano 1	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	3	4	Det_CO_Sotano_2	Detector de Monóxido Sótano 2	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	3	5	Det_CO_Sotano_3	Detector de Monóxido Sótano 3	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	3	6	Det_CO_Sotano_4	Detector de Monóxido Sótano 4	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	9	3	Falla_Arran_Grupo	Falla Arranque Grupo Electrogeno	Digital	NOSeries	Enabled	Off	255	
	NC2	2	2	Flujo_Bomba_1	Flujo de Agua Potable	Bomba 1	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255
	NC2	2	3	Flujo_Bomba_2	Flujo de Agua Potable	Bomba 2	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255
	NC2	2	4	Flujo_Bomba_3	Flujo de Agua Potable	Bomba 3	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255
	NC2	9	1	Funcionamie_Grupo	Grupo Electrogeno Funcionando	Digital	NOSeries	Enabled	Off	1	
	NC2	2	1	Nivel_Cisterna	Nivel Cisterna de Agua Potable	Voltage	NOSeries	Enabled	0	3	
	NC2	1	1	Nivel_Sumidero	Nivel del Pozo Sumidero	Voltage	NOSeries	Enabled	0	3	
	NC2	2	5	SW_Bomba_1	Sw Corriente Agua Potab	Bomba 1	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255
	NC2	2	6	SW_Bomba_2	Sw Corriente Agua Potab	Bomba 2	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255
	NC2	2	7	SW_Bomba_3	Sw Corriente Agua Potab	Bomba 3	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255
	NC2	1	2	Sumidero_Bomba1	Sw corriente de Bomba 1 Sumidero	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	1	3	Sumidero_Bomba2	Sw corriente de Bomba 2 Sumidero	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	3	2	ExtCO_Corriente	SW Corriente Extractor CO	Supervised	NOParallel	Enabled	0	255	
	NC2	8	4	Inyec_Corriente_Esc_1	Sw Corriente Inyector Escalera 1	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	1	
	NC2	8	3	Inyec_Corriente_Esc_2	Sw Corriente Inyector Escalera 2	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	1	
	NC2	8	2	Presion_Esc_1	Switch de Presión Escalera 1	Supervised	NCSeries	Enabled	Off	1	
	NC2	8	1	Presion_Esc_2	Switch de Presión Escalera 2	Supervised	NCSeries	Enabled	Off	1	
	NC2	3	1	ExtCO_Presion	Switch presión Extractor de CO	Supervised	NOParallel	Enabled	Off	255	
	NC2	8	5	AH_TempSuminist	Temp Suministro de Agua Helada*	Voltage	NOSeries	Enabled	0	255	
	NC2	lcP4_2839712_1	0	3	Temp_Leida	Temperatura ambiental leida	ACCTemp[DEGC]	NOSeries	Enabled	0	255
	NC2	lcP1_2919578_1	0	3	Temp_Leida	Temperatura ambiental leida	ACCTemp[DEGC]	NOSeries	Enabled	0	255
	NC2	lcP2_2920025_1	0	3	Temp_Leida	Temperatura ambiental leida	ACCTemp[DEGC]	NOSeries	Enabled	0	255

Nota. Listado de señales de entrada provenientes de un Netcontroller II.

Figura 29*Base de datos de Salidas*

InfinityOutput						
DeviceId	IOU	Channel	Name	Description	State	Value
lcP4_2839712_1	0	1	V_Low	Activa velocidad Fan Coil Baja	Enabled	Off
lcP4_2839712_1	0	2	V_Med	Activa velocidad Fan Coil media	Enabled	Off
lcP4_2839712_1	0	3	V_High	Activa velocidad Fan Coil alta	Enabled	Off
lcP4_2839712_1	0	5	Valvula	Ctrl de Válvula de agua helada	Enabled	Off
lcP1_2919578_1	0	1	V_Low	Activa velocidad Fan Coil Baja	Enabled	Off
lcP1_2919578_1	0	2	V_Med	Activa velocidad Fan Coil media	Enabled	Off
lcP1_2919578_1	0	3	V_High	Activa velocidad Fan Coil alta	Enabled	Off
lcP1_2919578_1	0	5	Valvula	Ctrl de Válvula de agua helada	Enabled	Off
lcP2_2920025_1	0	1	V_Low	Activa velocidad Fan Coil Baja	Enabled	Off
lcP2_2920025_1	0	2	V_Med	Activa velocidad Fan Coil media	Enabled	Off
lcP2_2920025_1	0	3	V_High	Activa velocidad Fan Coil alta	Enabled	Off
lcP2_2920025_1	0	5	Valvula	Ctrl de Válvula de agua helada	Enabled	Off
lcP3_2821187_1	0	1	V_Low	Activa velocidad Fan Coil Baja	Enabled	Off
lcP3_2821187_1	0	2	V_Med	Activa velocidad Fan Coil media	Enabled	Off
lcP3_2821187_1	0	3	V_High	Activa velocidad Fan Coil alta	Enabled	Off
lcP3_2821187_1	0	5	Valvula	Ctrl de Válvula de agua helada	Enabled	Off
lcP1_2821194_1	0	1	V_Low	Activa velocidad Fan Coil Baja	Enabled	Off
lcP1_2821194_1	0	2	V_Med	Activa velocidad Fan Coil media	Enabled	Off
lcP1_2821194_1	0	3	V_High	Activa velocidad Fan Coil alta	Enabled	Off
lcP1_2821194_1	0	5	Valvula	Ctrl de Válvula de agua helada	Enabled	Off
lcP5_2838927_1	0	1	V_Low	Activa velocidad Fan Coil Baja	Enabled	Off
lcP5_2838927_1	0	2	V_Med	Activa velocidad Fan Coil media	Enabled	Off
lcP5_2838927_1	0	3	V_High	Activa velocidad Fan Coil alta	Enabled	Off
lcP5_2838927_1	0	5	Valvula	Ctrl de Válvula de agua helada	Enabled	Off
lcP7_2134858_1	0	1	V_Low	Activa velocidad Fan Coil Baja	Enabled	Off
lcP7_2134858_1	0	2	V_Med	Activa velocidad Fan Coil media	Enabled	Off
lcP7_2134858_1	0	3	V_High	Activa velocidad Fan Coil alta	Enabled	Off
lcP7_2134858_1	0	5	Valvula	Ctrl de Válvula de agua helada	Enabled	Off
lcP6_2920265_1	0	1	V_Low	Activa velocidad Fan Coil Baja	Enabled	Off
lcP6_2920265_1	0	2	V_Med	Activa velocidad Fan Coil media	Enabled	Off
lcP6_2920265_1	0	3	V_High	Activa velocidad Fan Coil alta	Enabled	Off
lcP6_2920265_1	0	5	Valvula	Ctrl de Válvula de agua helada	Enabled	Off

Nota. Listado de señales de salida provenientes de controladores Infinet.

