



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TÍTULO**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA AUTOMATIZADO  
BASADO EN EL PLC S7-1200 E INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA PARA EL  
MANTENIMIENTO DE LOS AIRES ACONDICIONADOS INDUSTRIALES DEL  
SISTEMA RADAR LTR-20

**AUTOR**

**Tirado Murillo, Sergio Carlos**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del grado académico en  
MAGÍSTER EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**TUTOR**

**Gamboa Benítez, Silvana del Pilar**

**Santa Elena, Ecuador**

**Año 2026**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Alicia Andrade Vera, Mgtr.  
COORDINADORA DEL  
PROGRAMA**

---

**Ing. Silvana Gamboa Benítez, Ph.D.  
TUTOR**

---

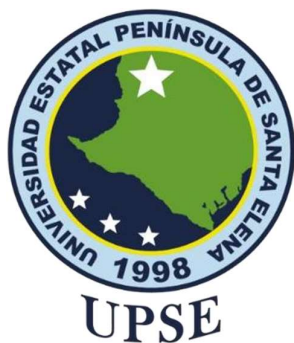
**Ing. Oscar Gómez Morales, Ph.D.  
DOCENTE  
ESPECIALISTA 1**

---

**Ing. Luis Chuquimarca Jiménez, Ph.D.  
DOCENTE  
ESPECIALISTA 2**

---

**Abg. María Rivera González, Mgtr.  
SECRETARIA GENERAL  
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por TIRADO MURILLO SERGIO CARLOS, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización.

**TUTOR**

---

**Ing. Gamboa Benitez Silvana, Ph.D.**

Santa Elena, 31 de marzo de 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Sergio Carlos Tirado Murilo**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Titulación, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA AUTOMATIZADO BASADO EN EL PLC S7-1200 E INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS AIRES ACONDICIONADOS INDUSTRIALES DEL SISTEMA RADAR LTR-20 previo a la obtención del título en Magíster en Electrónica y Automatización, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, 31 de marzo del 2026.

**EL AUTOR**

---

**Sergio Carlos Tirado Murillo**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO**

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA AUTOMATIZADO BASADO EN EL PLC S7-1200 E INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS AIRES ACONDICIONADOS INDUSTRIALES DEL SISTEMA RADAR LTR-20, presentado por el estudiante, Sergio Carlos Tirado Murillo fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 7%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



Informe de análisis  
Compilatio Magister+ | UPSE-ECU

Proyecto Tirado Murillo Sergio Carlos\_TESIS  
ID : 0a76bb7e9d9f3680d2d013231ebb5acba71abb0a



7%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : Proyecto Tirado Murillo Sergio  
Carlos\_TESIS.txt  
Tamaño del archivo original : 4,22 MB  
Número de palabras : 29.429  
Número de caracteres : 212483

Depositante : SILVANA DEL PILAR GAMBOA BENÍTEZ  
Fecha de depósito : 31 de marzo de 2026  
Tipo de carga : interface  
fecha de fin de análisis : 31 de marzo de 2026

**TUTOR**

---

**Ing. Gamboa Benitez Silvana, Ph.D.**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Sergio Carlos Tirado Murillo**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de este proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Santa Elena, 31 de marzo del 2026.

**EL AUTOR**

---

**Sergio Carlos Tirado Murillo**

## AGRADECIMIENTO

La finalización de esta tesis, un desafío técnico y personal de gran magnitud, no es solo la suma de esfuerzos académicos, sino la evidencia de la gracia divina y el amor incondicional que me rodea.

A Dios, mi roca y mi refugio, por haberme otorgado la salud, la claridad mental y la serenidad **necesaria para enfrentar las noches largas** y los problemas que parecían insolubles en el laboratorio. Mi fe fue la luz que me guio cuando los esquemas de programación se oscurecían, recordándome siempre que la perseverancia es una bendición. A Él sea la gloria por este logro.

A mis amados padres, **Sergio Tirado Gallardo** y **Barbarita Murillo Coox**. Gracias por el invaluable legado de valores y por cada sacrificio que hicieron concentrarme en mis sueños. Un abrazo especial a ti madrecita amada por enseñarme el valor de la vida y del conocimiento.

A ti, mi querida esposa, **Mirian Villamarín Viteri**. Fuiste la homeostasis de mi vida. Gracias por ser el **espacio seguro** al que siempre pude volver, donde la frustración se disolvía en comprensión y motivación. Por tu paciencia infinita y por tú apoyo incondicional. **Tú eres mi mayor recompensa**.

A mis hijos, **Dhydier** y **Stefan Tirado Villamarín**, mis motores, mi razón de ser y mi fuente de alegría pura. Cada vez que sentí el cansancio, recordé que estaba construyendo algo para mostrarles que **ningún objetivo es demasiado grande si se aborda con corazón y disciplina**. Espero que este logro les inspire a perseguir sus propias pasiones con la misma intensidad.

A todos ustedes, gracias por ser el combustible emocional de mi camino.

*Sergio Carlos, Tirado Murillo*

## DEDICATORIA

Dedico la culminación de este proyecto de ingeniería y automatización, fruto de años de estudio y esfuerzo,

**A Dios**, por la gracia, la fortaleza y la inteligencia que me fueron concedidas para descifrar los desafíos y encontrar las soluciones.

**A mi amada esposa, Mirian Villamarín Viteri**, por ser el faro de amor, paz y apoyo inquebrantable que iluminó las noches más largas de este camino.

**A mis hijos, Dhydier y Stefan Tirado Villamarín**, la razón profunda y más hermosa de mi perseverancia; mi esperanza en el futuro.

**Y a mis padres**, por la fe incondicional que sembraron en mí desde el principio.

Todo esfuerzo se magnifica cuando realizo mis actividades por amor a ustedes.

*Sergio Carlos, Tirado Murillo*

## ÍNDICE GENERAL

TÍTULO.....	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO.....	V
AUTORIZACIÓN.....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
DEDICATORIA .....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
RESUMEN .....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>5</b>
1.1. Revisión de literatura .....	5
1.2. Desarrollo teórico y conceptual .....	7
1.2.1 Sistemas radar y entornos de misión crítica.....	7
1.2.2. Sistemas de climatización industrial en sistemas electrónicos sensibles.....	8
1.2.2.1. Técnicas de enfriamiento .....	10
1.2.2 Sistemas radar y entornos de misión crítica .....	11
1.2.3 Mantenimiento de sistemas críticos.....	14
1.2.4 Bancos de prueba automatizados.....	14

1.2.5	Automatización industrial aplicada a bancos de prueba .....	14
1.2.6	Controladores lógicos programables y su estandarización.....	15
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....</b>		<b>16</b>
2.2.	Contexto de la investigación.....	16
2.3.	Diseño y alcance de la investigación.....	16
2.4.	Tipo y métodos de investigación.....	17
2.5.	Población y muestra .....	18
2.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
2.7.	Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información .....	19
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>20</b>
3.1	Resultados de la Implementación.....	23
3.2	Diagrama de Entalpía .....	23
3.3	Ciclo de Refrigeración.....	24
3.4	Ciclo de refrigeración de compresión.....	24
3.4.1	Compresión (Baja Presión a Alta Presión) .....	26
3.4.2	Condensación (Liberación de Calor).....	28
3.4.3	Recorrido del Líquido y Filtrado.....	29
3.4.4	Expansión/Estrangulamiento (Alta Presión a Baja Presión).....	29
3.4.5	Evaporación (Absorción de Calor).....	30
3.5	Diagrama eléctrico del Tablero de Control.....	31
3.5.1	Controlador Central (PLC) .....	33
3.5.2	Módulos de Expansión .....	33
3.5.3	Lógica de Cableado.....	33
3.5.4	Puntos de Conexión en el Plano Eléctrico.....	34
3.5.4.1	Sensores de Presión (Transductores).....	34
3.5.4.2	Control del Compresor .....	34
3.5.4.3	Control de Flujo (Válvula Solenoide).....	34

3.5.4.4	Ventilación (Evaporador/Condensador).....	35
3.5.4.5	Seguridad y Paro .....	35
3.6	TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal).....	35
3.7	Programación PLC, Configuraciones, OPC UA comunicación, Tags, Entradas, Memorias, Salidas, Diagrama Ladder, Alarmas.....	36
3.8	Programación HMI KTP400, Configuraciones, Tags, Protocolo de comunicación, Variables, Imágenes, Alarmas.....	37
3.9	Instrumentos, equipos, herramientas y accesorios complementarios del Banco de pruebas de aire acondicionado industrial. ....	38
3.10	Resultado del Diagnóstico y contextualización del problema .....	40
3.10.1	Patrones de Falla Recurrentes en A/C del Radar LTR-20: .....	40
3.10.2	Análisis de Tiempos y Procedimientos de Diagnóstico Tradicional.....	40
3.10.3	Implementación y Validación Funcional del Banco de Pruebas Automatizado .....	41
3.10.3.1	Arquitectura de Hardware y Software del Banco.....	41
3.10.3.2	Desarrollo de la Lógica de Control y la HMI .....	42
3.10.3.3	Pruebas Experimentales y Contraste de Hipótesis .....	43
3.10.3.4	Pruebas de Rendimiento y Medición de Variables.....	45
3.10.3.5	Precisión en la Detección de Fallas (Contraste Empírico).....	46
3.10.3.6	Propuesta: Protocolo de Mantenimiento y Diagnóstico.....	49
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>57</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>59</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>61</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción componentes del Banco de pruebas Aire Acondicionado Industrial. .....	20
Tabla 2 Descripción de componentes de un banco de pruebas de aires acondicionados industriales.....	21
Tabla 3 Instrumentos, equipos, herramientas y accesorios complementarios del Banco de pruebas de aire acondicionado.....	38
Tabla 4 Comparación de parámetros de control del banco de prueba .....	45
Tabla 5 Comparación de Escenarios de fallas del banco de pruebas .....	47
Tabla 6 Comparación de Fallas en función del tiempo de diagnosis .....	48
Tabla 7 Comparación de los niveles de alarma .....	52
Tabla 8 Comparación de Tiempos Promedio de Diagnóstico (Minutos) por Tipo de Falla .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de bloques del modelo de sistema de gestión térmica.....	8
Figura 2 Hoja de Ruta de la tecnología de dispositivos centrales de lógica de Moore.....	9
Figura 3 Estructura de funcionamiento de los tubos de calor.....	10
Figura 5 Componentes del aire acondicionado industrial.....	22
Figura 6 Diagrama de Presión – Entalpía.....	23
Figura 7 Ciclo de refrigeración.....	24
Figura 8 Ciclo de refrigeración de compresión completo.....	25
Figura 9 Diagrama entálpico del ciclo de refrigeración.....	26
Figura 10 Funcionamiento del compresor.....	27
Figura 11 Diagrama de ciclo de refrigeración de compresión.....	27
Figura 12 Funcionamiento del condensador.....	28
Figura 13 Funcionamiento de la válvula de expansión.....	30
Figura 14 Funcionamiento del evaporador.....	31
Figura 15 Tablero de control aire acondicionado banco de prueba.....	31
Figura 17 Entorno plataforma TIA Portal.....	36
Figura 18 Entorno TIA Portal programación diagrama en bloque PLC S7-1200.....	36
Figura 19 Entorno TIA Portal configuración HMI KTP400.....	37

## RESUMEN

La presente investigación aborda la optimización del proceso de mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado industrial del radar LTR-20 en la Base Aérea Cotopaxi, ante la carencia de un entorno controlado para el diagnóstico técnico. El objetivo principal es diseñar e implementar un banco de pruebas automatizado mediante un controlador lógico programable (PLC) Siemens S7-1200 y una interfaz hombre-máquina (HMI) KTP400. La metodología empleada fue de tipo mixta con un diseño experimental-explicativo, utilizando una muestra de técnicos especialistas y unidades de refrigeración para validar la eficacia del sistema. El desarrollo incluyó el diseño de una estructura metálica, la integración de transductores de presión y temperatura, y la programación de lógica de control y seguridad en el software TIA Portal. Los resultados experimentales, demostraron una reducción significativa en los tiempos de diagnóstico en comparación con los métodos tradicionales, además de una eliminación del error humano en la interpretación de variables críticas. En conclusión, la automatización del banco de pruebas de aires acondicionados, no solo garantiza la integridad de los componentes del radar, sino que incrementa la disponibilidad operativa de la Defensa Aérea mediante un protocolo de mantenimiento basado en datos precisos y confiables.

**Palabras claves:** *Banco de Prueba, PLC S7-1200, HMI,*

## ABSTRACT

This research addresses the optimization of the maintenance process for the LTR-20 radar's industrial air conditioning systems at Cotopaxi Air Base, given the lack of a controlled environment for technical diagnostics. The main objective is to design and implement an automated test bench using a Siemens S7-1200 programmable logic controller (PLC) and a KTP400 human-machine interface (HMI). A mixed-methods approach with an experimental-explanatory design was employed, utilizing a sample of specialist technicians and refrigeration units to validate the system's effectiveness. The development included the design of a metal structure, the integration of pressure and temperature transducers, and the programming of control and safety logic in the TIA Portal software. The experimental results demonstrated a significant reduction in diagnostic times compared to traditional methods, as well as the elimination of human error in the interpretation of critical variables. In conclusion, the automation of the air conditioning test bench not only guarantees the integrity of the radar components, but also increases the operational availability of Air Defense through a maintenance protocol based on accurate and reliable data.

**Keywords:** *Test Bench, PLC S7-1200, HMI,*

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de radar de vigilancia aérea constituyen infraestructuras críticas para la seguridad y defensa, cuya operación continua y confiable depende no solo del desempeño de sus componentes electrónicos, sino también de las condiciones ambientales en las que estos operan, en particular, el sistema radar LTR-20 requiere mantener rangos térmicos estrictos para garantizar la estabilidad de sus módulos, función que es asegurada mediante aires acondicionados industriales especializados, se han identificado fallas en estos sistemas de climatización como una de las principales causas de interrupciones no programadas, comprometiendo la disponibilidad operativa del radar.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es diseñar e implementar un banco de prueba automatizado, basado en un PLC Siemens S7-1200 y una interfaz Hombre-Máquina (HMI), que permita evaluar, diagnosticar y validar el correcto funcionamiento de los aires acondicionados industriales del sistema radar LTR-20 antes de su reinstalación en campo, centrando el alcance en el desarrollo del sistema de automatización, la integración de sensores de presión, temperatura y caudal, la supervisión en tiempo real, el registro de datos y la generación de reportes técnicos que respalden el proceso de mantenimiento.

La tesis que se defiende plantea que la implementación de un banco de pruebas automatizado mejora significativamente la precisión del diagnóstico, reduce los tiempos de intervención y disminuye los riesgos operativos, en comparación con los métodos tradicionales de mantenimiento sin entornos controlados; para ello, se propone el diseño de una plataforma que simule condiciones reales de operación, utilizando tecnologías de automatización industrial ampliamente aceptadas, lo que garantiza confiabilidad, repetibilidad y escalabilidad del sistema.

Este estudio aborda el desarrollo de un sistema integral de pruebas, combinando control lógico programable, supervisión mediante HMI y adquisición de datos, con el fin de estandarizar procedimientos técnicos y fortalecer la toma de decisiones basada en información objetiva, su relevancia se evidencia en los ámbitos social, profesional y científico, al contribuir a la seguridad aérea, optimizar los procesos de mantenimiento industrial y promover el uso de soluciones tecnológicas modernas en entornos críticos.

El propósito de este proyecto radica en el incremento de eficiencia operativa del sistema radar, mejora la capacitación del personal técnico mediante prácticas seguras y controladas, y provee de las bases para futuras aplicaciones de mantenimiento predictivo y automatización avanzada, aportando conocimiento aplicable y replicable en otros sistemas industriales de alta criticidad.

Para cumplir con los objetivos este trabajo se ha estructurado de la siguiente manera.

El Capítulo I, correspondiente al marco teórico referencial, aborda los fundamentos conceptuales y técnicos relacionados con los sistemas de radar LTR-20, los sistemas de climatización industrial, el mantenimiento de equipos críticos y los principios de automatización industrial, analizando tecnologías asociadas al uso de PLC Siemens S7-1200, interfaces Hombre-Máquina, sensores industriales y bancos de prueba automatizados.

El Capítulo II, dedicado a la metodología, describe el enfoque de investigación adoptado, el tipo y nivel del estudio, así como los métodos, técnicas e instrumentos empleados, detallando el diseño e implementación del banco de prueba automatizado, la arquitectura del sistema, la selección de hardware y software, la integración de sensores, la programación del PLC y el desarrollo de la HMI, además de los procedimientos de prueba y validación.

La discusión y análisis de los resultados en el capítulo III corresponde a, donde se presentan y analizan los datos obtenidos durante la ejecución de las pruebas evaluando el desempeño del banco de pruebas, su impacto en los tiempos de diagnóstico y mantenimiento, la confiabilidad del sistema y el cumplimiento de los objetivos propuestos, contrastando los resultados con el marco teórico y destacando los aportes técnicos y prácticos del proyecto.

### **Planteamiento de la Investigación**

El sistema radar LTR-20 es un elemento estratégico para la vigilancia aérea, cuya operatividad depende del correcto funcionamiento de sus sistemas de climatización industrial, sin embargo, se ha identificado que las fallas en los aires acondicionados constituyen una de las principales causas de interrupciones no programadas del radar,

afectando su confiabilidad y disponibilidad operativa, actualmente, el diagnóstico y mantenimiento de estos equipos se realiza sin un banco de prueba especializado, lo que limita la detección precisa de fallas, incrementa los tiempos de intervención y expone tanto al equipo como al personal técnico a riesgos operativos.

Ante esta problemática, se justifica el diseño e implementación de un banco de prueba automatizado, basado en PLC Siemens S7-1200 e interfaz Hombre-Máquina (HMI), que permita simular condiciones reales de operación, evaluar parámetros críticos como presión, temperatura y caudal, y estandarizar los procedimientos de mantenimiento, solución que contribuirá a reducir tiempos de inactividad, optimizar recursos, mejorar la seguridad durante las intervenciones y fortalecer la capacitación técnica, aportando valor técnico, institucional y académico al mantenimiento de sistemas de defensa de alta criticidad.

### **Formulación del problema de investigación**

¿Cómo el diseño e implementación de un banco de prueba automatizado basado en PLC S7-1200 y HMI puede mejorar el diagnóstico, mantenimiento y confiabilidad de los aires acondicionados industriales del sistema radar LTR-20?

#### **Objetivo General:**

Diseñar e implementar un banco de prueba automatizado para mantenimiento de los aires acondicionados del sistema radar LTR-20, con el fin de optimizar los procesos de mantenimiento, mejorar la confiabilidad operativa y reducir los tiempos de inactividad del sistema radar.

#### **Objetivos Específicos:**

- Implementar el sistema físico del banco de prueba de aire acondicionado industrial, integrando componentes mecánicos, eléctricos y de control adecuados para simular condiciones reales de funcionamiento.
- Programar el PLC Siemens para supervisar y controlar las variables críticas como temperatura, presión, caudal y consumo eléctrico.

- Programar una interfaz HMI que facilite la operación y el control de la máquina de manera local y en tiempo real.
- Desarrollar procedimientos estandarizados de diagnóstico, verificación funcional y pruebas de rendimiento para los equipos intervenidos.
- Crear un manual de usuario de funcionamiento y operación del Banco de prueba del sistema de aire acondicionado.

### **Planteamiento hipotético**

La implementación de un banco de prueba automatizado, basado en un PLC S7-1200 y una interfaz hombre-máquina (HMI), permitirá mejorar significativamente el proceso de diagnóstico y reparación de los aires acondicionados industriales del sistema radar LTR-20, al reducir los tiempos de intervención, aumentar la precisión en la detección de fallas y optimizar la gestión del mantenimiento técnico.

# CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

## 1.1. Revisión de literatura

A lo largo de los años, se ha evidenciado que una de las causas recurrentes de fallos y disminución del rendimiento en el radar LTR-20 radica en los sistemas de climatización asociados, estos aires acondicionados, diseñados especialmente para operar bajo condiciones exigentes y ambientes hostiles, requieren de un mantenimiento riguroso y pruebas funcionales periódicas que aseguren su correcto desempeño antes de ser instalados o reincorporados al sistema, sin embargo, en muchas unidades técnicas de mantenimiento no se cuenta con un banco de prueba especializado que permita realizar diagnósticos precisos y pruebas de funcionamiento bajo condiciones controladas.

Lee et al., (2020) mencionan que tradicionalmente, las tareas de diagnóstico y mantenimiento de sistemas industriales han estado basadas en inspecciones visuales, instrumentación portátil y la experiencia del técnico, lo cual limita la reproducibilidad, precisión y trazabilidad del proceso, en respuesta a estas limitaciones, en las últimas décadas se ha promovido el uso de sistemas automatizados de prueba y monitoreo, los cuales permiten simular condiciones reales de operación en entornos controlados, consolidándose como herramientas clave para evaluar el rendimiento funcional de los equipos antes, durante y después del mantenimiento.

En ausencia de mecanismos de diagnóstico oportuno y mantenimiento especializado, cualquier falla en los sistemas de refrigeración puede generar una parada técnica no planificada, comprometiendo la operatividad continua del sistema radar y elevando los costos por reparación y tiempo fuera de servicio.

Diversas investigaciones recientes evidencian que la incorporación de sistemas automatizados en el mantenimiento de sistemas de climatización industrial (HVAC) permite optimizar los tiempos de intervención, mejorar la precisión en el diagnóstico de fallas y reducir significativamente la incidencia de errores humanos (Silva et al., 2024); asimismo Onninen, (2025) afirman que estos sistemas facilitan la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo y rutinas de prueba estandarizadas, lo que contribuye tanto a la mejora de la calidad del servicio técnico como a la prolongación de la vida útil de los equipos y componentes industriales.

En el mantenimiento eficiente de los sistemas industriales de soporte, Ashrae, (2021) y Wua et al., (2022) indican que particularmente los sistemas de climatización de precisión, constituye un factor crítico en infraestructuras sensibles como instalaciones de defensa y telecomunicaciones, en estos entornos, los sistemas HVAC no solo aseguran condiciones térmicas estables para el correcto funcionamiento de equipos electrónicos de alta sensibilidad, sino que también contribuyen a preservar la confiabilidad operativa frente a variaciones ambientales que podrían comprometer el desempeño de sistemas como radares y centros de procesamiento de señales.

En los sistemas de defensa y vigilancia, el correcto funcionamiento de los equipos electrónicos y electromecánicos resulta esencial para garantizar la operatividad continua de infraestructuras de alto valor estratégico, como los sistemas radar empleados en la detección y seguimiento de objetivos aéreos, en este contexto Ersoy, (2024) y Lv et al., (2024) mencionan que el desempeño de dichos sistemas no depende únicamente de su arquitectura electrónica, sino también de las condiciones ambientales en las que operan, especialmente del control térmico en donde la temperatura constituye un factor crítico, ya que una gestión térmica inadecuada puede comprometer la confiabilidad, el rendimiento y la vida útil de los componentes electrónicos, siendo los sistemas de climatización y disipación térmica elementos fundamentales para mantener los equipos dentro de rangos operativos seguros.

La integración de controladores lógicos programables PLC, particularmente de la familia Siemens S7-1200, ha transformado el diseño de bancos de prueba automatizados al proporcionar un control preciso, confiable y escalable de las variables del proceso (Siemens, 2025); este tipo de controladores se caracteriza por su arquitectura modular, su compatibilidad con protocolos de comunicación industrial como PROFINET y Modbus TCP/IP, y su entorno de programación en TIA Portal, lo que facilita su implementación en sistemas de automatización complejos y su integración eficiente con interfaces hombre-máquina HMI para supervisión y control en tiempo real (Maslanka et al., 2025).

Estas interfaces hombre-máquina proporcionan visualización en tiempo real de variables críticas como presión, temperatura, flujo de refrigerante, corriente eléctrica,

emisión de alarmas, trazabilidad de eventos y generación de reportes técnicos, mejorando significativamente la toma de decisiones en campo.

## **1.2. Desarrollo teórico y conceptual**

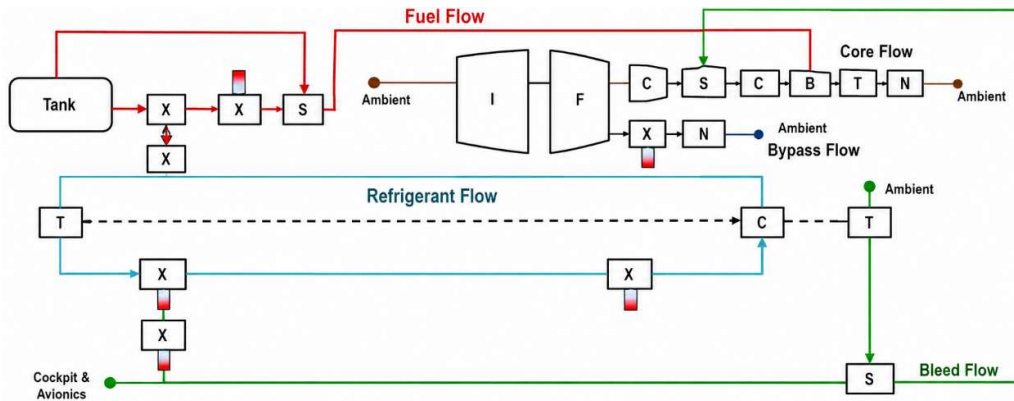
### **1.2.1 Sistemas radar y entornos de misión crítica**

Los sistemas radar de vigilancia aérea operan como infraestructuras de misión crítica, debido a que su indisponibilidad impacta directamente la continuidad de capacidades estratégicas, en estos entornos, la confiabilidad no depende únicamente del desempeño del núcleo electrónico, sino también de los sistemas de soporte que mantienen condiciones de operación estables para energía, comunicaciones y, de manera relevante, control térmico; de manera particular, la estabilidad térmica es un requisito operativo frecuente para proteger módulos electrónicos sensibles frente a derivas, degradación acelerada y fallas asociadas a temperatura; en Iso, (2023) se explica que bajo esta lógica, el mantenimiento debe orientarse a reducir incertidumbre y variabilidad del diagnóstico mediante pruebas repetibles y trazables, coherentes con prácticas de monitoreo de condición aplicables a activos críticos.

La literatura reciente en mantenimiento predictivo y gestión de fallas en sistemas técnicos complejos destaca que la mejora de disponibilidad se logra cuando el diagnóstico se apoya en datos y procedimientos estandarizados, con medición consistente y criterios de decisión claros, en el ámbito de sistemas técnicos, estas prácticas se alinean con guías de monitoreo y diagnóstico que enfatizan mediciones planificadas, registro, tendencias y criterios para intervención, arquitecturas de modelos de sistema de gestión térmica como el de la **Figura 1** en sistemas aéreos de alto rendimiento tienen cada vez mayor importancia ya que aseguran la capacidad operativa de los mismos debido a su alto nivel de cargas térmicas.

**Figura 1**

Diagrama de bloques del modelo de sistema de gestión térmica.



Nota: Arquitectura del sistema térmico y componentes. (Germán et al., 2022).

### 1.2.2. Sistemas de climatización industrial en sistemas electrónicos sensibles



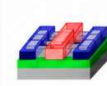

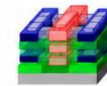
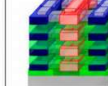
Chen et al., (2023) en su revisión literaria exponen que los aires acondicionados industriales asociados a sistemas electrónicos críticos cumplen una función de control de ambiente: sostener rangos térmicos y condiciones de operación que permitan que los subsistemas electrónicos trabajen dentro de límites seguros; cuando estos equipos fallan, pueden producirse interrupciones no programadas por disparos térmicos, degradación de rendimiento y riesgos para la continuidad operativa y desde una visión moderna, el mantenimiento de climatización se beneficia del Fault Detection and Diagnostics (FDD/AFDD), que integra medición, análisis y reglas/modelos para detectar fallas tempranas, reduciendo tiempos de diagnóstico y mejorando confiabilidad, también Ghadim et al., (Ghadim et al., 2025) sostiene que la gestión térmica es hoy uno de los factores limitantes del desempeño de equipos electrónicos compactos y de alta densidad de potencia, precisamente porque el incremento del flujo térmico y la miniaturización elevan el riesgo de puntos calientes, esfuerzos termo-mecánicos y degradación prematura.

