



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN
DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN
MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ELMER MAMANI QUISPE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO**

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN
DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN
MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ELMER MAMANI QUISPE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

PRIMER MIEMBRO

:

Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

SEGUNDO MIEMBRO

:

Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

ASESOR DE TESIS

:

M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1335-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU-9776 presentado por el (la) Bachiller: **ELMER MAMANI QUISPE** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **ELMER MAMANI QUISPE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **1er Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS
- * **2do Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

ARTICULO SEGUNDO. – RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. – APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **ELMER MAMANI QUISPE**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 31 de octubre del 2025
- * **HORA** : 15:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - FICP

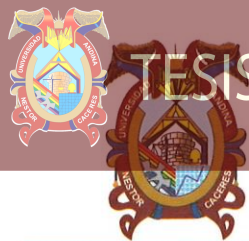
ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



cc.
Archivo 2025
Interesado (s)





TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1008-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 5730 por el señor (a): **ELMER MAMANI QUISPE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 802 - 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 015 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPIM** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ELMER MAMANI QUISPE**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 015 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

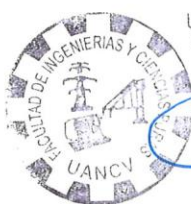
RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **ELMER MAMANI QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (S)
CIP. 32730

cc.
Archivo 2025
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
“OFICINA DE INVESTIGACIÓN”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 881-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 6546, presentado por el señor (a) **ELMER MAMANI QUISPE** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la RESOLUCIÓN DECANAL N° 1017-2024-D-UI-FICP-UANCV Aprobación de la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ELMER MAMANI QUISPE**, ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la RESOLUCIÓN DECANAL N° 1017-2024-D-UI-FICP-UANCV Aprobación de la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, designado al señor (a): **ELMER MAMANI QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1017-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 16 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 10261, presentado por el señor (a) **ELMER MAMANI QUISPE** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 801-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 028 -2024 del integrante del comité de investigación **EPIM** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ELMER MAMANI QUISPE**, ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 028 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **ELMER MAMANI QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulada: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
DR. ELMER MAMANI QUISPE
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc:
Archivo 202
Interesado (s)



ELMER MAMANI QUISPE

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL ...

 Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:598611358

Fecha de entrega

8 jun 2026, 22:32 GMT-5

Fecha de descarga

16 jun 2026, 11:24 GMT-5

Nombre del archivo

T036_70173869_T.docx

Tamaño del archivo

25.3 MB

151 páginas

18.651 palabras

108.862 caracteres



11% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuente excluida

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

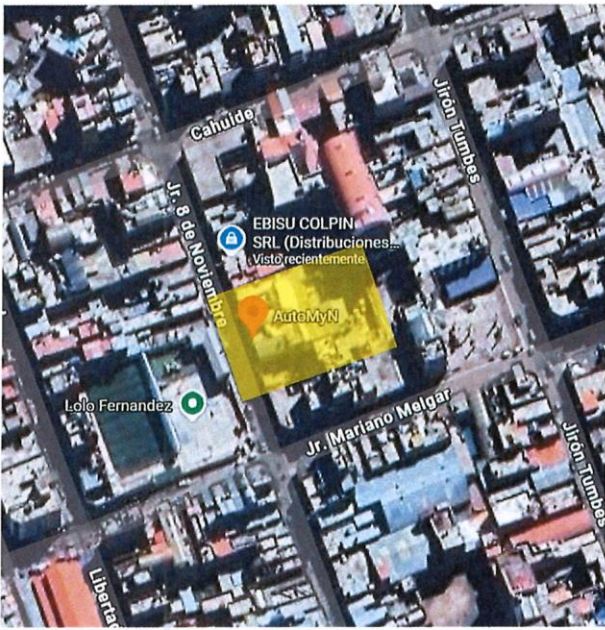
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



METADATOS COMPLEMENTARIOS

TÍTULO DE LA TESIS	
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ELMER MAMANI QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70173869
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-5092-9880
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02064066



Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.5290364 Longitud: -70.1134318 URL Maps:  https://maps.app.goo.gl/79Ev2AdRh6NVHbid8
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2023 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Robótica, Control automático https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.02 Mecánica Aplicada https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.02



UNIVERSIDAD NACIONAL "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ELMER MAMANI QUISPE, identificado con DNI
Nro. 70173869, en mi condición de egresado de:

- ☒ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECATRÓNICA

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE
DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO
ELECTRONEUMÁTICO**

Asesorado por: M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 18 de DICIEMBRE del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres, por ser ejemplo de constancia, entrega y amor. Gracias por cada consejo, por su apoyo incansable y por estar siempre presentes en cada paso que he dado.

A mis hermanos, por su compañía, apoyo y palabras de aliento en los momentos más difíciles.

A ellos, que siempre creyeron en mí, les entrego con gratitud este logro, que también les pertenece.

Elmer, Mamani Quispe



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fuerza y la perseverancia para culminar esta etapa importante de mi formación.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por ser mi principal Nota de motivación. A mis docentes y asesores, por compartir su conocimiento y orientarme durante el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, gracias a todos quienes, de alguna manera, contribuyeron a la realización de esta tesis.

Elmer, Mamani Quispe



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Descripción del Problema.....	1
1.1.1 Problema general.....	2
1.1.2 Problemas Específicos.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivos general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Alcances.....	4
1.5 Limitaciones.....	5
1.6 Hipótesis.....	5
1.6.1 Hipótesis general	5
1.6.2 Hipótesis Específicas	5



1.7	Variables de Investigación.....	6
1.8	Operacionalización de Variables	6

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes de la Investigación	7
2.1.1	Nivel Internacional.....	7
2.1.2	Nivel Nacional	12
2.1.3	Nivel Local.....	16
2.2	Bases Teóricas.....	18
2.2.1	Sistemas SCADA.....	18
2.2.2	Automatización Industrial	25
2.2.3	Controladores Lógicos Programables (PLC).....	30
2.2.4	Interfaz Humano – Máquina.....	34
2.2.5	Comunicación Industrial.....	36
2.2.6	Sistemas Electroneumáticos.....	38

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Método de Investigación.....	43
3.2	Tipo de Investigación.....	43
3.3	Diseño de Investigación	44
3.4	Ámbito de Investigación	44
3.5	Población y Muestra	44
3.5.1	Población	44



3.5.2 Muestra	45
3.6 Técnica e Instrumentos de Recolección de Información	45
3.7 Recolección de Datos.....	45

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Descripción General del Proyecto	47
4.2 Arquitectura del Sistema	48
4.3 Diagrama de Bloques del Sistema	50
4.4 Procedimiento de desarrollo de la Propuesta.....	50
4.4.1 Definición de la Secuencia.....	50
4.4.2 Diagrama Espacio – Fase.....	50
4.4.3 Diagrama de Estados.....	53
4.4.4 Diagrama de Mandos.....	53
4.5 Programación del PLC	55
4.6 Elaboración de la Pantalla HMI TP700.....	62
4.7 Desarrollo del Sistema SCADA.....	65
4.7.1 Integración y Pruebas del Sistema.....	75
4.7.2 Validación final	76
4.8 Recursos y materiales utilizados	76
4.8.1 Recursos Materiales y Tecnológicos.....	76
4.8.2 Recursos Digitales y de Software	77
4.8.3 Recursos Humanos y de Apoyo.....	78



4.9 Validación del Sistema SCADA	78
--	----

CAPÍTULO V

RESULTADOS DEL SISTEMA

5.1 Resultados de Pruebas Funcionales	82
5.1.1 Verificación de la Secuencia Programada	82
5.1.2 Tiempo de Respuesta	83
5.1.3 Modo Manual y Automático	84
5.2 Resultado del Sistema SCADA	85
5.2.1 Visualización de Estados y Variables	85
5.2.2 Supervisión en Tiempo Real	86
5.2.3 Registro de Eventos y Tendencias	87
5.3 Evaluación de la Interfaz SCADA	88
5.3.1 Evaluación de Desempeño	88
5.3.2 Respuesta Ante Entradas y Eventos	89
5.3.3 Integración Entre Hardware y Software	89
5.3.4 Seguridad	89
5.3.5 Observaciones Técnicas y Mejoras Aplicadas	90
5.4 Discusión de Resultado	91
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	103



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura básica de un sistema SCADA.....	21
Figura 2 Niveles de automatización industrial	28
Figura 3 Estructura de un PLC	32
Figura 4 Componentes de un sistema electroneumático	40
Figura 5 Módulo Electroneumático.....	48
Figura 6 Arquitectura del Módulo Electroneumático.....	49
Figura 7 Circuito de los cilindros electroneumáticos	51
Figura 8 Diagrama de Funciones	51
Figura 9 Diagrama Espacio – Fase.....	52
Figura 10 Diagrama de Estados.....	53
Figura 11 Diagrama de Mandos	54
Figura 12 Configuración del Hardware.....	55
Figura 13 Creación de Nuevo Proyecto	56
Figura 14 Integrando el PLC	57
Figura 15 Configuración del PLC	57
Figura 16 Configuración de la subred	58
Figura 17 Creación de las variables.....	59
Figura 18 Creación de la programación Ladder	60
Figura 19 Seleccionando los valores del PLC	61
Figura 20 Cargando el programa	61
Figura 21 Finalizando la carga al PLC	62
Figura 22 Agregando el HMI TP700	63
Figura 23 Vista del HMI agregado.....	63
Figura 24 Configuración de la dirección IP del HMI	64



Figura 25 Interfaz de la HMI TP700	64
Figura 26 Agregando WinCC RT Advanced	66
Figura 27 Vista de WinCC RT Adv	67
Figura 28 Vista de conexión entre los dispositivos	67
Figura 29 Verificación de la subred	68
Figura 30 Dirección de WinCC RT Adv	68
Figura 31 Dirección de la PC	69
Figura 32 Interfaz de la pantalla WinCC RT Adv	70
Figura 33 WinCC runtime loader	70
Figura 34 Transferencia de la interfaz	71
Figura 35 Ventana de configuración de WinCC Adv	71
Figura 36 Configuración de WinCC RT Adv	72
Figura 37 Cargando a WinCC RT Adv	73
Figura 38 Ventana de Star Center	73
Figura 39 Dirección del archivo "pdata"	74
Figura 40 Interfaz del archivo "pdata"	74
Figura 41 Pruebas del sistema	75
Figura 42 Verificación de la secuencia programada	83
Figura 43 Modo de operación manual y automático	84
Figura 44 Visualización y funcionamiento del sistema SCADA	86
Figura 45 Supervisión en tiempo real	87
Figura 46 Evaluación del sistema SCADA	88
Figura 47 Visualización de desempeño	91



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	6
Tabla 2 Recolección de datos durante la validación	46
Tabla 3 Recurso materiales y tecnológicos	76
Tabla 4 Recursos digitales y de software	77
Tabla 5 Recursos humanos	78
Tabla 6 Tiempo de respuestas.....	83



RESUMEN

Los sistemas SCADA se han consolidado como componentes fundamentales en la automatización industrial moderna, ya que permiten la supervisión y el control de procesos en tiempo real mediante la recopilación de datos desde sensores y dispositivos de campo. A su vez, la electroneumática ofrece una solución eficaz para ejecutar movimientos mecánicos, al combinar la potencia del aire comprimido con la precisión del control electrónico. La fusión de ambas tecnologías no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también resulta especialmente valiosa en entornos formativos.

Este trabajo plantea el desarrollo de un sistema SCADA orientado al control de un módulo electroneumático con fines educativos. El prototipo está conformado por un controlador lógico programable (PLC), sensores de posición, electroválvulas y una interfaz HMI diseñada en el entorno TIA Portal utilizando WinCC Advance. La plataforma permite gestionar el módulo de forma remota, visualizar el estado del sistema, registrar variables relevantes y emitir avisos ante condiciones anómalas.

La iniciativa busca fortalecer las competencias prácticas de estudiantes en el ámbito de la automatización industrial, brindando una experiencia de aprendizaje cercana a la realidad de planta. Además, su estructura modular y accesible permite su implementación en centros de formación técnica o pequeñas industrias. En el desarrollo del proyecto se abordan el problema identificado, los objetivos trazados, el sustento teórico, la metodología aplicada y el diseño general de la solución propuesta.

Palabras claves: Desarrollo, sistema, supervisión, adquisición, datos, monitoreo, control.



ABSTRACT

SCADA systems have established themselves as fundamental components in modern industrial automation, enabling real-time process monitoring and control by collecting data from sensors and field devices. Electropneumatics, in turn, offers an effective solution for executing mechanical movements by combining the power of compressed air with the precision of electronic control. The fusion of both technologies not only improves operational efficiency but is also especially valuable in training environments.

This project proposes the development of a SCADA system aimed at controlling an electropneumatic module for educational purposes. The prototype consists of a programmable logic controller (PLC), position sensors, solenoid valves, and an HMI interface designed in the TIA Portal environment using WinCC Advance. The platform allows remote management of the module, visualization of system status, recording of relevant variables, and issuing alerts in the event of abnormal conditions.

The initiative seeks to strengthen students' practical skills in the field of industrial automation by providing a learning experience that is close to the real world of the plant. Furthermore, its modular and accessible structure allows for implementation in technical training centers or small industries. The project's development addresses the identified problem, the established objectives, the theoretical foundation, the applied methodology, and the overall development of the proposed solution.

Keywords: Development, system, supervision, acquisition, data, monitoring, control.



INTRODUCCIÓN

Actualmente, los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) representan una herramienta esencial en la gestión automatizada de procesos industriales. Estas soluciones permiten recopilar información desde el entorno físico a través de sensores y actuadores, procesarla mediante controladores, y visualizarla en tiempo real por medio de interfaces gráficas. Paralelamente, la electroneumática, una tecnología que integra sistemas de control electrónico con mecanismos neumáticos, se ha consolidado como una opción eficiente para la automatización de movimientos mecánicos. La integración de ambas tecnologías no solo mejora el desempeño operativo, también facilita su aplicación en entornos educativos y formativos.

Este proyecto se centra en el desarrollo de un sistema SCADA orientado al control de un módulo electroneumático con fines didácticos. La propuesta parte de un enfoque experimental, en el cual se implementa un prototipo funcional compuesto por un PLC, sensores de posición, electroválvulas y una HMI desarrollada en TIA Portal con WinCC Advance. El sistema permite operar el módulo a distancia, mostrar el estado de funcionamiento en tiempo real, registrar variables críticas y emitir alertas en caso de fallos o condiciones anómalas. Esta aplicación ofrece un entorno de aprendizaje cercano a los escenarios industriales reales, fortaleciendo el proceso formativo de estudiantes en el campo de la automatización.

El desarrollo de esta solución busca reducir la distancia entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica en carreras técnicas e ingenierías afines. La implementación de módulos como este no solo potencia el aprendizaje activo en instituciones educativas, sino que también tiene el potencial de ser



replicado en industrias pequeñas o medianas, favoreciendo la adopción de tecnologías alineadas con la Industria 4.0. En las secciones siguientes, se expone detalladamente el problema abordado, los objetivos del proyecto, la base conceptual, la metodología empleada y el diseño general del sistema propuesto.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Descripción del Problema

En el ámbito de la formación técnica, la enseñanza de los sistemas de automatización industrial se ve limitada por diversos obstáculos. Entre ellos destacan la disponibilidad reducida de tecnologías modernas, la escasa conexión entre elementos físicos y entornos virtuales, así como la ausencia de actividades prácticas que reproduzcan escenarios operativos reales. Estas condiciones dificultan que los estudiantes adquieran habilidades sólidas en el uso de herramientas de control y monitoreo, lo que impacta negativamente en su desarrollo profesional.

Los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) representan un elemento fundamental en los procesos industriales actuales, al permitir la supervisión, el control y la recopilación de datos en tiempo real. No obstante, su incorporación en contextos educativos aún es limitada, y en muchos casos se restringe exclusivamente al uso de simuladores virtuales. Esta situación restringe el aprendizaje práctico, impide una comprensión global del funcionamiento del sistema y dificulta el desarrollo de competencias técnicas aplicadas en entornos reales.



Asimismo, la electroneumática constituye una tecnología esencial en procesos de manufactura y ensamblaje automatizado. Sin embargo, su enseñanza enfrenta limitaciones debido a la escasez de módulos formativos que permitan trabajar con secuencias reales de actuadores conectados a sistemas de supervisión. Muchos equipos didácticos disponibles carecen de integración con dispositivos como PLCs, pantallas HMI o protocolos de comunicación industrial, lo que dificulta simular escenarios operativos comparables a los utilizados en entornos productivos reales.

Ante esta situación, surge la propuesta de elaborar un sistema SCADA operativo que posibilite el monitoreo y control de un módulo electroneumático físico, empleando herramientas modernas como TIA Portal, WinCC Advanced y protocolos de comunicación basados en Ethernet. La implementación de este sistema no solo fortalecerá la formación técnica, sino que además brindará la oportunidad de interactuar con tecnologías utilizadas en la industria actual.

1.1.1 Problema general

¿Sera posible elaborar el sistema SCADA para el control y monitoreo de un equipo electroneumático en contextos educativos haciendo uso de tecnologías de automatización industrial que sean accesibles y actuales?

1.1.2 Problemas Específicos

P.E.01: ¿Cómo integrar adecuadamente los componentes físicos del módulo electroneumático (cilindros, electroválvulas, pulsadores, selector) con un PLC para lograr una operación controlada?

P.E. 02: ¿Qué lógica de programación se debe implementar en el PLC para asegurar la correcta secuenciación y sincronización de los actuadores?

P.E. 03: ¿Cómo será la supervisión y adquisición de datos para el monitoreo y control de un módulo electroneumático?

1.2 Justificación

La automatización se ha convertido en un componente indispensable para procesos que requieren alta precisión, eficiencia operativa y vigilancia continua. En este marco, los módulos electroneumáticos representan una herramienta fundamental para recrear condiciones reales tanto en entornos formativos como industriales. Al incorporar un sistema SCADA, es posible unificar las funciones de control y monitoreo en tiempo real, lo que mejora significativamente la gestión de secuencias automatizadas y optimiza el desempeño del sistema.

Este trabajo plantea el desarrollo, implementación y análisis de un sistema SCADA aplicado a un módulo electroneumático, haciendo uso de herramientas como TIA Portal y WinCC Advanced. Bajo un enfoque experimental, se construye una solución operativa que puede ser adaptada tanto en espacios educativos como en entornos industriales de menor escala. Entre los beneficios que ofrece se encuentran la representación gráfica en tiempo real del proceso, la identificación anticipada de fallos, el registro continuo de variables y la capacidad de ajustar configuraciones sin necesidad de interrumpir el funcionamiento del sistema.

Más allá del aporte tecnológico, este proyecto tiene como finalidad potenciar las habilidades de estudiantes y profesionales en el campo de la

automatización industrial. La integración de sistemas SCADA accesibles dentro del entorno educativo promueve la formación de perfiles técnicos más capacitados y alineados con las demandas del sector productivo. A su vez, esta iniciativa permite documentar y estructurar experiencias prácticas relacionadas con el control automatizado, la programación de PLCs, el diseño de interfaces HMI y la interconexión de dispositivos industriales.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivos general*

Desarrollar un sistema SCADA que permita la supervisión y control de un módulo electroneumático.

1.3.2 *Objetivos específicos*

O.E. 01: Elaborar la arquitectura del sistema SCADA que integre los componentes del módulo electroneumático con un PLC y una HMI.

O.E. 02: Configurar y programar el PLC en TIA Portal, estableciendo la lógica de control secuencial para el funcionamiento de los cilindros neumáticos mediante electroválvulas.

O.E. 03: Supervisar y adquirir datos para el monitoreo y control de un módulo electroneumático.

1.4 Alcances

- El sistema estará orientado a un módulo electroneumático educativo o experimental, con un número limitado de cilindros y sensores.
- Se emplearán herramientas de desarrollo accesibles como TIA Portal y WinCC.

- El control se enfocará en una secuencia automática preestablecida, con posibilidad de operación en modo manual.
- Se desarrollará una interfaz HMI básica para la supervisión en tiempo real.

1.5 Limitaciones

- El proyecto no incluirá sistemas de control distribuidos ni integración a redes industriales complejas.
- El sistema estará limitado a un módulo de prueba (no industrial).
- El monitoreo será local (no remoto vía web o móvil).

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

La utilización de un sistema SCADA basado en tecnologías Siemens, específicamente el PLC S7-1200 y la HMI TP700 Comfort, permite optimizar las tareas de control y supervisión aplicadas a un módulo electroneumático. Esta integración mejora tanto la eficiencia operativa del sistema como la visualización en tiempo real de los procesos involucrados.

1.6.2 Hipótesis Específicas

H.1: La arquitectura SCADA implementada contribuye a una mejor organización del sistema y a una interacción más eficiente entre los distintos componentes del módulo electroneumático, favoreciendo la coordinación entre sensores, actuadores y dispositivos de control.