2.4.2.2. Diseño de arquitectura. Una vez consolidada la base de datos, se procede con la reingeniería integral del sistema. Esto incluye el dimensionamiento preciso de los nuevos controladores principales, fuentes de alimentación, Gateways. En esta fase se identifican las licencias necesarias para asegurar la compatibilidad, escalabilidad y funcionamiento de los equipos legados, además de los componentes eléctricos, consumibles.

Figura 30

Arquitectura de migración



Nota. Protocolos necesarios para la integración de equipos legados Schneider y de terceros.

2.4.2.3. Planificación de los trabajos de migración. Con la reingeniería y topología de red clara se procede con la planificación de los tiempos de ejecución, con el objetivo de reducir riesgos operativos, evitando interrupciones prolongadas en la migración.

Figura 31

Gráfico Gantt para los trabajos de migración



Con los equipos a disposición antes de cualquier intervención en sitio, se inicia una fase de Pre-Comisionamiento (FAT- Factory Acceptance Test) en un entorno de laboratorio. En esta etapa las líneas de código adaptadas de los controladores legados se someten a una emulación lógica para verificar su integridad. Se realiza una depuración profunda para asegurar que las secuencias de control, los enclavamientos de seguridad se comporten de manera idéntica o superior posterior a la migración. Se validan las bases de datos de las variables (objetos), para que, al momento de la conexión real, el controlador reconozca instantáneamente los dispositivos de campo sin conflictos de direccionamiento.

Figura 32

Desmontaje de Equipos obsoletos



Nota. Durante la migración dicho equipo se deja conectado provisionalmente, para evitar largos periodos de inactividad, se desconecta totalmente cuando se completa la migración en su totalidad.

Como fase final se encuentra el comisionamiento que representa la fase de integración física y funcional en sitio. Una vez descargada la lógica de funcionamiento en cada uno de los controladores de campo, se ejecutan pruebas de lazo para confirmar la correcta recepción y envío de señales desde y hacia los sensores y actuadores existentes. Esta etapa incluye la verificación de la interoperabilidad en tiempo real, asegurado que los comandos enviados desde la nueva interfaz central se ejecuten con latencia mínima en los equipos legados. Finalmente, se realizan pruebas de estrés y simulacros de pérdida de energía para validar que el sistema retome su operación de forma autónoma y segura, garantizando la estabilidad de los controladores, así como la prueba de alarmas.

Figura 33

Montaje de equipos nuevos

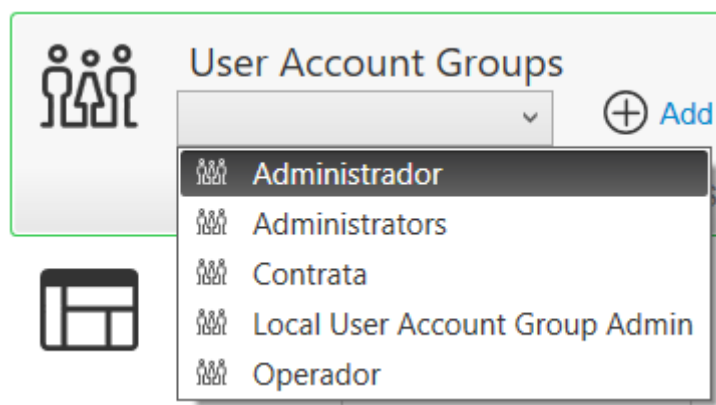


Nota. la imagen corresponde al controlador Principal AS-P.

2.4.2.4. Riesgos de vulnerabilidad. Para evitar que personal no autorizado o inexperto realice cambios en la programación o elimine elementos en el sistema, se crean 3 perfiles de acceso nuevos (Administrador, Contrata y Operador) cada uno con sus respectivos niveles de acceso, donde el único con los permisos para modificar o eliminar es el perfil de Administrador, el perfil contrata para labores de mantenimiento y supervisión sin permisos de modificar o eliminar, y por último el perfil operador con permisos de control y monitoreo.

Figura 34

Perfiles de acceso para el sistema



Nota. independientemente del perfil, el sistema es capaz de registrar la fecha y hora de los cambios realizados además de los loggeos autorizados y denegados,

Otro de los riesgos latentes es mantener una red plana, con el apoyo del área de TI se crea una VLAN dedicada para los controladores principales y equipos TCP-IP del sistema de automatización, con esto evitamos que otros equipos conectados al mismo Switch no tengan acceso al sistema de automatización; también se deshabilita el puerto Ethernet 2 del controlador principal AS-P y se verifica que dicho puerto no tenga acceso al sistema.

Figura 35*Puerto 2 del AS-P Deshabilitado*

SNMP		References
Basic	Network	Email
DNS server 1 ▼	1.1.1.1	
DNS server 2 ▼	8.8.8.8	
DNS server 3 ▼	1.0.0.1	
System Default gateway ▼		
System DNS server ▼	1.1.1.1	
System DNS server 2 ▼	8.8.8.8	
System DNS server 3 ▼	1.0.0.1	
Switch mode ▼	2nd port disabled	
Whitelist ▼	0.0.0.0/0;	

Hay un riesgo por falta de actualización, Schneider cada cierto tiempo identifica vulnerabilidades y pone a disposición parches de seguridad.