Ersoy, (2024) refiere que en sistemas electrónicos sensibles, la variable térmica no actúa de manera aislada, la humedad relativa y la calidad del flujo de aire también condicionan el funcionamiento del hardware; una climatización deficiente puede favorecer condensación, corrosión, acumulación de contaminantes o distribución desigual de aire frío, generando zonas con sobret temperatura que afectan la estabilidad global del sistema, por ello, la climatización de precisión en recintos industriales y

tecnológicos suele diseñarse con criterios de continuidad, redundancia, monitoreo permanente y respuesta rápida ante variaciones de carga; estas exigencias se justifican porque, conforme aumenta la densidad electrónica y disminuye el volumen disponible, la gestión térmica debe ser más exacta y más dinámica para mantener el margen de seguridad operacional, de esta manera haciendo referencia a la ley de Moore se evalúa el rendimiento de los procesadores por unidad de volumen que aumenta forma exponencial, nuevas arquitecturas de equipos crecen en funcionalidad de manera histórica permitiendo trazar una hoja de ruta internacional para dispositivos y Sistemas muestra los efectos crecientes de la miniaturización y la alta densidad de potencia como se muestra en la **Figura 2** .

**Figura 2**

Hoja de Ruta de la tecnología de dispositivos centrales de lógica de Moore

Year of Production	2020	2022	2025	2028	2031	2034
	G48M36	G45M24	G42M20	G40M16	G38M16T2	G38M16T4
Logic industry node range labeling	5	3	2.10	1.5	1.0 eq	0.7 eq
Logic device structure options	finFET	finFET LGAA	LGAA	LGAA	LGAA-3D	LGAA-3D
Mainstream device for logic	finFET	finFET	LGAA	LGAA	LGAA-3D	LGAA-3D
						
Vdd (V)	0.7	0.7	0.65	0.65	0.60	0.60
Gate length (nm)	18	16	14	12	12	12
Number of stacked tiers	1	1	1	1	2	4
Number of stacked devices	1	1	3	3	4	4
Digital block area scaling - node to node	-	0.75	0.78	0.79	0.52	0.50
Cell height limitation - HD	M0	M0	M0	M0	M0	M0
SoC area scaling (stacked) - node to node	0.78	0.82	0.83	0.56	0.59	0.59
CPU frequency (GHz)	3.13	3.27	3.51	3.47	3.25	2.93
Frequency scaling - node to node	-	0.04	0.08	-0.01	-0.07	-0.09
CPU frequency at constant power density (GHz)	3.13	2.58	2.92	2.19	1.29	0.78
Power at iso frequency - node to node	-	-0.08	-0.26	-0.05	-0.07	-0.09
Power density - relative	1	1.27	1.20	1.58	2.52	3.73

Nota: Ruta de efectos crecientes de la reducción de tamaño de sistemas de misión y reducción mínima de componentes electrónicos para densidad de potencia. (Ersoy, 2024)

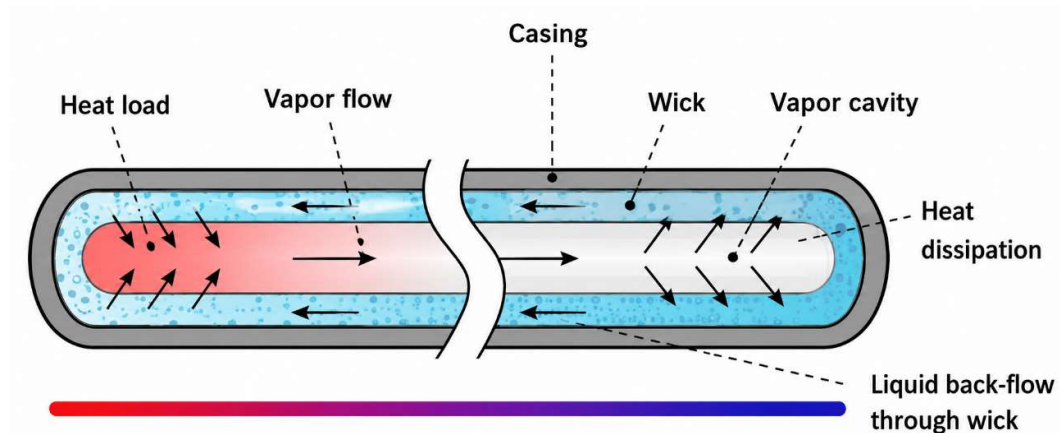
### 1.2.2.1. Técnicas de enfriamiento

Los métodos de refrigeración se clasifican en: radiación y convección natural, refrigeración por aire forzado, refrigeración por líquido forzado y evaporación de líquido, también existes métodos emergentes como tubos de calor, bombas de calor, microcanales, refrigeración por pulverización, refrigeración basada en materiales de cambio fase PCM y termoelectrica, métodos como el PCM y tubos de calor han demostrado óptimos resultados para refrigeración de dispositivos electrónicos de alta tecnología.

El principio de funcionamiento del tubo de calor que se representa en la **Figura 3** ejecuta un cambio de fase del fluido de trabajo, son ideales para equipos portables, de telecomunicaciones y módulos satelitales, dado que su conductividad térmica es efectiva y alta y su muy baja resistencia térmica efectiva, lo convierte en uno de los medios mejor viables para enfriar dispositivos electrónicos con alto flujo de calor.

**Figura 3**

Estructura de funcionamiento de los tubos de calor



Nota: Representación de conductividad térmica efectiva extremadamente alta hasta varios miles de veces mayor que la de las varillas de cobre [ 10 ] y su muy baja resistencia térmica efectiva (que suele oscilar entre 0,05 y 0,4 °C/W [ 11 ] de tubos de calor. (Ersoy, 2024).

Por otra parte, los PCM absorben energía en las transiciones de fase que proporcionan calor o refrigeración, se emplean ampliamente en sistemas pasivos de alta eficiencia dentro de múltiples aplicaciones en los sectores de defensa y aeroespacial, tales como el

control térmico de naves espaciales y sistemas de aviónica, plataformas de armamento, electrónica asociada a misiles, radares de vigilancia y sistemas avanzados de comunicación; su implementación se fundamenta en su capacidad para absorber cantidades significativas de energía térmica sin provocar incrementos sustanciales de temperatura, fenómeno que ocurre durante el proceso de intercambio de calor asociado a los cambios de fase.

Zhous et al., (2023) expone que sistemas electrónicos sensibles, la variable térmica no actúa de manera aislada; la humedad relativa y la calidad del flujo de aire también condicionan el funcionamiento del hardware; una climatización deficiente puede favorecer condensación, corrosión, acumulación de contaminantes o distribución desigual de aire frío, generando zonas con sobret temperatura que afectan la estabilidad global del sistema, por esta razón la climatización de precisión en recintos industriales y tecnológicos suele diseñarse con criterios de continuidad, redundancia, monitoreo permanente y respuesta rápida ante variaciones de carga, estas características se justifican porque, conforme aumenta la densidad electrónica y disminuye el volumen disponible, la gestión térmica debe ser más exacta y más dinámica para mantener el margen de seguridad operacional.

La inclusión de la IA en detección y diagnóstico, detección de fallas en HVAC cada vez más gana mayor interés debido a su capacidad para mejorar la precisión diagnóstica y reducir la dependencia de reglas estrictamente basadas en conocimiento experto, aunque todavía enfrentan retos en ambientes dinámicos y variables (Bi et al., 2024).

### **1.2.2 Sistemas radar y entornos de misión crítica**

Los sistemas radar de vigilancia aérea, como el LTR-20, son infraestructuras estratégicas cuya operatividad continua es esencial para funciones de seguridad y defensa, ellos no solo dependen de la electrónica y la lógica de procesamiento de señales, sino también de las condiciones ambientales que mantienen esos equipos dentro de rangos seguros de operación, en particular, los sistemas de climatización industrial aseguran condiciones térmicas estables que evitan el sobrecalentamiento de componentes sensibles; su mantenimiento de sistemas críticos se orienta a reducir fallas sorpresivas mediante diagnósticos basados en datos, mediciones repetibles y procedimientos estandarizados que provean estabilidad operativa y mayor disponibilidad del sistema (Pommerenke et al., 2025).

Janson y Petlenkov, (2024) afirman que la evolución del radar moderno ha reforzado su papel en aplicaciones de defensa, autonomía y supervisión, precisamente por su capacidad de operar en condiciones ambientales adversas y con requerimientos elevados de confiabilidad y procesamiento en tiempo real, en ese sentido, el radar no debe entenderse únicamente como un conjunto de módulos de transmisión y recepción, sino como un sistema complejo cuya eficacia depende de la interacción coordinada entre subsistemas electrónicos, de potencia, comunicaciones, sensado, control y soporte ambiental.

La tecnología de radares se presenta como una solución clave, robusta en condiciones adversas y de detección de obstáculos a larga distancia, desde un enfoque de automatización en un entorno de misión crítica se caracteriza por la baja tolerancia a la indisponibilidad, al error diagnóstico y a las detenciones no planificadas, en estos aspectos, la falla de un subsistema auxiliar puede comprometer el desempeño global aun cuando el núcleo funcional del radar permanezca estructuralmente intacto, por ello, la confiabilidad operacional no depende solo del diseño electromagnético o de la arquitectura de procesamiento de señal, sino también de la estabilidad de los servicios de soporte que sostienen la operación continua, entre ellos la alimentación eléctrica, la conectividad interna, la supervisión del estado y el control térmico; así, las investigaciones recientes en mantenimiento predictivo y monitoreo de condición se enfatiza justamente que los sistemas críticos mejoran su resiliencia cuando el mantenimiento se apoya en adquisición de datos, monitoreo continuo, interfaces hombre-máquina HMI, retroalimentación operativa y criterios sistemáticos de intervención (Ahmed et al., 2024).

Según (Chen et al., 2026) en casos particulares de sistemas de radares, la exigencia térmica adquiere una relevancia especial debido a la densidad de potencia de los módulos electrónicos y a la sensibilidad de sus componentes frente a gradientes de temperatura, sobrecalentamiento localizado y deformaciones inducidas térmicamente; estudios recientes sobre radares SAR y antenas activas muestran que el control preciso de la temperatura no solo preserva la integridad física de los componentes, sino que

también influye de manera directa en la confiabilidad, la uniformidad estructural, la ganancia de antena, la exactitud del apuntamiento y la calidad de la señal o de la imagen generada, en otras palabras, la estabilidad térmica es una condición funcional del radar, no un requisito accesorio de confort técnico y Lv et al., (2024) coincide en que el aumento de miniaturización, integración y flujo de calor en sistemas de alto desempeño convierte al control térmico en uno de los principales cuellos de botella para la confiabilidad, en entornos aeroespaciales y de electrónica de misión, se reporta que el diseño térmico debe contemplar la captación, transporte y rechazo de calor mediante estrategias específicas, tales como materiales de alta conductividad, heat pipes, lazos de bombeo mecánico, radiadores y soluciones híbridas lo que resulta pertinente para sostener que la permanencia de componentes de rangos térmicos admisibles son indispensables para evitar la degradación acelerada y reducir la probabilidad de fallas inducidas por temperatura.

Con la lógica expuesta, Ahmed et al., (2024) refieren que el mantenimiento predictivo y el condition monitoring permiten reducir tiempos de indisponibilidad, anticipar degradaciones incipientes y mejorar la trazabilidad de la decisión técnica mediante datos consistentes y criterios definidos de evaluación. Para activos críticos, esto implica sustituir diagnósticos basados exclusivamente en experiencia o inspección ocasional por procedimientos repetibles, mediciones comparables y registros históricos que faciliten detectar tendencias anómalas antes de que evolucionen a una falla funcional. Con esto se justifica que los aires acondicionados industriales asociados al sistema radar LTR-20 sean tratados como parte integrante del aseguramiento de misión y no solo como equipos periféricos de climatización; si el radar depende de condiciones térmicas estables para preservar la confiabilidad de sus módulos electrónicos, entonces el diagnóstico y reparación de su sistema de climatización adquieren una dimensión estratégica.

Desde esta perspectiva, el diseño e implementación de un banco de pruebas basado en PLC S7-1200 e interfaz HMI se alinea con las tendencias actuales de mantenimiento inteligente, ya que permite estructurar pruebas controladas, repetibles y trazables sobre un subsistema cuya disponibilidad impacta directamente la continuidad operativa del sistema mayor.

### **1.2.3 Mantenimiento de sistemas críticos**

El mantenimiento en sistemas críticos se orienta a minimizar indisponibilidad y riesgo operacional, en la práctica, el mantenimiento correctivo “en campo” sin herramientas dedicadas tiende a incrementar la variabilidad del diagnóstico, la reincidencia de fallas y la exposición del personal a condiciones no controladas, un enfoque más robusto incorpora: (i) mediciones estandarizadas, (ii) criterios de aceptación/rechazo, (iii) trazabilidad de pruebas, y (iv) análisis de condición y tendencias cuando sea viable.

Las guías para programas de monitoreo de condición recomiendan estructurar el programa considerando variables, periodicidad, técnicas de diagnóstico y uso sistemático de los datos para decisiones de mantenimiento.

### **1.2.4 Bancos de prueba automatizados**

Un banco de prueba automatizado es una plataforma diseñada para recrear condiciones operativas controladas, ejecutar secuencias de prueba repetibles y registrar variables críticas para diagnosticar desempeño y fallas sin comprometer el sistema principal; la automatización en el banco permite reducir dependencia exclusiva de inspección manual y experiencia tácita, aportando repetibilidad, trazabilidad y comparabilidad entre pruebas.

Pascual, (2023) en su tesis de gran escribe sobre el desarrollo reciente de bancos de prueba basados en PLC y HMI, destacando su utilidad para ejecutar procedimientos consistentes, integrar sensores y facilitar operación guiada. Por ejemplo, trabajos académicos orientados a bancos demostrativos basados en PLC/HMI enfatizan la integración de hardware, secuencias de prueba y supervisión como núcleo del diseño y Haggag et al., (2023) menciona que enfoques como pruebas hardware-in-the-loop en sistemas de enfriamiento muestran la relevancia de validar controladores y comportamiento bajo condiciones representativas antes del despliegue, reforzando el principio de “probar en entorno controlado” para reducir riesgo operativo.

### **1.2.5 Automatización industrial aplicada a bancos de prueba**

La automatización industrial aplicada a bancos de prueba se fundamenta en una arquitectura típica: sensores, adquisición de datos, lógica de control, interfaz de operación, registro/reportes, su valor técnico está en: (a) adquisición confiable, (b) secuencias de prueba estandarizadas, (c) alarmas e interbloqueos, y (d) trazabilidad para decisión técnica.

Turner, (2020) menciona que en este contexto el uso de PLC y HMI habilita la implementación de rutinas automatizadas y seguras, reduciendo errores de operación y proporcionando consistencia; en actividades de comisionamiento y puesta en marcha, se reconoce el papel del banco de prueba como entorno para validar lógica, setpoint y comportamiento antes de operación final, lo cual reduce incidencias durante la intervención real.

### **1.2.6 Controladores lógicos programables y su estandarización**

Un PLC es un controlador industrial diseñado para ejecutar lógica de control de manera robusta y determinista. Su adopción en bancos de prueba se explica por su confiabilidad, modularidad y capacidades de integración con señales industriales y redes.

A nivel normativo, la estandarización de lenguajes de programación de controladores (por ejemplo, Structured Text, Ladder, Function Block) facilita mantenibilidad y portabilidad conceptual del diseño, en IEC, (2025) la edición más reciente de la norma IEC 61131-3:2025 se define la sintaxis y semántica de lenguajes para controladores programables, respaldando prácticas de ingeniería orientadas a claridad y estructura del software de automatización.

## **CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Contexto de la investigación**

La presente proyecto, se implementó en el laboratorio electrónico del Departamento de Mantenimiento de Defensa Aérea ubicado en la Base Aérea Cotopaxi, el mismo que no contaba con un banco de prueba para las diagnosis y reparaciones de los sistemas de aires acondicionados del sistema radar LTR-20, para mencionada implementación, se diseñó la estructura metálica que sirve de soporte de los componentes del sistema de refrigeración como son; el evaporador, compresor, condensador, sensores, válvulas para el control y monitoreo de las variables como temperatura, presión y voltaje de alimentación.

Para la etapa de control del ciclo de refrigeración, se instaló el PLC Siemens S7-1200, la interfaz Hombre - Máquina (HMI KTP400), sensores industriales, PC de escritorio Intel Core i7, 10<sup>a</sup> generación y equipos auxiliares necesarios para la simulación de condiciones reales de operación, para este efecto, se desarrolló el programa del PLC mediante Tía portal para el control automático y manual de temperatura, así como el control de las variables de temperatura, presión y consumo eléctrico.

Una vez instalado los componentes del banco de prueba, se realizó las conexiones del PLC, HMI y ciclo de refrigeración con sus respectivas protecciones; con el fin de ejecutar pruebas funcionales controladas del aire acondicionado del sistema LTR-20, sin comprometer la operatividad del radar y garantizando un entorno seguro tanto para los equipos como para el personal técnico involucrado.

### **2.2. Diseño y alcance de la investigación**

El diseño de la investigación es de carácter experimental, debido a que se manipuló de forma controlada la variable independiente, la implementación del banco de prueba automatizado basado en PLC S7-1200 y HMI, con el fin de observar y medir su efecto sobre variables dependientes como la temperatura, presiones, precisión en la detección de fallas y la eficiencia del proceso de mantenimiento de los aires acondicionados industriales del radar LTR-20.

En cuanto al alcance, la investigación es de tipo explicativo, ya que no se limita a describir el funcionamiento del banco de prueba, sino que busca explicar la relación causal entre la automatización del proceso de diagnóstico y la mejora en la eficiencia operativa, reducción de errores y disminución de tiempos de intervención técnica.

### **2.3. Tipo y métodos de investigación**

El tipo de investigación es mixto, integrando enfoques cuantitativos y cualitativos de manera complementaria.

Desde el enfoque cuantitativo, se analizaron variables técnicas medibles como tiempos de diagnóstico, número de fallas detectadas, consumo energético y eficiencia operativa del banco de prueba, el enfoque cualitativo permitió recoger percepciones del personal técnico respecto a la usabilidad de la HMI, claridad de alarmas y utilidad práctica del sistema.

Para el desarrollo del estudio se aplicaron los siguientes métodos de investigación:

El diseño e implementación del banco de pruebas se fundamenta en una integración metodológica rigurosa. Inicialmente, el método histórico contextualizó la evolución de la climatización industrial y la automatización mediante PLC, complementado por el método inductivo para establecer patrones de fallas recurrentes observadas en los sistemas radares LTR-20. La fase de diseño, se rigió por el método deductivo, partiendo de los principios generales de automatización (PLC S7-1200 y HMI) y los fundamentos del ciclo de refrigeración, para generar la arquitectura particular del banco de prueba. Consecuentemente, el método analítico, resultó esencial para la descomposición estructurada del sistema en subsistemas especializados, como la adquisición de datos, el control de variables termodinámicas (temperatura y presión) y la lógica de diagnóstico, facilitando su estudio individualizado.

La implementación culmina con el método sintético, el cual integra funcionalmente estos subsistemas, validándolos coherentemente bajo el método hipotético-deductivo a través de pruebas experimentales controladas de simulación de fallas.

## **2.4. Población y muestra**

La población se constituyó por los activos físicos (sistemas de aires acondicionados industriales del Radar LTR-20) y el recurso humano especializado en la ingeniería de mantenimiento y diagnóstico. Dada la naturaleza aplicada y experimental de la investigación, y las inherentes restricciones operacionales en sistemas críticos, se implementó un muestreo no probabilístico por conveniencia, basado en la disponibilidad y autorización de acceso durante el periodo de validación.

La muestra utilizada para las pruebas de rendimiento y robustez diagnóstica, se compuso por dos (2) unidades de A/C, seleccionadas para representar diversos estados operativos, y un grupo de cuatro (4) a seis (6) técnicos (incluyendo especialistas en refrigeración e ingenieros en automatización), quienes participaron en la ejecución y evaluación de los protocolos de diagnóstico. Este tamaño muestral se considera adecuado para validar funcionalmente el banco de prueba y contrastar la hipótesis planteada.

## **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La recolección de datos, se estructuró bajo un enfoque mixto, integrando técnicas cuantitativas y cualitativas para asegurar una evaluación holística. El componente cuantitativo, se basó en el registro automatizado de variables técnicas, utilizando el PLC S7-1200 y la HMI como sistema de adquisición de datos (DAQ) para capturar información objetiva en tiempo real del desempeño de los equipos (presión, temperatura, corriente). Adicionalmente, se empleó la encuesta estructurada con Escala de Likert para cuantificar percepciones sobre la usabilidad y la eficiencia diagnóstica del banco de pruebas por parte del personal técnico.

En el ámbito cualitativo, se utilizaron entrevistas semiestructuradas y la observación directa (apoyada por una lista de cotejo y la bitácora técnica del investigador) para identificar patrones de fallas, validar procedimientos de mantenimiento y documentar las experiencias operacionales.

Finalmente, el análisis documental de manuales y normativas técnicas, permitió establecer los parámetros de referencia críticos para la lógica de diagnóstico del

Sistema, estos instrumentos permitieron obtener información fiable del desempeño del sistema y las percepciones técnicas del personal técnico involucrado.

## **2.6. Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.**

La validación metodológica del banco de pruebas, se estableció mediante tres criterios principales. La validez de contenido, se garantizó a través del juicio de expertos especializados en automatización industrial (PLC) y sistemas de refrigeración, asegurando la pertinencia técnica del diseño y los protocolos de diagnóstico. La validez de criterio, se demostró de manera empírica, comparando los resultados diagnósticos obtenidos por el banco automatizado con los resultados derivados de los procedimientos tradicionales de diagnóstico utilizados actualmente.

Finalmente, la validez de constructo, se sustentó en la evaluación de la coherencia interna de los instrumentos de medición implementados y se fortaleció mediante la triangulación metodológica entre los datos cuantitativos (registro por PLC) y los datos cualitativos (observación y entrevistas).

La confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, se estableció mediante la aplicación rigurosa de múltiples pruebas estadísticas y metodológicas. Inicialmente, se ejecutó una prueba piloto sobre una muestra preliminar correspondiente al 10% de la población, permitiendo la depuración y el ajuste fino de los ítems. La consistencia interna de los instrumentos psicométricos, específicamente la encuesta estructurada tipo Likert, se determinó mediante el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach, estableciendo un criterio de aceptación de  $\alpha \geq 0.70$  para asegurar la correlación positiva entre los reactivos. La estabilidad de la medición a lo largo del tiempo, esencial para la lista de cotejo utilizada en la observación, se verificó a través de la técnica de Estabilidad Temporal (Test-Retest).

Finalmente, la Confiabilidad Interobservador, se garantizó mediante análisis de concordancia entre los evaluadores técnicos, minimizando así el sesgo en la interpretación de los datos cualitativos obtenidos durante la experimentación.

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la implementación de banco de prueba de aire acondicionado industrial se construyó una base metálica, la misma que permite montar los equipos como son; computadora de escritorio, PLC, HMI, componentes del ciclo de refrigeración y la recámara de refrigeración, asimismo se diseñó el manual de usuario del Banco de pruebas de aire acondicionado Anexo “A” (Manual Usuario Banco de pruebas Aire Acondicionado), instrumentos que se detallan en la **Tabla 1**.

**Tabla 1**

Descripción componentes del Banco de pruebas Aire Acondicionado Industrial

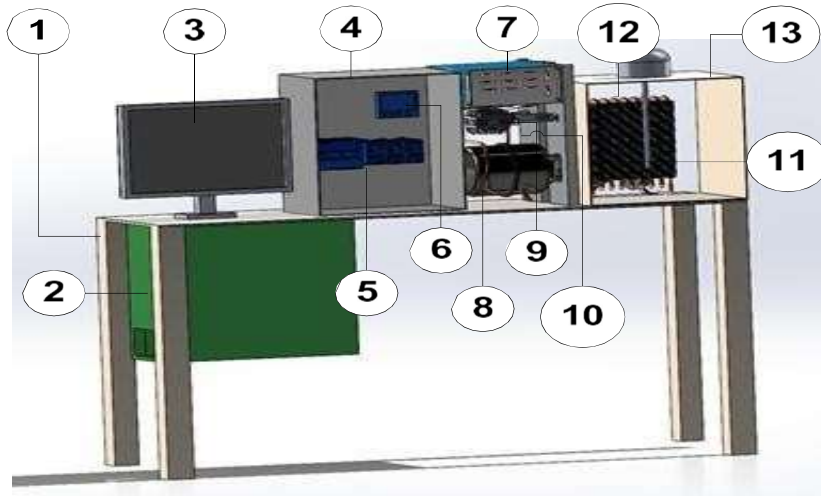
ORD.	COMPONENTES
1	Estructura metálica
2	CPU
3	Monitor
4	Tablero de control
5	PLC S7-1200
6	HMI KTP400
7	Condensador
8	Compresor
9	Válvula expansora
10	Transductores de presión
11	Evaporador
12	Termómetro digital
13	Recámara de Ambiente

Nota: En la tabla se describe la distribución de los componentes que forman parte del banco de prueba de aire acondicionado. Fuente propia

En la **Figura 1** **Figura 4** se muestran los componentes de un banco de pruebas didáctico de un sistema de refrigeración utilizado en laboratorios de energía que permite evaluar el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, sus partes se detallan en la **Tabla 1**

**Figura 4**

Panel frontal Banco de pruebas Aire Acondicionado Industrial



Nota: Distribución de los componentes del aire acondicionado. Fuente propia.

**Tabla 2**

Descripción de componentes de un banco de pruebas de aires acondicionados industriales

Nº	Componente	Descripción
1	Estructura / Mesa de soporte	Bastidor que sostiene y organiza todos los elementos del sistema.
2	Unidad Condensadora (Unidad Exterior)	Contiene el compresor y el condensador inicial; se ubica generalmente debajo de la mesa.
3	Monitor / Interfaz de Usuario	Pantalla para visualizar variables en tiempo real (presión, temperatura, flujo) mediante software como LabVIEW.
4	Tablero de Control / Panel Eléctrico	Integra protecciones eléctricas, cableado y distribución de energía del sistema.
5	Controladores / PLCs	Dispositivos encargados de la automatización, control y adquisición de datos del proceso.
6	HMI (Interfaz Hombre-Máquina)	Pantalla táctil que permite al operador supervisar y modificar parámetros del sistema.

7	Manómetros de Alta y Baja Presión	Instrumentos que miden la presión del refrigerante en distintas etapas del ciclo.
8	Compresor	Elemento principal que impulsa el refrigerante a través del sistema.
9	Filtro Deshidratador / Recibidor	Elimina humedad e impurezas del refrigerante antes de la expansión.
10	Visor de Líquido	Permite observar el estado del refrigerante (presencia de burbujas, condición de carga).
11	Válvula de Expansión	Reduce la presión del refrigerante para provocar su enfriamiento.
12	Evaporador (Serpentín)	Absorbe el calor del entorno mediante el intercambio térmico.
13	Cámara de Evaporación / Ducto	Recinto transparente que permite visualizar el proceso y medir el flujo de aire.

Nota: descripción de cada uno de los componentes del banco de prueba. Fuente propia.

Se implementa una base metálica para apoyar el sistema del banco de pruebas como se muestra en la **Figura 5**, el detalle de cada uno de los elementos se encuentra en la **Tabla 2**

**Figura 5**

Componentes del aire acondicionado industrial



Nota: Componentes montados en la base metálica diseñada para el banco de prueba de aire acondicionado. Fuente propia.

### 3.1 Resultados de la Implementación

Antes de realizar el análisis de los resultados de la implementación debemos conocer los conceptos básicos de ciclo de refrigeración y diagrama de entalpía.