H.2: La lógica programada en el PLC asegura una secuencia de operación coherente, confiable y segura para el control de los cilindros neumáticos, garantizando la correcta ejecución de cada etapa del proceso automatizado.

H.3: La interfaz HMI desarrollada permite una visualización clara y en tiempo real del estado del sistema, lo que contribuye a una operación más intuitiva y accesible para el usuario.

1.7 Variables de Investigación

Variable independiente: Implementación de un sistema SCADA basado en tecnología Siemens (PLC S7-1200 y HMI TP700 Comfort), orientado al control y monitoreo de un módulo electroneumático.

Variable dependiente: Nivel de eficiencia y efectividad en las funciones de control y monitoreo del módulo electroneumático, evaluado a partir del desempeño operativo, la capacidad de supervisión en tiempo real y la respuesta ante condiciones del proceso.

1.8 Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Implementación SCADA local	Arquitectura, programación	Diagrama funcional, código Ladder, integración HMI	Ficha técnica, observación
Eficiencia operativa	Tiempo, funcionamiento	Tiempo de respuesta, cumplimiento de secuencia	Cronometro, validación de pruebas
Supervisión visual	Interfaz, comunicación	Claridad de la HMI, monitoreo de estados	Captura de pantalla, validación funcional

Nota: Elaboración propia.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 *Nivel Internacional*

(Salgado, 2023), “Desarrolló un sistema automatizado para el control y monitoreo del proceso de fabricación de hielo en la empresa MOSATEC S.A., integrando herramientas propias de la Industria 4.0. Esta nueva era tecnológica se caracteriza por la digitalización de procesos industriales y su interconexión mediante el Internet de las Cosas (IoT), lo que permite alcanzar mayores niveles de eficiencia, flexibilidad, calidad en la producción y acceso a una gran cantidad de datos que pueden ser analizados y gestionados desde la nube. MOSATEC S.A. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de hielo en marquetas, que opera en un entorno altamente competitivo. Con el objetivo de optimizar sus procesos, se ha propuesto implementar un sistema de automatización que permita el control y monitoreo eficiente de sus operaciones. Para ello, se emplearán dispositivos físicos como PLC, Gateway IoT, pantallas HMI, así como herramientas de software como DIACloud, VNC Viewer, SCADA y entornos de programación específicos. Esta integración tecnológica permitirá a la empresa supervisar sus equipos de forma remota, reaccionar ante eventos en

tiempo real y obtener beneficios operativos que superen la inversión inicial en automatización”.

(Corella & Reyes, 2022), “Se desarrolló una propuesta de automatización de bajo costo orientada a pequeñas y medianas industrias ecuatorianas dedicadas a la producción de snacks fritos como yuca, papa, chifles o maduros. La solución contempla la implementación de un sistema SCADA que permita el monitoreo y control del proceso, integrando tecnologías propias de la Industria 4.0. Como parte inicial del proyecto, se realizaron visitas técnicas a diversas empresas del sector con el fin de analizar sus procesos productivos y equipos utilizados, permitiendo así levantar información detallada sobre el flujo de trabajo y las necesidades específicas de automatización. Se investigaron equipos comerciales de bajo costo adecuados a los procesos observados, elaborando cuadros comparativos para seleccionar los más apropiados para la automatización propuesta. Se diseñó la línea automatizada para conectar de manera eficiente las distintas etapas del proceso de elaboración de snacks fritos. En este diseño se seleccionaron cuidadosamente sensores y actuadores que garantizan la precisión y fiabilidad del sistema. Además, se elaboró la topología de red que permite una comunicación fluida entre los dispositivos, asegurando la sincronización de todas las etapas. La lógica de control fue desarrollada en el entorno de programación TIA Portal, utilizando un PLC Siemens S7-1500, lo que proporciona robustez, escalabilidad y facilidad de mantenimiento al sistema. El desarrollo del sistema se realizó siguiendo la normativa IEC-61131, empleando el lenguaje SFC y utilizando bloques FC, FB y DB para asegurar una programación estructurada por instancias. El SCADA fue implementado en Indusoft Web Studio Educational, incorporando pantallas para visualización



general y detallada de cada etapa del proceso. Además de supervisar y controlar, el sistema permite generar reportes diarios en Excel y ofrecer acceso remoto a través de un servidor web. Las pruebas funcionales fueron simuladas utilizando la interfaz Industrial Ethernet (SIETH), incluida en la suite Indusoft SP4”.

(Gálves & Ricaurte, 2022), “Implementó un sistema SCADA utilizando el software InduSoft en una máquina empaquetadora dentro de una fábrica de alimentos. En la línea de producción de galletas recubiertas de chocolate, el proceso de empaquetado representaba un punto crítico debido a los frecuentes problemas con la calidad del sellado. Esta situación evidenció la necesidad de un sistema que permitiera supervisar en tiempo real los parámetros de operación. El SCADA desarrollado proporciona al operador una herramienta visual para monitorear el estado del proceso, mejorando la eficiencia y reduciendo las paradas no planificadas. La envoltura del producto se lleva a cabo mediante una máquina Cavanna, equipada con bandas transportadoras y un sistema de sellado y corte del material laminado. Esta etapa es controlada principalmente por el operador, quien, en conjunto con el técnico de turno, verifica que el equipo funcione correctamente. En caso de que se detecten problemas en el sellado de los productos al finalizar el proceso, se interrumpe la operación para identificar la causa y aplicar la solución correspondiente. Debido a lo mencionado, resulta fundamental implementar un sistema SCADA que permita visualizar y monitorear en tiempo real los parámetros operativos de la máquina, asegurando que se mantengan dentro de los rangos establecidos. Además, este sistema facilita la detección rápida de fallos relacionados con el sellado del producto. Por estas razones, se diseñó una propuesta basada en un sistema SCADA orientado a reducir las interrupciones inesperadas en el proceso. La solución fue desarrollada

utilizando el software InduSoft, reconocido por su versatilidad y amplia aplicación en la industria. Mediante un análisis preliminar del equipo y la aplicación de métodos de investigación, se identificaron las variables críticas que requieren supervisión. El manejo adecuado de estos parámetros fue clave para lograr un funcionamiento eficiente del sistema SCADA. El operador expresó su conformidad con la herramienta, ya que facilita sus tareas cotidianas y contribuye a prevenir interrupciones en la máquina. Esto se debe a la información detallada y accesible que proporciona el sistema a los usuarios".

(León, 2021), "Diseñó y simuló un sistema electroneumático enfocado en las etapas de llenado, empaque y embalaje dentro del sector alimenticio. El proyecto incluyó un subsistema operativo que combina diversas tecnologías, como electroválvulas junto a componentes de regulación y seguridad. Además, se integró electrónica de potencia para gestionar un servomotor encargado del movimiento de la banda transportadora, adaptándose a las demandas del proceso productivo. Para la gestión del proceso, se diseñó un subsistema de control que permite la supervisión en tiempo real mediante el uso de un PLC y una interfaz HMI. Esta implementación posibilita el monitoreo continuo de las operaciones, lo cual incrementa la seguridad tanto del operario como de los equipos. La programación y configuración del sistema se realizó utilizando la plataforma de desarrollo TIA Portal de Siemens, que permite integrar de manera eficiente todos los componentes involucrados en la automatización. En síntesis, se propone una alternativa tecnológica que facilita el control y la supervisión del proceso con altos niveles de eficiencia y seguridad, beneficiando tanto al operario como al equipo involucrado. Para validar su funcionalidad, no solo se llevó a cabo una simulación digital, sino que también se implementó un prototipo físico en el



laboratorio multidisciplinar de Hidráulica y Neumática de la Escuela Politécnica Superior, lo que permitió verificar su comportamiento en condiciones reales de operación".

(Rojano & Toapanta, 2020), "Desarrolló un sistema de control y monitoreo del consumo de agua mediante tecnología SCADA para el invernadero N.º 1 ubicado en el campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Este proyecto surge ante la necesidad de implementar un sistema automatizado que permita gestionar de manera precisa el nivel y uso del recurso hídrico. Para ello, se emplearon diversos componentes eléctricos y electrónicos, entre ellos un sensor ultrasónico, un PLC S7-1200 y una electroválvula. Estos elementos permitieron automatizar el proceso de llenado del tanque de almacenamiento, permitiendo el ingreso de agua cuando se detecta un nivel bajo y cerrando el paso una vez alcanzado la capacidad máxima del tanque. Se diseñó una interfaz gráfica HMI orientada al personal responsable del invernadero N.º 1, permitiéndoles supervisar y controlar de manera remota las condiciones climatológicas dentro del recinto. Esta interfaz proporciona datos relevantes como el consumo de agua diario, semanal y mensual (en litros), la capacidad total del tanque, la cantidad de litros utilizados, el nivel actual del agua en centímetros y el volumen disponible en litros. Gracias a este sistema automatizado de monitoreo y control, se logró optimizar tanto la calidad como la cantidad de producción de semillas y granos andinos cultivados en el invernadero del Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi".

2.1.2 Nivel Nacional

(Paz, 2023), "Desarrolló un sistema electroneumático orientado a mejorar la eficiencia del proceso de reutilización de ácido residual en tanques tipo pulmón, pertenecientes a la unidad NAC SAC. La investigación adoptó un enfoque aplicado, con un diseño metodológico no experimental y de tipo explicativo. La muestra considerada fue el proceso específico de recuperación del ácido residual. Para llevar a cabo la recolección de datos, se aplicaron métodos de observación directa y registro sistemático de las condiciones operativas del proceso. Los resultados obtenidos evidencian la relevancia de reutilizar el ácido residual en diversas etapas productivas, ya que esta práctica contribuye significativamente a la reducción del impacto ambiental. En lugar de ser descartado como residuo, este compuesto puede ser reaprovechado, generando también beneficios económicos importantes. En el caso específico de la unidad NAC SAC, se identificó que el actual sistema de reutilización de ácido residual en tanques tipo pulmón carece de un diseño electroneumático eficiente, lo cual ocasiona un gasto anual estimado en S/. 50,000.00, derivado del uso ineficiente del recurso y de procesos manuales poco optimizados. El sistema electroneumático propuesto incluyó equipos fundamentales como la bomba Richter Pump MNKA B/F 1.5"x1"x6", un motor Baldor de 3HP, relés de seguridad, llaves termomagnéticas, interruptores diferenciales, guardamotores, válvulas y señalización luminosa para encendido, apagado y paro de emergencia. El presupuesto total, con IGV incluido, fue de S/. 83,377.23. El análisis financiero evidenció un VAN de S/. 94,136.47, una TIR del 22.95% y un payback de 6.79 años, confirmando la viabilidad técnica y económica del proyecto".

(Dioses, 2021), "Implementó un sistema SCADA en el sistema de bombeo de las estaciones 59 y 172 de la Refinería Talara – Piura en el año 2020. La investigación fue de tipo no experimental, descriptiva y de corte transversal. El objetivo principal fue mejorar el control del bombeo de crudo hacia el Patio de Tanques Tablazo mediante la automatización y supervisión continua del proceso, optimizando así la eficiencia operativa del sistema. Los resultados obtenidos en el primer nivel de satisfacción evidencian que el 87 % de los operadores están a favor de la implementación del sistema SCADA, mientras que el 13 % no lo aprueba. Este alto nivel de aceptación indica que la mayoría considera necesaria su implementación, ya que representa una mejora significativa en el control y supervisión del sistema de bombeo".

(Fuentes, 2020), "Diseñó un sistema automático HMI/SCADA para controlar el tanque desaireador del área de calderos de la Empresa Agroindustrial Tumán. El sistema permite supervisar el proceso en tiempo real mediante una interfaz gráfica, y se aplicó el método de respuesta en frecuencia para la sintonización del controlador PID del nivel del tanque, optimizando así su funcionamiento. Además, se aplicaron metodologías de desarrollo de interfaces utilizando un PLC SIMATIC S7-300 CPU 314C-2 PN/DP, una HMI SIMATIC KTP 1000 Basic Color PN y el software TIA Portal V13 de Siemens. Para la implementación del sistema se requirieron diversos equipos e instrumentos: 1 PLC, 1 HMI, 1 transmisor de presión diferencial, 2 transmisores de presión relativa, 2 válvulas de globo, 2 válvulas de mariposa, 2 electrobombas, 2 electroválvulas 5/2, 1 sensor RTD PT-100 y 1 transmisor de temperatura. Al complementar los resultados obtenidos teóricamente mediante el método de respuesta en frecuencia con el uso de MATLAB y LabVIEW, se verificó la

respuesta dinámica del sistema, asegurando el funcionamiento eficiente del controlador PID para el nivel del tanque desaireador. Se concluye que el sistema automático HMI/SCADA implementado permite mantener un nivel de agua estable, satisface la demanda de la caldera, elimina hasta un 90% de los gases disueltos reduciendo significativamente la corrosión en tuberías, y eleva la temperatura del agua desaireada hasta los 130 °C, mejorando así el rendimiento térmico del sistema".

(Rodriguez, 2020), "Diseñó y simuló un sistema SCADA para el control y monitoreo de reservorios de agua potable en la ciudad de Arequipa, utilizando un algoritmo de control operando sobre una red inalámbrica. La metodología aplicada fue de enfoque empírico-analítico (cuantitativo), con un diseño de investigación cuasi-experimental. Por su propósito, se clasifica como una investigación aplicada, y desde el punto de vista cronológico, como descriptiva. La información empleada fue recopilada tanto de Notas documentales como de observación directa en campo, permitiendo sustentar el desarrollo del sistema propuesto. A continuación, se desarrolla el marco teórico y conceptual que fundamenta la necesidad del sistema propuesto, así como la lógica que rige su funcionamiento. En esta etapa, se diseñan los programas que incorporan los procedimientos requeridos para garantizar un desempeño eficiente del software, haciendo énfasis en la comunicación entre los dispositivos de campo y el centro de control. Asimismo, se destaca la incorporación de lógica difusa como parte integral del algoritmo de control, lo cual permite una toma de decisiones más flexible y adaptativa dentro del sistema SCADA. La adquisición de información en tiempo real y la garantía de seguridad en los datos recopilados son aspectos fundamentales en el desarrollo del procedimiento. En consecuencia, tras el

diseño e implementación del sistema, se procede al análisis de la información obtenida mediante la validación de pruebas durante su operación y ejecución utilizando la interfaz HMI. Estos procesos permiten confirmar que la solución propuesta responde eficazmente al objetivo de la investigación, asegurando una toma de decisiones informada y verificando con precisión que la funcionalidad del sistema implementado es adecuada. En conclusión, tras la presentación de la propuesta para la implementación de un sistema SCADA destinado al control y monitoreo de reservorios de agua potable mediante un algoritmo de control sobre una red inalámbrica, se logró validar su viabilidad técnica. Los resultados obtenidos confirman que el simulador desarrollado refleja con precisión condiciones operativas reales, permitiendo aceptar escenarios representativos del entorno físico, lo que respalda la efectividad de la solución planteada”.

(Avalos, 2018), “Desarrolló un sistema SCADA orientado al control automático y la supervisión de las etapas de adsorción, desorción y recuperación de oro en la planta minera de la empresa Shahuindo S.A.C., ubicada en Cajamarca. El proyecto incorpora controladores PID integrados al sistema para garantizar la estabilidad y eficiencia de los procesos mencionados, asegurando una operación continua y precisa en cada fase del tratamiento del mineral. El proyecto comienza con un análisis del balance de masa y energía en los procesos involucrados, lo que permite identificar los flujos y parámetros operativos clave. A partir de este estudio, se definen las variables críticas a controlar, como el nivel y la temperatura. Se establece la implementación de tres lazos de control: uno para el nivel en la etapa de adsorción, y dos en la desorción, correspondientes al control de nivel y temperatura, asegurando así la eficiencia del sistema. El sistema SCADA implementado será de tipo supervisorio, donde los valores de

set point se ingresan desde una PC industrial ubicada en el panel de control. Las variables del proceso se envían al controlador y a la PC principal con el software de supervisión. Se opta por control PID con retroalimentación por su capacidad de ofrecer respuesta rápida ante perturbaciones y mantener buena estabilidad en el proceso. Se seleccionó una instrumentación precisa, robusta y de fácil calibración, con buena respuesta y costo razonable. Para simplificar el proceso de control, se utilizarán controladores automáticos con auto sintonía. Los transmisores de nivel elegidos son ultrasónicos, sin contacto con el líquido. Como elementos finales de control, se emplean variadores de frecuencia para regular el flujo en los bucles de nivel y válvulas proporcionales neumáticas para el control de temperatura, integradas mediante un convertidor de señal eléctrica a neumática (0–20 mA a 0–15 psi). Además, se diseñó un programa en LabVIEW para simular y ajustar los parámetros PID ante perturbaciones dinámicas. Se concluye que la implementación de esta solución es técnica y económicamente viable”.

2.1.3

(Ccama, 2023), “Diseñó, simuló y programó la mecanización en el torno CNC CK6132 mediante la integración de sistemas CAD/CAM, con el objetivo de aplicar los principios de la mecatrónica y lograr una interacción eficiente entre componentes mecánicos y de control a través de protocolos de comunicación adecuados. Esta investigación busca responder a la necesidad tecnológica de la región de Puno, aportando soluciones prácticas y de alta calidad. Se implementaron los fundamentos de la Manufactura Asistida por Computadora, desarrollando piezas básicas mediante software CAM y demostrando el proceso



completo desde el diseño hasta la ejecución automatizada. Posteriormente, se llevará a cabo el mecanizado de las piezas diseñadas, definiendo previamente las herramientas adecuadas para cada ciclo de operación. Finalmente, se elaborará el programa en código G y se cargará en el sistema CAM para su ejecución automática. Seguidamente, se configurará la operación del torno CNC con controlador GSK928TD. Este proyecto, fruto de las experiencias obtenidas en prácticas preprofesionales e industriales de la región, responde a la necesidad de implementar un mecanizado computarizado que garantice mayor precisión y calidad en piezas de recambio. En este estudio se diseñará, simulará y programará la mecanización de un tornillo sin fin en el torno CNC CK6132, integrando plenamente las herramientas CAD/CAM".

(Medina, 2019), "Se llevó a cabo el diseño y la implementación de un sistema automatizado para un filtro prensa de la marca Sperry, utilizado en el proceso de deshidratación del concentrado de plomo en la planta concentradora de CIA Casapalca. La investigación incluyó la configuración de un sistema de instrumentación siguiendo los lineamientos de la norma ISA-S5.1. El sistema de control se basó en el uso de un PLC Compact Logix modelo 1769-L30-ER, el cual se integró con un variador de frecuencia ABB, dispositivos de protección como relés térmicos, y una interfaz HMI, todos comunicados mediante el protocolo Ethernet/IP. La programación de las interfaces gráficas del HMI se desarrolló siguiendo los principios establecidos en la norma ISA101. Gracias al diseño e implementación del sistema automatizado, se logró recuperar en promedio 12.5 toneladas mensuales de concentrado de plomo que anteriormente se perdían en las cochas de recuperación, como consecuencia del lavado de tuberías y lonas. Asimismo, se logró optimizar el proceso al reducir 30 horas

hombre que antes se requerían para recuperar material de dichas cochas. Como parte de las mejoras, se incorporó un sistema de control de tiempos para la fase de secado, lo que permitió disminuir el tiempo promedio de filtrado de 111 minutos a 72.3 minutos por ciclo. También se logró optimizar el consumo de aire en la etapa de secado del filtro prensa Sperry, al incorporar este parámetro dentro del sistema de control del PLC, con posibilidad de ajuste desde el HMI. El análisis de las tendencias registradas por el horómetro evidenció que, tras la implementación del sistema automatizado, la demanda de aire se redujo de forma significativa. Esta mejora se reflejó en el rendimiento general del equipo, cuya eficiencia operacional ascendió a un 86%, en comparación con el 76% registrado previamente sin automatización".

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Sistemas SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) consisten en plataformas tecnológicas diseñadas para administrar y vigilar en tiempo real diversos procesos industriales e infraestructurales. Estos sistemas combinan elementos de hardware y software que posibilitan la interacción entre el operador y los equipos del proceso, estos sistemas integran plataformas físicas y lógicas que permiten la comunicación entre el usuario y los componentes del proceso.

Un sistema SCADA cumple la función de captar información proveniente de sensores ubicados en distintas partes del proceso, enviarla a dispositivos de control como PLCs o RTUs, y representarla gráficamente mediante una interfaz HMI accesible para el usuario. Además, facilita la transmisión de órdenes a los

actuadores, el almacenamiento de registros históricos, la elaboración de reportes, la activación de alarmas en situaciones anómalas y el seguimiento continuo del estado operativo del sistema.