2.4.2.5. Grado de escalabilidad. Luego de la migración los controladores principales son capaces de aceptar más dispositivos, dicho número depende la licencia instalada, en esta solución se ha considerado una licencia de 100 y una de 25 dispositivos.

Figura 36

AS-P con licencia para 100 dispositivos de campo

Name	Type	Description	Installed Licenses	Required Licenses	Available Licenses	Licensing violation
ZoningToolLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	Zoning Tool	0	0	0	NoViolation
TimeScaleDBLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	TimescaleDB	0	0	0	NoViolation
SNMPLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	SNMP Notifications	0	0	0	NoViolation
SmartDriverLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	SmartDrivers	0	0	0	NoViolation
SerialMSTPLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	BACnet MS/TP	1	1	0	NoViolation
SerialModbusLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	Serial Modbus	1	0	1	NoViolation
MQTTReadWriteLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	MQTT Read/Write	0	0	0	NoViolation
FederatedAuthenticationLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	SAML Authentication	0	0	0	NoViolation
DashboardLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	Personal Dashboards	0	0	0	NoViolation
BacnetIPLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	BACnet IP	1	1	0	NoViolation
ASIOLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	Server iO	30	0	30	NoViolation
ASFieldBusLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	Field Devices	100	54	46	NoViolation
ASConnectToESLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	Enterprise Server	1	1	0	NoViolation
ASBaseLicenseStatus	License Status (licensing LicenseStatus)	Automation Server	1	1	0	NoViolation

Nota. En este AS-P se pueden conectar 46 Controladores y/o dispositivo de campo por protocolo adicionales.

Figura 37

AS-P con licencia para 25 dispositivos de campo

Name	Type	Description	Installed Licenses	Required Licenses	Available Licenses	Licensing violation
ZoningToolLicenseStatus	License Status (i...	Zoning Tool	0	0	0	NoViolation
TimeScaleDBLicenseStatus	License Status (i...	TimescaleDB	0	0	0	NoViolation
SNMPLicenseStatus	License Status (i...	SNMP Notifications	0	0	0	NoViolation
SmartDriverLicenseStatus	License Status (i...	SmartDrivers	0	0	0	NoViolation
SerialMSTPLicenseStatus	License Status (i...	BACnet MS/TP	1	0	1	NoViolation
SerialModbusLicenseStatus	License Status (i...	Serial Modbus	1	1	0	NoViolation
MQTTReadWriteLicenseStatus	License Status (i...	MQTT Read/Write	0	0	0	NoViolation
FederatedAuthenticationLicenseStatus	License Status (i...	SAML Authentication	0	0	0	NoViolation
DashboardLicenseStatus	License Status (i...	Personal Dashboards	0	0	0	NoViolation
BacnetIPLicenseStatus	License Status (i...	BACnet IP	1	0	1	NoViolation
ASIOLicenseStatus	License Status (i...	Server iO	30	0	30	NoViolation
ASFieldBusLicenseStatus	License Status (i...	Field Devices	25	8	17	NoViolation
ASConnectToESLicenseStatus	License Status (i...	Enterprise Server	1	1	0	NoViolation
ASBaseLicenseStatus	License Status (i...	Automation Server	1	1	0	NoViolation

Nota. En este AS-P se pueden conectar 17 Controladores y/o dispositivo de campo por protocolo adicionales.

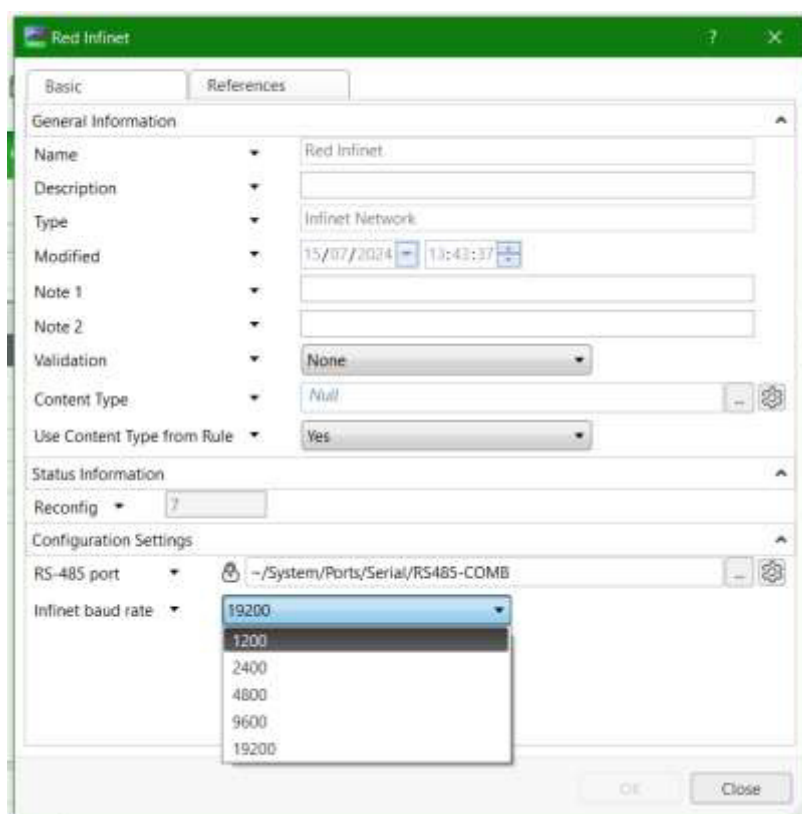
En ambos casos la licencia se puede expandir a una licencia full donde se pueden conectar hasta 250 controladores y/o dispositivos de campo para el AS-P.

2.4.3. Factibilidad técnica-operativa

La “Migración de sistemas de automatización industrial programables para el control y monitoreo de servicios de una empresa de seguridad electrónica. Lima 2026”, es técnicamente factible, ya que utiliza hardware de la misma marca Schneider que garantiza la retrocompatibilidad con la instrumentación de campo instalada, aprovechando la infraestructura de cableado existente y optimizando la inversión anterior.