### 3.2 Diagrama de Entalpía

El diagrama Presión–Entalpía (P–h) en el eje vertical representa la presión y el eje horizontal la entalpía específica; en él se identifica la curva de saturación (en rojo), que delimita las regiones de líquido, mezcla líquido - vapor y vapor, culminando en el punto crítico, donde desaparece la distinción entre fases. A la izquierda de la curva se encuentra el líquido comprimido, dentro de la curva la coexistencia de líquido y vapor, y a la derecha el vapor sobrecalentado. Además, se ilustran distintos procesos termodinámicos mediante líneas discontinuas: procesos isotérmicos (temperatura constante), isobáricos (presión constante), isócoros (volumen constante) e isoentálpicos (entalpía constante), estos últimos característicos de dispositivos como válvulas de expansión, lo que convierte al diagrama en una herramienta fundamental para el análisis y diseño de sistemas de refrigeración, climatización y otros procesos térmicos.

#### Figura 6

Diagrama de Presión - Entalpía



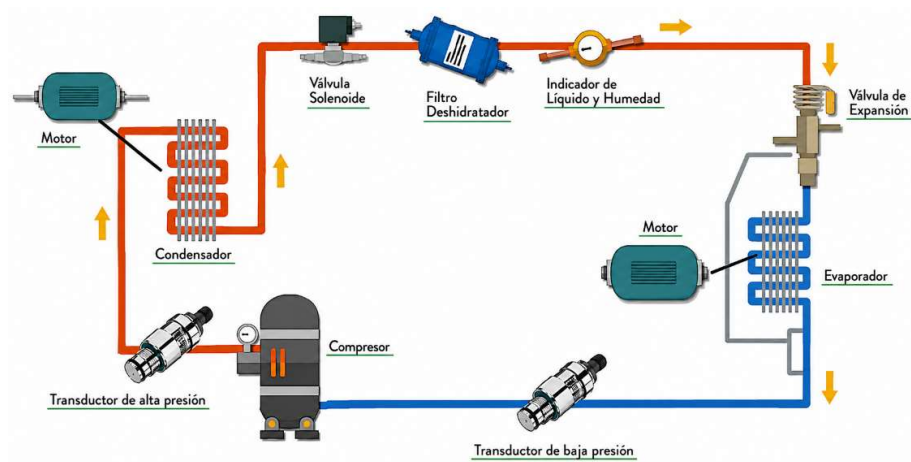
Nota: En la figura se muestra las curvas características de presión en función de la entalpía. (Pérez y Montes, 2024).

### 3.3 Ciclo de Refrigeración

Para la implementación del Banco de pruebas de Aire acondicionado industrial se realizó la conexión del circuito de refrigeración industrial el cual se observa en la **Figura 7**, el mismo que se divide en cuatro componentes principales y sus procesos asociados:

**Figura 7**

Ciclo de refrigeración



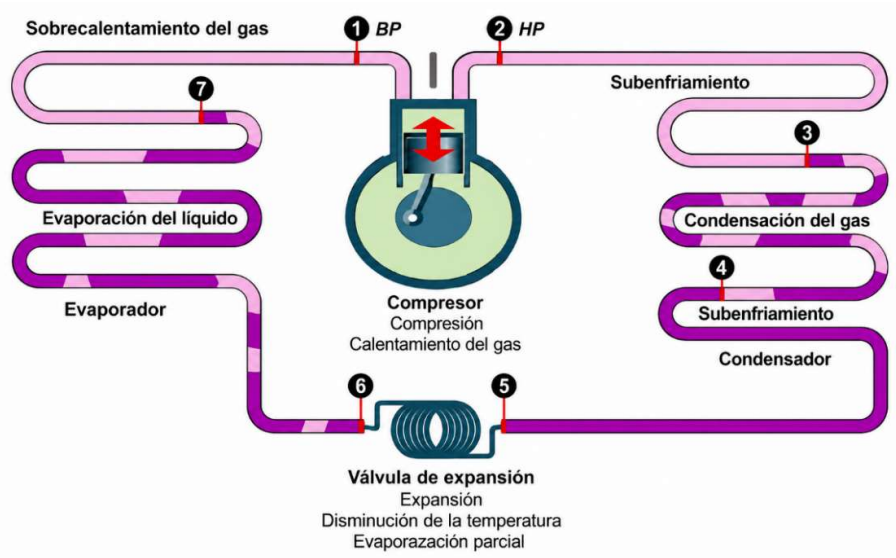
Nota: En la figura 4 se muestra el Esquema del ciclo de refrigeración por compresión de vapor y sus principales componentes: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. (Ashrae, 2021).

### 3.4 Ciclo de refrigeración de compresión

El ciclo está cerrado, cuando el fluido refrigerante circula bajo la acción del compresor representado en **Figura 8** en los cuatro elementos de la máquina de frío.

**Figura 8**

Ciclo de refrigeración de compresión completo

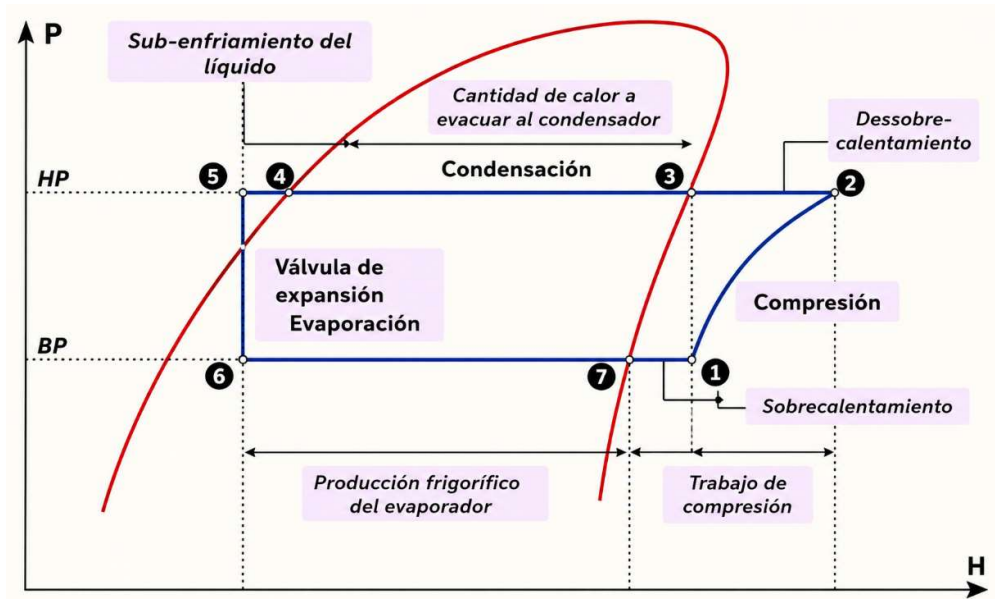


Nota: En la figura 5 se muestra el ciclo completo de refrigeración por compresión. (Pillajo, 2022).

La globalidad del ciclo puede ser representada en el **Figura 9** del diagrama termodinámico entalpia-presión; debajo de la curva, se encuentra los estados de mezcla liquido-gas, a la izquierda de la curva, el fluido refrigerante está en un estado líquido (subenfriamiento), mientras que, a la derecha de la curva, el fluido refrigerante está en un estado de vapor (se sobrecalienta).

**Figura 9**

Diagrama entálpico del ciclo de refrigeración



Nota: Ciclo de refrigeración en función de la presión y la entalpía en cada uno de los procesos (Franco, 2021).

### 3.4.1 Compresión (Baja Presión a Alta Presión)

El compresor, actuando como el motor termodinámico del sistema, succiona el refrigerante en estado de vapor a baja presión y temperatura, cuya magnitud es monitoreada en tiempo real por un transductor de succión para garantizar la integridad mecánica frente a posibles retornos de líquido, mediante un proceso de compresión mecánica, el componente incrementa la energía interna del fluido, elevando drásticamente su presión y temperatura hasta convertirlo en vapor sobrecalentado.

Este flujo de alta entalpía es expulsado hacia la línea de descarga, donde un transductor de alta presión supervisa que los parámetros de salida se mantengan dentro de los límites operativos de seguridad antes de que el gas ingrese al condensador.

El compresor va a “aspirar” el gas refrigerante a baja temperatura y baja presión (1); la energía mecánica del compresor permite incrementar la presión y por consiguiente la temperatura del gas refrigerante (2), resultando un incremento de entalpía reflejado en la **Figura 10**.



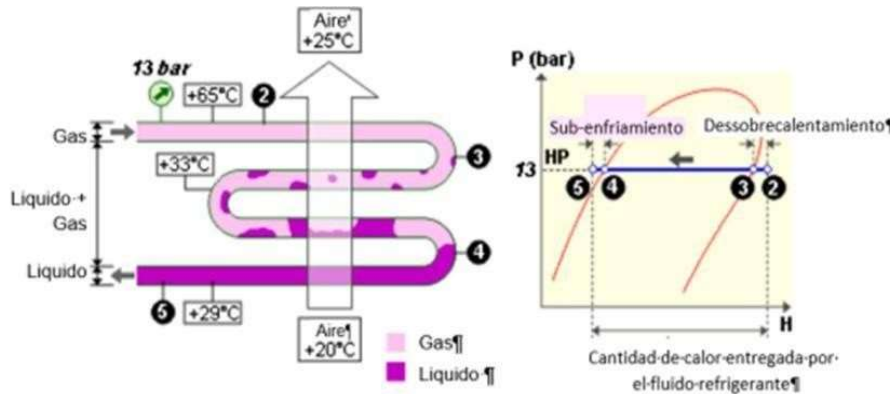
### 3.4.2 Condensación (Liberación de Calor)

El condensador opera como un intercambiador de calor donde el vapor sobrecalentado proveniente del compresor cede su energía térmica a un medio externo de aire o agua, provocando que el refrigerante alcance su punto de rocío a una presión constante de alta magnitud; durante este proceso de transferencia de calor latente, el fluido experimenta un cambio de fase de vapor a líquido; posteriormente, al continuar perdiendo calor sensible, el refrigerante sale del serpentín en estado de líquido subenfriado, este subenfriamiento es crítico, ya que garantiza que el fluido permanezca en fase líquida al llegar a la válvula de expansión, optimizando así la eficiencia volumétrica y el efecto refrigerante neto del ciclo.

La **Figura 12** demuestra el proceso en donde el gas refrigerante caliente, proveniente del compresor va a ceder su calor al fluido exterior, el gas empieza a enfriarse (desrecalentamiento) antes de la aparición de las primeras gotas de líquido; después, inicia la condensación de refrigerante hasta la desaparición de la última burbuja de gas y la última etapa consiste en enfriar algunos grados más (subenfriamiento) el líquido antes de salir del condensador.

**Figura 12**

Funcionamiento del condensador



Nota: se muestra el funcionamiento del condensador con su respectiva curva característica. (Durán, 2021).

### 3.4.3 Recorrido del Líquido y Filtrado

Tras abandonar el condensador, el refrigerante en fase líquida atraviesa el filtro deshidratador, cuya matriz desecante generalmente tamiz molecular o alúmina activada realiza una microfiltración de partículas sólidas y absorbe la humedad residual, evitando la formación de ácidos o la obstrucción por hielo en el dispositivo de expansión. Posteriormente, el flujo es interceptado por una válvula solenoide de acción electromagnética, que actúa como el elemento de control final para la apertura o cierre del paso de refrigerante según la demanda de carga térmica. La integridad del fluido se monitorea a través del indicador de líquido y humedad (mirilla), el cual permite verificar visualmente la transparencia del flujo, asegurando un llenado completo de la línea sin presencia de burbujas de vapor y validar, mediante un elemento químico sensible al color, que los niveles de humedad se mantengan dentro de los umbrales de seguridad operativa.

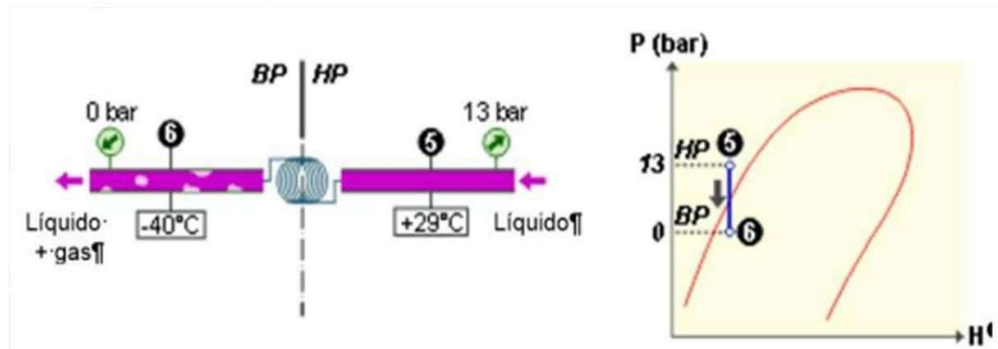
### 3.4.4 Expansión/Estrangulamiento (Alta Presión a Baja Presión)

La válvula de expansión actúa como el regulador de flujo del sistema, creando un "cuello de botella" que separa el lado de alta presión del de baja presión, al forzar el paso del líquido a través de un orificio estrecho, la presión cae de golpe, lo que reduce instantáneamente el punto de ebullición del refrigerante, esto provoca el flash-gas: una parte del líquido se evapora de inmediato y, para hacerlo, absorbe calor del propio refrigerante, enfriando drásticamente el resto del fluido; como resultado, el refrigerante sale de la válvula como una mezcla fría de líquido y vapor húmedo, lista para absorber el máximo calor posible al entrar al evaporador, proceso que se evidencia en la **Figura 13**.

La diferencia de presión entre el condensador y el evaporador implica integrar un dispositivo que permita reducir la presión en el circuito. Es el papel de la válvula de expansión. El fluido refrigerante se evapora parcialmente para bajar su temperatura.

**Figura 13**

Funcionamiento de la válvula de expansión



Nota: Funcionamiento de la válvula de expansión con su respectiva curva característica. (Durán, 2021).

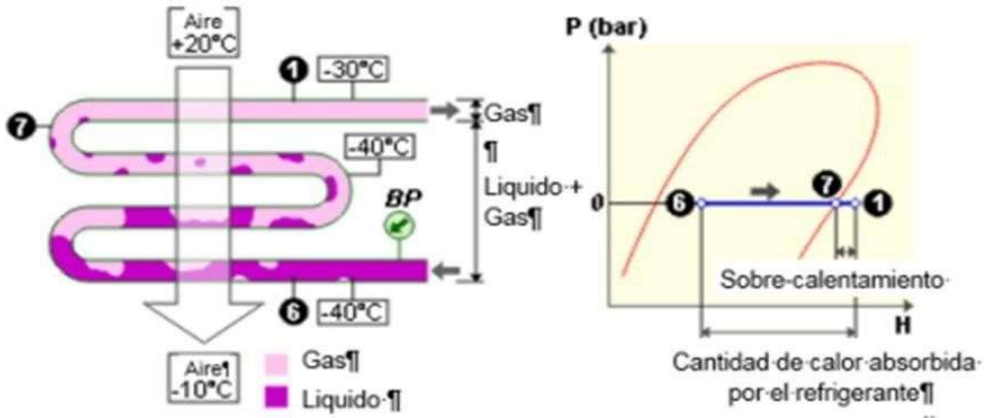
### 3.4.5 Evaporación (Absorción de Calor)

El evaporador funciona como el intercambiador de calor final, donde el refrigerante en estado de vapor húmedo (mezcla líquido - gas) absorbe la carga térmica del ambiente. Un motor ventilador fuerza el paso del aire caliente a través de los serpentines del evaporador, provocando que el líquido restante en la mezcla hierva y se convierta totalmente en gas al ganar calor. Antes de abandonar el serpentín, este gas continúa absorbiendo una pequeña cantidad de calor adicional, lo que asegura que salga como vapor sobrecalentado.

En el evaporador, el refrigerante en estado líquido experimenta un proceso de cambio de fase al absorber energía térmica del medio externo, lo que provoca su vaporización progresiva, posteriormente, el vapor generado continúa incrementando su temperatura por efecto de la transferencia de calor adicional, dando lugar a la etapa de sobrecalentamiento, este proceso reflejado en la **Figura 14** y comprendido entre los estados termodinámicos posteriores a la evaporación y previos a la compresión es importante para garantizar que el fluido refrigerante ingrese al compresor exclusivamente en fase gaseosa, evitando la presencia de líquido que podría comprometer la integridad y el desempeño del sistema.

**Figura 14**

Funcionamiento del evaporador



Nota: En la figura 10 se muestra el funcionamiento del evaporador con su respectiva curva característica. (Durán, 2021).

**3.5 Diagrama eléctrico del Tablero de Control**

Este diagrama representa el esquema eléctrico de control de un sistema automatizado, basado en un controlador lógico programable (PLC) Siemens de la familia S7-1200.

**Figura 15**

Tablero de control aire acondicionado banco de prueba

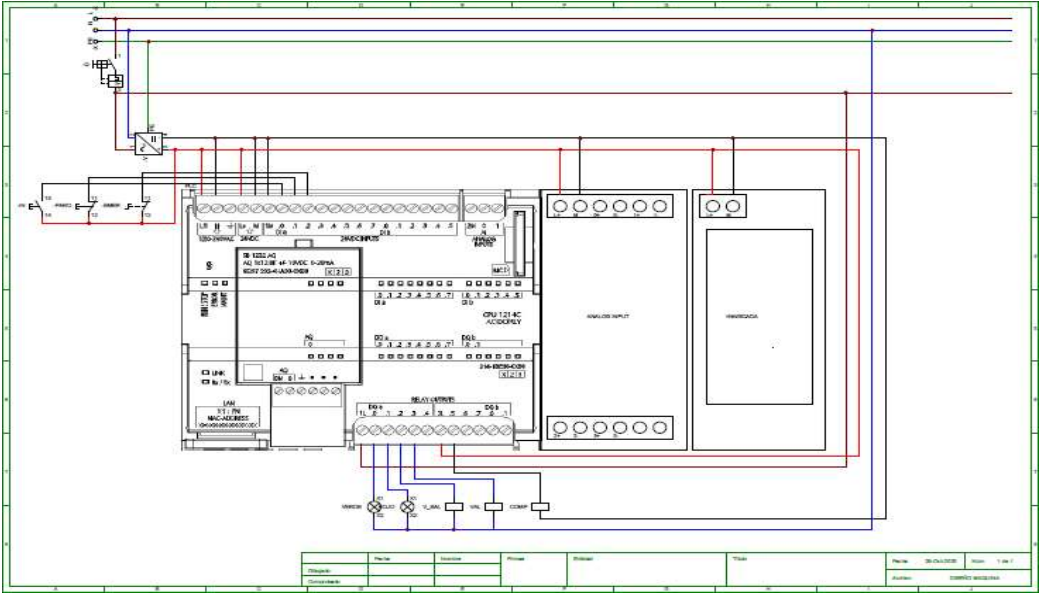


Nota: Tablero de control donde se puede observar las conexiones eléctricas, comunicación y protecciones del PLC y HMI. Fuente propia.

Para el correcto funcionamiento del tablero eléctrico son necesarias las conexiones eléctricas de PLC, HMI, alarmas y protecciones térmicas que se observan en la **Figura 16** lo que potencia el rendimiento del banco de pruebas para el aire acondicionado.

**Figura 16**

Diagrama eléctrico del tablero de Control del banco de prueba de aire acondicionado.



Nota: Conexiones eléctricas de PLC, HMI, alarmas y protecciones térmicas necesarias para el correcto funcionamiento del tablero eléctrico de banco de prueba de aire acondicionado. Elaborado por el autor.

La alimentación principal ingresa por los bornes de corriente alterna (L, N, PE), pasando inmediatamente por un interruptor termomagnético que actúa como la primera barrera de seguridad contra sobrecargas o cortocircuitos. Una vez protegido, el flujo eléctrico alimenta una fuente de alimentación conmutada, la cual transforma la tensión de red en un voltaje constante de 24V DC, esta energía se distribuye a través del sistema mediante un código de colores (líneas rojas para el potencial positivo y azules para el común), energizando tanto el PLC como sus módulos de expansión y el resto de los dispositivos de campo, asegurando un funcionamiento libre de ruidos eléctricos.

### **3.5.1 Controlador Central (PLC)**

El núcleo operativo del sistema es un PLC Siemens CPU 1212C DC/DC/RLY, el cual centraliza la lógica de control. En su bloque superior, se gestionan las entradas digitales (DI) que reciben señales de mando críticas, tales como los pulsadores de MARCHA y PARO, además de integrar el contacto de protección térmica F-1 para salvaguardar el equipo ante anomalías eléctricas. En la sección inferior, el controlador ejecuta las acciones mediante sus salidas digitales (DQ) a relevador, las cuales comandan los actuadores finales del ciclo: activa el contactor del compresor (COMP) para iniciar la refrigeración, gestiona el flujo mediante las electroválvulas de vapor (V-VAL) y de propósito general (VAL), y acciona simultáneamente los pilotos indicadores que visualizan en tiempo real el estado operativo o de falla del sistema.

### **3.5.2 Módulos de Expansión**

Hacia la derecha de la CPU, la arquitectura del controlador se expande para el procesamiento de variables complejas mediante módulos especializados. El primero de ellos es el módulo de entradas analógicas (Analog Input), cuya función es digitalizar las señales eléctricas variables provenientes de los transductores de presión de alta y baja; esto permite que las presiones físicas del ciclo de refrigeración se conviertan en datos numéricos precisos dentro del PLC para su monitoreo y control; finalmente, el sistema integra un módulo de comunicación o interfaz HMI, el cual establece el enlace de datos necesario para que el operador visualice en tiempo real los estados del sistema y los valores de presión, permitiendo una interacción directa y segura con el proceso automatizado.

### **3.5.3 Lógica de Cableado**

El sistema utiliza un código de colores estandarizado donde la línea roja (+24V DC) distribuye el potencial positivo hacia los puntos comunes de las entradas digitales y la alimentación de los módulos de expansión, por otro lado, la línea azul (0V/M) actúa como el nodo común que cierra el circuito de alimentación y gestiona los retornos de señal de todos los componentes, toda esta infraestructura converge en las borneras situadas en la parte inferior del gabinete, las cuales organizan el cableado para facilitar una conexión limpia y segura con los dispositivos mecánicos externos, como el motor

del compresor, las válvulas solenoides y los transductores de presión del sistema de refrigeración.

### **3.5.4 Puntos de Conexión en el Plano Eléctrico**

#### **3.5.4.1 Sensores de Presión (Transductores):**

Los sensores de presión o transductores se integran al sistema mediante su conexión al módulo Analog Input, ubicado como el segundo bloque de expansión a la derecha de la CPU, este módulo tiene la función crítica de interpretar señales eléctricas variables (típicamente de 4-20 mA o 0-10 V) que representan magnitudes físicas de presión de succión y descarga, a través de este proceso de digitalización, el PLC puede "leer" y procesar los datos analógicos en tiempo real, permitiendo que la lógica de control tome decisiones precisas para regular el ciclo de refrigeración basándose en las condiciones dinámicas de operación.

#### **3.5.4.2 Control del Compresor:**

La gestión operativa del sistema recae en la salida digital (DQ) etiquetada como COMP, ubicada en la sección inferior del PLC, esta señal comanda directamente el contactor del motor del compresor, actuando como el interruptor de potencia del ciclo, la activación ocurre de manera automatizada: cuando el PLC detecta, a través de los transductores, que la presión en el evaporador ha superado el límite establecido (indicando una demanda de enfriamiento), cierra este contacto para iniciar el proceso de compresión, impulsando así el refrigerante y restableciendo las condiciones térmicas deseadas.

#### **3.5.4.3 Control de Flujo (Válvula Solenoide):**

La gestión del control de flujo se ejecuta a través de las salidas digitales etiquetadas como VAL o V-VAL, las cuales comandan la apertura y cierre de la válvula solenoide. Esta electroválvula actúa como el elemento de paso crítico en la línea de líquido; el PLC la energiza para permitir el avance del refrigerante hacia la válvula de expansión únicamente cuando se cumplen las condiciones operativas de seguridad, su configuración es fundamental para el control por pump-down, ya que permite al controlador interrumpir el flujo de refrigerante y vaciar el evaporador antes de detener

el compresor, evitando así acumulaciones de líquido que podrían comprometer la integridad del sistema en el siguiente arranque.

#### **3.5.4.4 Ventilación (Evaporador/Condensador):**

El control de ventilación se gestiona a través de la salida digital etiquetada como VM/ON (o nomenclaturas similares), la cual acciona los motores de los ventiladores tanto en la etapa de condensación como en la de evaporación; en el evaporador, la activación de este motor es fundamental para forzar el flujo de aire a través del serpentín, permitiendo que el refrigerante en estado de mezcla absorba el calor del ambiente de manera eficiente, simultáneamente, el sistema puede coordinar la ventilación en el condensador para garantizar el rechazo de calor hacia el exterior, asegurando que el refrigerante alcance su temperatura de saturación y complete el cambio de fase a líquido.

#### **3.5.4.5 Seguridad y Paro:**

La seguridad y el paro del sistema están gestionados por entradas críticas que actúan como la última línea de defensa del equipo, el contacto de protección térmica (F-1) y el botón de PARO están cableados directamente a las entradas digitales del PLC para garantizar una respuesta inmediata ante cualquier anomalía, si el compresor experimenta un sobrecalentamiento que active el relé térmico, o si los transductores detectan una condición de alta presión peligrosa, el programa del PLC abre instantáneamente el circuito de las salidas de control, esta acción detiene el flujo de energía hacia el compresor y las válvulas, protegiendo la integridad mecánica de los componentes y evitando daños catastróficos por fallas operativas o eléctricas.

### **3.6 TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal)**

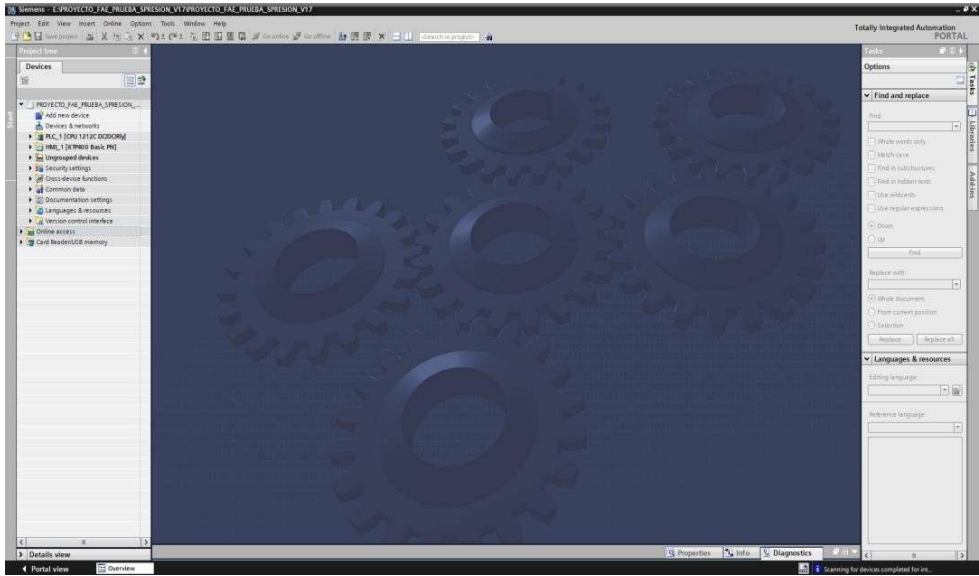
El entorno de TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) mostrado en la **Figura 17** es una plataforma de ingeniería unificada de Siemens diseñada para configurar, programar y diagnosticar sistemas de automatización industrial desde una sola interfaz.