Gracias a su capacidad para incorporar diversas tecnologías de control y comunicación, los sistemas SCADA se han consolidado como elementos fundamentales dentro de la automatización industrial contemporánea. Su uso se extiende a sectores como la producción industrial, el suministro de energía, el transporte, el tratamiento de aguas, y, con creciente frecuencia, en contextos educativos orientados a la simulación de procesos y al desarrollo de competencias técnicas.

2.2.1.1 Estructura Básica de un Sistema SCADA

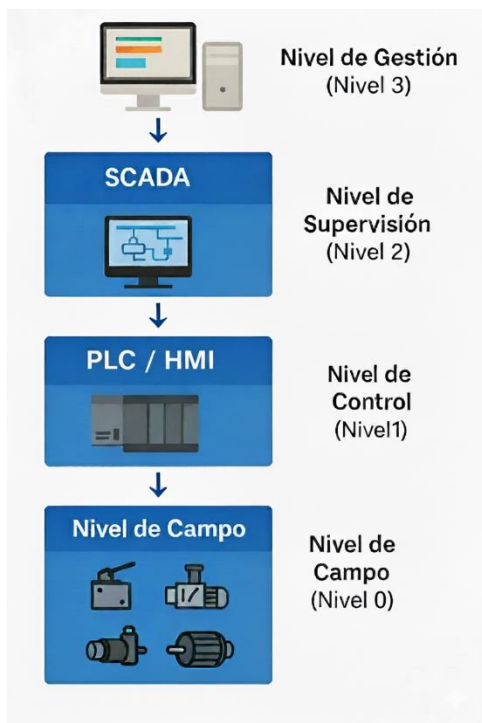
Un sistema SCADA está organizado en distintos estratos funcionales jerárquicos, lo que permite organizar y repartir de manera óptima las labores de monitoreo, control y recolección de datos. Esta división simplifica el diseño, así como la operación y el mantenimiento del sistema. Entre los niveles más representativos se encuentran los siguientes:

- **Nivel de Campo (Nivel 0):** Este nivel abarca todos los dispositivos físicos que interactúan directamente con el entorno del proceso, tales como sensores, actuadores, interruptores, motores y electroválvulas. Su papel fundamental es capturar información del entorno y ejecutar las órdenes provenientes de los niveles superiores.
- **Nivel de Control (Nivel 1):** Aquí se encuentran los Controladores Lógicos Programables (PLC) y las Unidades Terminales Remotas (RTU). Estas unidades reciben señales desde el nivel de campo, las interpretan y responden automáticamente en función de la lógica de control



programada, permitiendo decisiones inmediatas según las condiciones del sistema.

- **Nivel de Supervisión (Nivel 2):** En este escalón están los sistemas SCADA y las interfaces HMI, que permiten al operador visualizar el funcionamiento del proceso, emitir comandos de control, analizar tendencias, almacenar información histórica y gestionar alarmas. Esta supervisión puede llevarse a cabo localmente o a distancia, ofreciendo una vista completa del estado operativo.
- **Nivel Gestión (Nivel 3):** Comprende soluciones informáticas como MES y ERP, que se centran en la administración de la producción y el mantenimiento. Estos sistemas emplean datos operativos para coordinar recursos, diseñar planes de acción y respaldar decisiones estratégicas dentro de la planta industrial.

Figura 1*Estructura básica de un sistema SCADA*

Nota: Estructura de manera Jerárquica en niveles funcionales.

2.2.1.2 Componentes de un Sistema SCADA

- **Sensores y actuadores:** Son dispositivos físicos que permiten al sistema interactuar con el entorno. Los sensores captan variables del proceso, como posición, temperatura o presión, mientras que los actuadores ejecutan acciones específicas, como la activación de motores o válvulas. Representan los elementos de percepción y ejecución del sistema de automatización.
- **Controladores Lógicos Programables (PLC):** Constituyen el núcleo del sistema de control. Estos equipos se encargan de procesar las señales provenientes del nivel de campo, ejecutar la lógica de control establecida

y generar las salidas correspondientes. Además, se comunican con la plataforma SCADA para transmitir la información relevante del proceso.

- Unidades Terminales Remotas (RTU): En sistemas distribuidos o de gran escala, se utilizan RTUs como alternativa a los PLCs. Estos dispositivos cumplen funciones similares, pero están diseñados para operar en ubicaciones remotas y con comunicaciones a larga distancia, adaptándose a entornos donde se requiere supervisión descentralizada.
- Interfaz Hombre-Máquina (HMI): Consiste en una interfaz visual que facilita al usuario la interacción con el sistema, mostrar en directo cómo se desarrollan los procesos, ajustar parámetros, recibir notificaciones de fallas y emitir comandos de control. Esta interfaz puede integrarse en paneles táctiles o computadoras industriales.
- Servidor SCADA / Estación de supervisión: Corresponde al equipo en el que se aloja el software SCADA, cuya función es recopilar, almacenar, procesar y visualizar los datos adquiridos del sistema. Entre sus capacidades destacan la gestión de registros históricos, la generación de tendencias, reportes y la administración de alarmas.
- Red de comunicación: Es el medio a través del cual se intercambia la información entre los distintos dispositivos del sistema SCADA. Puede utilizar tecnologías cableadas como Ethernet, Profinet o Modbus, así como protocolos estándar como OPC. En algunos casos, también se emplean soluciones inalámbricas para facilitar la conectividad en zonas remotas o de difícil acceso.

2.2.1.3 Tipos de Sistemas SCADA

- a. **SCADA autónomo:** También denominado *SCADA Standalone*, este tipo de sistema funciona de manera independiente, sin requerir conexión con redes externas u otras plataformas. Está orientado a procesos simples y de escala reducida, donde la supervisión y el control se realizan de manera presencial.
- **Aplicación recomendada:** Resulta especialmente adecuado para pequeñas empresas, talleres industriales, instalaciones agrícolas automatizadas u otras infraestructuras que requieren un sistema de supervisión básico sin integración a gran escala.
 - **Principales ventajas:** Su arquitectura sencilla facilita la instalación, operación y mantenimiento. Al operar sin depender de redes externas, es una alternativa robusta en entornos con limitaciones de conectividad, brindando mayor estabilidad y continuidad operativa.
- b. **SCADA distribuido:** Este tipo de sistema está diseñado para gestionar instalaciones industriales de gran escala, donde se requiere la supervisión simultánea de múltiples procesos desde diferentes ubicaciones. El SCADA distribuido interconecta varias estaciones de trabajo, controladores y nodos de supervisión a través de una red común, facilitando el monitoreo en tiempo real de todas las unidades del sistema.
- **Ámbitos de aplicación:** Se emplea de forma habitual en ámbitos como el sector manufacturero, donde distintas líneas de producción requieren monitoreo coordinado, así como en centrales energéticas

o plantas industriales donde cada área operativa demanda control especializado.

- **Ventajas destacadas:** Su principal fortaleza radica en la escalabilidad y en la capacidad de integrar diversos subsistemas. Permite a los operadores acceder desde un punto centralizado al estado general del proceso, sin perder la posibilidad de visualizar detalles específicos de cada estación o área de trabajo.

c. **SCADA basado en la nube:** Esta modalidad surge con el desarrollo de tecnologías de computación en la nube, permitiendo que el almacenamiento, procesamiento y acceso a los datos del sistema SCADA se realicen mediante servidores remotos. De este modo, se minimiza la dependencia de infraestructura física local y se habilita el acceso desde cualquier ubicación con conexión a internet.

- **Principales beneficios:** Ofrece supervisión remota en tiempo real las 24 horas del día, disminuye considerablemente los costos asociados al mantenimiento de infraestructura local y simplifica la conexión con plataformas digitales externas, como sistemas de gestión o aplicaciones móviles.
- **Aplicación recomendada:** Este tipo de sistema resulta particularmente útil para organizaciones con operaciones distribuidas geográficamente o que requieren acceso flexible desde dispositivos móviles. Sectores como transporte, logística, y energías renovables ya han adoptado este enfoque para mejorar su eficiencia operativa.

d. **SCADA Web:** El SCADA web representa la evolución más avanzada de estos sistemas. Combina lo mejor de los sistemas distribuidos y basados en la nube, Brindando acceso remoto desde diversos dispositivos y una interfaz íntegramente basada en navegadores web, sus características principales incluyen:

- Disponible en cualquier dispositivo con conexión a Internet, incluyendo ordenadores, tabletas y teléfonos inteligentes.
- Compatible con OPC UA, lo que asegura una comunicación estandarizada y protegida entre equipos industriales.
- Interfaz de usuario intuitiva, pensada para respaldar la toma de decisiones al instante.
- Su gran adaptabilidad y facilidad de acceso lo posicionan como la alternativa perfecta para organizaciones que requieren una solución actualizada y acorde con los retos de la Industria 4.0.

2.2.2 Automatización Industrial

La automatización industrial implica la implementación de soluciones tecnológicas que permitan el manejo y funcionamiento autónomo de maquinarias y procesos, procesos y sistemas, minimizando o eliminando la intervención directa del operador humano. Su principal propósito es mejorar la productividad, disminuir errores, optimizar el uso de insumos y incrementar los niveles de seguridad y la calidad en las operaciones de producción. A lo largo del tiempo, esta disciplina ha progresado desde mecanismos simples hasta sistemas avanzados, interconectados mediante sensores, dispositivos de control, software especializado y plataformas de supervisión como los sistemas SCADA.

En este escenario, la automatización no solo se ha consolidado como una práctica común en sectores como la industria manufacturera, minera o energética, sino que también ha sido adoptada como recurso pedagógico en instituciones educativas. En dichos entornos, los estudiantes tienen la oportunidad de interactuar con procesos reales o simulados mediante componentes como PLCs, sensores, válvulas, actuadores y pantallas HMI. Dentro de estas experiencias formativas, los módulos electroneumáticos destacan por ofrecer una plataforma visual, dinámica y técnicamente accesible para la enseñanza de conceptos de automatización.

2.2.2.1 Componentes de Automatización

- Dispositivos de entrada (sensores): Son los encargados de detectar variables del proceso, tales como posición, presión, temperatura o velocidad, proporcionando señales al sistema de control.
- Unidades de control (PLCs o microcontroladores): Reciben la información proveniente de los sensores, la procesan de acuerdo con una lógica de programación previamente definida y generan las salidas correspondientes para ejecutar acciones.
- Dispositivos de salida (actuadores): Ejecutan respuestas físicas en el sistema, como el desplazamiento de cilindros neumáticos, la activación de motores o la apertura de válvulas.
- Interfaces de supervisión (SCADA o HMI): Facilitan la visualización del estado del proceso en tiempo real, permiten el envío de instrucciones, el registro de datos y la configuración de alarmas ante eventos relevantes.

- **Infraestructura de comunicación:** Consiste en el conjunto de medios y protocolos que permiten la comunicación entre los diversos componentes del sistema, asegurando el flujo eficiente de información entre ellos.

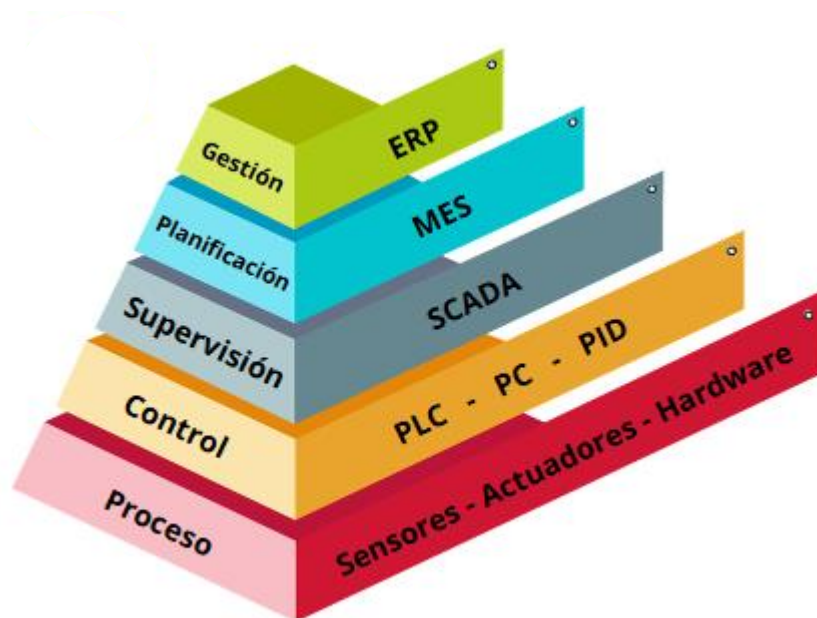
2.2.2.2 Niveles de Automatización Industrial

La estructura de la automatización industrial puede dividirse en diferentes niveles jerárquicos que permiten comprender su funcionalidad e integración dentro de una planta productiva. Estos niveles se describen a continuación:

- Nivel de campo:** Comprende los elementos que interactúan directamente con el proceso físico, como sensores, finales de carrera, presostatos, cilindros y válvulas. Estos dispositivos se encargan de captar información y ejecutar acciones en el sistema.
- Nivel de control:** Conformado por controladores como los PLCs o las RTUs, que procesan las señales provenientes del campo y ejecutan la lógica de control establecida, actuando en tiempo real sobre el proceso.
- Nivel de supervisión:** En este nivel se encuentran las interfaces gráficas HMI y los sistemas SCADA, los cuales permiten al operador monitorear y controlar el sistema desde una estación central, facilitando la visualización y gestión de datos operativos.
- Nivel de gestión de la producción (MES):** Se encarga de planificar la producción, coordinar el mantenimiento y optimizar los recursos logísticos en función de los datos recolectados en los niveles inferiores.
- Nivel empresarial (ERP):** Representa la capa administrativa del sistema, encargada de gestionar aspectos comerciales, financieros y estratégicos, estableciendo una conexión indirecta con los procesos productivos a través del intercambio de información con los sistemas MES.

Figura 2

Niveles de automatización industrial



Nota: División de niveles de la automatización industrial.

2.2.2.3 Clasificación de la Automatización

Los sistemas de automatización pueden ser clasificados en función de su nivel de flexibilidad, adaptabilidad y modalidad de operación. Esta clasificación comprende:

- **Automatización rígida:** Se refiere a sistemas diseñados para ejecutar tareas repetitivas sin posibilidad de modificación en su funcionamiento. Es habitual en procesos de producción en masa, como líneas de ensamblaje de alta demanda, donde la eficiencia se prioriza sobre la adaptabilidad.
- **Automatización programable:** Este tipo de automatización permite modificar la secuencia de operaciones o el comportamiento general del sistema mediante la reprogramación del controlador. Es ampliamente

utilizada en instalaciones de tamaño medio, laboratorios industriales y entornos educativos, donde la versatilidad moderada es un requisito.

- Automatización adaptable (flexible): Se caracteriza por su capacidad de ajustarse automáticamente a distintos productos, procesos o condiciones operativas, sin requerir cambios físicos en su configuración. Este enfoque es fundamental en el contexto de la Industria 4.0, especialmente en escenarios que demandan alta personalización y respuesta rápida al cambio.

2.2.2.4 Ventajas de la automatización

- Incremento en la eficiencia operativa: La automatización permite optimizar los tiempos de producción y minimizar el consumo innecesario de energía y materiales, eliminando pausas innecesarias en el proceso.
- Disminución de errores por intervención humana: Al ejecutar tareas de forma repetitiva y controlada, se garantiza mayor uniformidad y previsibilidad en los resultados del proceso.
- Mejora en las condiciones de seguridad: Se reduce la exposición del personal a zonas de alto riesgo, al delegar tareas peligrosas a sistemas automatizados.
- Capacidad de monitoreo y trazabilidad: Los sistemas automatizados recopilan datos en tiempo real, lo que facilita su análisis, registro continuo de datos a lo largo del tiempo que respalda decisiones fundamentadas para la mejora constante.
- Consistencia en la calidad del producto: La automatización disminuye la variabilidad inherente al proceso, asegurando estándares constantes en la producción.

- Reducción de costos operativos: En plazos intermedios y prolongados, la automatización contribuye a reducir la cantidad de personal operativo necesario y reduce la frecuencia de fallas, generando ahorros significativos.

2.2.3 Controladores Lógicos Programables (PLC)

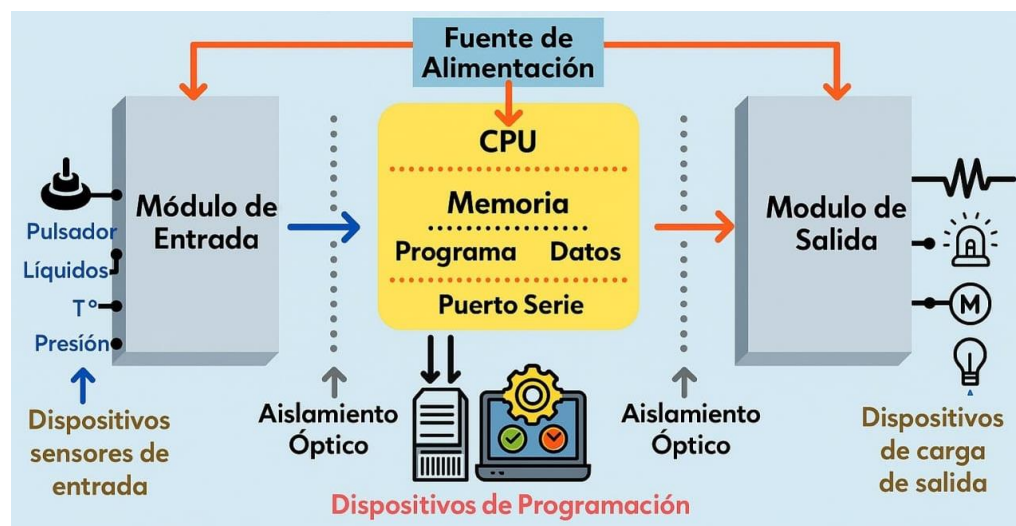
Los dispositivos programables de control lógico (PLC) son equipos especializados en la ejecución automática de secuencias de control dentro de entornos industriales. Su uso está ampliamente extendido en sistemas de automatización debido a su alta resistencia, versatilidad, facilidad de programación y capacidad para interactuar directamente con señales digitales y analógicas provenientes del entorno físico. Estos dispositivos recopilan información desde sensores, la procesan mediante una lógica definida previamente y generan salidas que permiten actuar sobre diversos dispositivos del sistema.

Inicialmente concebidos como reemplazo de circuitos de control basados en relés, los PLC han evolucionado significativamente, convirtiéndose en plataformas avanzadas capaces de gestionar procesos industriales complejos en tiempo real. Su estructura admite programación escalable y modular, lo que facilita su integración con tecnologías de visualización como las interfaces HMI y sistemas de supervisión SCADA, siendo adecuados tanto para entornos industriales como para propósitos didácticos.

2.2.3.1 Estructura Básica de un PLC

Un Controlador Lógico Programable (PLC) está conformado internamente por varios componentes esenciales que permiten su operación eficiente dentro de sistemas automatizados:

- a. Unidad central de procesamiento (CPU): Es la unidad principal del controlador, responsable de interpretar y ejecutar el programa de control, procesar las señales recibidas y coordinar el funcionamiento general del dispositivo.
- b. Memoria: Se utiliza para almacenar tanto el programa del usuario como los datos del proceso, incluyendo variables temporales, configuraciones y registros permanentes necesarios para la operación.
- c. Módulos de entrada (I): Reciben señales provenientes del entorno físico, ya sean digitales o analógicas, desde dispositivos como sensores, pulsadores, interruptores o finales de carrera.
- d. Módulos de salida (Q): Transmiten señales de control hacia elementos de campo como válvulas, motores, contactores o lámparas, permitiendo influir en el proceso controlado.
- e. Nota de alimentación: Su función es suministrar la energía eléctrica necesaria para el correcto funcionamiento del PLC, asegurando una tensión estable y adecuada para sus componentes.
- f. Interfaces de comunicación: Estos puertos permiten la conexión del PLC con otros dispositivos, tales como computadoras, interfaces HMI, otros controladores o redes industriales, facilitando la integración y supervisión del sistema.

Figura 3*Estructura de un PLC*

Nota: Componentes de un PLC.

2.2.3.2 Lenguajes de Programación

Según la normativa IEC 61131-3, los 5 lenguajes estandarizados para programación de PLC son:

- Lenguaje de contactos (LD).
- Lenguaje ladder (LAD).
- Lenguaje texto estructurado (ST).
- Lenguaje de programación funcional (FBD).
- Lenguaje de programación de bloques (SFC).

A continuación, se presentan los principales lenguajes de programación definidos por la norma IEC 61131-3, junto con una breve descripción de sus características:

- a. Diagrama de escalera (Ladder Diagram - LD): Este lenguaje se basa en representaciones gráficas similares a los circuitos eléctricos de control con

relés, lo que facilita su comprensión y uso, especialmente para técnicos con experiencia en esquemas tradicionales.