Figura 38

Configuración de Red Infinet



Nota. Velocidades disponibles para la configuración de la red Infinet para los controladores Infinet legados de Schneider.

Figura 39*Configuración de la red BACnet MSTP*

MSTP Network_47815

Basic References

General Information

Name: MSTP Network_47815

Description: MSTP Network_47815

Type: MSTP Network

Foreign address: Null

Modified: 6/12/2025 12:54:45

Note 1:

Note 2:

Validation: None

Content Type: Null

Use Content Type from Rule: Yes

Status Information

Online: True

Reliability: no-fault-detected

Configuration Settings

Network ID: 47,821

Out Of Service: False

RS-485 port: ~/System/Ports/Serial/RS485-COMB

MAC address: 0

MSTP baud rate: 19200

Enhanced mode: True

Maximum master: 127

Maximum information frames: 8

Maximum APDU length accepted: 1,485

OK Close

Nota. Configuración de la red Bacnet MSTP para los controladores B3 legados de Schneider, soporta equipos BACnet de otros fabricantes.

Figura 40*Configuración de la red Maestra Modbus RTU*

The screenshot shows the 'Modbus Master Network' configuration window. The 'Basic' tab is selected, displaying the following settings:

- Description:** (Empty text field)
- Type:** Modbus Serial Client
- Foreign address:** Null (with a gear icon for settings)
- Modified:** 5/12/2025 15:29:36
- Note 1:** (Empty text field)
- Note 2:** (Empty text field)
- Validation:** None
- Content Type:** Null (with a gear icon for settings)
- Use Content Type from Rule:** Yes

The **Status Information** section shows:

- Network status:** Online
- Output write failure:** Ok (with a gear icon for settings)
- Input read failure:** Ok (with a gear icon for settings)

The **Configuration Settings** section shows:

- Enable communication:** Enabled
- Framing mode:** RTU
- Baud rate:** 9600
- Parity:** None
- Stop bits:** 1
- J-Bus mode:** No
- Port reference:** ~/System/Ports/Serial/RS485-COMA (with a gear icon for settings)

At the bottom, there are 'OK' and 'Close' buttons.

Nota. Configuración de la red Maestra para equipos Modbus RTU.

Figura 41

Reconstrucción de la Base de datos para controlador B3

Name	Type	Value	Channel	Description
AC_GB5_BMB2	BACnet Multistat...	Off	6	Switch corriente AC GB5 bomba02
AC_GB5_B2_Ctrl	BACnet Digital O...	Inactive	6	Arranque bomba02 GB5 AC
AC_GB5_BMB1	BACnet Multistat...	Off	5	Switch corriente AC GB5 bomba01
AC_GB5_B1_Ctrl	BACnet Digital O...	Inactive	5	Arranque bomba01 GB5 AC
AC_GB4_BMB2	BACnet Multistat...	Off	4	Switch corriente AC GB4 bomba02
AC_GB4_B2_Ctrl	BACnet Digital O...	Inactive	4	Arranque bomba02 GB4 AC
AC_GB4_BMB1	BACnet Multistat...	Off	3	Switch corriente AC GB4 bomba01
AC_GB4_B1_Ctrl	BACnet Digital O...	Inactive	3	Arranque bomba01 GB4 AC
AC_GB3_BMB2	BACnet Multistat...	Off	2	Switch corriente AC GB3 bomba02
AC_GB3_B2_Ctrl	BACnet Digital O...	Inactive	2	Arranque bomba02 GB3 AC
AC_GB3_BMB1	BACnet Multistat...	Off	1	Switch corriente AC GB3 bomba01
AC_GB3_B1_Ctrl	BACnet Digital O...	Inactive	1	Arranque bomba01 GB3 AC
Year	Year RO (bacnet...	2026		
WeekDay	Day of Week RO...	Monday		
Version	Real RO (bacnet...	4.50		
TimeofDay	Time Stamp RO...	2/02/2026 16:23:00		
StatusFlash	Flash Status (ba...	Flash empty		
StatusBackup	Backup Status (b...	Backup needed		

Nota. Objetos de entrada y salida de un controlador B3 destinado para el control de bombas.

Figura 42

Equipo Modbus RTU

Name	Type	Value	Channel	Description
Punto de salida digital Modbus	Modbus Digital Output Point (modbus.point.BinaryOutput)	False [Offline]		
Punto de salida analógica Modbus	Modbus Analog Output Point (modbus.point.AnalogOutput)	0.00 [Offline]		
Punto de entrada digital Modbus	Modbus Digital Input Point (modbus.point.BinaryInput)	False [Offline]		
Punto de entrada analógica Modbus	Modbus Analog Input Point (modbus.point.AnalogInput)	0.00 [Offline]		

Nota. Equipo Modbus RTU de prueba para verificar la integridad del cableado existente.