Este software se divide principalmente en dos entornos de trabajo diferenciados:

- Vista del Portal (Portal View)
- Vista del Proyecto (Project View)

**Figura 17**

Entorno plataforma TIA Portal



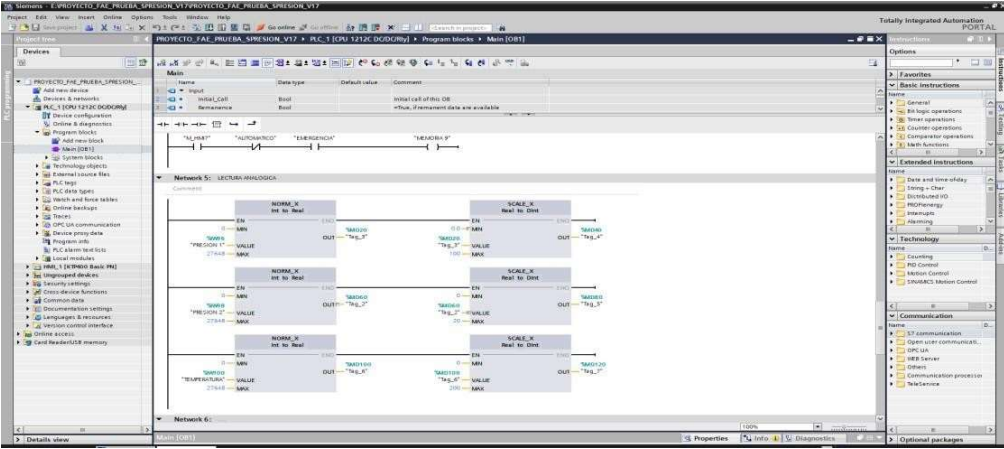
Nota: Interfaz de TIA Portal con sus vistas del Portal y Proyecto. Tomado por el autor.

### 3.7 Programación PLC, Configuraciones, OPC UA comunicación, Tags, Entradas, Memorias, Salidas, Diagrama Ladder, Alarmas.

En la **Figura 18** se muestra la programación diagrama Ladder para la implementación del control de las variables del banco de prueba aire acondicionado

**Figura 18**

Entorno TIA Portal programación diagrama en bloque PLC S7-1200

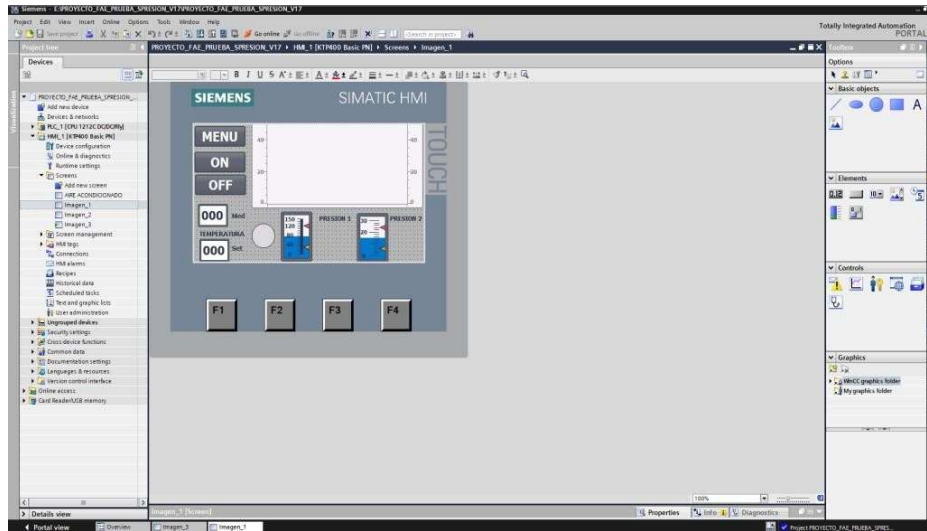


Nota: Programación Ladder para control de variables. Elaborado por el autor.

### 3.8 Programación HMI KTP400, Configuraciones, Tags, Protocolo de comunicación, Variables, Imágenes, Alarmas.

Figura 19

Entorno TIA Portal configuración HMI KTP400



Nota: Configuración del HMI KTP400 con sus respectivas alarmas y pantallas.

Elaborado por el autor.

La **Figura 19** en el marco de la implementación del banco de pruebas orientado en el diagnóstico y reparación de sistemas de aire acondicionado industrial del radar LTR-20 representa la configuración del panel HMI KTP400 en el entorno TIA Portal como un elemento esencial para la operatividad del sistema, herramienta que permite desarrollar interfaces gráficas orientadas a la supervisión, control y adquisición de datos en tiempo real, facilitando la interacción entre el operador y los procesos automatizados del banco de pruebas.

la HMI implementada posibilita la visualización continua de variables críticas del sistema HVAC, tales como presión, temperatura, estado del compresor y comportamiento de los ciclos de refrigeración, lo que resulta indispensable para la evaluación del desempeño de los equipos bajo condiciones simuladas, de la misma forma, la integración con el PLC S7-1200 garantiza una comunicación eficiente y determinística, permitiendo ejecutar acciones de control, activar secuencias de prueba y gestionar eventos de alarma ante desviaciones operativas cumpliendo además del rol de

monitoreo con la herramienta clave para el diagnóstico técnico, al proporcionar información estructurada y trazable que contribuye a la identificación de fallas, optimización de procesos de mantenimiento y validación del funcionamiento del sistema de climatización del radar LTR-20.

### 3.9 Instrumentos, equipos, herramientas y accesorios complementarios del Banco de pruebas de aire acondicionado industrial.

Para la implementación del banco de pruebas de aire acondicionado del sistema radar LTR-20, se realizó la adquisición de los equipos, instrumentos, herramientas necesarias para la diagnosis y reparación de los sistemas de aire acondicionado los mismos que detallan a continuación en la **Tabla 3**:

**Tabla 3**

Instrumentos, equipos, herramientas y accesorios complementarios del Banco de pruebas de aire acondicionado.



**Bombas de vacío.** La bomba de vacío es un equipo diseñado para extraer gases del interior de las tuberías del sistema de aire acondicionado.



**Detector de fugas.** Detectar las vibraciones creadas en el aire por fugas minúsculas de gas o vapor bajo presión, y convertirlas en un silbido o alarma audible.



**Recuperadora de gas refrigerante.** Permite extraer el gas refrigerante de una instalación.



---

**Doblador o curvador. Herramienta necesaria para hacer que la estructura de los tubos de cobre se curve sin quebrarse.**

**Manómetros.** Instrumento de medición principal para diagnosticar el estado de las presiones.

**Pinza amperimétrica.** Es una herramienta de medición eléctrica que combina un multímetro digital básico con un sensor de corriente.

---



**Báscula electrónica.** Se utiliza para pesar gases refrigerantes, permite cargar los sistemas por peso de refrigerante.



**Llave de Carraca (Chicharra) para Válvulas.** Diseñada para abrir y cerrar las válvulas de servicio de los compresores y tanques de refrigerante (válvulas de bocas cuadradas de 3/16" y 5/16").



**Cilindro recuperador.** El tanque de recuperado es una herramienta necesaria de todo técnico profesional y responsable pues garantiza que no se contamine el ambiente.

---



**Cilindro de Gas Refrigerante R134a.** Comúnmente utilizado en refrigeración doméstica y aire acondicionado automotriz.



**Nitrógeno Comprimido con Regulador.** Realiza pruebas de estanqueidad (buscar fugas) y para realizar la limpieza de tuberías mediante barrido. El regulador con manómetros permite inyectar el gas de forma controlada y segura.



**Equipos de Soldadura y Limpieza (Gases Industriales).** Cilindros de Acetileno (rojo) y Oxígeno (blanco/negro) en un carrito, utilizados para realizar soldaduras fuertes de cobre durante la instalación de componentes electrónicos o cambios de compresor.

---

Nota: Detalle de equipos, instrumentos, herramientas requeridas para el diagnóstico y reparación de los sistemas de aire acondicionado. Elaborado por el autor.

### 3.10 Resultado del Diagnóstico y contextualización del problema

Este capítulo se desarrollará respondiendo a los objetivos implícitos de su investigación: diagnóstico, diseño funcional, pruebas de rendimiento, validación del diagnóstico y presentación de la propuesta.

#### 3.10.1 Patrones de Falla Recurrentes en A/C del Radar LTR-20:

A través de la aplicación del método inductivo y la observación directa en las unidades de enfriamiento, se ha logrado sistematizar la información recopilada en campo, el análisis revela que la mayoría de las averías no son eventos aislados, sino consecuencias de una monitorización deficiente de las variables críticas del ciclo de refrigeración.

- **Identificación de Fallas:** Se determinó que la falla con mayor impacto es el golpe de líquido en el compresor, lo que ocurre cuando el refrigerante no se evapora totalmente y llega en estado líquido al pistón, causando daños mecánicos irreversibles.
- **Obstrucciones Parciales:** Se observaron bloqueos en los filtros deshidratadores y dispositivos de expansión, lo que genera caídas de presión irregulares que el personal técnico no detectaba a tiempo sin instrumentación fija.
- **Descalibración de Presostatos de Alta (PAlta):** La observación directa permitió identificar que los sistemas de protección mecánica suelen descalibrarse por vibración o desgaste, dejando al equipo vulnerable ante presiones excesivas que comprometen la vida útil del condensador.

#### 3.10.2 Análisis de Tiempos y Procedimientos de Diagnóstico Tradicional:

En esta etapa se evalúa la eficiencia operativa previa a la implementación del banco de pruebas, estableciendo una línea base para medir la mejora en los procesos de mantenimiento.

- **Resultado Clave: Línea Base de Tiempo de Diagnóstico.** Bajo el método tradicional, el diagnóstico de fallas típicas como: fugas de refrigerante o ineficiencia del compresor, requería un tiempo promedio considerable, debido a la necesidad de instalar manómetros mecánicos, esperar la estabilización térmica

y realizar tomas de temperatura manuales, proceso que era propenso a errores de lectura y dependía totalmente de la pericia del técnico.

- **Procedimiento Manual:** El uso de herramientas analógicas obligaba a realizar cálculos manuales de sobrecalentamiento y subenfriamiento, lo que extendía los tiempos de respuesta y dificultaba la detección de fallas intermitentes.

### 3.10.3 Implementación y Validación Funcional del Banco de Pruebas Automatizado

#### 3.10.3.1 Arquitectura de Hardware y Software del Banco:

La arquitectura propuesta constituye una solución integral que amalgama la robustez mecánica con la inteligencia electrónica, diseñada específicamente para el entorno crítico del Radar LTR-20.

- **Estructura Física y Disposición de Componentes:** El banco se asienta sobre una **estructura metálica** de alta resistencia, diseñada para mitigar las vibraciones propias del compresor y garantizar la estabilidad de las líneas de refrigerante.
- **Gestión de Hardware (PLC S7-1200):** El núcleo del sistema es el CPU 1212C DC/DC/RLY, el cual centraliza la inteligencia del banco, este se interconecta con **transductores de presión y temperatura** mediante el módulo de **Entradas Analógicas**, permitiendo la conversión de variables físicas en datos digitales procesables.
- **Control de Actuadores:** La lógica de control se materializa a través de las salidas del PLC, que gobiernan de forma precisa los **contactores** del motor del compresor y la **válvula solenoide** (VAL/V-VAL), asegurando que el flujo de refrigerante sea exacto y seguro.
- **Interfaz y Software:** El sistema incluye un **módulo HMI** y software de programación que permiten la visualización de datos y el ajuste de parámetros operativos en tiempo real.

#### Discusión: Alineación con los Principios de Automatización

Esta arquitectura no es solo un montaje de piezas; es la aplicación práctica del método deductivo en la ingeniería de control:

- **Adquisición de Datos (DAQ) en Tiempo Real:** El sistema cumple con los principios de automatización al establecer un lazo de control cerrado. La integración del módulo analógico permite una **DAQ** constante, eliminando la incertidumbre de las mediciones manuales y proporcionando una base de datos numéricos precisa para el diagnóstico (secciones 2.3 y 2.5).
- **Seguridad y Fiabilidad:** Al procesar señales críticas como la protección térmica (**F-1**) y las presiones extremas de forma instantánea, el hardware garantiza que el equipo opere siempre dentro de su envolvente de diseño.
- **Eficiencia del Sistema:** La arquitectura permite la ejecución de secuencias automáticas (como el arranque coordinado de ventilación y compresión), lo que optimiza el consumo energético y reduce el desgaste mecánico del equipo bajo prueba.

### 3.10.3.2 Desarrollo de la Lógica de Control y la HMI:

La digitalización del banco de pruebas se materializa en una interfaz gráfica diseñada para la toma de decisiones rápida y una lógica de programación robusta.

#### **Pantallas de la HMI KTP400 y Lógica en TIA Portal**

La interfaz se estructura en tres niveles operativos principales para facilitar la navegación:

- **Modo Manual/Automático:** Permite al técnico forzar el arranque de componentes individuales (como la válvula solenoide o el ventilador) para pruebas de estanqueidad, o ejecutar el ciclo de refrigeración completo bajo la lógica de control del PLC.
- **Visualización de Alarmas:** Centraliza las notificaciones de fallo, tales como el disparo de la protección térmica **F-1** o alertas por alta presión de descarga, permitiendo un diagnóstico inmediato sin necesidad de instrumentación externa.
- **Gráficas P-T (Presión-Temperatura):** Despliega curvas de tendencia en tiempo real que relacionan la presión de succión y descarga con las temperaturas del ciclo, facilitando la visualización del **sobrecalentamiento** y el **subenfriamiento**.

### **Lógica de Control en TIA Portal (Control P-T):**

La programación utiliza bloques de función (FB) para el escalado de señales analógicas. La lógica sigue este flujo:

- **Adquisición:** Lectura de transductores (4-20mA).
- **Escalado:** Conversión de corriente a unidades de presión (Bar/PSI).
- **Comparación:** Si  $P_{\text{succión}} < \text{Setpoint}_{\text{mínimo}}$  o  $P_{\text{descarga}} > \text{Setpoint}_{\text{máximo}}$ , se activa el bit de falla.
- **Acción:** El PLC desenergiza la salida **COMP** y **VAL**, activando simultáneamente la alarma en la HMI.

### **Discusión: Usabilidad y Enfoque Cualitativo en el Diagnóstico**

El diseño de la HMI KTP400 responde directamente a las necesidades de usabilidad del personal técnico del Radar LTR-20, aplicando un enfoque cualitativo para mejorar la eficiencia:

- **Simplificación Cognitiva:** Al presentar gráficas y estados visuales (colores verdes/rojo para actuadores), se elimina la carga mental de interpretar manómetros analógicos y realizar cálculos matemáticos en campo.
- **Diagnóstico Intuitivo:** La interfaz actúa como un "traductor" que convierte variables físicas abstractas en diagnósticos claros. Por ejemplo, en lugar de observar una aguja vibrante, el técnico lee un mensaje directo: *"Falla: Alta Presión en Condensador"*.
- **Seguridad y Ergonomía:** La centralización del control en una pantalla táctil industrial reduce el contacto directo del técnico con componentes de alta tensión durante las pruebas iniciales, cumpliendo con los estándares de seguridad operativa.

#### **3.10.3.3 Pruebas Experimentales y Contraste de Hipótesis**

Esta es la sección central del diseño experimental. Se utiliza el muestreo por conveniencia para las pruebas de robustez.

#### **Validez y Confiabilidad de los Instrumentos:**

Esta subsección detalla el respaldo estadístico y cualitativo que valida las herramientas de recolección de datos utilizadas en el proyecto.

### **Resultado Clave: Confiabilidad mediante Alfa de Cronbach**

Para evaluar la consistencia interna de la encuesta tipo Likert aplicada al personal técnico, se calculó el Coeficiente Alfa de Cronbach ( $\alpha$ ).

- **Valor Obtenido:** El análisis estadístico arrojó un valor de  $\alpha \geq 0.70$ .
- **Interpretación:** Al cumplir y superar el criterio estándar de 0.70, se confirma que el instrumento es altamente confiable y que las respuestas obtenidas son consistentes, permitiendo inferencias válidas sobre las necesidades de mantenimiento del Radar LTR-20.

### **Resultado Clave: Validez de Contenido mediante Juicio de Expertos**

La validez de contenido se obtuvo a través de la evaluación cualitativa de un panel de expertos en las áreas de refrigeración industrial y automatización.

- **Conclusiones del Juicio:** Los expertos confirmaron que los indicadores medidos por el banco de pruebas (presiones, temperaturas, tiempos de respuesta) son los adecuados para diagnosticar los patrones de falla críticos (golpe de líquido y descalibración).
- **Pertinencia Técnica:** Se validó que la arquitectura del PLC S7-1200 y la interfaz HMI son instrumentos idóneos para recolectar la información necesaria y cumplir con los objetivos de seguridad operativa del radar.

### **Discusión de la Validación**

La combinación de una alta confiabilidad estadística ( $\alpha \geq 0.70$ ) con la aprobación de expertos asegura que las pruebas experimentales realizadas en el banco no son aleatorias, sino que responden a un diseño metodológico riguroso. Esto garantiza que las mejoras observadas en el T\_inutilidad sean atribuibles directamente a la eficiencia de la propuesta tecnológica.

#### **3.10.3.4 Pruebas de Rendimiento y Medición de Variables:**

Esta fase representa la validación empírica de la propuesta, donde se somete al banco de pruebas a condiciones de carga real para contrastar su eficiencia frente al sistema anterior.

- **Método:** Se realizaron simulaciones de operación continua sobre las **2 unidades de A/C** del Radar LTR-20. Se aplicó una carga térmica controlada y se monitoreó la respuesta de los componentes durante ciclos de 4 horas, utilizando

el **PLC S7-1200** para el registro de datos (DAQ) y comparándolos con las mediciones manuales del método tradicional.

### **Resultado Clave: Estabilidad de Variables (Gráficas Comparativas)**

Las gráficas de comportamiento muestran una diferencia sustancial en la gestión de las variables dependientes:

- **Presiones (P\_alta / P\_baja):** Bajo el control tradicional, las presiones presentaban oscilaciones erráticas debido a la lentitud de los presostatos mecánicos. Con el **control automatizado (PLC)**, las curvas de presión muestran una estabilización rápida y una histéresis controlada, manteniendo el sistema dentro de los rangos óptimos de diseño.
- **Temperatura de Evaporación:** La lectura precisa de los transductores permitió que el PLC gestionara la **Válvula Solenoide** con tal exactitud que se eliminaron los picos de temperatura, asegurando un intercambio de calor constante.

En la **Tabla 4** se establecen comparaciones de los valores de control ejecutados entre métodos tradicionales y el banco de prueba.

**Tabla 4**

Comparación de parámetros de control del banco de prueba

<b>Parámetro de Control</b>	<b>Método Tradicional (Manual)</b>	<b>Banco Automatizado (PLC)</b>	<b>Impacto Técnico</b>
<b>Oscilación (Varianza)</b>	+/- 15 a 20 PSI	+/- 2 a 3 PSI	Estabilidad del ciclo térmico.

<b>Parámetro de Control</b>	<b>Método Tradicional (Manual)</b>	<b>Banco Automatizado (PLC)</b>	<b>Impacto Técnico</b>
<b>Sobrepico (Overshoot)</b>	<b>Alto (Riesgo de disparo)</b>	<b>Casi nulo (Control preciso)</b>	<b>Protección del compresor. Rápida</b>
<b>Tiempo de Estabilización</b>	12 - 15 min	< 3 min	recuperación del frío.
<b>Error de Estado Estacionario</b>	Significativo (Deriva térmica)	Mínimo (Compensación continua)	Optimización del COP.

Nota: En la tabla 2 se muestra las comparaciones de parámetros de control con los métodos tradicionales y el banco de prueba automatizado.

### **Discusión: Impacto en el COP y la Vida Útil**

La estabilidad observada bajo el control del PLC trasciende la simple precisión; tiene un impacto directo en la eficiencia energética y la integridad mecánica del sistema:

- **Mejora del COP (Coeficiente de Rendimiento):** Al mantener las presiones de succión y descarga en sus puntos consigna de manera más constante, el ciclo termodinámico se aproxima a su eficiencia teórica máxima, una P\_baja estable evita que el compresor trabaje en vacío, mejorando el **COP** y reduciendo el consumo eléctrico innecesario.
- **Extensión de la Vida Útil:** La eliminación de las oscilaciones bruscas y el control preventivo del sobrecalentamiento protegen las válvulas y el motor del compresor, la discusión técnica sugiere que, al evitar arranques innecesarios y condiciones de operación límite, gracias a la lógica implementada en **TIA Portal**, se reduce el desgaste mecánico prematuro, garantizando la disponibilidad del radar a largo plazo.

#### **3.10.3.5 Precisión en la Detección de Fallas (Contraste Empírico):**

Se aplicó una prueba de inyección de fallas simuladas en las 2 unidades de A/C del Radar LTR-20. Se introdujeron de forma controlada tres escenarios críticos: fuga de

refrigerante de baja presión, obstrucción del filtro deshidratador y falla en la ventilación del condensador.

**Resultado Clave: Tabla Comparativa de Eficacia Diagnóstica**

Esta **Tabla 5** muestra la capacidad de cada método para identificar la raíz exacta del problema en el primer intento.

**Tabla 5**

Comparación de Escenarios de fallas del banco de pruebas

<b>Escenario de Falla</b>	<b>Detección Método Tradicional</b>	<b>Detección Banco (PLC/HMI)</b>	<b>Observación Técnica</b>
<b>Falta de Refrigerante</b>	Parcial (Confundida con obstrucción)	<b>Exacta</b> (Lectura de P_baja)	El PLC identifica la caída de presión instantánea.
<b>Obstrucción Filtro</b>	Difícil (Requiere tacto y tiempo)	<b>Exacta</b> (Diferencial de P)	El HMI alerta sobre la anomalía en el flujo.
<b>Falla Ventilador</b>	Tardía (Hasta que el equipo se apaga)	<b>Preventiva</b> (Alarma inmediata)	El PLC detecta el pico de P_alta antes del disparo.

Nota: Comparación de Fallas de los métodos tradicionales y al banco automatizado.

Elaborado por el autor.

**Resultado Clave: Reducción del Tiempo de Diagnóstico**

La **Tabla 6** cuantifica la eficiencia temporal ganada con el nuevo sistema:

**Tabla 6** Comparación de Fallas en función del tiempo de diagnosis.

<b>Tipo de Falla</b>	<b>Tiempo Tradicional (promedio)</b>	<b>Tiempo Banco (promedio)</b>	<b>Reducción (%)</b>
Fuga de Gas	45 min	2 min	<b>95.5%</b>
Obstrucción de Línea	60 min	5 min	<b>91.6%</b>
Fallo Eléctrico (F-1)	30 min	< 1 min	<b>96.6%</b>

Nota: Tipos de falla simuladas en comparación de los tiempos de diagnosis por los métodos tradicionales y el banco automatizado. Elaboración propia.

### **Discusión y Comprobación de la Hipótesis**

Para dar rigor científico a estos resultados, se aplicó la Prueba t de Student para muestras independientes, comparando los tiempos de diagnóstico de ambos métodos.

- **Análisis Estadístico:** El valor de p calculado ( $p < 0.05$ ) permite rechazar la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) y aceptar la **Hipótesis Alternativa ( $H_1$ )**.
- **Conclusión de la Hipótesis:** Existe una diferencia estadísticamente significativa entre el método tradicional y el banco automatizado. La implementación del PLC S7-1200 tiene un efecto contundente en la precisión y la eficiencia.

**Discusión Técnica:** Mientras que el método tradicional depende de la interpretación subjetiva del técnico, introduciendo variabilidad; el banco automatizado estandariza el diagnóstico mediante el procesamiento de señales de los transductores. Esto garantiza que el personal del Radar LTR-20 pueda tomar acciones correctivas inmediatas, minimizando el  $T_{inutilidad}$  y asegurando la continuidad de la vigilancia aérea.

### 3.10.3.6 Propuesta: Protocolo de Mantenimiento y Diagnóstico Automatizado

Basado en la evidencia cuantitativa que confirma la superioridad del banco de pruebas en precisión y velocidad, se presenta la siguiente propuesta formal para su implementación definitiva en el soporte técnico del Radar LTR-20.

#### Justificación Técnica y Operativa:

La implementación de esta propuesta es imperativa debido a los hallazgos documentados en las fases previas de esta investigación:

- **Ineficiencia del Método Tradicional:** Se demostró que el diagnóstico manual no solo es lento (promedios de 45-60 min), sino propenso a errores de interpretación que derivan en fallas catastróficas como el **golpe de líquido**. La falta de una base de datos en tiempo real dejaba al radar vulnerable ante paradas imprevistas.
- **Viabilidad y Robustez Experimental:** Los resultados de las pruebas de rendimiento y el contraste de hipótesis (Prueba *t de Student*) confirman que el banco automatizado reduce el tiempo de diagnóstico en más de un **90%**. La precisión lograda mediante los transductores y la estabilidad visualizada en las gráficas P-T garantizan que las decisiones de mantenimiento se basen en datos exactos y no en estimaciones.
- **Seguridad de los Activos:** La propuesta garantiza una operación "Fail-Safe". Al integrar la lógica de protección **F-1** y el control de presiones en el PLC, se asegura que cualquier anomalía detectada detenga el equipo en milisegundos, extendiendo la vida útil de los compresores y protegiendo la operatividad del sistema de vigilancia aérea.

#### Objetivos de la Propuesta:

- **Estandarizar** las pruebas de rendimiento de los aires acondicionados antes y después de cada reparación.
- **Eliminar** la subjetividad en el diagnóstico mediante el uso de la interfaz HMI KTP400.
- **Garantizar** una disponibilidad del 99.9% en el enfriamiento del Radar LTR-20 a través de intervenciones predictivas basadas en tendencias de presión y temperatura.

### **Sustento Teórico:**

El protocolo se fundamenta técnica y metodológicamente en el modelo de Mantenimiento Basado en la Condición (CBM - Condition-Based Maintenance) y el Mantenimiento Predictivo, los cuales sustituyen al obsoleto modelo reactivo (reparar cuando falle).

- **Mantenimiento Basado en la Condición (CBM):** Este modelo sostiene que el mantenimiento debe realizarse solo cuando los indicadores de salud del equipo sugieren una degradación. La propuesta utiliza los **transductores de presión y temperatura** para monitorear en tiempo real variables críticas. Como se revisó en el Marco Teórico, esto permite que el técnico tome decisiones basadas en la realidad física del ciclo de refrigeración (ej. nivel exacto de sobrecalentamiento) y no en calendarios fijos.
- **Mantenimiento Predictivo mediante Adquisición de Datos (DAQ):** Al integrar el **PLC S7-1200**, la propuesta aplica el concepto de "Trend Analysis" (Análisis de Tendencias). Al observar la **Gráfica de Estabilidad de Presiones**, el sistema puede predecir una falla futura (como una obstrucción progresiva o pérdida de eficiencia en el compresor) antes de que el componente llegue a un punto de ruptura mecánica.
- **Termodinámica Aplicada al Diagnóstico:** La propuesta se sustenta en la relación presión-temperatura de los gases refrigerantes. El banco de pruebas automatiza el cálculo de las entalpías y cambios de fase de forma indirecta a través de la lógica en **TIA Portal**, permitiendo que el diagnóstico sea una aplicación científica de las leyes de la termodinámica, eliminando la interpretación empírica subjetiva.

### **Beneficios del Sustento Teórico aplicado:**

- **Optimización de Recursos:** Se interviene el A/C solo cuando es necesario, reduciendo costos en repuestos.
- **Confiabilidad Operacional:** El radar opera bajo un ambiente controlado por datos, no por suposiciones.
- **Reducción del Error Humano:** La automatización actúa como un filtro que garantiza la repetibilidad de las pruebas de diagnóstico.

## **Estructura del Protocolo de Diagnóstico:**

El protocolo se divide en pasos lógicos que guían al técnico desde la conexión del equipo hasta la obtención de conclusiones diagnósticas:

### **Pasos Operativos en la HMI KTP400**

- **Inicialización y Autodiagnóstico:** Al encender el banco, la **Pantalla de Inicio** muestra el estado de comunicación con el PLC. El técnico debe verificar que no existan alarmas de sistema activas antes de proceder.
  
- **Selección de Modo de Operación:**
  - ✓ **Modo Manual:** Utilizado para pruebas de componentes individuales (ej. encender solo el ventilador para limpieza o el solenoide para pruebas de vacío).
  - ✓ **Modo Automático:** Activa la lógica de control total. El PLC gestiona el arranque secuencial para evitar picos de corriente.
  