- b. Diagrama de bloques funcionales (Function Block Diagram - FBD): Utiliza bloques interconectados para representar funciones lógicas o matemáticas. Es particularmente adecuado para aplicaciones que requieren control continuo o procesamiento paralelo de señales.
- c. Texto estructurado (Structured Text - ST): Se trata de un lenguaje textual de alto nivel, con sintaxis similar a Pascal, que permite la implementación de operaciones aritméticas complejas, estructuras condicionales, bucles y algoritmos avanzados.
- d. Lista de instrucciones (Instruction List - IL): Es un lenguaje de bajo nivel, similar al lenguaje ensamblador. Aunque fue ampliamente utilizado en generaciones anteriores de PLCs, actualmente está en desuso debido a su menor legibilidad y eficiencia en comparación con otros lenguajes.
- e. Gráfico de funciones secuenciales (Sequential Function Chart - SFC): Permite representar procesos mediante etapas (steps) y transiciones, facilitando la programación de secuencias lógicas en sistemas complejos o con múltiples estados.

2.2.3.3 Ventajas

- Reducción del cableado físico gracias al control programado.
- Rápida reprogramación ante cambios en el proceso.
- Diagnóstico y monitoreo integrados.
- Alta disponibilidad y resistencia industrial.
- Integración con redes y sistemas SCADA.
- Disminución de tiempos de paro y mantenimiento.

2.2.3.4 Desventajas

- Costo inicial más alto que sistemas cableados simples.
- Requiere capacitación para su programación y configuración.
- Puede volverse obsoleto si no se actualiza el software o hardware.

2.2.3.5 Comunicación del PLC

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) cuentan con la capacidad de intercambiar datos entre ellos y con otros dispositivos mediante diversos protocolos de comunicación industrial. Entre los más utilizados se encuentran:

- PROFINET: Se trata de un protocolo de comunicación que emplea Ethernet industrial y fue desarrollado por Siemens. Destaca por su alta velocidad, fiabilidad y compatibilidad con una amplia gama de equipos de automatización.
- MODBUS (TCP/RTU): Se trata de un protocolo abierto ampliamente difundido, que permite la comunicación maestro-esclavo. Es reconocido por su simplicidad y facilidad de implementación, tanto en versiones sobre TCP/IP como en buses serie (RTU).
- EtherNet/IP: Protocolo desarrollado por Rockwell Automation. Es comúnmente utilizado en entornos industriales con equipos Allen-Bradley y se basa en la infraestructura de Ethernet estándar para integrar control y monitoreo.

2.2.4 Interfaz Humano – Máquina

La Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es un componente esencial en los sistemas de automatización industrial, ya que permite la interacción directa entre el operador y el proceso controlado, al permitir la comunicación directa entre el

operador y el proceso supervisado. Su propósito fundamental es proporcionar una visualización clara del estado del sistema, facilitar el ingreso de comandos operativos y habilitar la supervisión instantánea de las variables del proceso.

Actualmente, las HMI han evolucionado significativamente desde los antiguos paneles con indicadores luminosos e interruptores físicos, hacia soluciones gráficas avanzadas. Estas incorporan elementos visuales dinámicos como botones interactivos, menús personalizables, animaciones, gráficos de tendencias y acceso a historiales de eventos. Su integración con controladores como los PLC y plataformas SCADA resulta esencial, ya que actúan como el medio a través del cual los usuarios pueden observar el funcionamiento del sistema, modificar parámetros de operación y responder ante condiciones anómalas, todo sin necesidad de intervenir físicamente en el hardware de campo.

2.2.4.1 Características de una HMI

Las HMI actuales dispone de múltiples funcionalidades, entre las cuales sobresalen:

- Visualización en tiempo real: permite observar el estado de sensores, válvulas, motores, y otros elementos del proceso.
- Interacción con el usuario: mediante botones, teclas virtuales y pantallas táctiles, el operador puede iniciar, detener o ajustar parámetros del sistema.
- Gestión de alarmas: notifica al usuario sobre fallos, sobrecargas, errores de sensores u otras condiciones críticas.
- Registro de datos: muchas HMI permiten almacenar eventos, contadores, tendencias o ciclos de producción para su análisis posterior.

- Navegación por pantallas: se pueden diseñar menús estructurados por secciones o áreas del proceso, facilitando el control distribuido.
- Conectividad: pueden comunicarse con PLCs, servidores SCADA o incluso con la nube mediante protocolos industriales.

2.2.4.2 Tipos de HMI

Según el entorno operativo y los requerimientos del sistema de control, las Interfaces Hombre-Máquina (HMI) pueden clasificarse en diversas categorías:

- HMI local (integrada): se conecta directamente al PLC mediante un cable físico y suele instalarse en el panel de control del proceso. Es común en aplicaciones de supervisión inmediata.
- HMI remota (cliente-servidor): se encuentra físicamente separada del área de operación y se comunica con el sistema a través de una red industrial o mediante conexión a internet. Esta opción permite la supervisión a distancia.
- HMI basada en software (PC): se implementa en un computador industrial, normalmente como parte de una solución SCADA, ofreciendo capacidades ampliadas de visualización, análisis y gestión.
- HMI embebida: integrada dentro de dispositivos electrónicos compactos, está diseñada para realizar funciones específicas con un nivel básico de interacción.

2.2.5 Comunicación Industrial

La comunicación industrial constituye un elemento clave en los sistemas de automatización, puesto que facilita la transferencia de datos entre los controladores, interfaces HMI, sensores, actuadores y plataformas de

supervisión. Su presencia es indispensable para coordinar y sincronizar las operaciones del sistema, especialmente en aplicaciones que requieren monitoreo en tiempo real o gestión distribuida. En este sentido, seleccionar adecuadamente el protocolo de comunicación y la arquitectura de red resulta crucial para asegurar un desempeño confiable, rápido y estable del sistema automatizado.

A diferencia de las redes convencionales empleadas en sistemas informáticos, las redes industriales están diseñadas para operar bajo condiciones exigentes, por lo que deben garantizar una alta disponibilidad, baja latencia, resistencia a fallos y funcionamiento estable en entornos adversos, como aquellos con interferencias electromagnéticas, vibraciones o presencia de polvo. Por ello, se han desarrollado protocolos y normas específicos para entornos industriales, los cuales aseguran una comunicación eficiente y confiable entre PLCs, interfaces HMI, sistemas SCADA y demás componentes del sistema de automatización.

2.2.5.1 Protocolos de Comunicación más Comunes

- a. Profinet: protocolo industrial basado en Ethernet, desarrollado por Siemens. Permite la comunicación en tiempo real entre PLCs, HMIs, sensores inteligentes y sistemas SCADA. Es el protocolo principal en el entorno TIA Portal y se caracteriza por su alta velocidad, sincronización precisa y compatibilidad con dispositivos Siemens.
- b. Modbus (RTU/TCP): protocolo abierto y ampliamente adoptado. Su versión Modbus TCP se usa sobre Ethernet, permitiendo integrar equipos de diferentes fabricantes. Es común en aplicaciones industriales mixtas.
- c. OPC UA (OLE for Process Control Unified Architecture): estándar de interoperabilidad que permite la comunicación entre distintos sistemas de

software, como SCADA, MES y ERP. Es ideal para entornos escalables y seguros.

- d. EtherCAT, DeviceNet, CANopen, EtherNet/IP: otros protocolos específicos según el tipo de industria, velocidad requerida o compatibilidad de dispositivos.

2.2.6 Sistemas Electroneumáticos

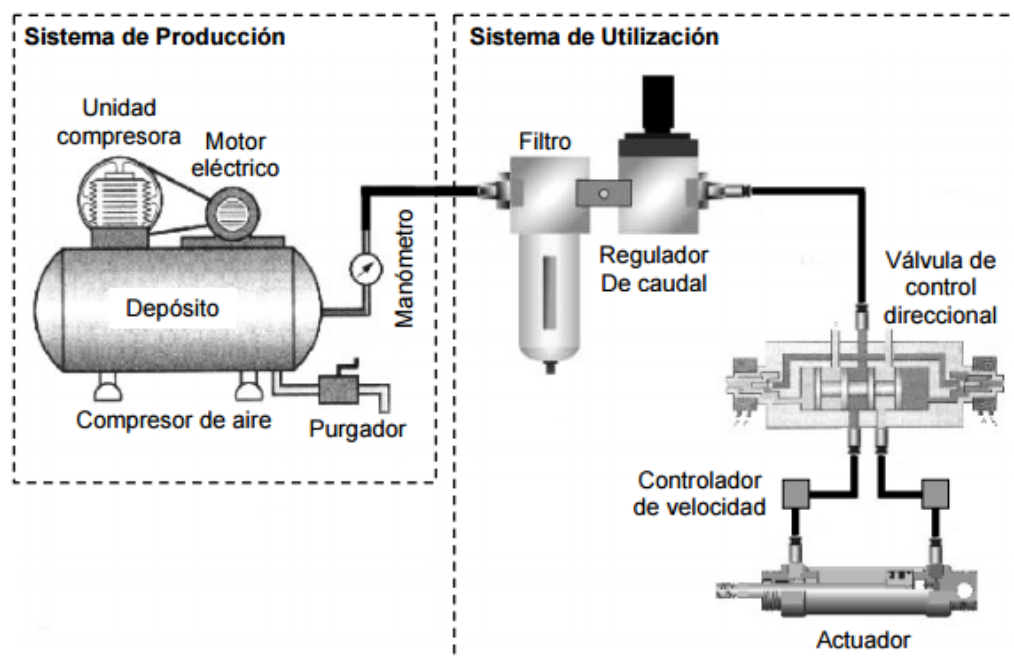
2.2.6.1 Fundamentos de Sistemas Electroneumáticos

Los sistemas electroneumáticos integran componentes eléctricos y neumáticos para lograr el control automatizado del movimiento de actuadores, principalmente cilindros, mediante señales eléctricas que gestionan válvulas neumáticas. Esta combinación tecnológica ha sido ampliamente adoptada en el ámbito industrial debido a su rápida respuesta, simplicidad operativa y compatibilidad con dispositivos de automatización. Son particularmente útiles en aplicaciones donde se requieren desplazamientos lineales cíclicos, como en estaciones de ensamblaje, prensas automáticas, manipuladores industriales y plataformas de formación técnica.

En un sistema electroneumático, la fuerza motriz es proporcionada por la energía neumática, la cual se encarga de accionar los elementos físicos como cilindros o actuadores. Por otro lado, la energía eléctrica cumple la función de coordinar y controlar dichos movimientos a través de dispositivos como sensores, relés, válvulas solenoides y un Controlador Lógico Programable (PLC). Este último actúa como el núcleo del sistema de control, interpretando las señales provenientes del entorno y gestionando las salidas de acuerdo con la lógica previamente configurada en su programa.

2.2.6.2 Componentes de un Sistema Electroneumático

- a. Compresor: suministra aire comprimido a presión constante, necesario para accionar los actuadores.
- b. Unidad de mantenimiento (FRL): conjunto de filtro, regulador y lubricador que acondiciona el aire antes de ingresar al sistema.
- c. Válvulas de control: permiten direccionar el flujo de aire. Las más comunes son las válvulas 5/2 y 5/3 vías, normalmente abiertas, cerradas o con centro bloqueado.
- d. Cilindros neumáticos: convierten la energía del aire en movimiento lineal o rotativo. Pueden ser de simple o doble efecto.
- e. Electroválvulas: activadas eléctricamente mediante señales del PLC, permiten cambiar el estado de las válvulas de control.
- f. Sensores de proximidad o finales de carrera: detectan la posición de los cilindros y envían señales al sistema de control.
- g. PLC: ejecuta la lógica de operación según el estado de los sensores y activa las salidas correspondientes (electroválvulas).

Figura 4*Componentes de un sistema electroneumático*

Nota: Sistemas de producción y sistemas de utilización.

2.2.6.3 Software TIA Portal

El TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) es una plataforma de ingeniería integrada de Siemens, concebida para centralizar la configuración, programación y supervisión de todos los dispositivos de automatización en un único entorno de proyecto. Esta herramienta posibilita la gestión unificada de PLCs, HMIs, sistemas SCADA, variadores de frecuencia y redes industriales desde un único entorno. Su enfoque se basa en la integración total de herramientas, lo cual permite gestionar variables, direcciones de dispositivos, alarmas y otros elementos desde una interfaz unificada. Esta característica contribuye significativamente a mejorar la eficiencia del desarrollo, la coherencia de la configuración y la reducción de errores durante la implementación de sistemas automatizados.

En el TIA Portal se distinguen típicamente varias variantes o ediciones de SIMATIC WinCC (la parte de HMI/SCADA) según el alcance del proyecto.

- WinCC Basic/Comfort: Orientadas a la configuración de paneles HMI básicos o de gama media (por ejemplo, panels táctiles de la serie KTP o Comfort Panel). Tienen las funciones necesarias para crear pantallas sencillas de máquina, pero limitadas en la cantidad de tags (variables conectadas) y sin funciones avanzadas de SCADA.
- WinCC Advanced: Orientada a soluciones HMI a nivel de máquina en PC o panel PC, de una sola estación (solución monopuesto) WinCC Advanced es justamente la versión empleada en este proyecto. Permite diseñar una interfaz con más potencia que las básicas, operando en un PC industrial o convencional conectado al PLC. Soporta hasta miles de variables, gráficos de tendencia, alarmas, recetas y otros elementos típicos de SCADA, pero está pensada para un sistema standalone (no multiusuario, no cliente/servidor redundante). En otras palabras, WinCC Advanced cubre la frontera entre un HMI tradicional y un SCADA pequeño, ideal para visualización a pie de máquina con capacidad robusta de supervisión.
- WinCC Professional: Es la versión de SCADA completo dentro de TIA Portal. Está dirigida a aplicaciones de mayor envergadura, soportando arquitecturas cliente/servidor, múltiples usuarios simultáneos, integridad de datos a nivel de servidor, etc. WinCC Professional compite con sistemas SCADA de nivel industrial (incluyendo el histórico WinCC 7.x fuera de TIA, o terceros como FactoryTalk, Wonderware InTouch, etc.) y se usa para plantas complejas. En este proyecto no se requiere tal nivel, por lo que WinCC Advanced es suficiente.





CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método de Investigación

El enfoque metodológico de este estudio se centra en una investigación de carácter aplicado, orientado a resolver una necesidad concreta a través del desarrollo e implantación de una plataforma SCADA destinada a la supervisión y gestión de un módulo electroneumático. Este enfoque se basa en la generación de una solución funcional, sustentada en los principios de la automatización industrial e integrando componentes de hardware y software. Además, el estudio adopta un método experimental, porque requiere ajustar variables técnicas específicas y observar cómo se comporta el sistema bajo diferentes condiciones operativas.

3.2 Tipo de Investigación

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque de tipo tecnológica aplicada, al centrarse en el diseño y validación de un sistema que puede ser utilizado tanto en contextos educativos como en entornos reales. Asimismo, posee un componente experimental, ya que implica la construcción física del sistema y su posterior sometimiento a pruebas para comprobar su funcionamiento. Esta combinación metodológica permite analizar el rendimiento

del sistema SCADA en tareas de supervisión y control de procesos electroneumáticos.

3.3 Diseño de Investigación

Se adopta un diseño experimental con enfoque tecnológico, orientado a la estructuración y desarrollo de un prototipo funcional a partir de una secuencia lógica de actividades. Estas etapas comprenden el análisis de requerimientos, la elaboración de la estructura arquitectónica del sistema, la programación del PLC, la elaboración de la interfaz HMI y la validación integral del conjunto. A lo largo de este proceso, los resultados son observados y registrados de manera sistemática, con la finalidad de comprobar el logro de los objetivos planteados.

3.4 Ámbito de Investigación

Este proyecto se enmarca dentro del ámbito de la automatización industrial con fines educativos, y se desarrolla específicamente en el contexto de sistemas didácticos diseñados para la enseñanza del control y monitoreo de procesos. Las pruebas y validaciones se llevan a cabo en un entorno académico que reproduce condiciones similares a las de una planta industrial real, lo que posibilita su aplicación tanto como herramienta de formación como en el desarrollo de prototipos funcionales.

3.5 Población y Muestra

3.5.1 Población

La población considerada en esta investigación está conformada por sistemas de automatización integrados en módulos didácticos electroneumáticos, los cuales permiten representar de forma práctica procesos propios del entorno industrial. Estos sistemas incorporan componentes de control, interfaces de

usuario y actuadores, siendo ampliamente utilizados en entornos educativos para la enseñanza de tecnologías vinculadas a la automatización.

3.5.2 Muestra

La muestra utilizada en esta investigación corresponde a un módulo electroneumático específico, compuesto por tres cilindros neumáticos operados mediante electroválvulas 5/3 vías biestables, conectados a un PLC Siemens S7-1200 y gestionados a través de una interfaz HMI TP700 Comfort. La selección de este módulo se basó en criterios de disponibilidad, funcionalidad y compatibilidad con el entorno de desarrollo necesario para la ejecución del proyecto.

3.6 Técnica e Instrumentos de Recolección de Información

La obtención de datos se efectuó mediante técnicas de observación directa y registro sistemático durante las pruebas del sistema. Para ello, se utilizaron diversos instrumentos, entre los que se incluyen fichas técnicas, hojas de validación funcional, cronómetros digitales y herramientas de diagnóstico integradas en los entornos TIA Portal y WinCC Unified. Estos recursos permitieron documentar el comportamiento del sistema en tiempo real, así como evaluar los tiempos de respuesta, las transiciones de estado y la gestión de eventos durante su operación.

3.7 Recolección de Datos

La recopilación de información se efectuó en la fase de pruebas del sistema SCADA, registrando aspectos clave como los estados de las salidas del PLC, los tiempos de activación de los cilindros neumáticos, las respuestas de la HMI frente a las acciones del usuario y el comportamiento de los sensores ante distintos eventos. Toda la información recolectada fue documentada de manera

ordenada y empleada para validar el desempeño funcional del sistema, así como para identificar posibles áreas de mejora.

Tabla 2

Recolección de datos durante la validación

Actividad realizada	Dato registrado	Instrumento utilizado	Finalidad
Ejecución de la secuencia	Estados de las salidas digitales del PLC	Hoja de validación funcional – TIA Portal	Verificar el cumplimiento de la lógica de control
Activación y desactivación de los cilindros	Tiempos de respuestas por etapas	Cronometro digital	Evaluar la eficiencia temporal de los actuadores
Interacción desde la HMI	Respuestas del sistema ante comandos de usuarios	Panel HMI TP700 más observación directa	Validar la usabilidad e interactuar entre operador y sistema
Evaluación de señales de sensores	Detección de posiciones y confirmación de estados	Diagnostico en TIA Portal	Conforma la detección correcta de evento por parte de los sensores
Supervisión desde la estación SCADA	Visualización de datos	WinCC RT Adv – Visualización en tiempo real	Verificar la sincronización y funcionamiento de la interfaz de supervisión

Nota: Elaboración del autor.



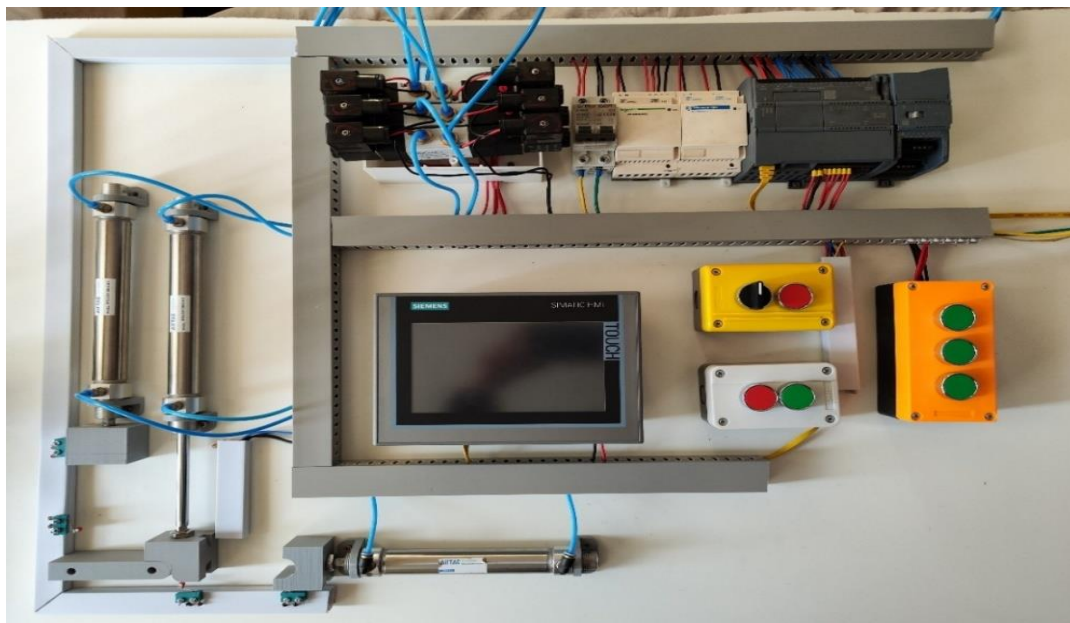
CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Descripción General del Proyecto

El sistema desarrollado tiene como propósito automatizar y monitorear un módulo electroneumático conformado por tres actuadores neumáticos que operan bajo una secuencia definida. La monitorización del proceso se efectúa a través de una interfaz HMI y un entorno SCADA local configurado en WinCC RT Advanced, basados en sistemas PC, los cuales proporcionan al usuario la capacidad de observar y supervisar al instante el rendimiento de cada elemento del sistema.