Figura 43

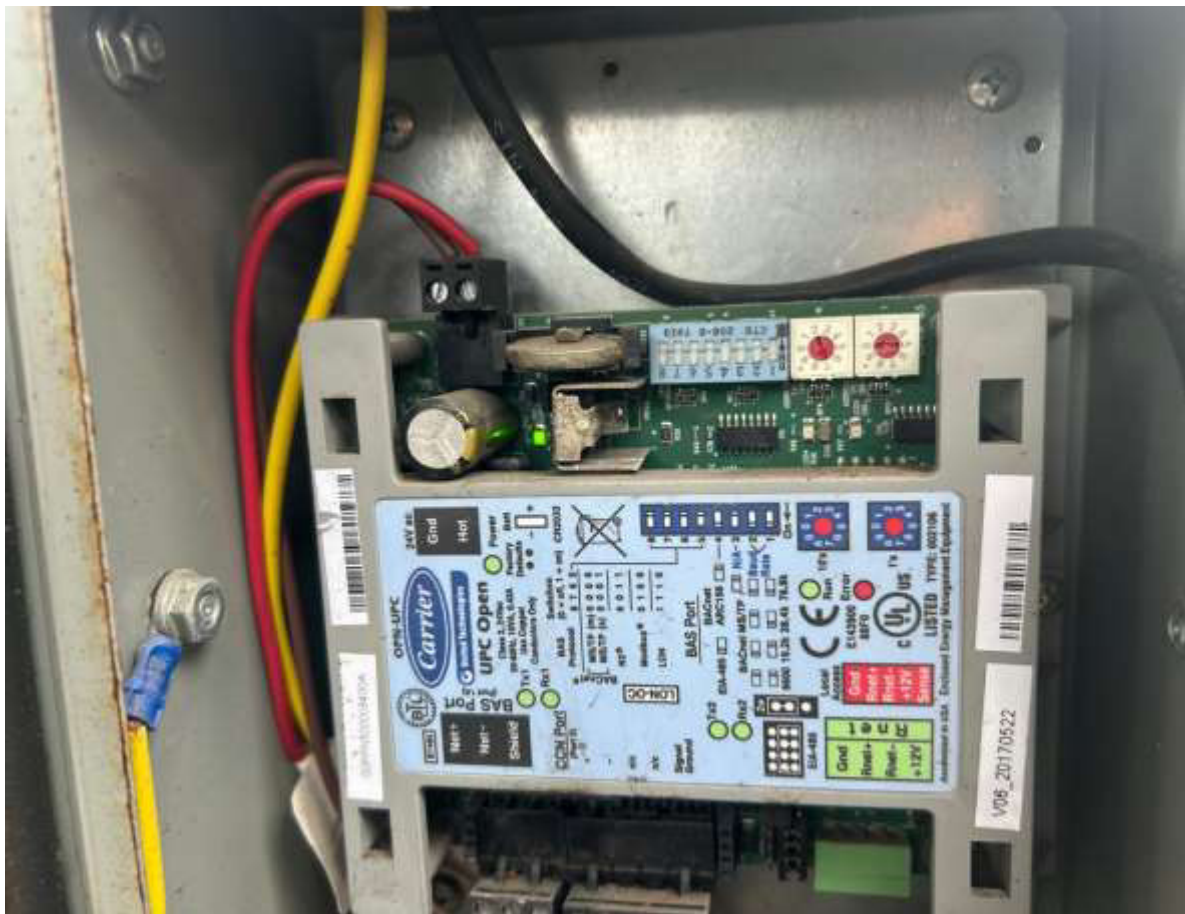
Configuración de Tendencia para los medidores de energía Multifunción



Nota. Medidor multifunción PM5110 conectado a la red Modbus RTU.

Figura 44

Controlador de chiller, equipo de terceros



Nota. Controlador de chiller con comunicación BACnet MSTP.

Desde la perspectiva operativa, la migración asegura una mejora inmediata en la toma de decisiones. Al eliminar las caídas constantes de los controladores principales (NetController II/BCX), el personal de mantenimiento recupera el monitoreo total de los controladores de campo y sensores, reduciendo las tareas de inspección manual y permitiendo una transición fluida hacia un entorno de gestión y control más intuitivo y robusto.

Tabla 2*Gestión de Riesgos técnicos*

Riesgo Identificado	Impacto Operativo	Estrategia de mitigación
Incompatibilidad de protocolos Heredados (Infinet / BACnet)	Perdida de comunicación con controladores de campo.	Realización de un escaneo de red previo y uso de gateways o servidores AS-P.
Degradación del cableado existente	Errores de datos o caídas intermitentes en el EBO	Pruebas de continuidad y medición de impedancia antes de la conexión de los nuevos controladores principales.
Perdida de lógica de control	Fallas en secuencias críticas en los controladores legados.	Respaldo de la base de datos original y validación de la nueva lógica en un entorno de simulación.
Tiempo de inactividad	Operación manual forzada y falta de monitoreo central.	Ejecución de la migración por fases (donde sea posible) y despliegue de técnicos en puntos críticos durante el cambio.

Figura 45

Empalmes mal realizados



Nota. Durante el proceso de Migración se detectaron señales fuera del rango de trabajo, al realizar una revisión exhaustiva se detectó que el problema provenía de los empalmes en la caja de paso.

2.4.4. Cuadro de inversión

La siguiente tabla se muestra el costo mínimo necesario para realizar la migración para seguir usando los equipos legados marca Schneider e infraestructura existente.

Tabla 3

Propuesta para la migración de equipos legados

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Suministro de Equipos/ Adaptadores/ Licencias (AS-P, Enterprise Server, Fuente) Tiempo de entrega: 4-12 semanas	1	unid	\$ 17223.6	\$ 17223.6
2	Servicio de Programación de controlador principal y controladores de campo. Tiempo de ejecución: 2-3 semanas	1	Unid	\$ 1800	\$ 1800
3	Servicio de instalación y Comisionamiento, puesta en marcha y pruebas. Tiempo de ejecución 10 días	1	Unid	\$ 1200	\$ 1200
4	Consumibles	1	Unid	\$ 660	\$ 660
5	Total				\$ 20883.6

Nota. La propuesta considera una conexión de hasta 100 equipos por AS-P y hasta 10 AS-P alojados al Enterprise Server, con la opción de combinar equipos legados y equipos nuevos, asegurando la retrocompatibilidad y escalabilidad.

2.5. Análisis de resultados

Con la Migración de sistemas de automatización industrial programables, Se logró un incremento del 99.8% en la disponibilidad del sistema de monitoreo centralizado, Se eliminaron las caídas reiterativas de los controladores legados, suprimiendo la necesidad de reinicios manuales de emergencia y garantizando que el centro de control reciba datos en tiempo real de forma ininterrumpida.

$$D = \frac{[(T1) - (T2)]}{720} * 100$$

Donde:

D: Disponibilidad

T1 : Tiempo de operación de controladores =720h

T2: Tiempo por inactividad por factores externos =86 minutos =1.4333h

D= 99.801%

***** el cálculo es resultado de un análisis 30 días posteriores a la migración.***

Se obtuvo una reducción del 75% en el tiempo dedicado a rondas de inspección física a los subsistemas trabajando en stand-alone. El personal tecnico pasó a atender las caídas constantes del sistema a realizar rondas de inspección preventivas.