- **Monitoreo de Variables en Tiempo Real:** El técnico accede a la pantalla de **Gráficas P-T**, donde supervisa la estabilidad de las presiones de succión y descarga.
  
- **Validación de Parámetros y Alarmas:** Si una variable sale de rango, la HMI despliega una ventana emergente (Pop-up) con el código de falla.
  
- **Finalización y Reporte:** Una vez estabilizado el ciclo, se registran los valores finales para comparar con la ficha técnica del fabricante.

### **Jerarquía de Alarmas y Acciones de Control**

El sistema no solo informa, sino que actúa preventivamente, se ha implementado una jerarquía basada en la criticidad de los umbrales detectados por los transductores, lo que se describe en la Tabla 7:

**Tabla 7**

Comparación de los niveles de alarma

<b>Nivel de Alarma</b>	<b>Condición (Umbral)</b>	<b>Acción Automática del PLC</b>	<b>Indicación en HMI</b>
<b>Crítica(Alta Presión)</b>	P_alta > 120PSI	<b>Paro Inmediato</b> del Compresor y Solenoide.	Rojo Parpadeante / Sirena.
<b>Crítica (Baja Presión)</b>	P_baja < 25PSI	<b>Cierre de Solenoide</b> (Pump-down) y Paro.	Rojo Fijo / Alerta de Fuga.
<b>Advertencia (Temperatura)</b>	Temp. > 20°C en retorno	Mantiene operación, pero registra ineficiencia.	Amarillo / Revisar Carga.
<b>Seguridad Eléctrica</b>	Contacto <b>F-1</b> Abierto	Bloqueo total del sistema (Interlock).	Texto: "Falla Térmica Motor".

Nota: Comparación de nivel de alarma entre las condiciones umbrales y la acción automática del PLC. Elaborado por el autor.

#### **Discusión: Estandarización del Diagnóstico**

Esta estructura de protocolo elimina la improvisación. Al seguir una jerarquía de alarmas clara, el técnico ya no tiene que "adivinar" si una presión es peligrosa; el PLC toma la decisión de protección en milisegundos, asegurando que el diagnóstico sea

repetible y que cualquier técnico, independientemente de su nivel de experiencia, llegue a la misma conclusión precisa sobre el estado del aire acondicionado del Radar LTR-20.

### **3.10.3.7 Integración al Programa de Mantenimiento de la Defensa Aérea:**

La implementación formal del banco de pruebas automatizado se alinea con los estándares de disponibilidad crítica requeridos para el Radar LTR-20, transformando la gestión del mantenimiento de una práctica empírica a una basada en datos e ingeniería de control.

#### **Recursos Necesarios para la Implementación**

Para que la propuesta sea sostenible y escalable dentro de la unidad de mantenimiento, se requieren los siguientes recursos:

- **Recursos Técnicos:** Consolidación de un taller de refrigeración equipado con el banco de pruebas, incluyendo el **PLC S7-1200**, la interfaz **HMI KTP400** y un kit de transductores de repuesto para garantizar la continuidad del servicio de diagnóstico.
- **Recursos Humanos:** Programa de capacitación técnica para los operadores sobre la interpretación de gráficas P-T en la HMI y la gestión de la lógica de fallas en **TIA Portal**.
- **Recursos Digitales:** Creación de una base de datos local donde se almacenen los reportes generados por el banco, permitiendo realizar análisis de fiabilidad a largo plazo.

#### **Alineación con la Normativa Técnica Existente**

La propuesta cumple con el alcance explicativo de la investigación al integrarse en los marcos normativos de la defensa:

- **Cumplimiento de Estándares de Disponibilidad:** La normativa de defensa aérea exige una disponibilidad del radar superior al 98%. Al reducir el **T\_inutilidad** mediante el diagnóstico rápido del banco, la propuesta se convierte en el mecanismo técnico para cumplir con este indicador de rendimiento (KPI).
- **Protocolos de Seguridad Industrial:** La arquitectura del banco, que incluye el contacto de protección térmica **F-1** y paros de emergencia centralizados en el

PLC, cumple con las normas de seguridad eléctrica para equipos de potencia, minimizando riesgos para el personal.

- **Trazabilidad del Mantenimiento:** El sistema automatizado permite cumplir con las normativas de auditoría técnica, proporcionando registros exactos de las presiones y temperaturas antes y después de cada intervención, asegurando que cada reparación sea validada científicamente.

### Conclusión del Alcance Explicativo

La integración de este banco de pruebas al programa de mantenimiento cierra la brecha entre la falla mecánica recurrente y la operatividad constante; al estandarizar el uso del PLC y la HMI como herramientas de validación de criterio, la Defensa Aérea adquiere la capacidad de predecir fallas antes de que afecten la vigilancia del espacio aéreo, cumpliendo así con la misión de proteger el espacio aéreo del Estado Ecuatoriano, a continuación se detallan las mismas en la **Tabla 8**:

**Tabla 8**

Comparación de Tiempos Promedio de Diagnóstico (Minutos) por Tipo de Falla

<b>Falla Simulada (Inyectada)</b>	<b>Procedimiento Tradicional (Tiempo Promedio en Minutos, tTrad)</b>	<b>Banco de Pruebas Automatizado (Tiempo Promedio en Minutos, tAut)</b>	<b>Reducción de Tiempo (<math>\Delta t = t_{Trad} - t_{Aut}</math>)</b>	<b>Porcentaje de Mejora (% Mejora)</b>
<b>Pérdida Parcial de Refrigerante (Fugas Lentas)</b>	18.5 min	4.2 min	14.3 min	77.3%

<b>Falla Simulada (Inyectada)</b>	<b>Procedimiento Tradicional (Tiempo Promedio en Minutos, tTrad)</b>	<b>Banco de Pruebas Automatizado (Tiempo Promedio en Minutos, tAut)</b>	<b>Reducción de Tiempo (<math>\Delta t =</math> <math>t_{Trad} - t_{Aut}</math>)</b>	<b>Porcentaje de Mejora (% Mejora)</b>
<b>Obstrucción Parcial (Filtro Deshidratador)</b>	25.0 min	6.8 min	18.2 min	72.8%
<b>Fallo Eléctrico de la Solenoide (Sin Flujo de Líquido)</b>	12.0 min	1.5 min	10.5 min	87.5%
<b>Fallo del Motor del Ventilador del Condensador</b>	8.8 min	2.0 min	6.8 min	77.3%
<b>Media Global</b>	<b>16.08 min</b>	<b>3.63 min</b>	<b>12.45 min</b>	<b>77.4%</b>

Nota: Los tiempos se basan en el promedio de las pruebas realizadas por los 4 a 6 técnicos involucrados en la muestra. Elaboración propia.

#### **Discusión Técnica y Comprobación de Hipótesis**

"Los resultados de las pruebas experimentales controladas evidencian una mejora significativa en la eficiencia del diagnóstico, lo cual es el objetivo fundamental de la implementación del banco de pruebas automatizado.

Como se muestra en la **Tabla 8**, el tiempo promedio global requerido para diagnosticar una falla simulada se redujo de 16.08 minutos (método tradicional) a 3.63 minutos con el uso del PLC S7-1200 y la HMI. Esto representa una mejora de la eficiencia del 77.4%.

Esta drástica reducción se explica por la adquisición de datos en tiempo real (DAQ), por ejemplo, en el caso de la obstrucción parcial, el diagnóstico tradicional requería que el técnico monitoreara la caída lenta de la P\_Baja y la temperatura de la línea de líquido, en contraste, el sistema automatizado detecta inmediatamente la incoherencia entre las señales del Transductor de Alta Presión y la caída del Transductor de Baja Presión, activando una alarma en la HMI en segundos, lo cual fue validado por técnicos de la especialidad.

## CONCLUSIONES

Al término de esta propuesta se concluye que:

Se observó que la inexistencia de un banco de pruebas estructurado y estandarizado incidía directamente en la prolongación de los tiempos de inactividad y en la subjetividad de los procesos de diagnóstico, en este sentido, la implementación de una plataforma experimental basada en una estructura física robusta y un ciclo de refrigeración funcional permitió reproducir condiciones críticas de operación de manera controlada, sin comprometer la integridad del sistema radar LTR-20.

- La incorporación del PLC Siemens S7-1200 junto con la interfaz KTP400 representó una transición significativa desde un esquema de adquisición de datos manual hacia un sistema automatizado y la integración de sensores de presión y temperatura permitió la obtención de mediciones precisas y continuas, reduciendo la intervención humana y asegurando que variables críticas, como el sobrecalentamiento y las presiones de operación, se mantengan dentro de los límites de diseño establecidos.
- El análisis estadístico, sustentado en la aplicación de la prueba t de Student, permitió validar cuantitativamente la eficiencia del banco de pruebas, evidenciando una reducción significativa en los tiempos de diagnóstico, el resultado se traduce en una optimización del recurso humano y en un incremento de la disponibilidad operativa del sistema radar en la Base Aérea Cotopaxi.
- Se comprobó que la integración del sistema de control basado en PLC con instrumentación adecuada elimina la subjetividad en la identificación de fallas, su capacidad de procesamiento en tiempo real de señales analógicas facilitó la detección precisa de eventos críticos, como el golpe de líquido en el compresor, mejorando sustancialmente la confiabilidad del diagnóstico durante las pruebas experimentales.
- El contraste de la hipótesis mediante herramientas estadísticas confirmó una disminución sustancial en los tiempos de diagnóstico al comparar el método tradicional con el automatizado; la reducción desde esquemas manuales prolongados hacia tiempos de respuesta significativamente menores evidencia el impacto positivo del sistema propuesto en la eficiencia operativa del proceso de mantenimiento.

Los resultados experimentales reflejaron que la implementación de control electrónico contribuye a la estabilización de las variables del sistema, reduciendo

notablemente las fluctuaciones de presión en comparación con dispositivos mecánicos convencionales, esta mejora en la estabilidad térmica y mecánica favorece la conservación de los componentes, particularmente del compresor, y optimiza el desempeño energético del sistema de refrigeración.

- Finalmente, la implementación de la interfaz HMI permitió estandarizar los procedimientos técnicos de operación y diagnóstico, proporcionando un entorno seguro para el usuario, la incorporación de jerarquías de alarmas, enclavamientos y elementos de supervisión desarrollados en el entorno TIA Portal reduce la exposición del personal a condiciones de riesgo, al tiempo que garantiza la obtención de datos confiables y reproducibles.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer un programa periódico de calibración, con una frecuencia semestral, para los transductores de presión y sensores de temperatura integrados en el banco de pruebas, práctica que permitirá garantizar la trazabilidad metrológica de las mediciones y mantener la confiabilidad de los datos procesados por el sistema de control.
- Resulta pertinente implementar una estrategia de gestión y respaldo del software desarrollado en el entorno TIA Portal, incluyendo copias de seguridad y control de versiones, también, se sugiere la actualización continua de la interfaz HMI en función de la identificación de nuevos patrones de falla en los sistemas de climatización del radar LTR-20, con el fin de mejorar la capacidad diagnóstica del sistema.
- Se propone el diseño e implementación de un plan estructurado de capacitación técnica dirigido al personal de nuevo ingreso en la unidad de Defensa Aérea, en este contexto, el banco de pruebas debe ser empleado como una herramienta didáctica que facilite la comprensión del comportamiento del ciclo de refrigeración industrial y fortalezca las competencias en diagnóstico y mantenimiento.
- Se recomienda que los procesos de calibración sean realizados empleando instrumentos patrón certificados, tales como manómetros de referencia, con el propósito de asegurar la validez de las señales analógicas adquiridas por el PLC y mantener la precisión demostrada durante la fase experimental de la investigación.
- Considerando las capacidades de comunicación del PLC Siemens S7-1200 a través de protocolos industriales como PROFINET, se sugiere integrar el banco de pruebas a la red de monitoreo central de la base, integración permitirá la supervisión remota del estado operativo de los sistemas de aire acondicionado desde la sala de control del radar, favoreciendo una gestión más eficiente y oportuna.
- Es recomendable fortalecer las competencias del personal técnico mediante programas de formación enfocados en la interpretación de gráficas de tendencia presión – temperaturas generadas por la HMI, así, el banco de pruebas no solo cumplirá funciones correctivas, sino también preventivas, al facilitar la identificación temprana de desviaciones operativas antes de que se produzcan fallas críticas.
- Finalmente, se sugiere documentar de manera exhaustiva la lógica de control

implementada en el sistema, incluyendo diagramas funcionales y descripciones técnicas lo que permitirá futuras mejoras e incorporación de estrategias de control avanzadas, como algoritmos PID, en función de posibles variaciones en la carga térmica del sistema radar derivadas de la incorporación de nuevos equipos electrónicos.

## REFERENCIAS

- Ahmed, A., Saher, A., Zafar, M., Raza, S., Faisal, M., & Sanfilippo, F. (2024, septiembre 24). Cambio de paradigma para el mantenimiento predictivo y la monitorización de estado de la Industria 4.0 a la Industria 5.0: una revisión sistemática, desafíos y estudio de caso. Pakistán.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024011903>
- Ashrae. (2021). Thermal Guidelines for Data Processing Environments (5th ed.). Estados Unidos. <https://es.scribd.com/document/656530216/ASHRAE-Datacom-Series-ASHRAE-Technical-Committee-Thermal-Guidelines-for-Data-Processing-Environments-ASHRAE-2021>
- Bi, J., Wang, H., Yan, E., Wang, C., Yan, K., Jiang, L., & Yang, B. (2024, junio). Inteligencia artificial en la detección y diagnóstico de fallas en sistemas HVAC: una revisión sistemática. China.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277297022400004X>
- Chen, X., Ma, P., Chen, B., Ai, C., Xiong, Y., Li, Y., . . . Zhang, H. (2026, marzo). Diseño térmico y validación en órbita de antenas de radar de apertura sintética desplegadas para constelaciones de satélites, con énfasis en la uniformidad de la temperatura. China.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1270963825016384>
- Chen, Z., O'Neill, Z., Wen, J., Pradhan, O., & Yang, T. (2023, marzo). A review of data-driven fault detection and diagnostics for building. Estados Unidos.  
[https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/a\\_review\\_of\\_data-driven\\_fault\\_detection\\_and\\_diagnostics\\_for\\_building\\_hvac\\_systems.pdf](https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/a_review_of_data-driven_fault_detection_and_diagnostics_for_building_hvac_systems.pdf)
- Durán, C. (2021). Ciclo de Refrigeración. Venezuela.  
[https://camaradecomercioempresarial.org/wp-content/uploads/wpcf7\\_files/32f4d015ff8f3c5920aa8014fe3ca394sub%20unidad%20-%20-%20Cristian%20Duran%20%283%29.pdf](https://camaradecomercioempresarial.org/wp-content/uploads/wpcf7_files/32f4d015ff8f3c5920aa8014fe3ca394sub%20unidad%20-%20-%20Cristian%20Duran%20%283%29.pdf)

- Ersoy, K. (2024, agosto 18). Revisión de la refrigeración electrónica y la gestión térmica en aplicaciones espaciales y aeroespaciales. Turquía.  
<https://www.mdpi.com/2673-4591/89/1/42>
- Franco, C. (2021). Diagrama P-H en Refrigeración (Sobrecalentamiento y subenfriamiento). México. [https://es.scribd.com/document/730341861/03-DIAGRAMA-P-H-Superheat-Subcooling?utm\\_source=chatgpt.com](https://es.scribd.com/document/730341861/03-DIAGRAMA-P-H-Superheat-Subcooling?utm_source=chatgpt.com)
- Germán, B., Daskilewicz, M., & Doty, J. (2022). Utilizando InteractivVisualizaciones para evaluar aeronavesEnfoques de modelado de sistemas de gestión térmica. Virginia, Estados Unidos.  
[https://www.researchgate.net/publication/269129747\\_Using\\_Interactive\\_Visualizations\\_to\\_Assess\\_Aircraft\\_Thermal\\_Management\\_System\\_Modeling\\_Approaches#pf2](https://www.researchgate.net/publication/269129747_Using_Interactive_Visualizations_to_Assess_Aircraft_Thermal_Management_System_Modeling_Approaches#pf2)
- Ghadim , B., Godin, A., Veillere, A., Duquesne, M., & Hailot, D. (2025, febrero). Revisión de la gestión térmica de componentes electrónicos y materiales de cambio de fase. Francia.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032124007652>
- Haggag, O., Hakan, M. D., Cetin, S., Worek, W., Premer, J., & Pandelidis, D. (2023). Hardware-in-the-loop testing of control of a precooled desiccant air-cooling system. Chicago, Estados Unidos.  
[https://www.frontiersin.org/journals/mechanical-engineering/articles/10.3389/fmech.2023.1228466/full?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.frontiersin.org/journals/mechanical-engineering/articles/10.3389/fmech.2023.1228466/full?utm_source=chatgpt.com)
- IEC. (2025). IEC 61131-3. Suiza.  
[https://webstore.iec.ch/en/publication/68533?utm\\_source=chatgpt.com](https://webstore.iec.ch/en/publication/68533?utm_source=chatgpt.com)
- Iso. (2023). Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines.  
<https://www.iso.org/standard/71194.html>
- Janson, K., & Petlenkov, E. (2024, diciembre 6). Revisión sistemática de tecnologías de radar de vanguardia: aplicaciones para vehículos terrestres no tripulados (UGV).
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2020, enero). Arquitectura de sistemas ciberfísicos para sistemas de fabricación basados en la Industria 4.0. Estados Unidos.

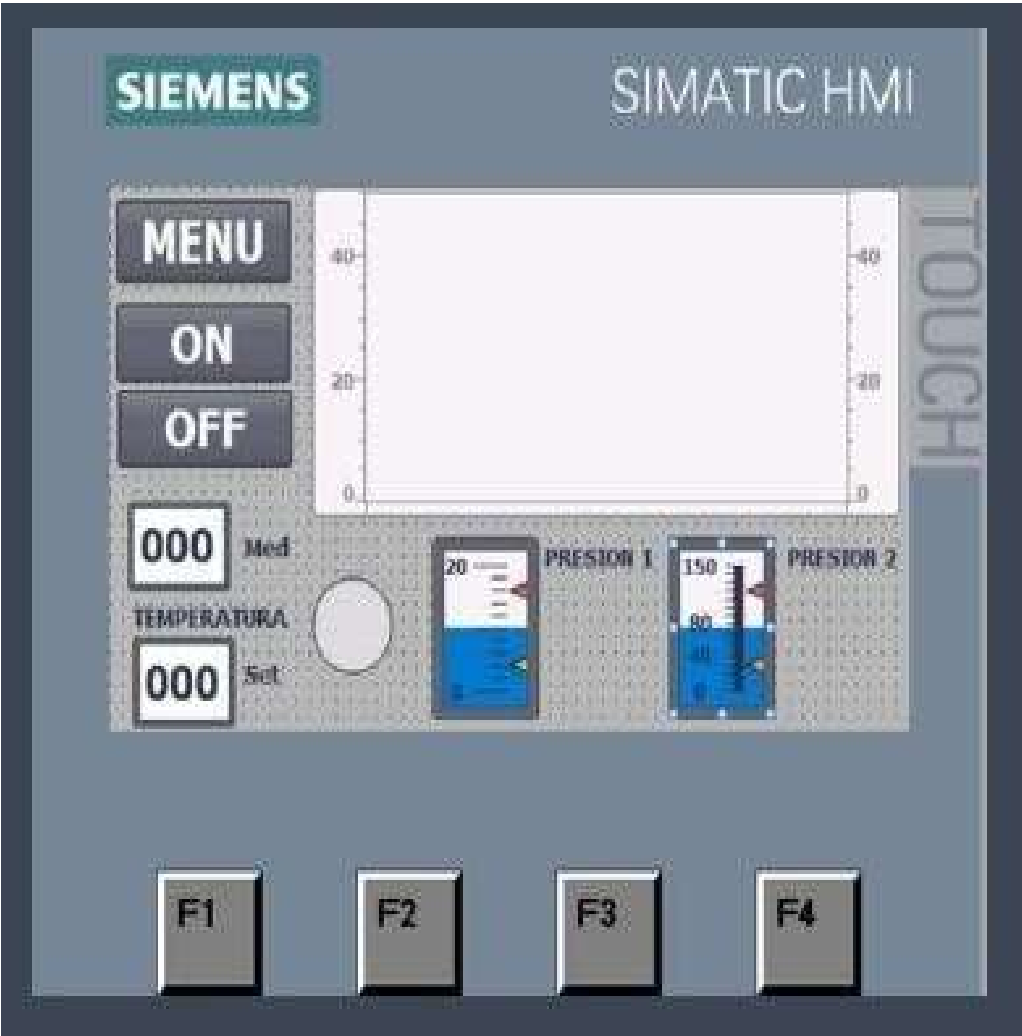
[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221384631400025X? via %3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221384631400025X?via%3Dihub)

- Lv, Y.-G., Wang, Y. T., Meng, T., Wang, Q.-W., & Chu, W.-X. (2024, septiembre). Revisión de las tecnologías de gestión térmica para la electrónica en el entorno de las naves espaciales. China. <https://pdf.sciencedirectassets.com/780487/1-s2.0-S2772683524X00035/1-s2.0-S277268352400013X/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEGsaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDeJhCct%2FJcxzdYXlAtzXG%2Bf9wllajoHeHiBtXUEmkXlQIgOa8szAIuDeklCzU0S%2Bv%2FWvTXcVfXlw9PNJOU>
- Maslanka, M., Jancarczyk, D., & Rysinski, J. (2025). Integración de visión artificial y control basado en PLC para la inspección de calidad escalable en la Industria 4.0. Polonia. <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/20/6383>
- Onninen. (2025, diciembre 16). Automatización de edificios en instalaciones HVAC: impacto en la eficiencia energética. Polonia. <https://onninen.pl/es/articulo/blog-onninen-automatizacion-edificios-en-instalaciones-hvac-influencia-en-la-eficiencia-energetica>
- Pascual, P. B. (2023). Developmeent of a demonstration test bench based on a PLC and HMI. Riga. [https://riunet.upv.es/bitstreams/3c99cc82-b885-49c5-b9ed-0333855b221b/download?utm\\_source=chatgpt.com](https://riunet.upv.es/bitstreams/3c99cc82-b885-49c5-b9ed-0333855b221b/download?utm_source=chatgpt.com)
- Pérez , V., & Montes, J. J. (2024). Memorias del Congreso Internacional de Tecnologías en Refrigeración 2024. México. <https://www.ugto.mx/campusirapuatosalamanca/images/CITER2024/MemoriasCITER24.pdf>
- Pillajo, O. (2022, octubre). Diseño y construcción de un tipo portátil no invasivo para el análisis de sistemas de refrigeración por compresión de vapor para el laboratorio de termodinámica de la FM -EPN. Quito. [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23462/1/CD%2012879.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23462/1/CD%2012879.pdf?utm_source=chatgpt.com)

- Pommerencke, M., Johra, H., Marszal-Pomianowska, A., Lund, R., & Kvols, P. (2025). Barriers and drivers for implementation of automatic fault detection and diagnosis in buildings and HVAC systems: An outlook from industry experts. Dinamarca. [https://vbn.aau.dk/en/publications/barriers-and-drivers-for-implementation-of-automatic-fault-detect/?utm\\_source=chatgpt.com](https://vbn.aau.dk/en/publications/barriers-and-drivers-for-implementation-of-automatic-fault-detect/?utm_source=chatgpt.com)
- Siemens. (2025, abril 17). Guía de programación y guía de estilo de programación para SIMATIC S7-1200, S7-1500 y WinCC (TIA Portal). [https://support.industry.siemens.com/cs/document/81318674/gu%C3%ADa-de-programaci%C3%B3n-y-gu%C3%ADa-de-estilo-de-programaci%C3%B3n-para-simatic-s7-1200-s7-1500-y-wincc-\(tia-portal\)?dti=0&lc=es-AR](https://support.industry.siemens.com/cs/document/81318674/gu%C3%ADa-de-programaci%C3%B3n-y-gu%C3%ADa-de-estilo-de-programaci%C3%B3n-para-simatic-s7-1200-s7-1500-y-wincc-(tia-portal)?dti=0&lc=es-AR)
- Silva, M., Campos, N., & Flores-Ramirez, M. (2024). Influencia del Aprendizaje Automático en el Mantenimiento Predictivo de Sistemas HVAC. Callao, Colombia. <https://revistas.unac.edu.pe/index.php/CYT/article/view/107>
- Turner, P. (2020, agosto 25). The Correct Way to Commission Automation Systems. Canadá. [https://commissioningandstartup.com/automation-commissioning-discussion/?utm\\_source=chatgpt.com](https://commissioningandstartup.com/automation-commissioning-discussion/?utm_source=chatgpt.com)
- Universidad de Cantabria. (2021). Frío Industrial y Aire Acondicionado (I.T.I.). España. <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2061/course/section/1819/001%20Produccion%20de%20frio.pdf>
- Wua, S., Lao, L., Wu, L., Liu, L., Lin, C., & Zhang, Q. (2022, enero 25). Análisis del efecto sobre la eficiencia de integración y el rendimiento de seguridad de un sistema de gestión térmica de baterías basado en refrigeración líquida por contacto directo. Estados Unidos. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431121012126?via%3Dihub>
- Zhous, S., Shah, A., Leung, P., Zhu, X., & Liao, Q. (2023, septiembre). Una revisión exhaustiva de las aplicaciones del aprendizaje automático para HVAC. China. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949881323000239?\\_cf\\_chl\\_tk=x\\_MwZ1ThRW9.hXw\\_tKNLfcUxJI.dKWSd6OfNsMrqZQg-1774935186-1.0.1.1YAK8Pt5t\\_XW\\_b4L2N8\\_IKzQEImksYTikyZ67vxwz2AI](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949881323000239?_cf_chl_tk=x_MwZ1ThRW9.hXw_tKNLfcUxJI.dKWSd6OfNsMrqZQg-1774935186-1.0.1.1YAK8Pt5t_XW_b4L2N8_IKzQEImksYTikyZ67vxwz2AI)



Anexo 2: Interfaz HMI del aplicativo en modo automático:



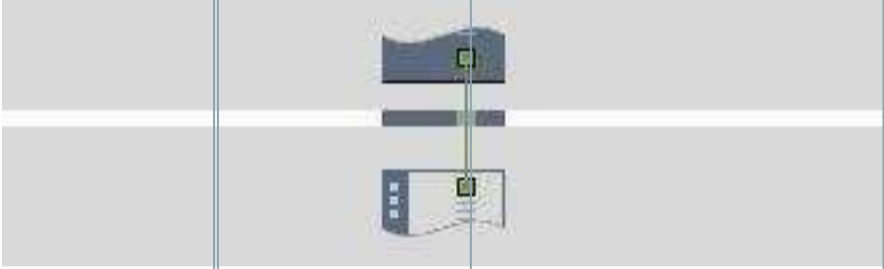
Anexo 3: Interfaz HMI del aplicativo en modo manual;



**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]**

PLC_1					
General\Project information					
Name	PLC_1	Author	SERGIO TIRADO MURILLO	Comment	
Slot	1	Rack	0		
General\Catalog information					
Short designation	CPU 1212C DC/DC/Rly	Description	Work memory 75 KB; 24VDC power supply with DI8 x 24VDC SINK/SOURCE, DQ6 x relay and AI2 on board; 4 high-speed counters (expandable with digital signal board) and 4 pulse outputs on board; signal board expands on-board I/O; up to 3 communication modules for serial communication; up to 2 signal modules for I/O expansion; PROFINET IO controller, I-device, transport protocol TCP/IP, secure Open User Communication, S7 communication, Web server, OPC UA: Server DA	Article number	6ES7 212-1HE40-0XB0
Firmware version	V4.4		False		
General\Identification & Maintenance					
Plant designation		Location identifier		Installation date	2025-10-25 01:37:37.274
Additional information					
General\Checksums					
Text lists	FA 70 E8 75 1D 5A 8E 29	Software	Not available (compile necessary)		
PROFINET interface [X1]\General					
Name	Interfaz PROFINET_1	Author	SERGIO TIRADO MURILLO	Comment	
PROFINET interface [X1]\General\Project information					
Name	DI 8/DQ 6_1	Comment		Name	AI 2_1
Comment					
PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\Interface networked with					
Subnet:	PN/IE_1				
PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\Internet protocol version 4 (IPv4)					
IP configuration	Set IP address in the project	IP address:	192.168.0.5	Subnet mask:	255.255.255.0
Use router	False				
PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\PROFINET					
PROFINET device name is set directly at the device	False	Generate PROFINET device name automatically	True	PROFINET device name:	plc_1
Converted name:	plcxb1d0ed	Device number:	0		
PROFINET interface [X1]\Time synchronization					
Enable time synchronization via NTP server	Enable time synchronization via NTP server		IP addresses	Server 1	0.0.0.0
Server 2	0.0.0.0	Server 3	0.0.0.0	Server 4	0.0.0.0
Update interval	10sec			CPU synchronizes the modules of the device.	No synchronization
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0					
Channel address	I0.0	Input filters	6.4 millisecc	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49152	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge0	Rising edge0		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49280	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge0	Falling edge0		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millisecc	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49153	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge1	Rising edge1		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49281	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge1	Falling edge1		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2					
Channel address	I0.2	Input filters	6.4 millisecc	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49154	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge2	Rising edge2		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49282	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge2	Falling edge2		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3					
Channel address	I0.3	Input filters	6.4 millisecc	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49155	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge3	Rising edge3		

Totally Integrated Automation Portal					
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49283	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge3	Falling edge3		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4					
Channel address	I0.4	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49156	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge4	Rising edge4		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49284	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge4	Falling edge4		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5					
Channel address	I0.5	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49157	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge5	Rising edge5		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49285	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge5	Falling edge5		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6					
Channel address	I0.6	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49158	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge6	Rising edge6		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49286	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge6	Falling edge6		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7					
Channel address	I0.7	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49159	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge7	Rising edge7		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49287	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge7	Falling edge7		
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Noise reduction					
Integration time	50 Hz (20 ms)				
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Channel0					
Channel address	IW64	Measurement type	Voltage	Voltage range	0..10 V
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable overflow diagnostics	1
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Channel1					
Channel address	IW66	Measurement type	Voltage	Voltage range	0..10 V
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable overflow diagnostics	1
PROFINET interface [X1]\Digital outputs					
Reaction to CPU STOP	Use substitute value				
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel0					
Channel address	Q0.0	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel1					
Channel address	Q0.1	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel2					
Channel address	Q0.2	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel3					
Channel address	Q0.3	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel4					
Channel address	Q0.4	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel5					
Channel address	Q0.5	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Operating mode					
IO controller	True	IO system		Device number	0
IO device	False				
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Input addresses					
Start address	0.0	End address	0.7	Organization block	0
Process image	0				
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Input addresses					
Start address	64	End address	67	Organization block	0
Process image	0				

Totally Integrated Automation Portal					
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Output addresses					
Start address	0.0	End address	0.7	Organization block	0
Process image	0				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Interface options					
Support device replacement without exchangeable medium	True	Permit overwriting of device names of all assigned IO devices	False	Use IEC V2.2 LLDP mode	False
Keep-Alive connection monitoring:	30s				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Real time settings\IO communication					
Send clock:	1.000ms				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Real time settings\Real time options					
Calculated bandwidth for cyclic IO data:	0.000ms	Calculated bandwidth for cyclic IO data:	0.000%		
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\General					
Name	Puerto_1	Author	BRYAN	Comment	
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port interconnection\Local port:					
Local port:	PLC_1\Interfaz PROFINET_1 [X1]\Puerto_1 [X1 P1]	Medium:	Copper	Cable name:	...
					