Está compuesto por diversos componentes clave: un PLC Siemens S7-1200 que actúa como unidad de control principal, una pantalla HMI TP700 Comfort utilizada como interfaz de operación local, y tres electroválvulas biestables de 5/3 vías con centro cerrado. Además, se incluyen sensores de posición, pulsadores, un selector para alternar entre los modos manual y automático, y una computadora que ejecuta el sistema SCADA a través de WinCC RT Advanced. La interconexión entre todos estos dispositivos se establece mediante el protocolo PROFINET, utilizando una red Ethernet de tipo industrial.

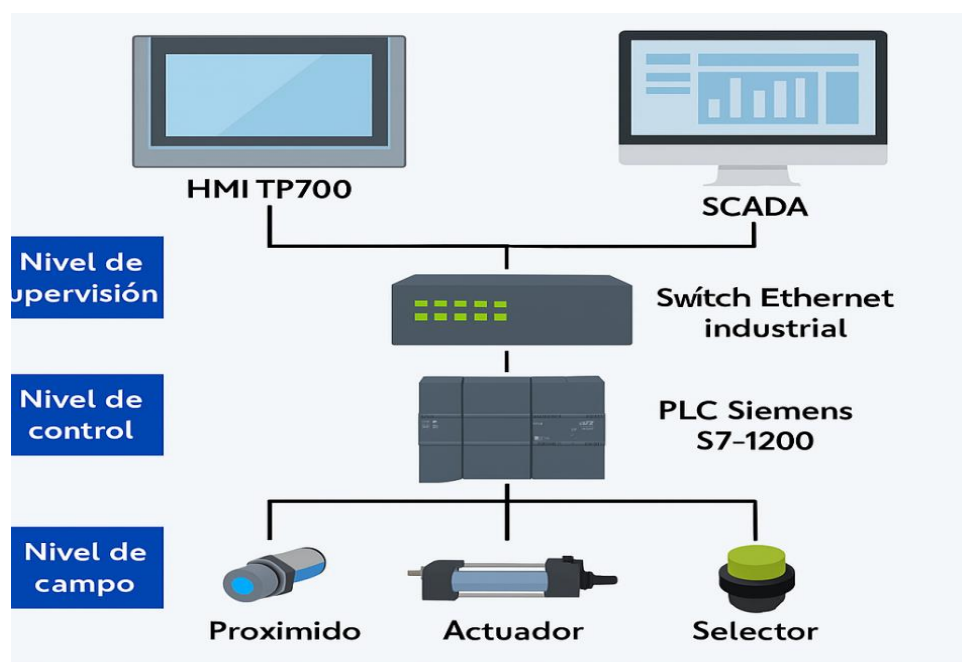
Figura 5*Módulo Electroneumático**Nota:* Elaboración del autor.

4.2 Arquitectura del Sistema

La estructura del sistema se basa en una topología de tipo estrella, en la cual todos los dispositivos se encuentran interconectados a través de un switch Ethernet de categoría industrial. En esta configuración, el PLC cumple la función de nodo central o maestro, mientras que tanto la HMI como la estación SCADA operan como nodos encargados de la supervisión. En cuanto a su composición física, el sistema está integrado por los siguientes elementos:

- **Nivel de campo**, se encuentran los dispositivos encargados de la interacción directa con el proceso, tales como sensores de proximidad tipo finales de carrera, cilindros neumáticos, electroválvulas biestables, pulsadores y un selector de modo. Estos componentes permiten detectar posiciones, activar movimientos y seleccionar el modo de operación (manual o automático), actuando como el cimiento operativo del sistema.

- **nivel de control**, se encuentra el PLC Siemens S7-1200, encargado de recibir las señales digitales provenientes de los dispositivos del nivel de campo y de ejecutar la lógica programada para el funcionamiento del sistema. Este controlador gestiona las salidas hacia los actuadores conforme a la secuencia definida, garantizando la correcta coordinación del proceso automatizado.
- **nivel de supervisión**, se integran la pantalla HMI TP700 Comfort y la estación SCADA instalada en una computadora personal. Ambos dispositivos permiten al operador visualizar el estado del sistema, interactuar con el proceso en tiempo real y modificar parámetros operativos según sea necesario. Esta capa facilita el monitoreo continuo y el control eficiente del módulo electroneumático desde interfaces gráficas intuitivas.

Figura 6*Arquitectura del Módulo Electroneumático*

Nota: Elaboración del autor.

4.3 Diagrama de Bloques del Sistema

El diagrama de bloques ilustra la relación funcional entre los distintos elementos del sistema. Los sensores de posición transmiten señales al PLC, el cual procesa esta información y activa las electroválvulas conforme a la lógica programada. A su vez, el estado de cada componente es visualizado y gestionado a través de la interfaz HMI y el sistema SCADA, permitiendo al operador monitorear el proceso en tiempo real.

4.4 Procedimiento de desarrollo de la Propuesta

La realización de este proyecto se abordó mediante un enfoque por etapas claramente definido, lo que facilitó la organización de cada actividad, desde la evaluación inicial del módulo electroneumático hasta la verificación final del sistema SCADA. A continuación, se describen las fases más relevantes del proceso desarrollado.

4.4.1 Definición de la Secuencia

Como primer paso, se realizó un estudio detallado del módulo electroneumático, reconociendo todos sus elementos constitutivos, tales como cilindros, electroválvulas, sensores de proximidad, pulsadores y las modalidades de operación disponibles. Se definió la secuencia de movimientos a programar (A+, B+, B–, C+, C–, A–) y se elaboró el correspondiente mapeo de entradas y salidas para el PLC.

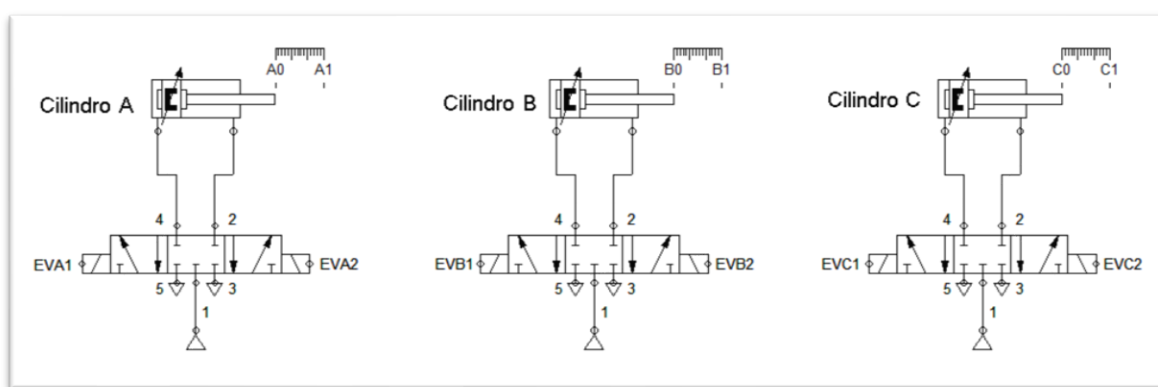
4.4.2 Diagrama Espacio – Fase

Para representar el comportamiento dinámico del módulo electroneumático, se elaboró el diagrama de espacio–fase, el cual permite

analizar la evolución del sistema en función del desplazamiento de los cilindros neumáticos y su secuencia de actuación. En este caso, el diagrama se construyó tomando como referencia las posiciones de los vástagos de los cilindros A, B y C, registradas durante la ejecución y la simulación de la secuencia A+ B+ B- C+ C- A-.

Figura 7

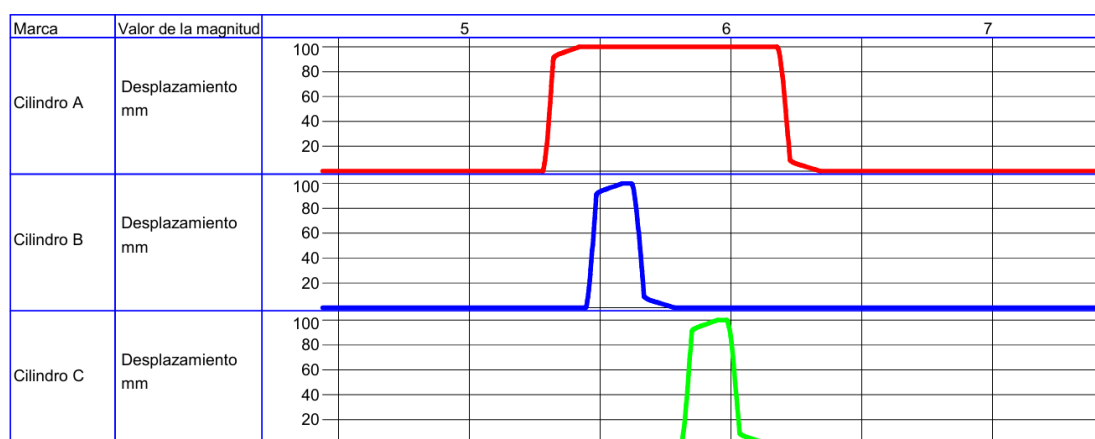
Circuito de los cilindros electroneumáticos



Nota: Elaboración del autor.

Figura 8

Diagrama de Funciones



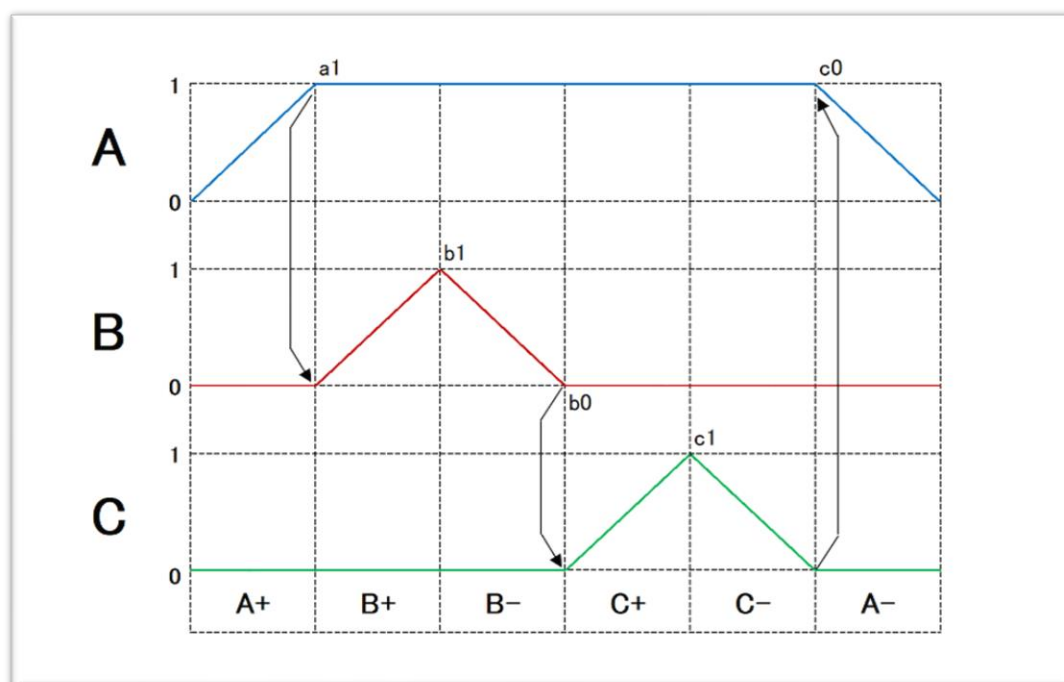
Nota: Elaboración del autor.

El proceso inició determinando los puntos de inicio y fin de carrera de cada cilindro, lo que permitió establecer los valores de desplazamiento correspondientes a las posiciones extendida (+) y retraída (-). Durante el avance del cilindro A (A+), se genera la primera trayectoria ascendente, que refleja el inicio del ciclo. A continuación, el avance del cilindro B (B+) amplía el desplazamiento total del sistema, representando el segundo tramo de la curva. El retroceso de B (B-) produce un retorno parcial en la gráfica, seguido por el avance y retroceso del cilindro C (C+ y C-), que generan bucles cerrados al completarse sus fases de extensión y retracción. Finalmente, el retroceso de A (A-) devuelve el sistema a su punto inicial, cerrando el ciclo en el diagrama de espacio-fase.

En la Figura 9 se muestra la representación gráfica que corresponde a la secuencia de movimientos que deben ejecutar los cilindros "A", "B" y "C".

Figura 9

Diagrama Espacio – Fase



Nota: Elaboración del autor.

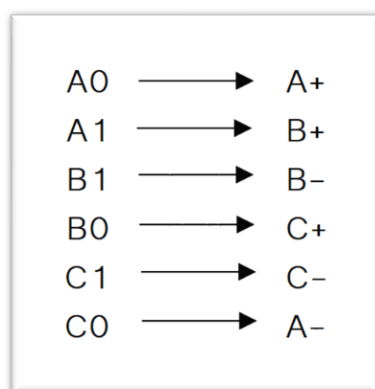
4.4.3 Diagrama de Estados

La Figura 10 se deriva del diagrama espacio-fase y muestra qué sensor activa el avance o retroceso de cada cilindro neumático.

El diagrama de estados permite representar de forma lógica el comportamiento secuencial del módulo electroneumático. En este diagrama se identifican los distintos estados del sistema según la posición de los cilindros y las señales generadas por los sensores de fin de carrera. Cada transición entre estados está determinada por la activación de un sensor específico, el cual ordena al siguiente cilindro iniciar su desplazamiento, ya sea en avance o retroceso, conforme a la secuencia A+ B+ B- C+ C- A-.

Figura 10

Diagrama de Estados



Nota: Elaboración del autor.

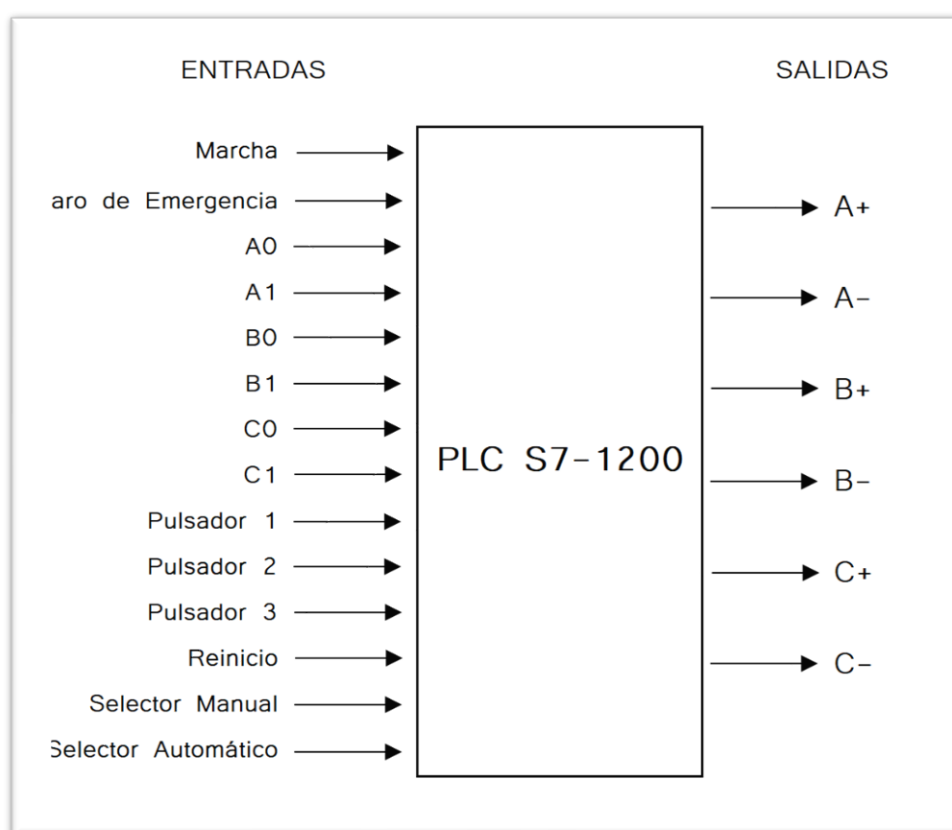
4.4.4 Diagrama de Mandos

Las señales digitales de entrada de 24VDC del PLC S7-1200 provendrán de diversos dispositivos de control: un pulsador de encendido, un pulsador de paro de emergencia, un botón de reinicio, tres pulsadores destinados al

accionamiento manual individual de cada cilindro neumático, un selector de modo de operación y seis sensores de final de carrera encargados de detectar las posiciones de los vástagos de los cilindros "A", "B" y "C".

Figura 11

Diagrama de Mandos



Nota: Elaboración del autor.

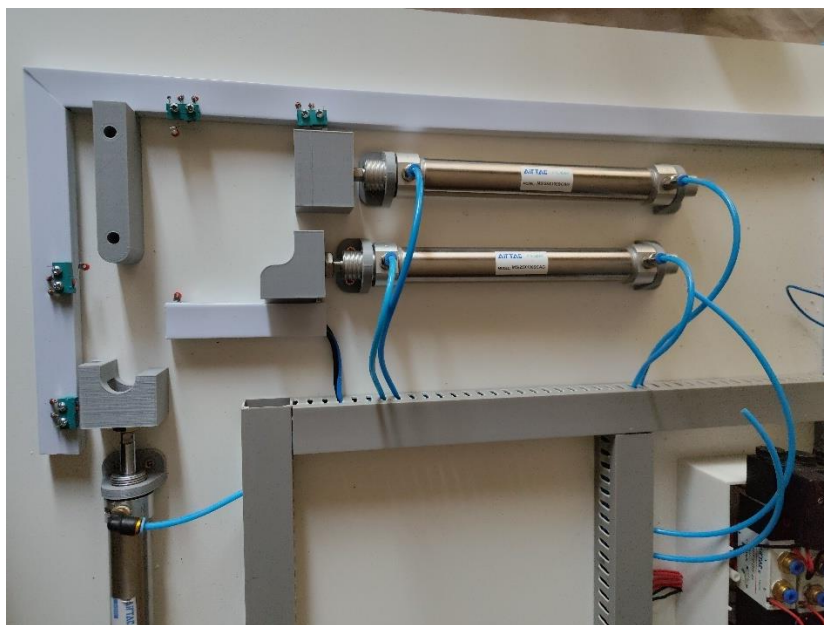
4.4.5

Una vez establecida la lógica de control, se llevó a cabo el montaje e interconexión de todos los componentes del sistema: el PLC Siemens S7-1200, la HMI TP700 Comfort, las electroválvulas 5/3, los sensores de posición y los pulsadores. Se comprobó la correcta conexión del cableado correspondiente a las señales digitales de entrada y salida, y se procedió a la configuración de las

direcciones IP necesarias para habilitar la comunicación mediante el protocolo Profinet entre el PLC y los dispositivos asociados.

Figura 12

Configuración del Hardware



Nota: Elaboración del autor.

4.5 Programación del PLC

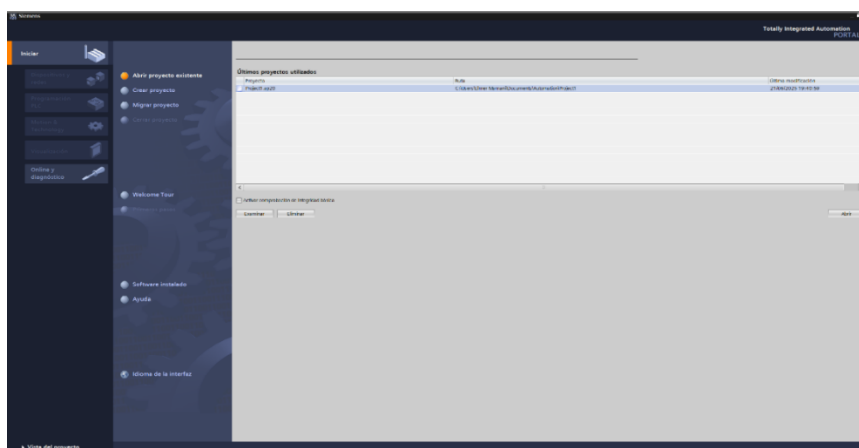
Mediante el uso del entorno de programación TIA Portal V20, se desarrolló la lógica de control utilizando el lenguaje Ladder (escalera). El programa contempla tanto el modo automático, en el cual la secuencia se ejecuta de manera continua, como el modo manual, que permite al operador avanzar paso a paso en la operación. Asimismo, se incluyeron rutinas específicas para el encendido del sistema, paro de emergencia, reinicio y gestión de condiciones de error.