Con el nuevo sistema operando se estima una reducción proyectada del 10% al 15% en el consumo energético de los subsistemas migrados, debido a que los equipos ya no quedan encendidos al perder comunicación con el sistema centralizado, sino que responden a la demanda real.

Tabla 4

Métricas de desempeño de la Migración

Métrica de desempeño	Estado Anterior (Andover Continuum)	Estado actual (EBO)
Caídas de controladores/mes	4-8 eventos	0 eventos
Tiempo de respuesta de alarmas	>5 minutos (manual)	<4 segundos (automático)
Visibilidad de subsistemas	Parcial/Intermitente	Total (100%)
Rondas periódicas	12 (cada 2 horas)	3 (mañana/tarde/noche)

Gran parte del código original estaba escrito en “Plain English” contenía bucles redundantes que consumían ciclos de CPU innecesarios, la reingeniería en las líneas de código no solo resolvió la caída de los controladores, sino que simplificó la lógica. Ahora el mantenimiento preventivo del software es un 40% más rápido, legible y modular.

Al inicio, existía resistencia por parte de los operadores acostumbrados a la interfaz antigua. La implementación de las nuevas interfaces, dashboards y tendencias y visor de alarmas amigables, intuitivas y funcionales facilitó la adopción tecnológica. El personal ahora identifica las fallas antes de reportarlas, gracias a la claridad del nuevo sistema de alarmas, además de tener la posibilidad de que los eventos sean enviados por correo electrónico.

Figura 46

Menú de Subsistemas



Nota. Menú de navegación para acceder a los sistemas para su control y monitoreo.

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

He encabezado más de 7 proyectos de modernización, migrando sistemas de automatización obsoletos hacia plataformas de última generación como EcoStruxure (EBO). Este proceso no solo implicó el reemplazo de hardware, sino la reingeniería de lógica de control para mejorar la eficiencia operativa y asegurar la compatibilidad con estándares industriales modernos, reduciendo el riesgo de paradas por obsolescencia.

Logré la integración de subsistemas mediante la integración de PLCs, sensores y actuadores de diversos fabricantes bajo una infraestructura de comunicación unificada. Gracias al dominio de protocolos de comunicación industriales, evaluando las arquitecturas propuestas para identificar la compatibilidad y los posibles cuellos de botella, proponiendo cambios de diseño, permitiendo la escalabilidad, fiabilidad, monitoreo centralizado y una gestión de datos más fluida entre la planta y los sistemas de supervisión.

He diseñado y programado arquitecturas lógicas en PLCs bajo el estándar IEC 61131-3, priorizando la creación de bloques de función (FB) reutilizables y estructurados. Esto no solo facilita la puesta en marcha, sino que reduce significativamente el tiempo de diagnóstico para el personal de mantenimiento.

He integrado herramientas de análisis de datos para transformar señales de campo en información valiosa para la toma de decisiones, configuración de registros históricos para el análisis de comportamiento de activos, facilitando el mantenimiento predictivo.

Interpretación técnica de memorias descriptivas para la selección precisa de instrumentos, controladores e infraestructura de comunicación, asegurando el cumplimiento de los estándares de los proyectos de control y automatización.

IV. CONCLUSIONES

- ❖ La migración de la arquitectura Andover Continuum a la plataforma EcoStruxure representa la eliminación definitiva de los puntos críticos de falla identificados en los controladores NetController II y BCX. Se concluye que el sistema ha alcanzado una estabilidad superior al 99.8%, recuperando la confianza en el control y monitoreo, eliminando las interrupciones de servicio que afectaban la operatividad diaria del edificio.
- ❖ Se obtuvo una reducción del 75% en el tiempo dedicado a rondas de inspección física a los subsistemas trabajando en stand-alone. El personal técnico pasó a atender las caídas constantes del sistema a realizar rondas de inspección preventivas.
- ❖ La implementación de las nuevas interfaces, dashboards y tendencias y visor de alarmas amigables, intuitivas y funcionales facilitó la adopción tecnológica de los operadores. El personal ahora identifica las fallas antes de reportarlas, gracias a la claridad del nuevo sistema de alarmas, además de tener la posibilidad de que los eventos sean enviados por correo electrónico.
- ❖ Finalmente, la nueva infraestructura basada en estándares IP y protocolos abiertos permite la escalabilidad. No solo resuelve los problemas del presente de retrocompatibilidad, sino que deja el sistema preparado para futuras integraciones de IoT (Internet de las Cosas), análisis de datos en la nube y ciberseguridad industrial.

V. RECOMENDACIONES

- ❖ A medida que los controladores infinet tengan daño irreversible, cambiar por controladores Bacnet/IP.
- ❖ A medida que los controladores B3 tengan daño irreversible reemplazar por controladores con comunicación BACnet MSTP, o por la línea Easylogic BACnet MSTP de Schneider.
- ❖ Migrar los controladores de campo en la medida posible a tecnología IP (BACnet/Modbus).
- ❖ Realizar mantenimientos preventivos al sistema cada 6 meses al sistema para detectar cualquier anomalía.
- ❖ En caso añadir controladores nuevos tener en cuenta los límites de las licencias instaladas.
- ❖ Solicitar sesiones de capacitación para el personal nuevo.