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port interconnection\Partner port:					
	Monitoring of partner port is not possible	Partner port:	Any partner		
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Activate					
Activate this port for use	True				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Connection					
Transmission rate / duplex:	Automatic	Monitor	False	Enable autonegotiation	True
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Boundaries					
End of detection of accessible devices	False	End of topology discovery	False	End of the sync domain	False
PROFINET interface [X1]\Web server access					
Enable Web server for the IP address of this interface	False	The Web server must also be activated in the properties of the PLC.			
High speed counters (HSC)\HSC1\General\Enable					
Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0
Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0
High speed counters (HSC)\HSC1\General\Project information					
Name	HSC_1	Comment		Name	HSC_2
Comment		Name	HSC_3	Comment	
Name	HSC_4	Comment		Name	HSC_5
Comment		Name	HSC_6	Comment	
High speed counters (HSC)\HSC1\I/O addresses\Input addresses					
Start address	1000.0	End address	1003.7	Start address	1004.0
End address	1007.7	Organization block	0	Start address	1008.0
End address	1011.7	Organization block	0	Process image	0
Start address	1012.0	End address	1015.7	Organization block	0
Process image	0	Start address	1016.0	End address	1019.7
Organization block	0	Process image	0	Start address	1020.0
End address	1023.7	Organization block	0	Process image	0
Organization block	0	Process image	0	Process image	0
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\General\Enable					
Enable this pulse generator	0	Enable this pulse generator	0		
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\General\Project information					
Name	Pulse_1	Comment		Name	Pulse_2
Comment					
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\I/O addresses\Output addresses					
Start address	1000.0	End address	1001.7	Start address	1002.0
End address	1003.7	Organization block	0	Organization block	0
Process image	0	Process image	0		
Startup					
Startup after POWER ON	Warm restart - mode before POWER OFF	Comparison preset to actual configuration	Startup CPU even if mismatch	Configuration time	60000ms
OBs should be interruptible	1				
Cycle					
Cycle monitoring time [ms]	150ms			Enable minimum cycle time for cyclic OBs	0
Minimum cycle time	1ms				
Communication load					

Cycle load due to communication [%]	20%				
Totally Integrated Automation Portal					
<b>System and clock memory\System memory bits</b>					
Enable the use of system memory byte	0	Address of system memory byte (MBx)	1	First cycle	
Diagnostic status changed		Always 1 (high)		Always 0 (low)	
<b>System and clock memory\Clock memory bits</b>					
Enable the use of clock memory byte	0	Address of clock memory byte (MBx)	0	10 Hz clock	
5 Hz clock		2.5 Hz clock		2 Hz clock	
1.25 Hz clock		1 Hz clock		0.625 Hz clock	
0.5 Hz clock					
<b>Web server\General</b>					
Activate Web server on all modules of this device	False	Permit access only with HTTPS	True		
<b>Web server\Automatic update</b>					
Enable automatic update	True	Update interval	0s		
<b>Web server\User management</b>					
User name				User rights	
Everybody					
<b>Web server\User-defined web pages</b>					
Application name	HTML source path	Default HTML page	Files with dynamic content	Web DB number	Fragment DB number
		index.htm	.htm;.html	333	334
<b>Web server\Overview of interfaces</b>					
Device	Interface		Enabled web server access		
PLC_1	Interfaz PROFINET_1		False		
<b>User interface languages</b>					
Assign project language			User interface languages		
Spanish (Spain)			German		
Spanish (Spain)			English		
Spanish (Spain)			French		
Spanish (Spain)			Spanish		
Spanish (Spain)			Italian		
Spanish (Spain)			Chinese (simplified)		
<b>Time of day\Local time</b>					
Time zone	(UTC +01:00) Berlin, Bern, Brussels, Rome, Stockholm, Vienna				
<b>Time of day\Daylight saving time</b>					
Activate daylight saving time	1	Difference between standard and daylight saving time	60min		
<b>Time of day\Daylight saving time\Start of daylight saving time</b>					
Starting week of the month:	Last		Sunday	of	March
at	01:00 a.m.				
<b>Time of day\Daylight saving time\Start of standard time</b>					
	Last		Sunday	of	October
at	02:00 a.m.				
<b>Protection &amp; Security</b>					
Level of protection	No protection				
<b>Protection &amp; Security\Connection mechanisms</b>					
Permit access with PUT/GET communication from remote partner	False				
<b>Protection &amp; Security\Security event</b>					
Summarize diagnostics in case of high message volume	True	Length of an interval	20	Unit	seconds
<b>Protection &amp; Security\External load memory</b>					
Disable copying from internal load memory to external load memory	False				
<b>Configuration control\Configuration control for central configuration</b>					
Allow to reconfigure the device via the user program	0				
<b>Connection resources\</b>					
	Station resources - Reserved - Maximum	Station resources - Reserved - Configured	Station resources - Dynamic - Configured	Module resources - PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] - Configured	
Maximum number of resources:		62	6	68	
	Maximum	Configured	Configured	Configured	
PG communication:	4	-	-	-	
HMI communication:	12	1	0	1	
S7 communication:	8	0	0	0	
Open user communication:	8	0	0	0	
Web communication:	30	-	-	-	
Other communication:	-	-	0	0	
Total resources used:		1	0	1	
Available resources:		61	6	67	

Overview of addresses\Overview of addresses\Overview of addresses

Inputs	True	Outputs	True	Address gaps	False
Slot	True				

**Anexo 5:**

Asignación de direcciones de entradas y salidas (I/O mapping):

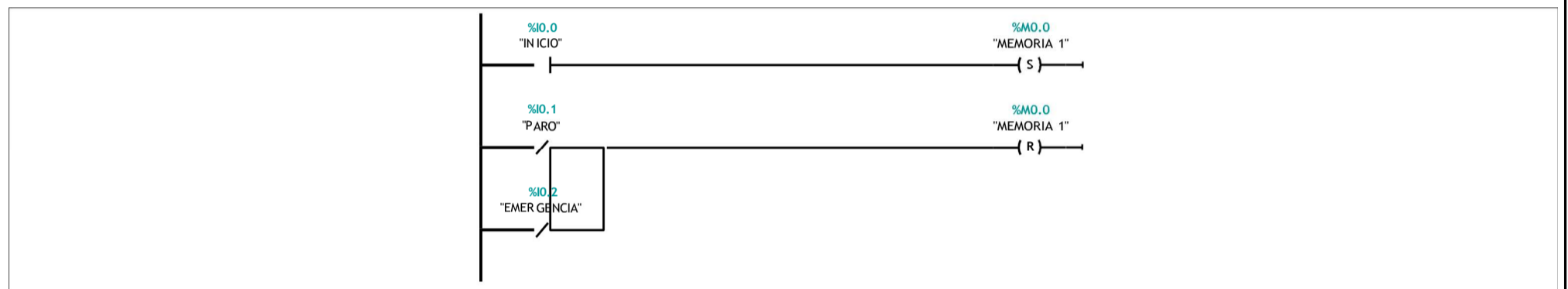
Type	Addr. from	Addr. to	Module	PIP	Device name	Device number	Size	Master / IO system	Rack	Slot
I	0	0	DI 8/DQ 6_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	1 Bytes	-	0	1 1
O	0	0	DI 8/DQ 6_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	1 Bytes	-	0	1 1
I	64	67	AI 2_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 2
I	1000	1003	HSC_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 16
I	1004	1007	HSC_2	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 17
I	1008	1011	HSC_3	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 18
I	1012	1015	HSC_4	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 19
I	1016	1019	HSC_5	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 20
I	1020	1023	HSC_6	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 21
O	1000	1001	Pulse_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 32
O	1002	1003	Pulse_2	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 33
O	1004	1005	Pulse_3	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 34
O	1006	1007	Pulse_4	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 35
I	96	103	AI 4x13BIT_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	8 Bytes	-	0	2

PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks

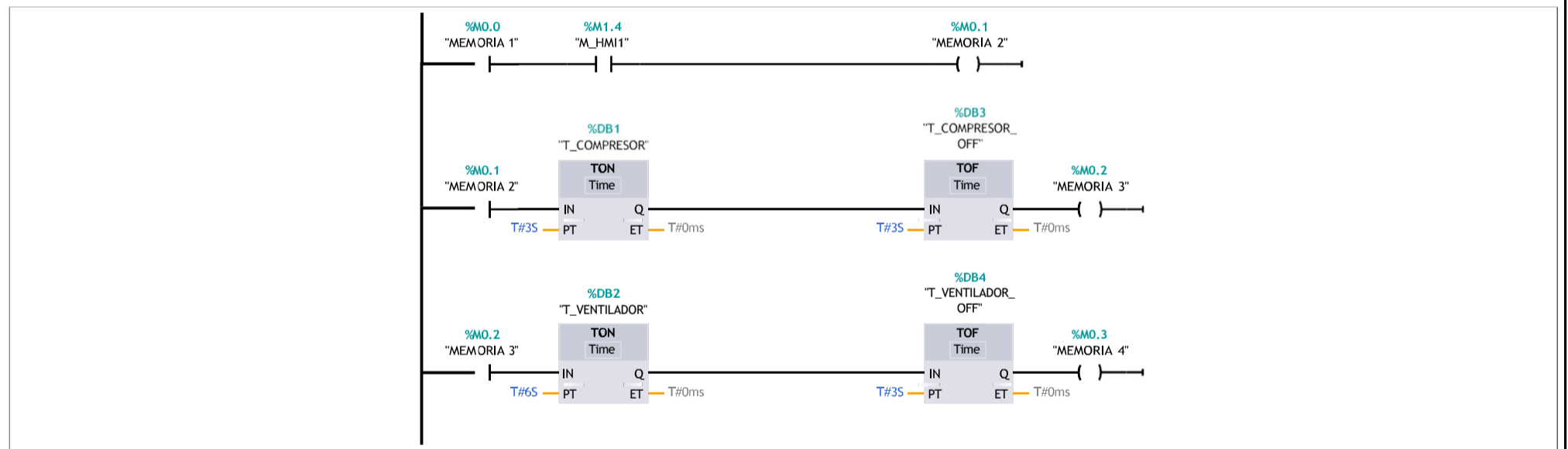
Main [OB1]

Main Properties							
General							
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					
Name	Data type	Default value	Comment				
▼ Input							
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB				
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available				
Temp							
Constant							

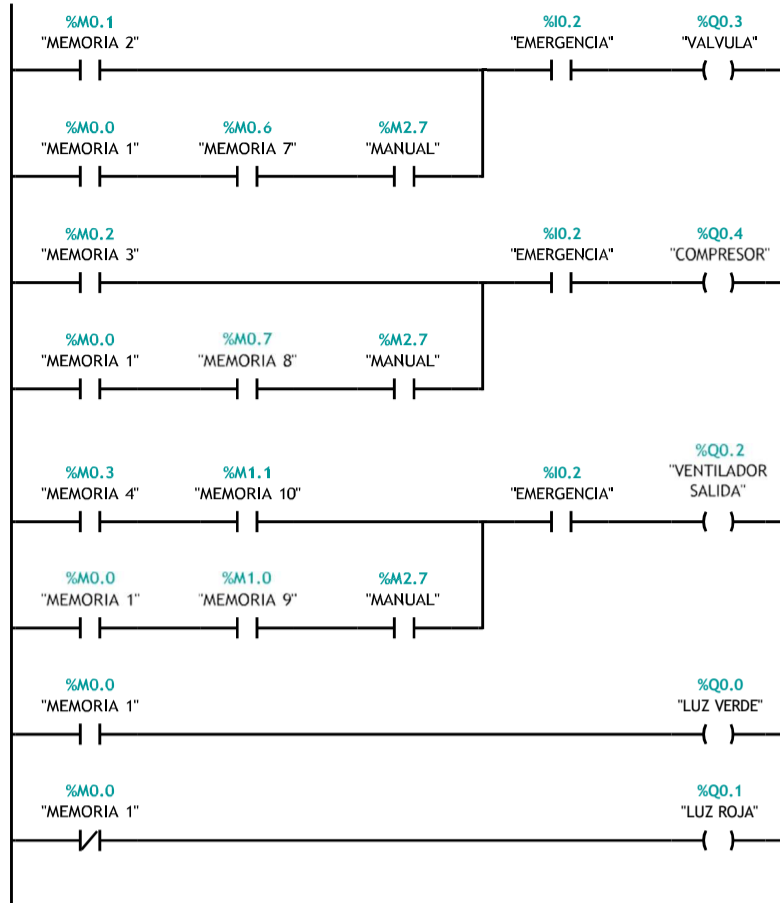
Network 1: INICIO PARO



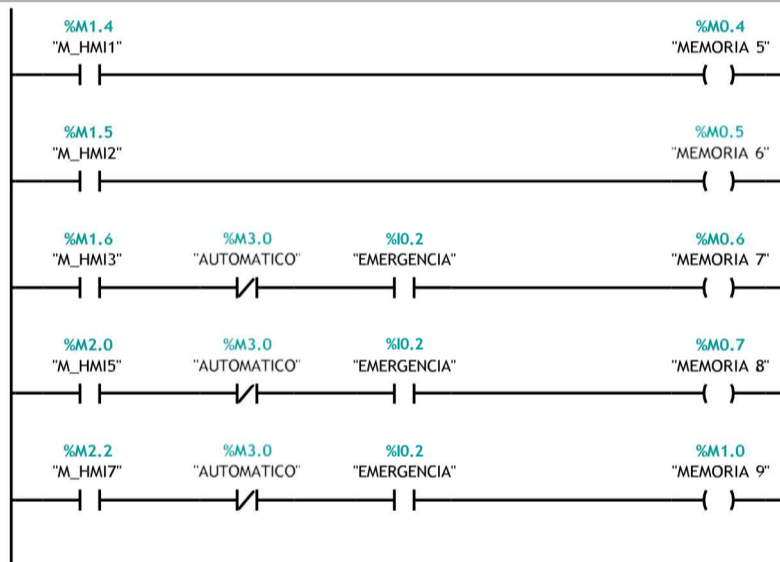
Network 2: AUTOMATICO ENCENDIDO APAGADO



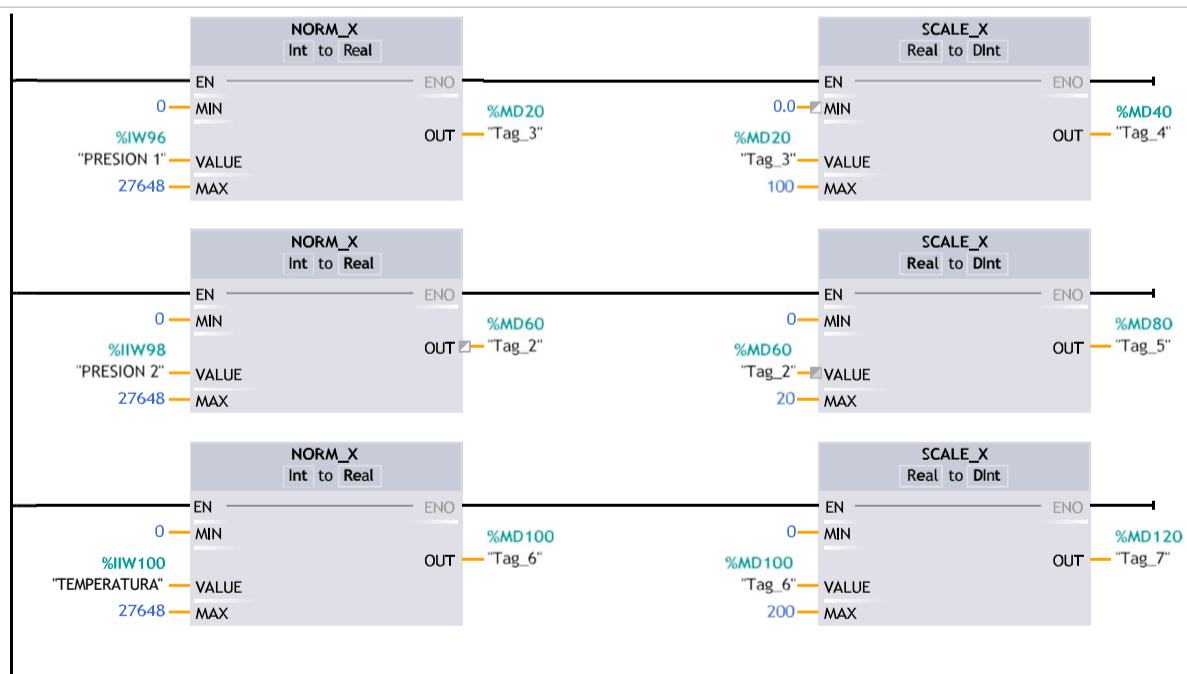
Network 3: SALIDAS



**Network 4: HMI BOTONES**



**Network 5: LECTURA ANALOGICA**



**Network 6:**



Network 7:



<b>Anexo 7:</b>	Bloque de datos (Data Block – DB) denominado T_COMPRESOR [DB1]
-----------------	--

PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks / System blocks / Program resources

T\_COMPRESOR [DB1]

T_COMPRESOR Properties									
General									
Name	T_COMPRESOR	Number	1	Type	DB	Language	DB		
Numbering	Automatic								
Information									
Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC		
Version	1.0	User-defined ID	IEC_TMR						
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Static									
PT	Time	T#0ms	False	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	False	True	False	True	False		
IN	Bool	false	False	True	True	True	False		
Q	Bool	false	False	True	False	True	False		

<b>Anexo 8:</b>	Bloque de datos (Data Block – DB) denominado T_VENTILADOR [DB2]
-----------------	---

PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks / System blocks / Program resources

T\_VENTILADOR [DB2]

T_VENTILADOR Properties									
General									
Name	T_VENTILADOR	Number	2	Type	DB	Language	DB		
Numbering	Automatic								
Information									
Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC		
Version	1.0	User-defined ID	IEC_TMR						
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Static									
PT	Time	T#0ms	False	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	False	True	False	True	False		
IN	Bool	false	False	True	True	True	False		
Q	Bool	false	False	True	False	True	False		

<b>Anexo 9:</b>	Bloque de datos (Data Block – DB) denominado T_COMPRESOR_OFF [DB3]
-----------------	--

PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks / System blocks / Program resources

T\_COMPRESOR\_OFF [DB3]

T_COMPRESOR_OFF Properties									
General									
Name	T_COMPRESOR_OFF	Number	3	Type	DB	Language	DB		
Numbering	Automatic								
Information									
Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC		
Version	1.0	User-defined ID	IEC_TMR						
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Static									
PT	Time	T#0ms	False	True	True	True	False		

ET	Time	T#0ms	False	True	False	True	False		
IN	Bool	false	False	True	True	True	False		
Q	Bool	false	False	True	False	True	False		

<b>Anexo 10:</b>	Bloque de datos (Data Block – DB) denominado T_VENTILADOR_OFF [DB4]	
------------------	---	--

**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks / System blocks / Program resources**  
**T\_VENTILADOR\_OFF [DB4]**

T_VENTILADOR_OFF Properties									
General									
Name	T_VENTILADOR_OFF	Number	4	Type	DB	Language	DB		
Numbering	Automatic								
Information									
Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC		
Version	1.0	User-defined ID	IEC_TMR						

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
▼ Static									
PT	Time	T#0ms	False	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	False	True	False	True	False		
IN	Bool	false	False	True	True	True	False		
Q	Bool	false	False	True	False	True	False		

<b>Anexo 11:</b>	Tabla de variables (PLC Tags) de entradas configuradas en el entorno TIA Portal	
------------------	---	--

### PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / Tabla de variables estándar [40]

#### PLC tags

PLC tags									
	Name	Data type	Address	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Supervision	Comment
	Tag_1	Word	%IW64	False	True	True	True		
	Tag_3	Real	%MD20	False	True	True	True		
	Tag_4	DInt	%MD40	False	True	True	True		
	TEMPERATURA	Int	%IW100	False	True	True	True		
	Tag_2	DInt	%MD60	False	True	True	True		
	Tag_5	DInt	%MD80	False	True	True	True		
	Tag_6	Real	%MD100	False	True	True	True		
	Tag_7	DInt	%MD120	False	True	True	True		
	Tag_8	DInt	%MD140	False	True	True	True		
	Tag_9	DInt	%MD160	False	True	True	True		

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

### PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / ENTRADAS [5]

#### PLC tags

PLC tags									
	Name	Data type	Address	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Supervision	Comment
	INICIO	Bool	%IO.0	False	True	True	True		
	PARO	Bool	%IO.1	False	True	True	True		
	EMERGENCIA	Bool	%IO.2	False	True	True	True		
	PRESION 1	Int	%IW96	False	True	True	True		
	PRESION 2	Int	%IW98	False	True	True	True		

<b>Anexo 12:</b>	Tabla de variables (PLC Tags) de memoria configuradas en el entorno TIA Portal	
------------------	--	--

### PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / MEMORIAS [25]

#### PLC tags

PLC tags									
	Name	Data type	Address	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Supervision	Comment
	MEMORIA 1	Bool	%M0.0	False	True	True	True		
	MEMORIA 2	Bool	%M0.1	False	True	True	True		
	MEMORIA 3	Bool	%M0.2	False	True	True	True		
	MEMORIA 4	Bool	%M0.3	False	True	True	True		
	MEMORIA 5	Bool	%M0.4	False	True	True	True		
	MEMORIA 6	Bool	%M0.5	False	True	True	True		
	MEMORIA 7	Bool	%M0.6	False	True	True	True		
	MEMORIA 8	Bool	%M0.7	False	True	True	True		
	MEMORIA 9	Bool	%M1.0	False	True	True	True		
	MEMORIA 10	Bool	%M1.1	False	True	True	True		
	MEMORIA 11	Bool	%M1.2	False	True	True	True		
	MEMORIA 12	Bool	%M1.3	False	True	True	True		
	M_HMI1	Bool	%M1.4	False	True	True	True		
	M_HMI2	Bool	%M1.5	False	True	True	True		
	M_HMI3	Bool	%M1.6	False	True	True	True		
	M_HMI4	Bool	%M1.7	False	True	True	True		

	M_HMI5	Bool	%M2.0	False	True	True	True		
	M_HMI6	Bool	%M2.1	False	True	True	True		
	M_HMI7	Bool	%M2.2	False	True	True	True		
	M_HMI8	Bool	%M2.3	False	True	True	True		
	M_HMI9	Bool	%M2.4	False	True	True	True		
	M_HMI10	Bool	%M2.5	False	True	True	True		
	M_HMI11	Bool	%M2.6	False	True	True	True		
	MANUAL	Bool	%M2.7	False	True	True	True		
	AUTOMATICO	Bool	%M3.0	False	True	True	True		

<b>Anexo 13:</b>	Tabla de variables (PLC Tags) de memoria configuradas en el entorno TIA Portal
------------------	--

**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / SALIDAS [5]**

**PLC tags**

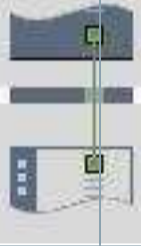
PLC tags									
	Name	Data type	Address	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Supervision	Comment
	LUZ VERDE	Bool	%Q0.0	False	True	True	True		
	LUZ ROJA	Bool	%Q0.1	False	True	True	True		
	VENTILADOR SALIDA	Bool	%Q0.2	False	True	True	True		
	VALVULA	Bool	%Q0.3	False	True	True	True		
	COMPRESOR	Bool	%Q0.4	False	True	True	True		

PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Local modules

PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]

PLC_1					
General\Project information					
Name	PLC_1	Author	SERGIO TIRADO MURILLO	Comment	
Slot	1	Rack	0		
General\Catalog information					
Short designation	CPU 1212C DC/DC/Rly	Description	Work memory 75 KB; 24VDC power supply with DI8 x 24VDC SINK/SOURCE, DQ6 x relay and AI2 on board; 4 high-speed counters (expandable with digital signal board) and 4 pulse outputs on board; signal board expands on-board I/O; up to 3 communication modules for serial communication; up to 2 signal modules for I/O expansion; PROFINET IO controller, I-device, transport protocol TCP/IP, secure Open User Communication, S7 communication, Web server, OPC UA: Server DA	Article number	6ES7 212-1HE40-0XB0
Firmware version	V4.4		False		
General\Identification & Maintenance					
Plant designation		Location identifier		Installation date	2025-10-25 01:37:37.274
Additional information					
General\Checksums					
Text lists	FA 70 E8 75 1D 5A 8E 29	Software	Not available (compile necessary)		
PROFINET interface [X1]\General					
Name	Interfaz PROFINET_1	Author	SERGIO TIRADO MURILLO	Comment	
PROFINET interface [X1]\General\Project information					
Name	DI 8/DQ 6_1	Comment		Name	AI 2_1
Comment					
PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\Interface networked with					
Subnet:	PN/IE_1				
PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\Internet protocol version 4 (IPv4)					
IP configuration	Set IP address in the project	IP address:	192.168.0.5	Subnet mask:	255.255.255.0
Use router	False				
PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\PROFINET					
PROFINET device name is set directly at the device	False	Generate PROFINET device name automatically	True	PROFINET device name:	plc_1
Converted name:	plcxb1d0ed	Device number:	0		
PROFINET interface [X1]\Time synchronization					
Enable time synchronization via NTP server	Enable time synchronization via NTP server		IP addresses	Server 1	0.0.0.0
Server 2	0.0.0.0	Server 3	0.0.0.0	Server 4	0.0.0.0
Update interval	10sec			CPU synchronizes the modules of the device.	No synchronization
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0					
Channel address	I0.0	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49152	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge0	Rising edge0		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49280	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge0	Falling edge0		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49153	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge1	Rising edge1		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49281	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge1	Falling edge1		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2					
Channel address	I0.2	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49154	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge2	Rising edge2		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49282	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge2	Falling edge2		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3					
Channel address	I0.3	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3\					

Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49155	Event name:	0
Totally Integrated Automation Portal					
Hardware interrupt:	0	Rising edge3	Rising edge3		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49283	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge3	Falling edge3		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49156	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge4	Rising edge4		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49284	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge4	Falling edge4		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49157	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge5	Rising edge5		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49285	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge5	Falling edge5		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49158	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge6	Rising edge6		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49286	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge6	Falling edge6		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49159	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge7	Rising edge7		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49287	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge7	Falling edge7		
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Noise reduction					
Integration time	50 Hz (20 ms)				
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Channel0					
Channel address	IW64	Measurement type	Voltage	Voltage range	0..10 V
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable overflow diagnostics	1
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Channel1					
Channel address	IW66	Measurement type	Voltage	Voltage range	0..10 V
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable overflow diagnostics	1
PROFINET interface [X1]\Digital outputs					
Reaction to CPU STOP	Use substitute value				
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel0					
Channel address	Q0.0	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel1					
Channel address	Q0.1	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel2					
Channel address	Q0.2	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel3					
Channel address	Q0.3	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel4					
Channel address	Q0.4	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel5					
Channel address	Q0.5	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Operating mode					
IO controller	True	IO system		Device number	0
IO device	False				
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Input addresses					
Start address	0.0	End address	0.7	Organization block	0
Process image	0				

PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Input addresses						
Start address	64	End address	67	Organization block	0	
Totally Integrated Automation Portal						
Process image 0						
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Output addresses						
Start address	0.0	End address	0.7	Organization block	0	
Process image 0						
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Interface options						
Support device replacement without exchangeable medium	True	Permit overwriting of device names of all assigned IO devices	False	Use IEC V2.2 LLDP mode	False	
Keep-Alive connection monitoring:	30s					
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Real time settings\IO communication						
Send clock:	1.000ms					
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Real time settings\Real time options						
Calculated bandwidth for cyclic IO data:	0.000ms	Calculated bandwidth for cyclic IO data:	0.000%			
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\General						
Name	Puerto_1	Author	BRYAN	Comment		
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port interconnection\Local port:						
Local port:	PLC_1\Interfaz PROFINET_1 [X1]\Puerto_1 [X1 P1]	Medium:	Copper	Cable name:	...	
						