Para iniciar el desarrollo del proyecto, se accedió al software TIA Portal a través del acceso directo en el escritorio. Una vez abierta la interfaz principal, se

seleccionó la opción “Crear nuevo proyecto”, lo que dio inicio a la configuración del entorno de trabajo.

Figura 13

Creación de Nuevo Proyecto

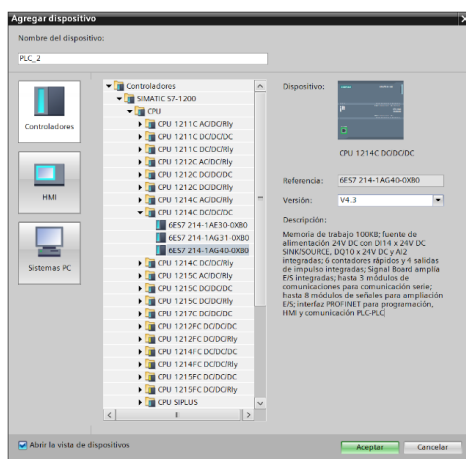


Nota: Elaboración del autor.

Después de crear el proyecto, se procede a incorporar un nuevo controlador. Desde la vista del proyecto, se accede a la opción “Agregar dispositivo” mediante doble clic, donde se selecciona el modelo correspondiente al PLC S7-1200. Es fundamental que el modelo elegido coincida exactamente con el equipo físico utilizado, asignándolo correctamente a su grupo, tal como se ilustra en la Figura 14.

Figura 14

Integrando el PLC

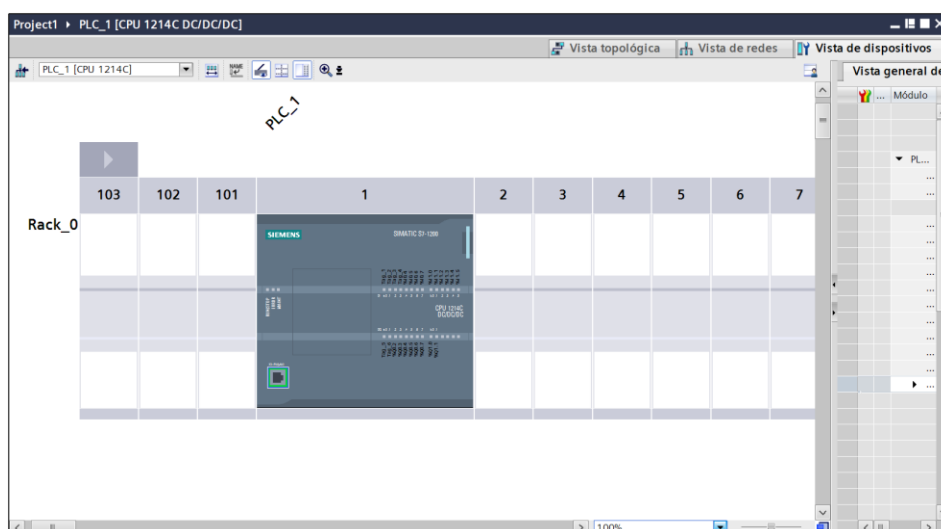


Nota: Elaboración del autor.

La configuración de la dirección IP del PLC se realiza seleccionando el conector de red dentro del entorno de hardware, tal como se aprecia en la Figura 15 correspondiente a la vista del dispositivo PLC.

Figura 15

Configuración del PLC



Nota: Elaboración del autor.

Procedemos primero a agregar una nueva subred y asignamos una dirección IP. Esta dirección debe ser la misma dirección IP del PLC que se ha asignado en el grupo.

Figura 16

Configuración de la subred



Nota: Elaboración del autor.

Se procede a incorporar las variables necesarias al PLC mediante la creación y edición de la tabla de variables estándar, donde se definen los nombres, tipos de datos y direcciones correspondientes.

Figura 17

Creación de las variables

SCADA-Módulo Electroneumático ▶ PLC_1 [CPU 1214C DC/DC] ▶ Variables PLC ▶ Tabla de variables estándar [90]

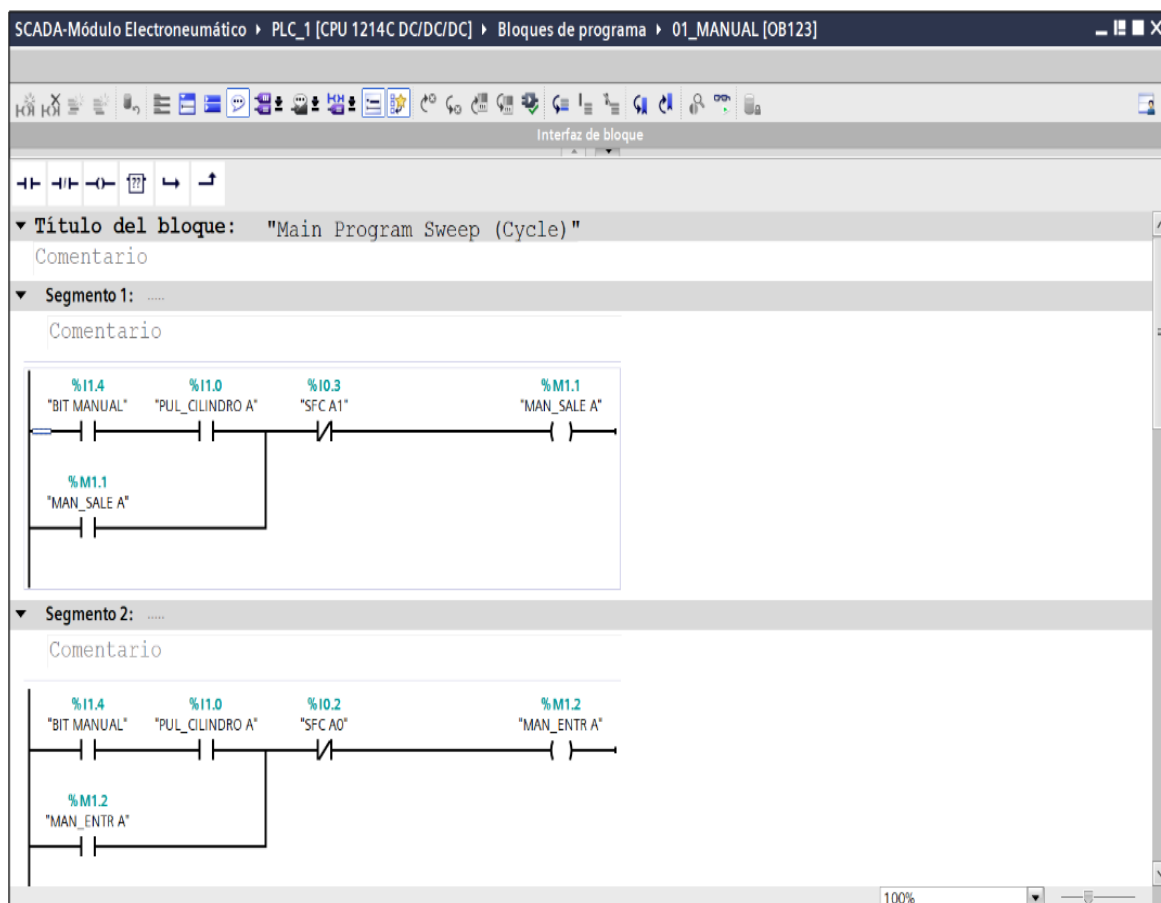
Variables Constantes de usuario Constantes de sistema

Tabla de variables estándar

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Accesi...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	EVA1	Bool	%Q0.0	☐	☒	☒	☒	
2	EVA2	Bool	%Q0.1	☐	☒	☒	☒	
3	EV B1	Bool	%Q0.2	☐	☒	☒	☒	
4	EV B2	Bool	%Q0.3	☐	☒	☒	☒	
5	EVC1	Bool	%Q0.4	☐	☒	☒	☒	
6	EVC2	Bool	%Q0.5	☐	☒	☒	☒	
7	MARCHA	Bool	%I0.0	☐	☒	☒	☒	
8	PARO	Bool	%I0.1	☐	☒	☒	☒	
9	SFC A0	Bool	%I0.2	☐	☒	☒	☒	
10	SFC A1	Bool	%I0.3	☐	☒	☒	☒	
11	SFC B0	Bool	%I0.4	☐	☒	☒	☒	
12	SFC B1	Bool	%I0.5	☐	☒	☒	☒	
13	SFC C0	Bool	%I0.6	☐	☒	☒	☒	
14	SFC C1	Bool	%I0.7	☐	☒	☒	☒	
15	PUL_CILINDRO A	Bool	%I1.0	☐	☒	☒	☒	
16	PUL_CILINDRO B	Bool	%I1.1	☐	☒	☒	☒	
17	PUL_CILINDRO C	Bool	%I1.2	☐	☒	☒	☒	
18	REINICIO	Bool	%I1.3	☐	☒	☒	☒	
19	BIT MANUAL	Bool	%I1.4	☐	☒	☒	☒	
20	BIT AUTOMÁTICO	Bool	%I1.5	☐	☒	☒	☒	
21	HMI STAR	Bool	%M0.0	☐	☒	☒	☒	
22	HMI STOP	Bool	%M0.1	☐	☒	☒	☒	
23	HMI PUL_CIL A	Bool	%M0.2	☐	☒	☒	☒	
24	HMI PUL_CIL B	Bool	%M0.3	☐	☒	☒	☒	
25	HMI PUL_CIL C	Bool	%M0.4	☐	☒	☒	☒	
26	HMI RESET	Bool	%M0.5	☐	☒	☒	☒	
27	HMI BIT MAN	Bool	%M0.6	☐	☒	☒	☒	
28	HMI BIT AUT	Bool	%M0.7	☐	☒	☒	☒	

Nota: Elaboración del autor.

El desarrollo del programa se realizó en lenguaje LADDER, dentro de los bloques de programación. Para ello, se accedió al bloque principal Main (OB1) desde el árbol de proyecto mediante doble clic, y se incorporaron bloques adicionales correspondientes a los modos manual y automático. Una vez finalizada la programación, se ejecutó el proceso de compilación, abarcando tanto la configuración de hardware como el software del proyecto.

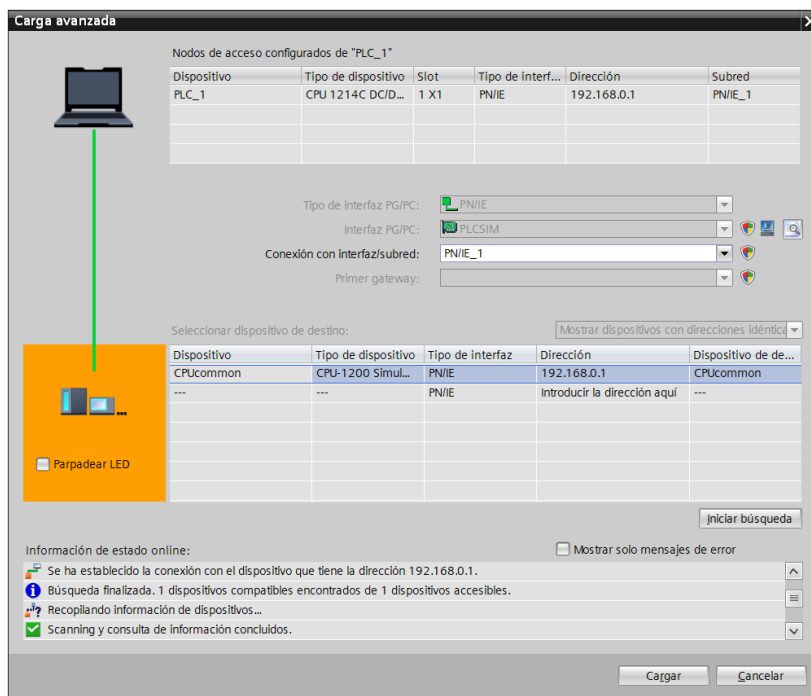
Figura 18*Creación de la programación Ladder*

Nota: Elaboración del autor.

Tras completar la compilación sin presentar errores, se procede a transferir el programa al PLC. Para ello, se seleccionan los parámetros correspondientes según lo indicado en la Figura 19, y luego se hace clic en la opción “Cargar” para iniciar la transferencia.

Figura 19

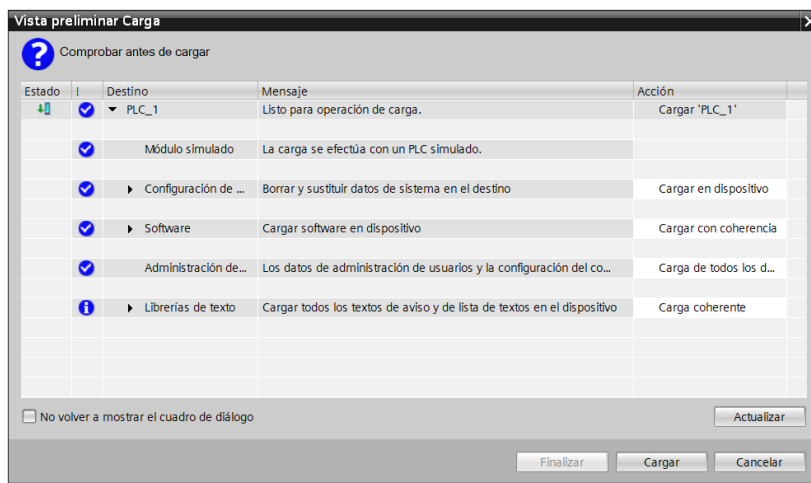
Seleccionando los valores del PLC



Nota: Elaboración del autor.

Figura 20

Cargando el programa

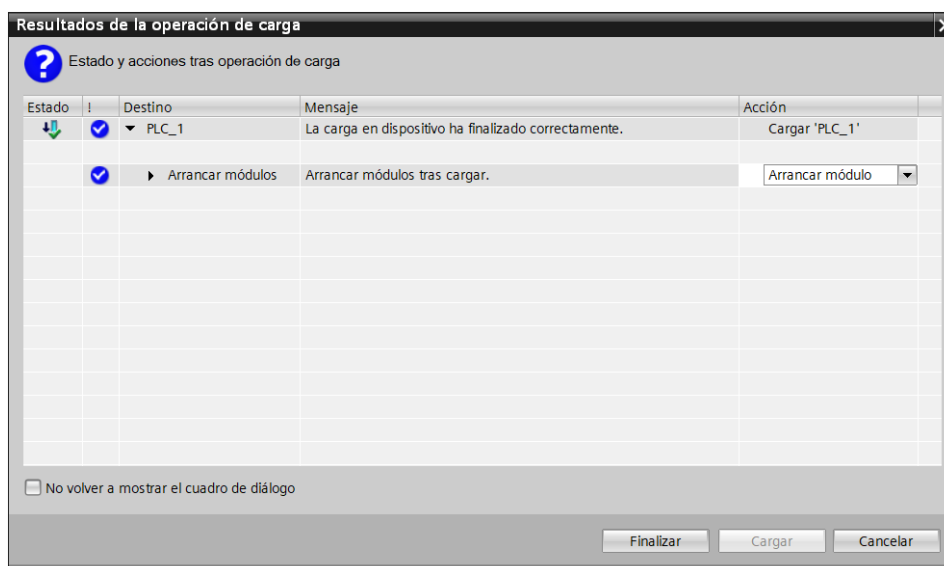


Nota: Elaboración del autor.

Una vez completada la carga del programa, se habilita la opción “Arrancar todos” marcando la casilla correspondiente, y posteriormente se hace clic en “Finalizar”, tal como se ve en la Figura 21.

Figura 21

Finalizando la carga al PLC



Nota: Elaboración del autor.

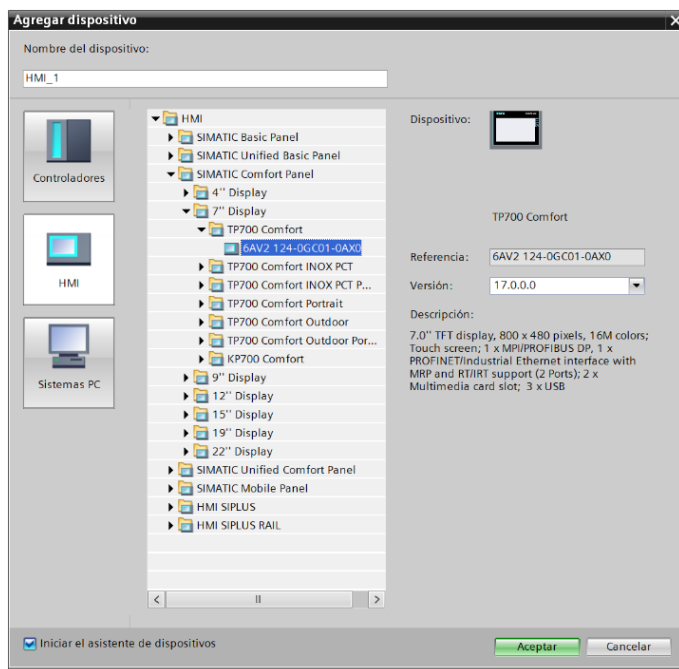
4.6 Elaboración de la Pantalla HMI TP700

En esta fase, se desarrolló la interfaz gráfica de usuario destinada al panel HMI TP700, incorporando elementos como botones de control, indicadores de estado y símbolos animados representativos de los cilindros. Esta interfaz facilita una interacción intuitiva con el sistema, permitiendo al operador supervisar y gestionar el funcionamiento del módulo directamente desde la pantalla táctil y en tiempo real.

Para incorporar la pantalla HMI al proyecto, se accede al árbol de dispositivos y se selecciona la opción “Agregar dispositivo”. Luego, se escoge la versión del panel HMI correspondiente al equipo físico que se utilizará.

Figura 22

Agregando el HMI TP700

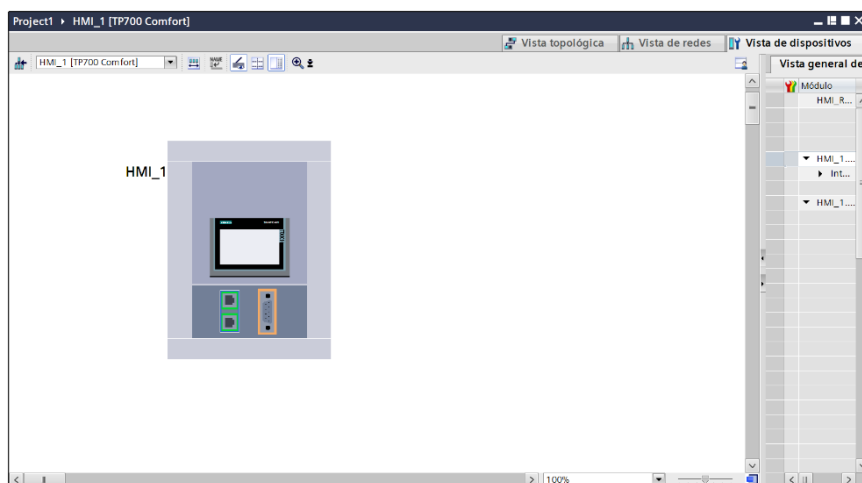


Nota: Elaboración del autor.

Se accede al conector de red (color verde) del HMI para establecer los parámetros de comunicación y asignar la dirección IP correspondiente.

Figura 23

Vista del HMI agregado

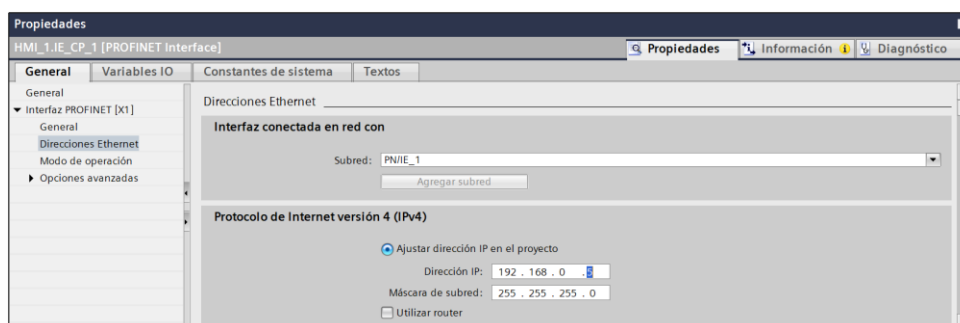


Nota: Elaboración del autor.