- Barros, F., Soriano, R. y Trinidad, A. (2021). Desarrollo industrial, trabajo y migración: el caso del norte de Marruecos. *Revista Española de Sociología (RES)*, 31(1), 1-23. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8181449.pdf>
- Basco, A., Beliz, G., Garnero, P. y Coatz, D. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*. Banco Interamericano de Desarrollo. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=geiGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=industria+4.0&ots=n-JPdttiRL&sig=1ym2mB6u6u3TrKwa1EI5iwmXP1s&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Brunete, B., San Segundo, P. y Herrero, R. (2020). *Introducción a la Automatización Industrial*. https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/
- Caicedo, J., Varón, D. y Díaz, F. (2012). Redes Industriales. *Revista Vector*, 7, 12-17. http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector7_3.pdf
- Castro, J., Gómez, L. y Camargo, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8728928.pdf>
- Chinguel, D., García, E. y Guevara, A. (2020). *Diseño de un sistema de automatización de la máquina llenadora de botellas de desbordamiento de presión GI3300 de Acasi*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional UNP. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2386>
- Cisco. (s.f.). *¿Qué es la ciberseguridad?*. https://www.cisco.com/c/es_mx/products/security/what-is-cybersecurity.html
- Copadata. (s.f.). *¿Qué es una HMI?*. <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa->

data/#:~:text=HMI%20son%20las%20siglas%20de,para%20las%20de%20entornos%20industriales.

Creus, A. (2011). *Instrumentación Industrial*. (8ª ed.). Alfaomega.

De Nicolás, D. (2022). *Definición de una estrategia de migración de sistemas legados sin interrupción de servicio*. [Proyecto de fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. Biblioteca Universitaria Campus Sur.
https://oa.upm.es/70744/1/TFG_Diego_De_Nicolas_Romera_2.pdf

Eby, K. (8 de marzo de 2022). *Guía para la fase de seguimiento y monitoreo de proyectos de la gestión de proyectos*. <https://es.smartsheet.com/content/project-monitoring-control>
 Electronic Security Systems [ESS]. (27 de enero de 2026). *linkedin*.
<https://www.linkedin.com/company/electronicsecurity-systems/about/>.

ETAC, U. (s.f.). *¿Qué es TI?: conoce este concepto y sus alcances*.
<https://www.etac.edu.mx/blog-etac/index.php/que-es-ti>

Fabricación. (25 de mayo de 2022). *Las redes industriales siguen creciendo a pesar de los tiempos difíciles - Cuotas de mercado de redes industriales 2022 según HMS Networks*.
<https://www.revista-fabricacion.com/news/54879-las-redes-industriales-siguen-creciendo-a-pesar-de-los-tiempos-dif%C3%ADciles-cuotas-de-mercado-de-redes-industriales-2022-seg%C3%BAAn-hms-networks>

Fernández, H. y Calderón, D. (2017). *Diseño de un control automatizado para disminuir las paradas no programadas en la empresa ladrillera sagitario S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/1067/BC-TES-5847.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GSL Industrias. (26 de Junio de 2021). *Control Industrial*.
https://industriassgl.com/blogs/automatizacion/control_industrial#:~:text=El%20contr

ol%20industrial%20abarca%20todas,automatizaci%C3%B3n%20para%20el%20control%20industrial.

Guevara, G., Verdesoto, A. y Castro, N. (10 de Abril de 2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 4(3), 163-173.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7591592.pdf>

Hiring People. (s.f.). *Su Operador de Automatización Descripción del trabajo*.
<https://www.hiringpeople.co.uk/es/descripciones-de-trabajo/operador-de-automatizacion/#:~:text=Un%20Operador%20de%20Automatizaci%C3%B3n%20es, reparaci%C3%B3n%20siempre%20que%20sea%20necesario.>

Insafrán, A., López-Pires, F., Barán, B. y Martínez, E. (3 de octubre de 2023). Detección de Intrusiones en Redes Industriales. *Universidad Nacional de la Plata*.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/149402>

Johnson Controls. (s.f.). *Controladores de equipos de campo de aplicación avanzada (FAC)*.
https://www.johnsoncontrols.com/es_mx/building-automation-and-controls/building-management/building-automation-systems-bas/advanced-field-equipment-controllers

Kaspersky. (s.f.). *¿Qué es un firewall? Definición y explicación*.
<https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/firewall>

Lio, V. (2020). La efectividad puesta a prueba. Funciones y limitaciones de la videovigilancia del espacio público. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 31(60), 71-105.
<https://www.redalyc.org/journal/145/14563165005/html/>

Lopez, R. (2019). *Modernización del sistema de supervisión y control del Oleoducto Norperuano mediante la migración al protocolo de comunicación TCP/IP*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9380>

- Machuca, F. (11 de noviembre de 2021). *¿Qué es un datasheet? Ayuda a tus lectores a tomar una decisión más rápida*. <https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/que-es-datasheet/>
- Maldonado, R. y Campos, N. (2019). *Estudio de la productividad en el sector Industrial - Una revision a la literatura*. [Trabajo de Investigación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/23887>
- Medina, W. y Lavin, J. (2019). *Migración de un sistema electrónico denominado ETL a una plataforma de código abierto para UAV'S*. [Tesis de investigación ,Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29181>
- Mejía, Á., Jabba, D., Carrillo, G. y Caicedo, J. (2019). Influencia de la Ingeniería de Software en los Procesos de Automatización Industrial. *Información tecnológica*, 30(5), 221-230. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500221>
- Moreno, M. E. (2020). *Automatización de procesos de tallado en madera de diferentes densidades, utilizando software libre*. [Tesis para optar Título profesional, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4286>
- Mozilla. (s.f.). *Acerca de JavaScript*. <https://developer.mozilla.org/es/docs/conflicting/Web/JavaScript>
- Mozilla. (s.f.). *HTML: Lenguaje de etiquetas de hipertexto*. <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>
- Muñoz, A. (2023). *Migración del sistema concurso público de méritos para la vinculación de profesores de la Universidad de Antioquia*. Universidad de Antioquia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/36557/1/MunozAlejandro_2023_ConcursoPublicoProfesores.pdf