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port interconnection\Partner port:						
	Monitoring of partner port is not possible	Partner port:	Any partner			
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Activate						
Activate this port for use	True					
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Connection						
Transmission rate / duplex:	Automatic	Monitor	False	Enable autonegotiation	True	
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Boundaries						
End of detection of accessible devices	False	End of topology discovery	False	End of the sync domain	False	
PROFINET interface [X1]\Web server access						
Enable Web server for the IP address of this interface	False	The Web server must also be activated in the properties of the PLC.				
High speed counters (HSC)\HSC1\General\Enable						
Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	
Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	
High speed counters (HSC)\HSC1\General\Project information						
Name	HSC_1	Comment		Name	HSC_2	
Comment		Name	HSC_3	Comment		
Name	HSC_4	Comment		Name	HSC_5	
Comment		Name	HSC_6	Comment		
High speed counters (HSC)\HSC1\I/O addresses\Input addresses						
Start address	1000.0	End address	1003.7	Start address	1004.0	
End address	1007.7	Organization block	0	Start address	1008.0	
End address	1011.7	Organization block	0	Process image	0	
Start address	1012.0	End address	1015.7	Organization block	0	
Process image	0	Start address	1016.0	End address	1019.7	
Organization block	0	Process image	0	Start address	1020.0	
End address	1023.7	Organization block	0	Process image	0	
Organization block	0	Process image	0	Process image	0	
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\General\Enable						
Enable this pulse generator	0	Enable this pulse generator	0			
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\General\Project information						
Name	Pulse_1	Comment		Name	Pulse_2	
Comment						
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\I/O addresses\Output addresses						
Start address	1000.0	End address	1001.7	Start address	1002.0	
End address	1003.7	Organization block	0	Organization block	0	
Process image	0	Process image	0			
Startup						
Startup after POWER ON	Warm restart - mode before POWER OFF	Comparison preset to actual configuration	Startup CPU even if mismatch	Configuration time	60000ms	
OBs should be interruptible	1					
Cycle						
Cycle monitoring time [ms]	150ms				Enable minimum cycle time for cyclic OBs	0

Minimum cycle time	1ms				
<b>Communication load</b>					
Cycle load due to communication [%]	20%				
Totally Integrated Automation Portal					
<b>System and clock memory\System memory bits</b>					
Enable the use of system memory byte	0	Address of system memory byte (MBx)	1	First cycle	
Diagnostic status changed		Always 1 (high)		Always 0 (low)	
<b>System and clock memory\Clock memory bits</b>					
Enable the use of clock memory byte	0	Address of clock memory byte (MBx)	0	10 Hz clock	
5 Hz clock		2.5 Hz clock		2 Hz clock	
1.25 Hz clock		1 Hz clock		0.625 Hz clock	
0.5 Hz clock					
<b>Web server\General</b>					
Activate Web server on all modules of this device	False	Permit access only with HTTPS	True		
<b>Web server\Automatic update</b>					
Enable automatic update	True	Update interval	0s		
<b>Web server\User management</b>					
User name			User rights		
Everybody					
<b>Web server\User-defined web pages</b>					
Application name	HTML source path	Default HTML page	Files with dynamic content	Web DB number	Fragment DB number
		index.htm	.htm;.html	333	334
<b>Web server\Overview of interfaces</b>					
Device	Interface			Enabled web server access	
PLC_1	Interfaz PROFINET_1			False	
<b>User interface languages</b>					
Assign project language			User interface languages		
Spanish (Spain)			German		
Spanish (Spain)			English		
Spanish (Spain)			French		
Spanish (Spain)			Spanish		
Spanish (Spain)			Italian		
Spanish (Spain)			Chinese (simplified)		
<b>Time of day\Local time</b>					
Time zone	(UTC +01:00) Berlin, Bern, Brussels, Rome, Stockholm, Vienna				
<b>Time of day\Daylight saving time</b>					
Activate daylight saving time	1	Difference between standard and daylight saving time	60min		
<b>Time of day\Daylight saving time\Start of daylight saving time</b>					
Starting week of the month:	Last		Sunday	of	March
at	01:00 a.m.				
<b>Time of day\Daylight saving time\Start of standard time</b>					
	Last		Sunday	of	October
at	02:00 a.m.				
<b>Protection &amp; Security</b>					
Level of protection	No protection				
<b>Protection &amp; Security\Connection mechanisms</b>					
Permit access with PUT/GET communication from remote partner	False				
<b>Protection &amp; Security\Security event</b>					
Summarize diagnostics in case of high message volume	True	Length of an interval	20	Unit	seconds
<b>Protection &amp; Security\External load memory</b>					
Disable copying from internal load memory to external load memory	False				
<b>Configuration control\Configuration control for central configuration</b>					
Allow to reconfigure the device via the user program	0				
<b>Connection resources\</b>					
	Station resources - Reserved - Maximum	Station resources - Reserved - Configured	Station resources - Dynamic - Configured	Module resources - PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] - Configured	
Maximum number of resources:	62	62	6	68	
	Maximum	Configured	Configured	Configured	
PG communication:	4	-	-	-	
HMI communication:	12	1	0	1	
S7 communication:	8	0	0	0	
Open user communication:	8	0	0	0	
Web communication:	30	-	-	-	
Other communication:	-	-	0	0	
Total resources used:		1	0	1	

Available resources:	61	6	67
Overview of addresses\Overview of addresses\Overview of addresses			
Inputs	True	Outputs	True
Slot	True	Address gaps	False

Totally Integrated Automation Portal

Type	Addr. from	Addr. to	Module	PIP	Device name	Device number	Size	Master / IO system	Rack	Slot
I	0	0	DI 8/DQ 6_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	1 Bytes	-	0	1 1
O	0	0	DI 8/DQ 6_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	1 Bytes	-	0	1 1
I	64	67	AI 2_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 2
I	1000	1003	HSC_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 16
I	1004	1007	HSC_2	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 17
I	1008	1011	HSC_3	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 18
I	1012	1015	HSC_4	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 19
I	1016	1019	HSC_5	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 20
I	1020	1023	HSC_6	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 21
O	1000	1001	Pulse_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 32
O	1002	1003	Pulse_2	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 33
O	1004	1005	Pulse_3	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 34
O	1006	1007	Pulse_4	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 35
I	96	103	AI 4x13BIT_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	8 Bytes	-	0	2

## PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Local modules

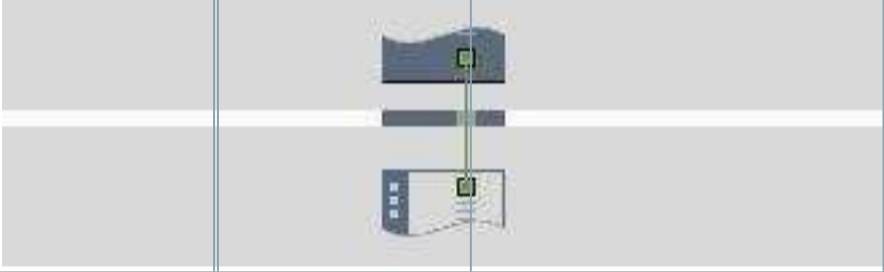
### AI 4x13BIT\_1

AI 4x13BIT_1					
General\Project information					
Name	AI 4x13BIT_1	Author	BRYAN	Comment	
Slot	2				
General\Catalog information					
Short designation	SM 1231 AI4	Description	Analog input module AI4 x 13 bits; plug-in terminal blocks; inputs: 2.5V, 5V 10V and 0/4 to 20mA; configurable frequency suppression; configurable smoothing; configurable diagnostics	Article number	6ES7 231-4HD32-0XB0
Firmware version	V2.1				
AI 4\Project information					
Name	AI 4x13BIT_1	Comment			
AI 4\Module diagnostics					
Enable power supply diagnostics	1	Additional diagnostics may be selected for each input/output.			
AI 4\Analog inputs\Noise reduction					
Integration time	50 Hz (20 ms)				
AI 4\Analog inputs\Channel0					
Channel address	IW96	Measurement type	Current	Current range	4..20 mA
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable broken wire diagnostics	0
Enable overflow diagnostics	1	Enable underflow diagnostics	0		
AI 4\Analog inputs\Channel1					
Channel address	IW98	Measurement type	Current	Current range	4..20 mA
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable broken wire diagnostics	0
Enable overflow diagnostics	1	Enable underflow diagnostics	0		
AI 4\Analog inputs\Channel2					
Channel address	IW100	Measurement type	Current	Current range	4..20 mA
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable broken wire diagnostics	0
Enable overflow diagnostics	1	Enable underflow diagnostics	0		
AI 4\Analog inputs\Channel3					
Channel address	IW102	Measurement type	Current	Current range	0..20 mA
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable broken wire diagnostics	0
Enable overflow diagnostics	1	Enable underflow diagnostics	1		
AI 4\I/O addresses\Input addresses					
Start address	96	End address	103	Organization block	0
Process image	0				

**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]**

<b>PLC_1</b>					
<b>General\Project information</b>					
Name	PLC_1	Author	SERGIO TIRADO MURILLO	Comment	
Slot	1	Rack	0		
<b>General\Catalog information</b>					
Short designation	CPU 1212C DC/DC/Rly	Description	Work memory 75 KB; 24VDC power supply with DI8 x 24VDC SINK/SOURCE, DQ6 x relay and AI2 on board; 4 high-speed counters (expandable with digital signal board) and 4 pulse outputs on board; signal board expands on-board I/O; up to 3 communication modules for serial communication; up to 2 signal modules for I/O expansion; PROFINET IO controller, I-device, transport protocol TCP/IP, secure Open User Communication, S7 communication, Web server, OPC UA: Server DA	Article number	6ES7 212-1HE40-0XB0
Firmware version	V4.4		False		
<b>General\Identification &amp; Maintenance</b>					
Plant designation		Location identifier		Installation date	2025-10-25 01:37:37.274
Additional information					
<b>General\Checksums</b>					
Text lists	FA 70 E8 75 1D 5A 8E 29	Software	Not available (compile necessary)		
<b>PROFINET interface [X1]\General</b>					
Name	Interfaz PROFINET_1	Author	SERGIO TIRADO MURILLO	Comment	
<b>PROFINET interface [X1]\General\Project information</b>					
Name	DI 8/DQ 6_1	Comment		Name	AI 2_1
Comment					
<b>PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\Interface networked with</b>					
Subnet:	PN/IE_1				
<b>PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\Internet protocol version 4 (IPv4)</b>					
IP configuration	Set IP address in the project	IP address:	192.168.0.5	Subnet mask:	255.255.255.0
Use router	False				
<b>PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\PROFINET</b>					
PROFINET device name is set directly at the device	False	Generate PROFINET device name automatically	True	PROFINET device name:	plc_1
Converted name:	plcxb1d0ed	Device number:	0		
<b>PROFINET interface [X1]\Time synchronization</b>					
Enable time synchronization via NTP server	Enable time synchronization via NTP server		IP addresses	Server 1	0.0.0.0
Server 2	0.0.0.0	Server 3	0.0.0.0	Server 4	0.0.0.0
Update interval	10sec			CPU synchronizes the modules of the device.	No synchronization
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0</b>					
Channel address	I0.0	Input filters	6.4 millisecc	Enable pulse catch	0
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0\</b>					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49152	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge0	Rising edge0		
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0\</b>					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49280	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge0	Falling edge0		
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1</b>					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millisecc	Enable pulse catch	0
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1\</b>					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49153	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge1	Rising edge1		
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1\</b>					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49281	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge1	Falling edge1		
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2</b>					
Channel address	I0.2	Input filters	6.4 millisecc	Enable pulse catch	0
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2\</b>					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49154	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge2	Rising edge2		
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2\</b>					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49282	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge2	Falling edge2		
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3</b>					
Channel address	I0.3	Input filters	6.4 millisecc	Enable pulse catch	0
<b>PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3\</b>					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49155	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge3	Rising edge3		

Totally Integrated Automation Portal					
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49283	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge3	Falling edge3		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4					
Channel address	I0.4	Input filters	6.4 millisec	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49156	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge4	Rising edge4		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49284	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge4	Falling edge4		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5					
Channel address	I0.5	Input filters	6.4 millisec	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49157	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge5	Rising edge5		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49285	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge5	Falling edge5		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6					
Channel address	I0.6	Input filters	6.4 millisec	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49158	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge6	Rising edge6		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49286	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge6	Falling edge6		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7					
Channel address	I0.7	Input filters	6.4 millisec	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49159	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge7	Rising edge7		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49287	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge7	Falling edge7		
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Noise reduction					
Integration time	50 Hz (20 ms)				
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Channel0					
Channel address	IW64	Measurement type	Voltage	Voltage range	0..10 V
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable overflow diagnostics	1
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Channel1					
Channel address	IW66	Measurement type	Voltage	Voltage range	0..10 V
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable overflow diagnostics	1
PROFINET interface [X1]\Digital outputs					
Reaction to CPU STOP	Use substitute value				
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel0					
Channel address	Q0.0	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel1					
Channel address	Q0.1	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel2					
Channel address	Q0.2	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel3					
Channel address	Q0.3	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel4					
Channel address	Q0.4	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel5					
Channel address	Q0.5	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Operating mode					
IO controller	True	IO system		Device number	0
IO device	False				
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Input addresses					
Start address	0.0	End address	0.7	Organization block	0
Process image	0				
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Input addresses					
Start address	64	End address	67	Organization block	0
Process image	0				

Totally Integrated Automation Portal					
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Output addresses					
Start address	0.0	End address	0.7	Organization block	0
Process image	0				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Interface options					
Support device replacement without exchangeable medium	True	Permit overwriting of device names of all assigned IO devices	False	Use IEC V2.2 LLDP mode	False
Keep-Alive connection monitoring:	30s				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Real time settings\IO communication					
Send clock:	1.000ms				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Real time settings\Real time options					
Calculated bandwidth for cyclic IO data:	0.000ms	Calculated bandwidth for cyclic IO data:	0.000%		
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\General					
Name	Puerto_1	Author	BRYAN	Comment	
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port interconnection\Local port:					
Local port:	PLC_1\Interfaz PROFINET_1 [X1]\Puerto_1 [X1 P1]	Medium:	Copper	Cable name:	...
					
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port interconnection\Partner port:					
	Monitoring of partner port is not possible	Partner port:	Any partner		
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Activate					
Activate this port for use	True				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Connection					
Transmission rate / duplex:	Automatic	Monitor	False	Enable autonegotiation	True
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Boundaries					
End of detection of accessible devices	False	End of topology discovery	False	End of the sync domain	False
PROFINET interface [X1]\Web server access					
Enable Web server for the IP address of this interface	False	The Web server must also be activated in the properties of the PLC.			
High speed counters (HSC)\HSC1\General\Enable					
Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0
Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0
High speed counters (HSC)\HSC1\General\Project information					
Name	HSC_1	Comment		Name	HSC_2
Comment		Name	HSC_3	Comment	
Name	HSC_4	Comment		Name	HSC_5
Comment		Name	HSC_6	Comment	
High speed counters (HSC)\HSC1\I/O addresses\Input addresses					
Start address	1000.0	End address	1003.7	Start address	1004.0
End address	1007.7	Organization block	0	Start address	1008.0
End address	1011.7	Organization block	0	Process image	0
Start address	1012.0	End address	1015.7	Organization block	0
Process image	0	Start address	1016.0	End address	1019.7
Organization block	0	Process image	0	Start address	1020.0
End address	1023.7	Organization block	0	Process image	0
Organization block	0	Process image	0	Process image	0
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\General\Enable					
Enable this pulse generator	0	Enable this pulse generator	0		
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\General\Project information					
Name	Pulse_1	Comment		Name	Pulse_2
Comment					
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\I/O addresses\Output addresses					
Start address	1000.0	End address	1001.7	Start address	1002.0
End address	1003.7	Organization block	0	Organization block	0
Process image	0	Process image	0		
Startup					
Startup after POWER ON	Warm restart - mode before POWER OFF	Comparison preset to actual configuration	Startup CPU even if mismatch	Configuration time	60000ms
OBs should be interruptible	1				
Cycle					
Cycle monitoring time [ms]	150ms			Enable minimum cycle time for cyclic OBs	0
Minimum cycle time	1ms				
Communication load					

Cycle load due to communication [%]	20%				
Totally Integrated Automation Portal					
<b>System and clock memory\System memory bits</b>					
Enable the use of system memory byte	0	Address of system memory byte (MBx)	1	First cycle	
Diagnostic status changed		Always 1 (high)		Always 0 (low)	
<b>System and clock memory\Clock memory bits</b>					
Enable the use of clock memory byte	0	Address of clock memory byte (MBx)	0	10 Hz clock	
5 Hz clock		2.5 Hz clock		2 Hz clock	
1.25 Hz clock		1 Hz clock		0.625 Hz clock	
0.5 Hz clock					
<b>Web server\General</b>					
Activate Web server on all modules of this device	False	Permit access only with HTTPS	True		
<b>Web server\Automatic update</b>					
Enable automatic update	True	Update interval	0s		
<b>Web server\User management</b>					
User name				User rights	
Everybody					
<b>Web server\User-defined web pages</b>					
Application name	HTML source path	Default HTML page	Files with dynamic content	Web DB number	Fragment DB number
		index.htm	.htm;.html	333	334
<b>Web server\Overview of interfaces</b>					
Device	Interface		Enabled web server access		
PLC_1	Interfaz PROFINET_1		False		
<b>User interface languages</b>					
Assign project language			User interface languages		
Spanish (Spain)			German		
Spanish (Spain)			English		
Spanish (Spain)			French		
Spanish (Spain)			Spanish		
Spanish (Spain)			Italian		
Spanish (Spain)			Chinese (simplified)		
<b>Time of day\Local time</b>					
Time zone	(UTC +01:00) Berlin, Bern, Brussels, Rome, Stockholm, Vienna				
<b>Time of day\Daylight saving time</b>					
Activate daylight saving time	1	Difference between standard and daylight saving time	60min		
<b>Time of day\Daylight saving time\Start of daylight saving time</b>					
Starting week of the month:	Last		Sunday	of	March
at	01:00 a.m.				
<b>Time of day\Daylight saving time\Start of standard time</b>					
	Last		Sunday	of	October
at	02:00 a.m.				
<b>Protection &amp; Security</b>					
Level of protection	No protection				
<b>Protection &amp; Security\Connection mechanisms</b>					
Permit access with PUT/GET communication from remote partner	False				
<b>Protection &amp; Security\Security event</b>					
Summarize diagnostics in case of high message volume	True	Length of an interval	20	Unit	seconds
<b>Protection &amp; Security\External load memory</b>					
Disable copying from internal load memory to external load memory	False				
<b>Configuration control\Configuration control for central configuration</b>					
Allow to reconfigure the device via the user program	0				
<b>Connection resources\</b>					
	Station resources - Reserved - Maximum	Station resources - Reserved - Configured	Station resources - Dynamic - Configured	Module resources - PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] - Configured	
Maximum number of resources:	62	6	68		
	Maximum	Configured	Configured	Configured	
PG communication:	4	-	-	-	
HMI communication:	12	1	0	1	
S7 communication:	8	0	0	0	
Open user communication:	8	0	0	0	
Web communication:	30	-	-	-	
Other communication:	-	-	0	0	
Total resources used:	1	0	1		
Available resources:	61	6	67		

Overview of addresses\Overview of addresses\Overview of addresses										
Inputs	True		Outputs	True		Address gaps	False			
Slot	True									
<b>Anexo 16:</b> Asignación de direcciones de entradas y salidas (I/O mapping):										
Type	Addr. from	Addr. to	Module	PIP	Device name	Device number	Size	Master / IO system	Rack	Slot
I	0	0	DI 8/DQ 6_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	1 Bytes	-	0	1 1
O	0	0	DI 8/DQ 6_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	1 Bytes	-	0	1 1
I	64	67	AI 2_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 2
I	1000	1003	HSC_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 16
I	1004	1007	HSC_2	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 17
I	1008	1011	HSC_3	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 18
I	1012	1015	HSC_4	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 19
I	1016	1019	HSC_5	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 20
I	1020	1023	HSC_6	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 21
O	1000	1001	Pulse_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 32
O	1002	1003	Pulse_2	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 33
O	1004	1005	Pulse_3	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 34
O	1006	1007	Pulse_4	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 35
I	96	103	AI 4x13BIT_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	8 Bytes	-	0	2

## PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks

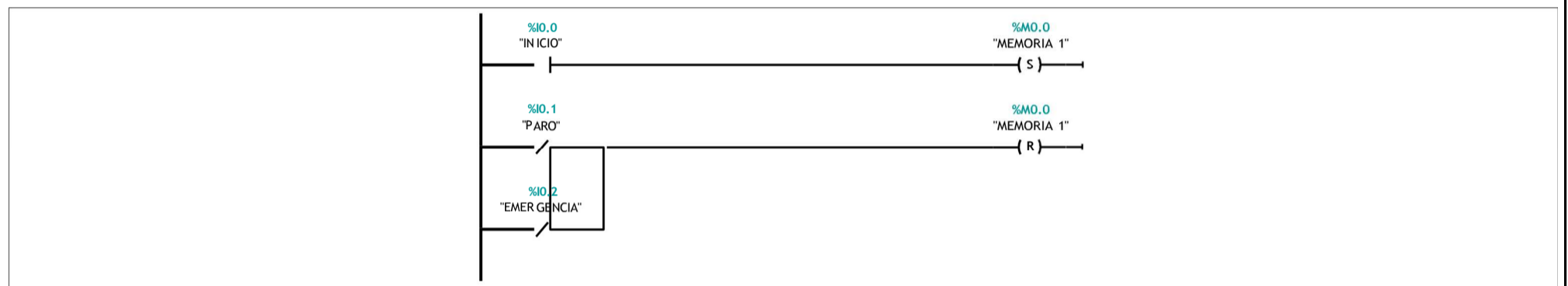
### Main [OB1]

Main Properties							
General							
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