Se incorpora el panel HMI a la red y se verifica que esté configurado dentro de la misma subred Ethernet que el PLC. A continuación, se asigna la dirección IP correspondiente al HMI.

Figura 24

Configuración de la dirección IP del HMI

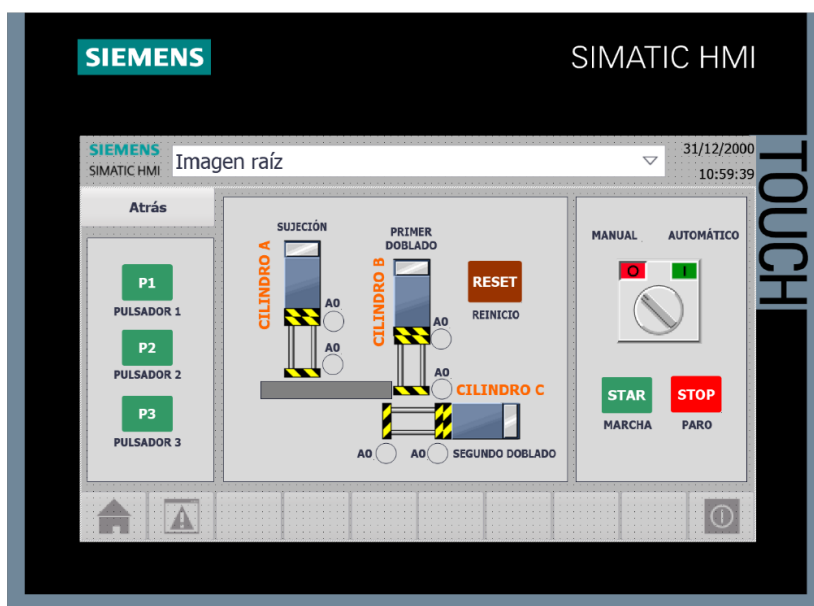


Nota: Elaboración del autor.

Una vez finalizadas las configuraciones del HMI, se procedió a elaborar la interfaz para el panel TP700 Comfort, cuya disposición final se muestra en la Figura 25.

Figura 25

Interfaz de la HMI TP700



Nota: Elaboración del autor.

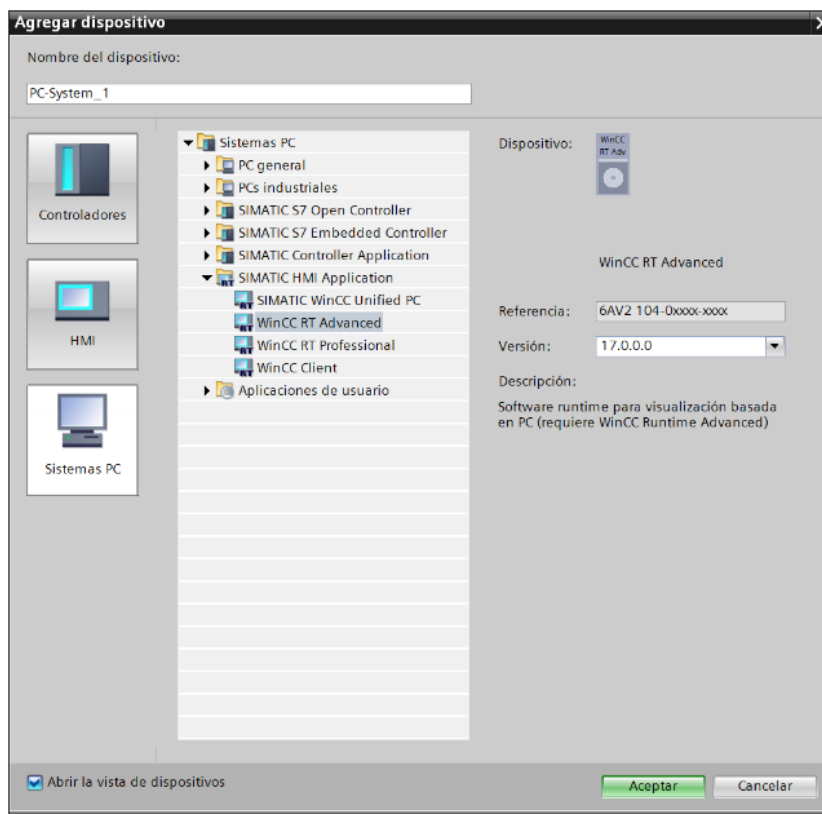
4.7 Desarrollo del Sistema SCADA

Posteriormente, se desarrolló la sección de supervisión utilizando WinCC RT Advanced, con la finalidad de poner en práctica un sistema SCADA que represente todas las variables del proceso. Esta interfaz permite visualizar alarmas, tendencias, eventos registrados y gestionar el control del sistema desde una estación remota, simulando las condiciones de una sala de control industrial real.

Para configurar la aplicación SIMATIC PC HMI, se añade una estación SIMATIC PC HMI al proyecto. Para ello, se accede al apartado de sistemas PC, se hace doble clic y se selecciona WinCC RT Advanced. Finalmente, se confirma la acción haciendo clic en Aceptar.

Figura 26

Agregando WinCC RT Advanced

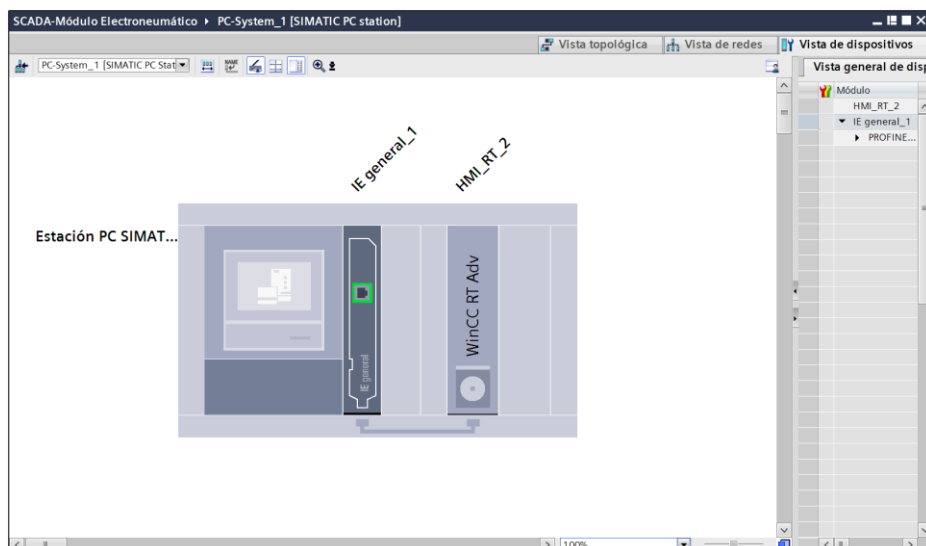


Nota: Elaboración del autor.

Desde la vista de dispositivos, se visualiza el nuevo componente agregado. A continuación, desde el panel derecho, se arrastra una interfaz de red hacia el slot disponible ubicado en el lado derecho del módulo correspondiente a WinCC RT Advanced.

Figura 27

Vista de WinCC RT Adv

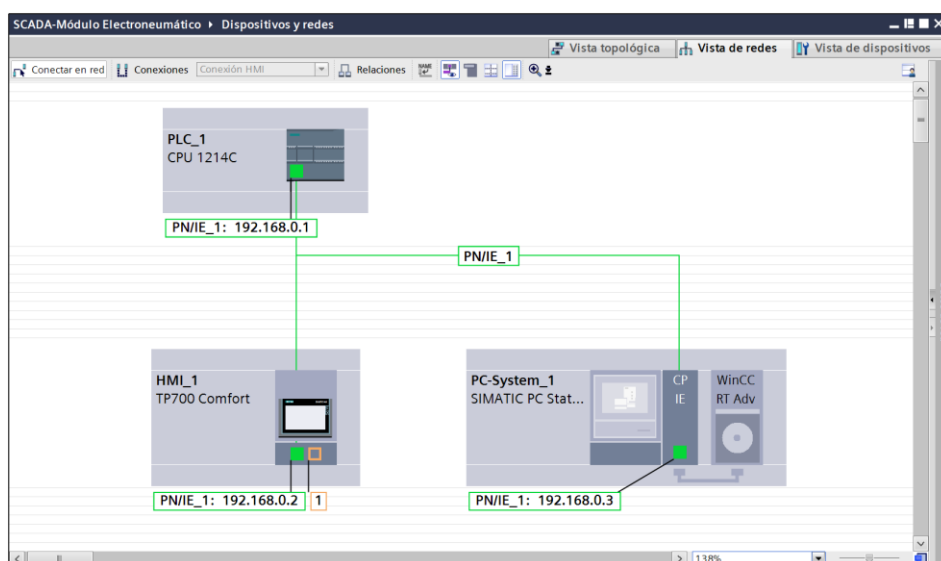


Nota: Elaboración del autor.

En la vista de Dispositivos y redes, se establece la conexión entre ambos equipos arrastrando el puerto de la estación PC hacia el puerto correspondiente del PLC. De este modo, ambos dispositivos quedan integrados en la misma subred, tal como se ilustra en la Figura 28.

Figura 28

Vista de conexión entre los dispositivos

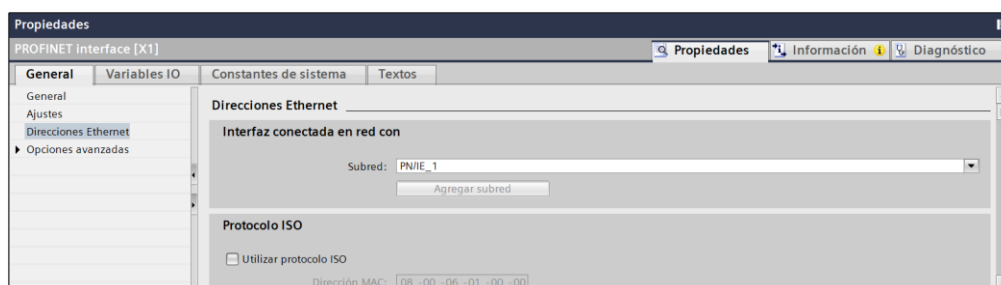


Nota: Elaboración del autor.

Se regresa a la vista de dispositivos, donde se accede al puerto del adaptador de red de la estación PC mediante doble clic. Luego, se verifica que dicho puerto esté correctamente asignado a la misma subred Ethernet que utiliza el equipo PC.

Figura 29

Verificación de la subred

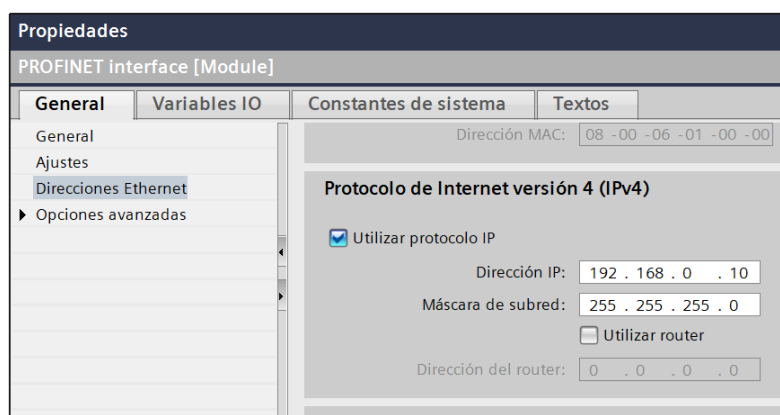


Nota: Elaboración del autor.

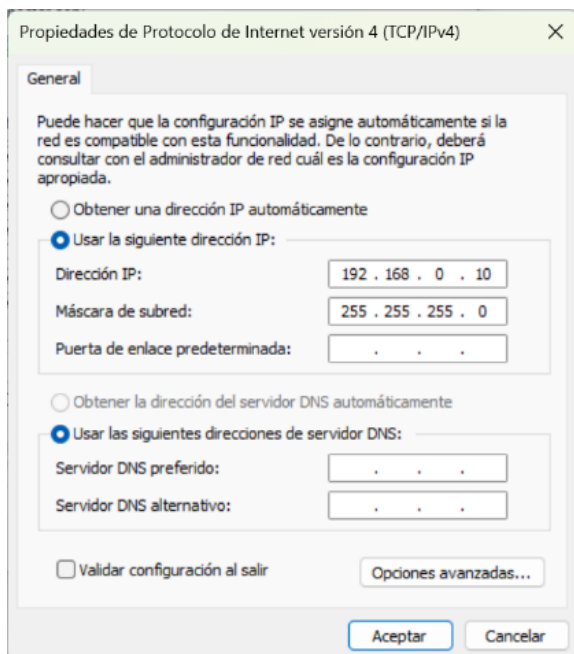
Se asigna una dirección IP a la estación PC, asegurándose de que coincida con la dirección IP del equipo físico utilizado.

Figura 30

Dirección de WinCC RT Adv



Nota: Elaboración del autor.

Figura 31*Dirección de la PC*

Nota: Elaboración del autor.

A continuación, se procede al desarrollo de la interfaz HMI dentro de la Simatic PC Station, incorporando las variables correspondientes en cada una de las pantallas. El resultado del diseño se presenta en la Figura 32.

Figura 32

Interfaz de la pantalla WinCC RT Adv

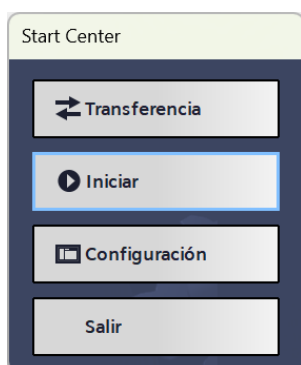


Nota: Elaboración del autor.

Para iniciar la carga en WinCC RT Advanced, se ejecuta la aplicación "WinCC Runtime Loader". Esta debe iniciarse con permisos de administrador, lo que abrirá la ventana denominada "Start Center". Desde allí, se selecciona la opción "Transferencia", lo cual desplegará la ventana correspondiente al proceso de conexión ("Connecting to host").

Figura 33

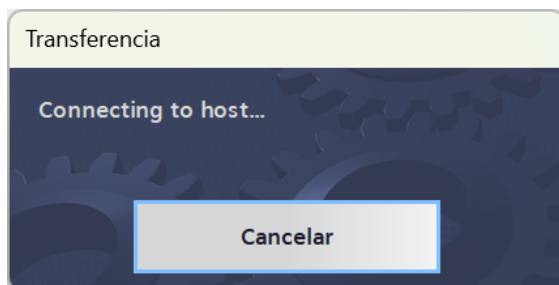
WinCC runtime loader



Nota: Elaboración del autor.

Figura 34

Transferencia de la interfaz

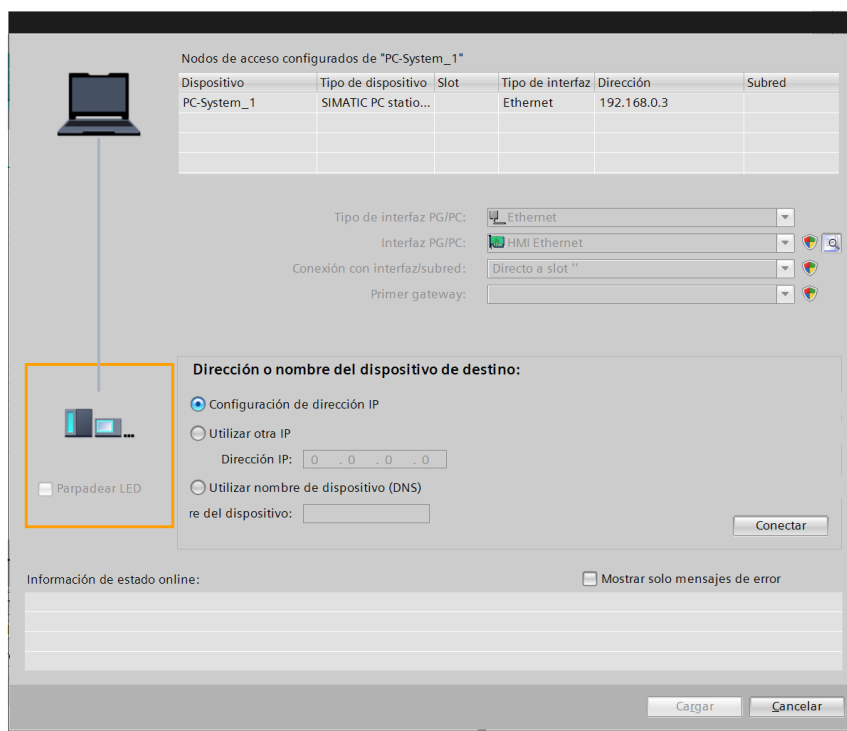


Nota: Elaboración del autor.

Dentro del entorno de TIA Portal, se accede al árbol del proyecto y se selecciona la opción "Simatic PC Station" para proceder con la carga del programa, lo que generará la apertura de la ventana de configuración correspondiente.

Figura 35

Ventana de configuración de WinCC Adv

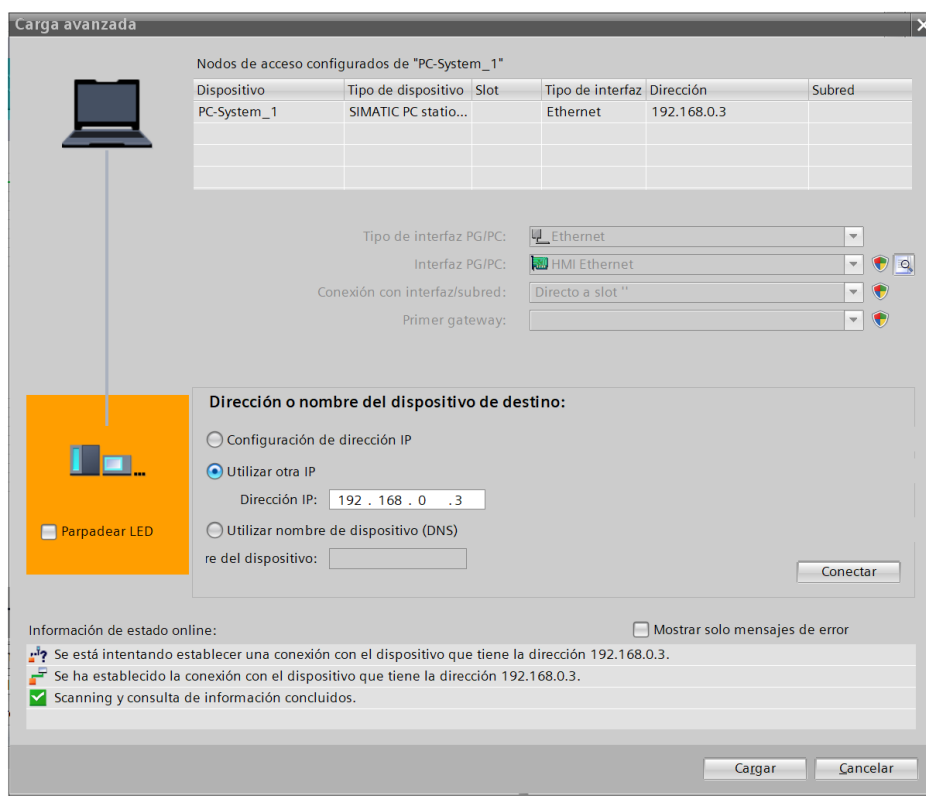


Nota: Elaboración del autor.

En esta etapa, se establece la dirección IP del dispositivo de destino ingresándola en el campo correspondiente. Se selecciona la opción “Utilizar otra IP” y se asigna la misma dirección IP utilizada por el equipo PC.

Figura 36

Configuración de WinCC RT Adv

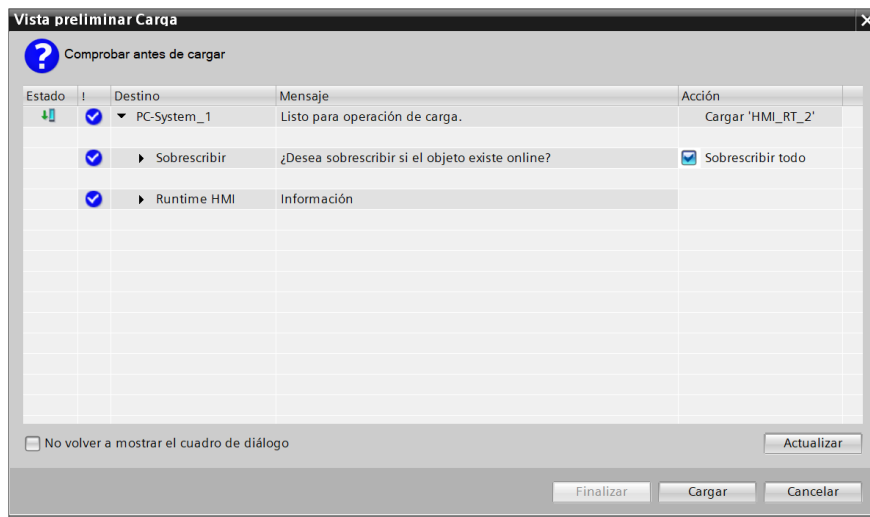


Nota: Elaboración del autor.