- Navarro, J. (2022). *Migración de sistema de control en PCS 7: Caso práctico en la industria azucarera*. [Tesis de fin de grado, Universidad de Sevilla]. Repositorio ETSI. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/93928/fichero/TFG-3928+NAVARRO+SU%C3%81REZ%2C+JOS%C3%89+ANTONIO.pdf>
- Precision. (s.f.). *La evolución de las Redes Industriales*. <https://blog.precision.cl/redes-industriales/la-evolucion-de-las-redes-industriales>
- Ramos, C. (2020). Los alcances de una investigación. *Ciencia america*, 9(3). https://sga.unemi.edu.ec/media/archivocompendio/2021/08/12/archivocompendio_202181223225.pdf
- Real Academia Española [RAE]. (2026). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/sensor>
- Rios, A., Taípe, D., Otorongo, M. y Guamán, J. (2019). Diseño e Implementación de una Plataforma CloudIoT de Control Inteligente de un Sistema de Iluminación Interior con Suministro en LVDC. *Revista Técnica "energía"*, 16(1), 45-55. <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/335/320>
- Rouse, M. (2 de Junio de 2020). *Web Browser*. <https://www.techopedia.com/definition/288/web-browser>
- Sánchez, D. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 9(17), 38-39. <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7928>
- Schneider Electric. (30 de enero de 2026). *Andover Continuum*. <https://www.se.com/pe/es/product-range/6823-andover-continuum/?N=brand%3Dse%26country-code%3DPE%26language-code%3Des%26node-id%3D12144254212%26subnode-id%3D12144254381&selected-node-id=12144254381#documents>

Schneider Electric. (31 de enero de 2026). *Andover Continuum BACnet family of controllers*.

https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=SDS-BACNETFAM&p_enDocType=Other+technical+guide&p_File_Name=BACnet-Family-of-Controllers-SDS-BACNETFAM-09.2019.pdf

Schneider Electric. (09 de marzo de 2026). *Andover Continuum Infinet II i2600 series local*.

https://docs.galco.com/techdoc/sne/i2600_series_local_sds_a4_ss.pdf

Schneider Electric. (09 de marzo de 2026). *Andover Continuum Infinet II i2887 terminal controllers*.

https://docs.galco.com/techdoc/sne/sds-i2887-a4.bu.n.en.1.2006_dat.pdf

Schneider Electric. (30 de enero de 2026). *AS-P*. [https://ecostruxure-building-help.se.com/topics/show.castle?id=10547&locale=es-](https://ecostruxure-building-help.se.com/topics/show.castle?id=10547&locale=es-ES&productversion=1.9#:~:text=El%20AS%2DP%20es%20un,S%20en%20un%20di)

[ES&productversion=1.9#:~:text=El%20AS%2DP%20es%20un,S%20en%20un%20di](https://ecostruxure-building-help.se.com/topics/show.castle?id=10547&locale=es-ES&productversion=1.9#:~:text=El%20AS%2DP%20es%20un,S%20en%20un%20di)
[spositivo%20compacto.](https://ecostruxure-building-help.se.com/topics/show.castle?id=10547&locale=es-ES&productversion=1.9#:~:text=El%20AS%2DP%20es%20un,S%20en%20un%20di)

Schneider Electric. (09 de marzo de 2026). *Building Operation Webstation*. [https://demo-](https://demo-ecostruxure-building-operation.se.app)

[ecostruxure-building-operation.se.app](https://demo-ecostruxure-building-operation.se.app)

Sicma21. (3 de Marzo de 2023). *Beneficios de la migración de un sistema de automatización industrial*.

<https://www.sicma21.com/beneficios-de-migracion-sistema-de-automatizacion/>

Socarrás, H. y Santana, I. (2019). Ciberseguridad del Sistema de Control Industrial de. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*(32), 83-96.

<https://doi.org/10.17013/risti.32.83-96>

Tic.Porta. (5 de Diciembre de 2022). *Servidores*. [https://www.ticportal.es/glosario-](https://www.ticportal.es/glosario-tic/servidores)

[tic/servidores](https://www.ticportal.es/glosario-tic/servidores)

Ulloa, C. (2019). *Centralización y ampliación de sistema de monitoreo de ambientes en edificio principal e instrumentación en campo de parque eólico Talara en simatic wincc rt profesional v15.1*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada Antenor

principal e instrumentación en campo de parque eólico Talara en simatic wincc rt profesional v15.1. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada Antenor

Orrego - UPAO]. Repositorio Institucional UPAO.

<https://hdl.handle.net/20.500.12759/5637>

Villasante, J. (2022). *Migración de un sistema on-premise de administración de recursos humanos hacia una plataforma en la nube utilizando la metodología de desarrollo Devops para el sector de las pymes*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional UNMSM. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/19304/Villasante_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VIPNET 360. (15 de Julio de 2022). *¿Qué son las licencias de software y qué tipos existen?*. <https://www.vipnet360.com/blog/que-son-las-licencias-de-software-y-que-tipos-existen#:~:text=Las%20licencias%20de%20software%20suelen,seg%C3%BAn%20los%20derechos%20de%20autor.>

Zapata, M., Topón-Visarrea, L. y Tipán, E. (2021). *Fundamentos de Automatización y Redes Industriales*. Editorial Universidad Tecnológica Indoamericana. <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2226>

VII. ANEXOS

Anexo A



Lima, 01 de abril 2026

CONSTANCIA DE TRABAJO

El Gerente General de la empresa **ELECTRONIC SECURITY SYSTEMS** con **RUC 20210441213** con domicilio en Av. Ricardo Palma 341 Of.901- Miraflores, suscribe:

Que el Sr. Infante Paiva Beder Jafer en nuestra empresa desde 6 de enero del 2023 al 31 de marzo del 2026 bajo el cargo de **Ingeniero Programador**

Se expide el presente documento a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Atentamente,

ELECTRONIC SECURITY SYSTEMS S.A.C.



José Colja-Maguiña Z.
Gerente General

 Av. Ricardo Palma 341 Int. 901 - Urb. Municipal (Edificio Platino)
Lima - Lima - Miraflores
 contacto@essperu.com

 (01) 221 2900
(01) 221 3378
*Anexo: 1320
*Anexo: 1214