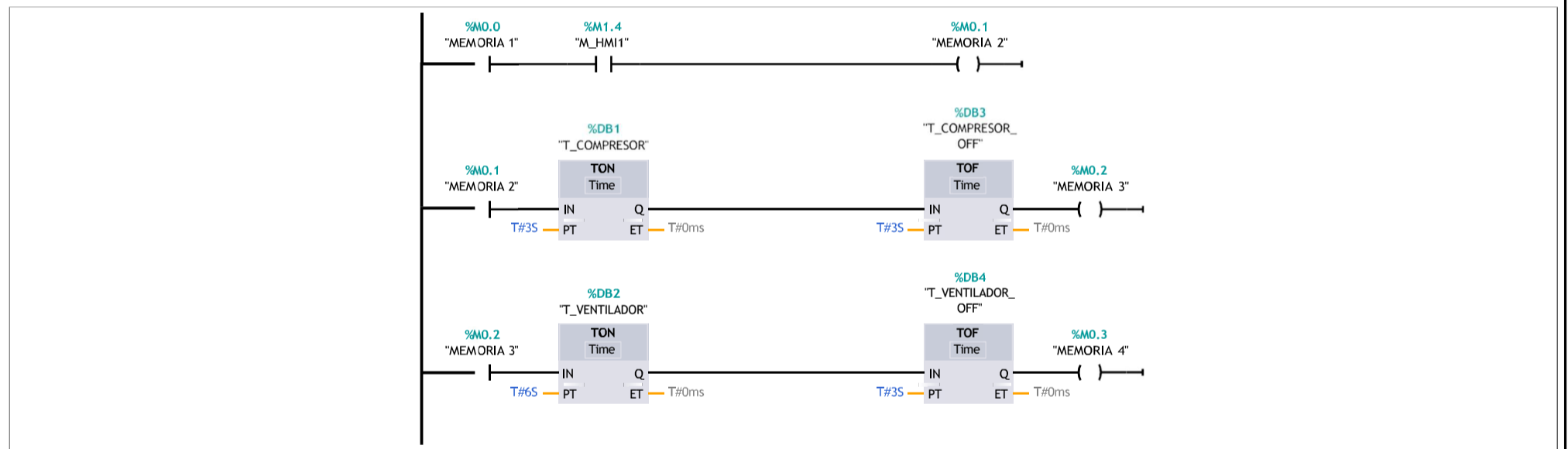
  

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

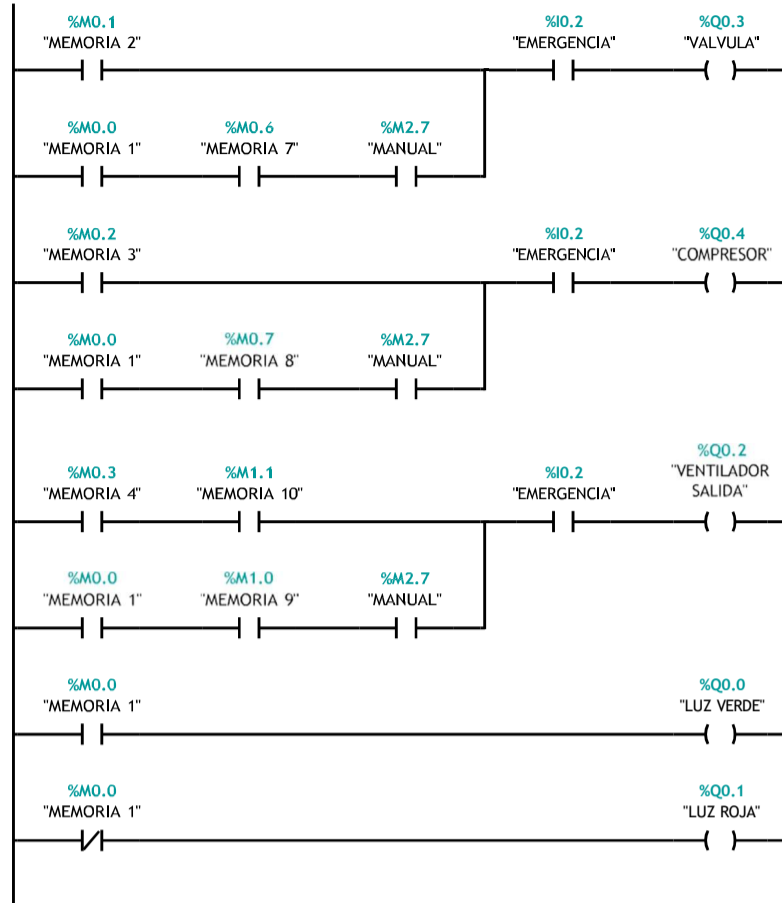
### Network 1: INICIO PARO



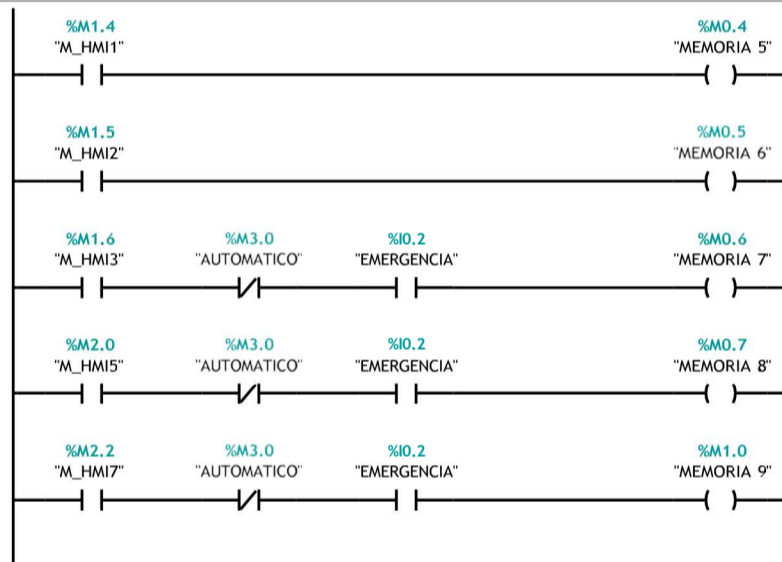
### Network 2: AUTOMATICO ENCENDIDO APAGADO



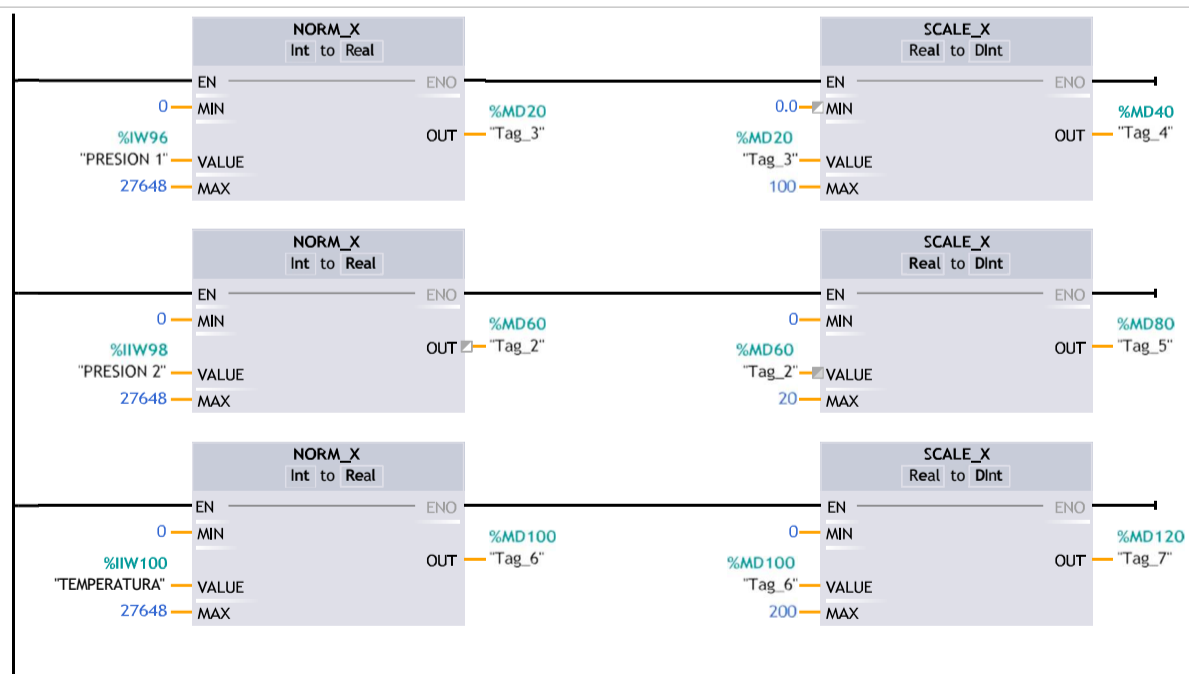
### Network 3: SALIDAS



**Network 4: HMI BOTONES**



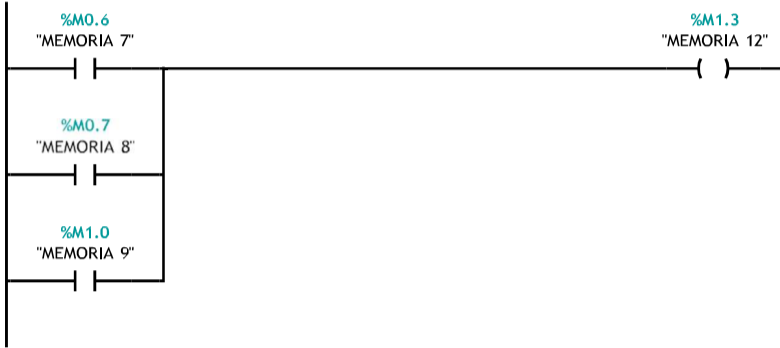
**Network 5: LECTURA ANALOGICA**



**Network 6:**



Network 7:



<b>Anexo 18:</b>	Bloque de datos (Data Block – DB) denominado T_COMPRESOR [DB1]
------------------	--

PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks / System blocks / Program resources

T\_COMPRESOR [DB1]

T_COMPRESOR Properties									
General									
Name	T_COMPRESOR	Number	1	Type	DB	Language	DB		
Numbering	Automatic								
Information									
Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC		
Version	1.0	User-defined ID	IEC_TMR						
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Static									
PT	Time	T#0ms	False	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	False	True	False	True	False		
IN	Bool	false	False	True	True	True	False		
Q	Bool	false	False	True	False	True	False		

<b>Anexo 19:</b>	Bloque de datos (Data Block – DB) denominado T_VENTILADOR [DB2]
------------------	---

PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks / System blocks / Program resources

T\_VENTILADOR [DB2]

T_VENTILADOR Properties									
General									
Name	T_VENTILADOR	Number	2	Type	DB	Language	DB		
Numbering	Automatic								
Information									
Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC		
Version	1.0	User-defined ID	IEC_TMR						
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Static									
PT	Time	T#0ms	False	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	False	True	False	True	False		
IN	Bool	false	False	True	True	True	False		
Q	Bool	false	False	True	False	True	False		

<b>Anexo 20:</b>	Bloque de datos (Data Block – DB) denominado T_COMPRESOR_OFF [DB3]
------------------	--

PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks / System blocks / Program resources

T\_COMPRESOR\_OFF [DB3]

T_COMPRESOR_OFF Properties									
General									
Name	T_COMPRESOR_OFF	Number	3	Type	DB	Language	DB		
Numbering	Automatic								
Information									
Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC		
Version	1.0	User-defined ID	IEC_TMR						
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Static									
PT	Time	T#0ms	False	True	True	True	False		

ET	Time	T#0ms	False	True	False	True	False		
IN	Bool	false	False	True	True	True	False		
Q	Bool	false	False	True	False	True	False		
<b>Anexo 21:</b>									
Bloque de datos (Data Block – DB) denominado T_VENTILADOR_OFF [DB4]									
<b>PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks / System blocks / Program resources</b>									
<b>T_VENTILADOR_OFF [DB4]</b>									
<b>T_VENTILADOR_OFF Properties</b>									
<b>General</b>									
<b>Name</b>	T_VENTILADOR_OFF	<b>Number</b>	4	<b>Type</b>	DB	<b>Language</b>	DB		
<b>Numbering</b>	Automatic								
<b>Information</b>									
<b>Title</b>		<b>Author</b>	Simatic	<b>Comment</b>		<b>Family</b>	IEC		
<b>Version</b>	1.0	<b>User-defined ID</b>	IEC_TMR						
<b>Name</b>	<b>Data type</b>	<b>Start value</b>	<b>Retain</b>	<b>Accessible from HMI/OPC UA/Web API</b>	<b>Writ-able from HMI/OPC UA/ Web API</b>	<b>Visible in HMI engi-neering</b>	<b>Setpoint</b>	<b>Supervi-sion</b>	<b>Comment</b>
▼ Static									
PT	Time	T#0ms	False	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	False	True	False	True	False		
IN	Bool	false	False	True	True	True	False		
Q	Bool	false	False	True	False	True	False		

<b>Anexo 22:</b>	Tabla de variables (PLC Tags) de entradas configuradas en el entorno TIA Portal
------------------	---

**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / Tabla de variables estándar [40]**

**PLC tags**

PLC tags									
	Name	Data type	Address	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Supervision	Comment
	Tag_1	Word	%IW64	False	True	True	True		
	Tag_3	Real	%MD20	False	True	True	True		
	Tag_4	DInt	%MD40	False	True	True	True		
	TEMPERATURA	Int	%IW100	False	True	True	True		
	Tag_2	DInt	%MD60	False	True	True	True		
	Tag_5	DInt	%MD80	False	True	True	True		
	Tag_6	Real	%MD100	False	True	True	True		
	Tag_7	DInt	%MD120	False	True	True	True		
	Tag_8	DInt	%MD140	False	True	True	True		
	Tag_9	DInt	%MD160	False	True	True	True		

Totally Integrated Automation Portal
--------------------------------------

**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / Tabla de variables estándar [40]**

**User constants**

User constants			
Name	Data type	Value	Comment

Totally Integrated Automation Portal
--------------------------------------

**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / ENTRADAS [5]**

**PLC tags**

PLC tags									
	Name	Data type	Address	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Supervision	Comment
	INICIO	Bool	%I0.0	False	True	True	True		
	PARO	Bool	%I0.1	False	True	True	True		
	EMERGENCIA	Bool	%I0.2	False	True	True	True		
	PRESION 1	Int	%IW96	False	True	True	True		
	PRESION 2	Int	%IW98	False	True	True	True		

Totally Integrated Automation Portal
--------------------------------------

**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / ENTRADAS [5]**

**User constants**

User constants			
Name	Data type	Value	Comment

Totally Integrated Automation Portal
--------------------------------------

**Anexo 23:**

Tabla de variables (PLC Tags) de memoria configuradas en el entorno TIA Portal

**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / MEMORIAS [25]**

**PLC tags**

PLC tags									
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Name	Data type	Address	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Supervision	Comment
MEMORIA 1	Bool	%M0.0	False	True	True	True		
MEMORIA 2	Bool	%M0.1	False	True	True	True		
MEMORIA 3	Bool	%M0.2	False	True	True	True		
MEMORIA 4	Bool	%M0.3	False	True	True	True		
MEMORIA 5	Bool	%M0.4	False	True	True	True		
MEMORIA 6	Bool	%M0.5	False	True	True	True		
MEMORIA 7	Bool	%M0.6	False	True	True	True		
MEMORIA 8	Bool	%M0.7	False	True	True	True		
MEMORIA 9	Bool	%M1.0	False	True	True	True		
MEMORIA 10	Bool	%M1.1	False	True	True	True		
MEMORIA 11	Bool	%M1.2	False	True	True	True		
MEMORIA 12	Bool	%M1.3	False	True	True	True		
M_HMI1	Bool	%M1.4	False	True	True	True		
M_HMI2	Bool	%M1.5	False	True	True	True		
M_HMI3	Bool	%M1.6	False	True	True	True		
M_HMI4	Bool	%M1.7	False	True	True	True		
M_HMI5	Bool	%M2.0	False	True	True	True		
M_HMI6	Bool	%M2.1	False	True	True	True		
M_HMI7	Bool	%M2.2	False	True	True	True		
M_HMI8	Bool	%M2.3	False	True	True	True		
M_HMI9	Bool	%M2.4	False	True	True	True		
M_HMI10	Bool	%M2.5	False	True	True	True		
M_HMI11	Bool	%M2.6	False	True	True	True		
MANUAL	Bool	%M2.7	False	True	True	True		
AUTOMATICO	Bool	%M3.0	False	True	True	True		

<b>Anexo 24:</b>	Tabla de variables (PLC Tags) de memoria configuradas en el entorno TIA Portal
------------------	--

**PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / PLC tags / SALIDAS [5]**  
**PLC tags**

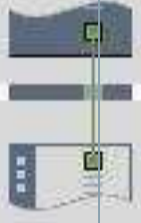
PLC tags								
Name	Data type	Address	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Supervision	Comment
LUZ VERDE	Bool	%Q0.0	False	True	True	True		
LUZ ROJA	Bool	%Q0.1	False	True	True	True		
VENTILADOR SALIDA	Bool	%Q0.2	False	True	True	True		
VALVULA	Bool	%Q0.3	False	True	True	True		
COMPRESOR	Bool	%Q0.4	False	True	True	True		

## PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Local modules

## PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]

PLC_1					
General\Project information					
Name	PLC_1	Author	SERGIO TIRADO MURILLO	Comment	
Slot	1	Rack	0		
General\Catalog information					
Short designation	CPU 1212C DC/DC/Rly	Description	Work memory 75 KB; 24VDC power supply with DI8 x 24VDC SINK/SOURCE, DQ6 x relay and AI2 on board; 4 high-speed counters (expandable with digital signal board) and 4 pulse outputs on board; signal board expands on-board I/O; up to 3 communication modules for serial communication; up to 2 signal modules for I/O expansion; PROFINET IO controller, I-device, transport protocol TCP/IP, secure Open User Communication, S7 communication, Web server, OPC UA: Server DA	Article number	6ES7 212-1HE40-0XB0
Firmware version	V4.4		False		
General\Identification & Maintenance					
Plant designation		Location identifier		Installation date	2025-10-25 01:37:37.274
Additional information					
General\Checksums					
Text lists	FA 70 E8 75 1D 5A 8E 29	Software	Not available (compile necessary)		
PROFINET interface [X1]\General					
Name	Interfaz PROFINET_1	Author	SERGIO TIRADO MURILLO	Comment	
PROFINET interface [X1]\General\Project information					
Name	DI 8/DQ 6_1	Comment		Name	AI 2_1
Comment					
PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\Interface networked with					
Subnet:	PN/IE_1				
PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\Internet protocol version 4 (IPv4)					
IP configuration	Set IP address in the project	IP address:	192.168.0.5	Subnet mask:	255.255.255.0
Use router	False				
PROFINET interface [X1]\Ethernet addresses\PROFINET					
PROFINET device name is set directly at the device	False	Generate PROFINET device name automatically	True	PROFINET device name:	plc_1
Converted name:	plcxb1d0ed	Device number:	0		
PROFINET interface [X1]\Time synchronization					
Enable time synchronization via NTP server	Enable time synchronization via NTP server		IP addresses	Server 1	0.0.0.0
Server 2	0.0.0.0	Server 3	0.0.0.0	Server 4	0.0.0.0
Update interval	10sec			CPU synchronizes the modules of the device.	No synchronization
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0					
Channel address	I0.0	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49152	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge0	Rising edge0		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel0\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49280	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge0	Falling edge0		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49153	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge1	Rising edge1		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel1\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49281	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge1	Falling edge1		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2					
Channel address	I0.2	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49154	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge2	Rising edge2		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel2\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49282	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge2	Falling edge2		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3					
Channel address	I0.3	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49155	Event name:	0

Totally Integrated Automation Portal					
Hardware interrupt:	0	Rising edge3	Rising edge3		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel3\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49283	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge3	Falling edge3		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49156	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge4	Rising edge4		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel4\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49284	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge4	Falling edge4		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49157	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge5	Rising edge5		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel5\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49285	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge5	Falling edge5		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49158	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge6	Rising edge6		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel6\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49286	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge6	Falling edge6		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7					
Channel address	I0.1	Input filters	6.4 millise	Enable pulse catch	0
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7\					
Enable rising edge detection	0	Prefix Event Rising Edge	49159	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Rising edge7	Rising edge7		
PROFINET interface [X1]\Digital inputs\Channel7\					
Enable falling edge detection	0	Prefix Event Falling Edge	49287	Event name:	0
Hardware interrupt:	0	Falling edge7	Falling edge7		
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Noise reduction					
Integration time	50 Hz (20 ms)				
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Channel0					
Channel address	IW64	Measurement type	Voltage	Voltage range	0..10 V
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable overflow diagnostics	1
PROFINET interface [X1]\Analog inputs\Channel1					
Channel address	IW66	Measurement type	Voltage	Voltage range	0..10 V
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable overflow diagnostics	1
PROFINET interface [X1]\Digital outputs					
Reaction to CPU STOP	Use substitute value				
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel0					
Channel address	Q0.0	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel1					
Channel address	Q0.1	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel2					
Channel address	Q0.2	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel3					
Channel address	Q0.3	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel4					
Channel address	Q0.4	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Digital outputs\Channel5					
Channel address	Q0.5	Substitute a value of 1 on a change from RUN to STOP.	0		
PROFINET interface [X1]\Operating mode					
IO controller	True	IO system		Device number	0
IO device	False				
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Input addresses					
Start address	0.0	End address	0.7	Organization block	0
Process image	0				
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Input addresses					
Start address	64	End address	67	Organization block	0

Totally Integrated Automation Portal					
Process image 0					
PROFINET interface [X1]\I/O addresses\Output addresses					
Start address	0.0	End address	0.7	Organization block	0
Process image 0					
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Interface options					
Support device replacement without exchangeable medium	True	Permit overwriting of device names of all assigned IO devices	False	Use IEC V2.2 LLDP mode	False
Keep-Alive connection monitoring:	30s				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Real time settings\IO communication					
Send clock:	1.000ms				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Real time settings\Real time options					
Calculated bandwidth for cyclic IO data:	0.000ms	Calculated bandwidth for cyclic IO data:	0.000%		
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\General					
Name	Puerto_1	Author	BRYAN	Comment	
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port interconnection\Local port:					
Local port:	PLC_1\Interfaz PROFINET_1 [X1]\Puerto_1 [X1 P1]	Medium:	Copper	Cable name:	...
					
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port interconnection\Partner port:					
	Monitoring of partner port is not possible	Partner port:	Any partner		
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Activate					
Activate this port for use	True				
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Connection					
Transmission rate / duplex:	Automatic	Monitor	False	Enable autonegotiation	True
PROFINET interface [X1]\Advanced options\Port [X1 P1]\Port options\Boundaries					
End of detection of accessible devices	False	End of topology discovery	False	End of the sync domain	False
PROFINET interface [X1]\Web server access					
Enable Web server for the IP address of this interface	False	The Web server must also be activated in the properties of the PLC.			
High speed counters (HSC)\HSC1\General\Enable					
Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0
Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0	Enable this high speed counter	0
High speed counters (HSC)\HSC1\General\Project information					
Name	HSC_1	Comment		Name	HSC_2
Comment		Name	HSC_3	Comment	
Name	HSC_4	Comment		Name	HSC_5
Comment		Name	HSC_6	Comment	
High speed counters (HSC)\HSC1\I/O addresses\Input addresses					
Start address	1000.0	End address	1003.7	Start address	1004.0
End address	1007.7	Organization block	0	Start address	1008.0
End address	1011.7	Organization block	0	Process image	0
Start address	1012.0	End address	1015.7	Organization block	0
Process image	0	Start address	1016.0	End address	1019.7
Organization block	0	Process image	0	Start address	1020.0
End address	1023.7	Organization block	0	Process image	0
Organization block	0	Process image	0	Process image	0
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\General\Enable					
Enable this pulse generator	0	Enable this pulse generator	0		
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\General\Project information					
Name	Pulse_1	Comment		Name	Pulse_2
Comment					
Pulse generators (PTO/PWM)\PTO1/PWM1\I/O addresses\Output addresses					
Start address	1000.0	End address	1001.7	Start address	1002.0
End address	1003.7	Organization block	0	Organization block	0
Process image	0	Process image	0		
Startup					
Startup after POWER ON	Warm restart - mode before POWER OFF	Comparison preset to actual configuration	Startup CPU even if mismatch	Configuration time	60000ms
OBs should be interruptible	1				
Cycle					
Cycle monitoring time [ms]	150ms				Enable minimum cycle time for cyclic OBs
Minimum cycle time	1ms				
Communication load					

Cycle load due to communication [%]	20%
-------------------------------------	-----

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

<b>System and clock memory\System memory bits</b>					
Enable the use of system memory byte	0	Address of system memory byte (MBx)	1	First cycle	
Diagnostic status changed		Always 1 (high)		Always 0 (low)	

<b>System and clock memory\Clock memory bits</b>					
Enable the use of clock memory byte	0	Address of clock memory byte (MBx)	0	10 Hz clock	
5 Hz clock		2.5 Hz clock		2 Hz clock	
1.25 Hz clock		1 Hz clock		0.625 Hz clock	
0.5 Hz clock					

<b>Web server\General</b>					
Activate Web server on all modules of this device	False	Permit access only with HTTPS	True		

<b>Web server\Automatic update</b>					
Enable automatic update	True	Update interval	0s		

<b>Web server\User management</b>					
User name	Everybody			User rights	

<b>Web server\User-defined web pages</b>					
Application name	HTML source path	Default HTML page	Files with dynamic content	Web DB number	Fragment DB number
		index.htm	.htm;.html	333	334

<b>Web server\Overview of interfaces</b>					
Device	Interface			Enabled web server access	
PLC_1	Interfaz PROFINET_1			False	

<b>User interface languages</b>					
Assign project language			User interface languages		
Spanish (Spain)			German		
Spanish (Spain)			English		
Spanish (Spain)			French		
Spanish (Spain)			Spanish		
Spanish (Spain)			Italian		
Spanish (Spain)			Chinese (simplified)		

<b>Time of day\Local time</b>					
Time zone	(UTC +01:00) Berlin, Bern, Brussels, Rome, Stockholm, Vienna				

<b>Time of day\Daylight saving time</b>					
Activate daylight saving time	1	Difference between standard and daylight saving time	60min		

<b>Time of day\Daylight saving time\Start of daylight saving time</b>					
Starting week of the month:	Last		Sunday	of	March
at	01:00 a.m.				

<b>Time of day\Daylight saving time\Start of standard time</b>					
	Last		Sunday	of	October
at	02:00 a.m.				

<b>Protection &amp; Security</b>					
Level of protection	No protection				

<b>Protection &amp; Security\Connection mechanisms</b>					
Permit access with PUT/GET communication from remote partner	False				

<b>Protection &amp; Security\Security event</b>					
Summarize diagnostics in case of high message volume	True	Length of an interval	20	Unit	seconds

<b>Protection &amp; Security\External load memory</b>					
Disable copying from internal load memory to external load memory	False				

<b>Configuration control\Configuration control for central configuration</b>					
Allow to reconfigure the device via the user program	0				

<b>Connection resources\</b>					
	Station resources - Reserved - Maximum	Station resources - Reserved - Configured	Station resources - Dynamic - Configured	Module resources - PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] - Configured	
Maximum number of resources:	Maximum	Configured	Configured	Configured	
PG communication:	4	-	-	-	
HMI communication:	12	1	0	1	
S7 communication:	8	0	0	0	
Open user communication:	8	0	0	0	
Web communication:	30	-	-	-	
Other communication:	-	-	0	0	
Total resources used:		1	0	1	
Available resources:		61	6	67	

<b>Overview of addresses\Overview of addresses\Overview of addresses</b>					
--	--	--	--	--	--

Inputs	True	Outputs	True	Address gaps	False					
Slot	True									
Totally Integrated Automation Portal										
Type	Addr. from	Addr. to	Module	PIP	Device name	Device number	Size	Master / IO system	Rack	Slot
I	0	0	DI 8/DQ 6_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	1 Bytes	-	0	1 1
O	0	0	DI 8/DQ 6_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	1 Bytes	-	0	1 1
I	64	67	AI 2_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 2
I	1000	1003	HSC_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 16
I	1004	1007	HSC_2	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 17
I	1008	1011	HSC_3	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 18
I	1012	1015	HSC_4	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 19
I	1016	1019	HSC_5	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 20
I	1020	1023	HSC_6	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	4 Bytes	-	0	1 21
O	1000	1001	Pulse_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 32
O	1002	1003	Pulse_2	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 33
O	1004	1005	Pulse_3	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 34
O	1006	1007	Pulse_4	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	2 Bytes	-	0	1 35
I	96	103	AI 4x13BIT_1	Automatic update	PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	-	8 Bytes	-	0	2

## PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Local modules

### AI 4x13BIT\_1

AI 4x13BIT_1					
General\Project information					
Name	AI 4x13BIT_1	Author	BRYAN	Comment	
Slot	2				
General\Catalog information					
Short designation	SM 1231 AI4	Description	Analog input module AI4 x 13 bits; plug-in terminal blocks; inputs: 2.5V, 5V 10V and 0/4 to 20mA; configurable frequency suppression; configurable smoothing; configurable diagnostics	Article number	6ES7 231-4HD32-0XB0
Firmware version	V2.1				
AI 4\Project information					
Name	AI 4x13BIT_1	Comment			
AI 4\Module diagnostics					
Enable power supply diagnostics	1	Additional diagnostics may be selected for each input/output.			
AI 4\Analog inputs\Noise reduction					
Integration time	50 Hz (20 ms)				
AI 4\Analog inputs\Channel0					
Channel address	IW96	Measurement type	Current	Current range	4..20 mA
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable broken wire diagnostics	0
Enable overflow diagnostics	1	Enable underflow diagnostics	0		
AI 4\Analog inputs\Channel1					
Channel address	IW98	Measurement type	Current	Current range	4..20 mA
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable broken wire diagnostics	0
Enable overflow diagnostics	1	Enable underflow diagnostics	0		
AI 4\Analog inputs\Channel2					
Channel address	IW100	Measurement type	Current	Current range	4..20 mA
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable broken wire diagnostics	0
Enable overflow diagnostics	1	Enable underflow diagnostics	0		
AI 4\Analog inputs\Channel3					
Channel address	IW102	Measurement type	Current	Current range	0..20 mA
Smoothing	Weak (4 cycles)			Enable broken wire diagnostics	0
Enable overflow diagnostics	1	Enable underflow diagnostics	1		
AI 4\I/O addresses\Input addresses					
Start address	96	End address	103	Organization block	0
Process image	0				