Después de completar la configuración, se mostrará una nueva ventana, tal como se aprecia en la Figura 37. En esta, se debe hacer clic en la opción “Cargar” para iniciar la transferencia del proyecto.

Figura 37

Cargando a WinCC RT Adv

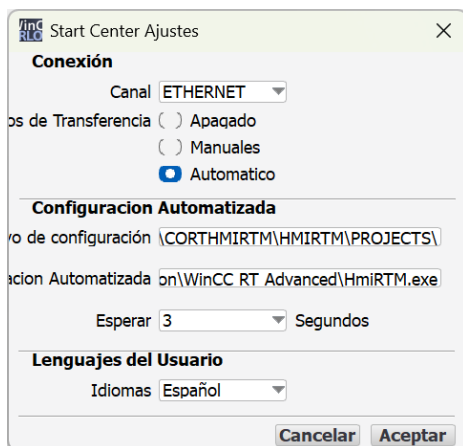


Nota: Elaboración del autor.

Para identificar la ubicación en la que se ha transferido el archivo HmiRtm, se copia la ruta especificada dentro de la configuración automática del sistema.

Figura 38

Ventana de Star Center

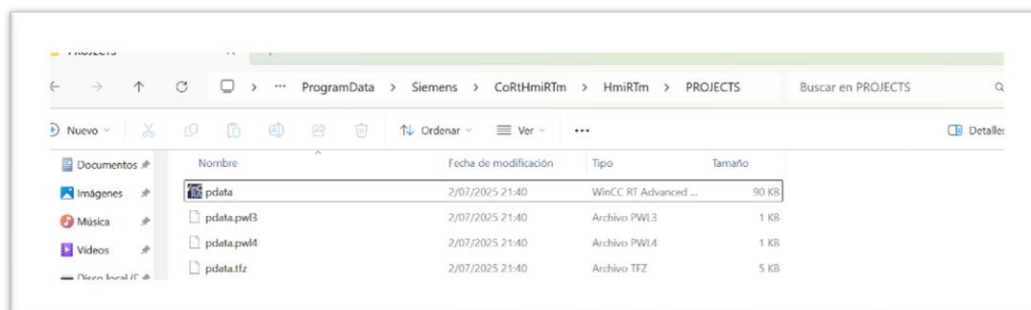


Nota: Elaboración del autor.

A continuación, se pega la ruta copiada en el disco C del equipo y se procede a ejecutar el archivo denominado "pdata" desde esa ubicación.

Figura 39

Dirección del archivo "pdata"

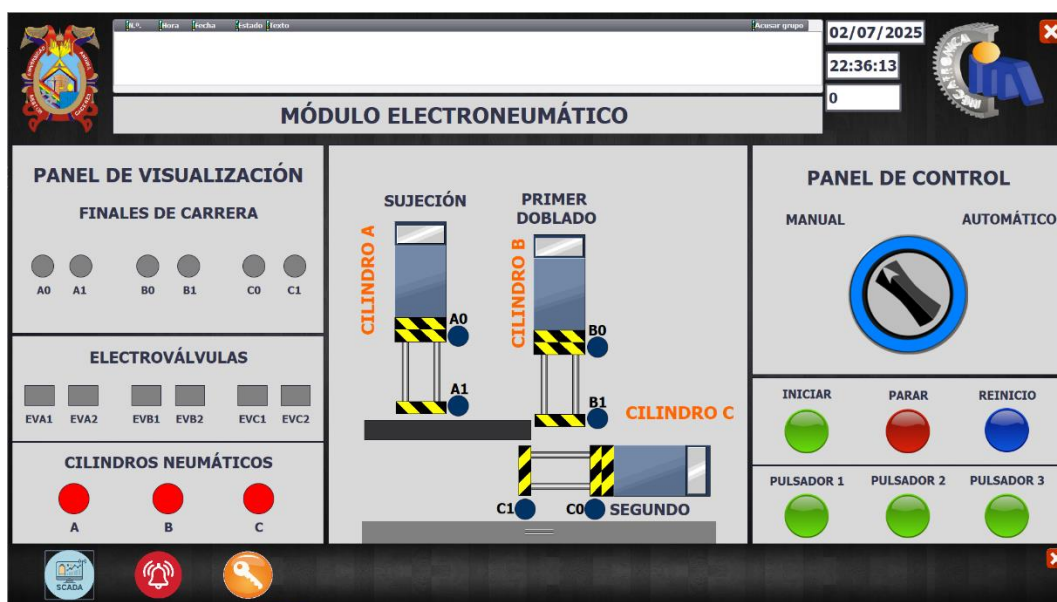


Nota: Elaboración del autor.

Al ejecutar el archivo "pdata", se iniciará la interfaz HMI previamente diseñada en WinCC RT Advanced, permitiendo visualizar la aplicación desarrollada.

Figura 40

Interfaz del archivo "pdata"



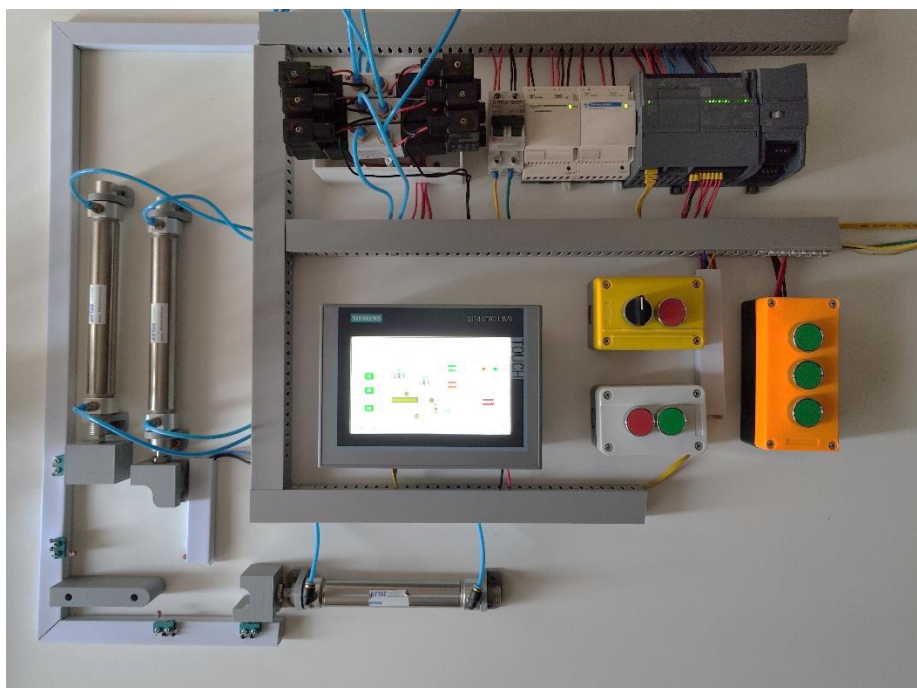
Nota: Elaboración del autor.

4.7.1 Integración y Pruebas del Sistema

Una vez completadas todas las configuraciones, se llevó a cabo la integración integral del sistema, incorporando los elementos de hardware, el controlador lógico programable, la interfaz HMI y el entorno SCADA. Posteriormente, se ejecutaron una serie de pruebas funcionales destinadas a validar el cumplimiento de la secuencia establecida, medir los tiempos de respuesta, comprobar la coordinación entre los distintos dispositivos y garantizar la fiabilidad en la comunicación. Cualquier inconveniente detectado durante estas pruebas fue solucionado, asegurando así un desempeño estable y consistente del sistema automatizado.

Figura 41

Pruebas del sistema



Nota: Elaboración del autor.

4.7.2 Validación final

Como etapa final, se realizó la recopilación de los resultados obtenidos, documentando el comportamiento del sistema en diversos escenarios operativos. Se efectuó un estudio pormenorizado de los datos capturados por el sistema SCADA, lo cual permitió verificar el logro de los objetivos planteados en el proyecto. A partir de esta información, se procedió a la elaboración de los anexos técnicos y la redacción de las conclusiones generales del trabajo desarrollado.

4.8 Recursos y materiales utilizados

La ejecución de este proyecto demandó la empleación de múltiples recursos técnicos, materiales y digitales, los cuales fueron fundamentales para la implementación y validación del sistema SCADA aplicado al control y supervisión del módulo electroneumático. La selección de dichos recursos se basó en criterios de compatibilidad, disponibilidad y adecuación funcional dentro del contexto de la automatización industrial.

4.8.1 Recursos Materiales y Tecnológicos

Tabla 3

Recurso materiales y tecnológicos

Elementos	Descripción
PLC Siemens S7-1200 1214C DC/DC/DC	Encargado de procesar la lógica de control del sistema.
Panel HMI Siemens TP700	Interfaz de operación local con pantalla táctil, utilizada para visualizar y controlar el módulo.
Cilindro Neumático de doble Efecto	Ejecutan los movimientos mecánicos del sistema.

Electroválvula biestable 5/3 con centro cerrado	Dirigen el flujo de aire hacia los cilindros.
Sensor de posición final	Detectan el estado extendido o retraído de cada cilindro.
Pulsadores y selector	Permiten iniciar, detener y seleccionar entre el modo manual y automático.
Nota de aire comprimido y unidad de mantenimiento	Acondicionan el aire utilizado por el sistema neumático.
Switch	Permiten interconectar varios equipos en una misma red local.
Cableado, conectores y canaleta	Necesarios para realizar las conexiones eléctricas y neumáticas del sistema.

Nota: Elaboración del autor.

4.8.2 Recursos Digitales y de Software

Tabla 4

Recursos digitales y de software

Software	Descripción
TIA Portal V20	Software principal utilizado para la programación del PLC y la configuración del HMI.
WinCC RT Advance	Entorno para la creación y ejecución del sistema SCADA en un equipo de control y supervisión.
PC de desarrollo	Computadora equipada con los programas mencionados, utilizada para la configuración, simulación, monitoreo, control y pruebas.
Cade Simu V4.2	Software de simulación y diseño de circuitos eléctricos.
AutoCAD 2026	Software de diseño asistido por computadora (CAD), utilizada para crear planos, dibujo técnico y modelos en 2D y 3D.

Nota: Elaboración del autor.

4.8.3 Recursos Humanos y de Apoyo

Tabla 5

Recursos humanos

Recursos	Descripción
Asesor académico	Brindo orientación metodológica y técnica durante el desarrollo.
Técnico responsable	Apoyo logístico y supervisión del entorno de pruebas en el módulo.

Nota: Elaboración del autor.

La utilización integrada de estos recursos resultó fundamental para el desarrollo de cada etapa del proyecto, cubriendo desde la etapa de desarrollo hasta la validación final del sistema. Además, su elección respondió a criterios de compatibilidad con normativas industriales y a su accesibilidad dentro del entorno académico.

4.9 Validación del Sistema SCADA

La verificación del sistema SCADA diseñado para gestionar y supervisar el módulo electroneumático representó una fase clave dentro del desarrollo del proyecto, ya que permitió constatar la correcta interacción entre los distintos componentes y comprobar que la solución propuesta respondía adecuadamente a los objetivos establecidos.

La validación fue llevada a cabo a través de pruebas funcionales desarrolladas en un entorno de laboratorio, con el objetivo de comprobar que la secuencia operativa A+, B+, B–, C+, C–, A– se ejecutara de manera continua y ordenada, asegurando la activación adecuada de las electroválvulas y la correcta respuesta de los sensores de posición. Asimismo, se evaluó el desempeño del



sistema frente a condiciones operativas especiales, tales como la activación del paro de emergencia, el proceso de reinicio y la conmutación entre los modos de operación manual y automático.

Un aspecto crítico dentro del proceso de validación fue garantizar la estabilidad en la conexión entre el PLC, la HMI TP700 y el entorno SCADA implementado en WinCC RT Advance. A través del monitoreo en tiempo real y la revisión detallada de los registros de eventos, se comprobó que la transmisión de datos se realizaba de forma precisa, sin retrasos ni pérdida de información. Adicionalmente, el sistema demostró su capacidad para detectar condiciones anómalas, generando alertas ante fallos como la ausencia de señal en los sensores o paradas no programadas, lo que evidencia un alto nivel de confiabilidad en su funcionamiento.

Asimismo, se realizó una validación enfocada en los aspectos de usabilidad y supervisión del sistema, verificando que la interfaz HMI brindara una interacción clara y sencilla con el proceso, facilitando su operación por parte del usuario. De igual forma, se constató que el entorno SCADA proporcionaba una representación visual completa y precisa del estado del sistema, permitiendo tanto el monitoreo centralizado como el registro de eventos. Esta configuración permitió al operador gestionar el proceso desde el panel local, al tiempo que se mantenía una supervisión global desde la plataforma SCADA.



CAPÍTULO V

RESULTADOS DEL SISTEMA

Tras culminar el proceso de desarrollo de programación e integración, se logró la implementación efectiva del sistema SCADA operativo, orientado al control y supervisión de un módulo electroneumático conformado por tres cilindros neumáticos de doble efecto, cada uno controlado mediante una electroválvula 5/3 vías biestable con centro en posición de bloqueo. Aunque el sistema fue concebido con fines formativos, su desarrollo se basó en criterios técnicos aplicables a entornos reales de automatización industrial.

La arquitectura del sistema se organiza en dos niveles fundamentales: el nivel de control local, conformado por el PLC Siemens S7-1200 y la interfaz HMI TP700 Comfort, y el nivel de supervisión remota, implementado mediante el software WinCC RT Advance desde una estación de trabajo. La interconexión entre estos dispositivos se establece a través del protocolo Profinet, lo que asegura una comunicación rápida, estable y sincronizada entre las señales de control y monitoreo.

A través de la interfaz HMI TP700, el operador tiene la posibilidad de controlar manualmente el avance y retroceso de los cilindros neumáticos, así como de activar el modo automático, lo que permite la ejecución continua de la secuencia programada (A+, B+, B-, C+, C-, A-). Asimismo, el sistema puede ser detenido en cualquier momento mediante un pulsador de paro de emergencia, con opción de reinicio desde el propio panel de control. La HMI integra botones de operación, indicadores de estado, elementos gráficos animados que ilustran el movimiento de los actuadores, y mensajes de advertencia ante fallos o eventos críticos del proceso.

En el nivel de supervisión SCADA, se diseñó una interfaz gráfica utilizando WinCC RT Advance, la cual posibilita la monitorización instantánea de la posición de los cilindros, los pulsadores, las señales provenientes de los sensores, así como el estado de las salidas gestionadas por el PLC. Esta interfaz también cuenta con funcionalidades para la generación automática de alarmas, el registro de eventos y la consulta del historial operativo, lo que incrementa la trazabilidad del sistema y refuerza sus mecanismos de seguridad.

El módulo electroneumático, instalado sobre una base de tipo didáctico, se encuentra completamente integrado mediante cableado estructurado, tuberías neumáticas, sensores y actuadores. Su funcionamiento es posible gracias a una Nota de aire comprimido, cuya presión es controlada a través de una unidad de mantenimiento tipo FRL. Todo el sistema ha sido dispuesto de manera segura y accesible, facilitando su uso en actividades de prueba, monitoreo y formación técnica.

En términos generales, el sistema SCADA desarrollado constituye una solución integrada, operativa y reproducible, que responde a los objetivos

establecidos al inicio del proyecto. Su diseño lo convierte en una herramienta útil tanto para fines formativos en entornos educativos como para la implementación de prototipos de automatización en aplicaciones de pequeña escala.

5.1 Resultados de Pruebas Funcionales

Con la finalidad de evaluar el rendimiento del sistema SCADA implementado, se llevaron a cabo pruebas funcionales orientadas a evaluar el comportamiento de los cilindros neumáticos, la respuesta del PLC ante las señales de los sensores, y la interacción entre el sistema físico y las interfaces HMI y SCADA. Estas evaluaciones se realizaron en un entorno de laboratorio, bajo condiciones controladas, con el módulo completamente ensamblado y en operación.

5.1.1 Verificación de la Secuencia Programada

El primer criterio evaluado correspondió a la ejecución correcta de la secuencia lógica establecida: A+, B+, B−, C+, C−, A−. Durante las pruebas realizadas, se confirmó que los tres cilindros efectuaban sus desplazamientos en el orden programado, y que el avance de cada etapa dependía directamente de la activación de los sensores de posición (finales de carrera), configurados como condiciones lógicas indispensables para la progresión del ciclo automático.

Cada fase del proceso fue supervisada a través del panel HMI TP700, el cual mostraba en tiempo real el estado de los actuadores y sensores del sistema. Asimismo, se habilitó la opción de interrumpir el ciclo en cualquier momento y continuar su ejecución desde el modo manual, lo que resultó útil para la detección de posibles errores en la lógica de control o fallos en la recepción de señales.

Figura 42

Verificación de la secuencia programada



Nota: Elaboración del autor.

5.1.2 Tiempo de Respuesta

Durante el proceso de validación, también se evaluaron los tiempos de respuesta entre la activación de una señal de entrada como la detección de un sensor de posición y la generación de la salida correspondiente, es decir, la activación de la electroválvula asociada. Los valores promedio registrados fueron los siguientes:

Tabla 6

Tiempo de respuestas

Movimiento	Tiempo promedio de respuesta
A+	0.9 segundos
A-	1.1 segundos
B+	1.0 segundos
B-	0.9 segundos
C+	1.0 segundos
C-	0.8 segundos

Nota: Tiempo de respuesta de los cilindros neumáticos. *Nota:* Elaboración propia.

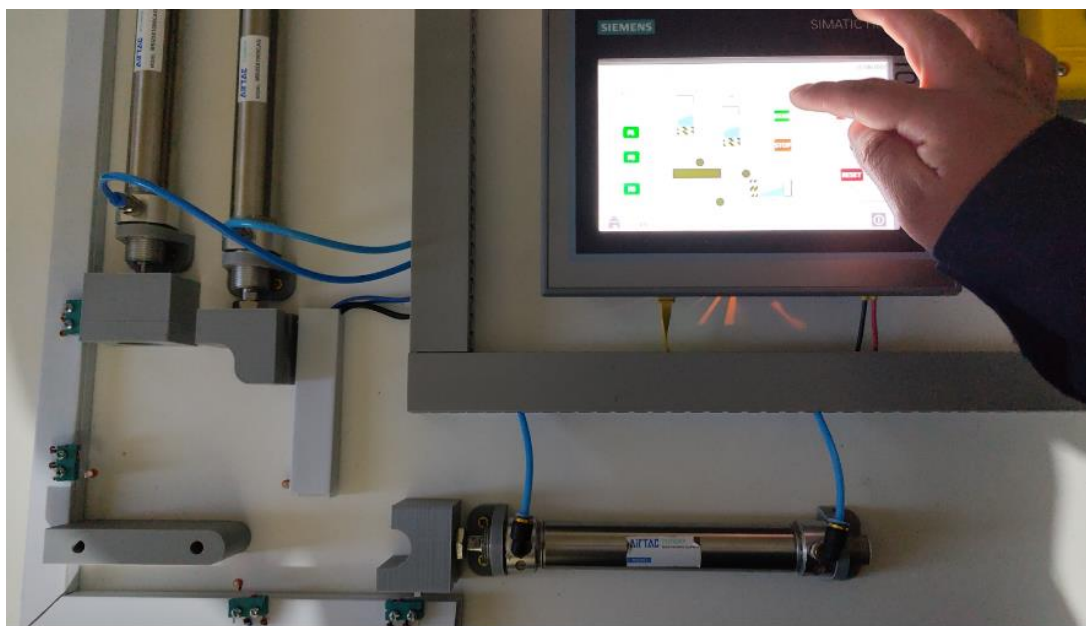
Los tiempos de respuesta obtenidos se mantuvieron estables a lo largo de varias ejecuciones del ciclo, sin presentar variaciones significativas. Este comportamiento refleja una adecuada sincronización entre las señales de entrada y las de salida, así como una buena estabilidad operativa del sistema.

5.1.3 Modo Manual y Automático

Se evaluaron ambos modos de operación del sistema: en modo manual y modo automático. En el modo manual, se comprobó que el operador pudiera ejecutar la secuencia de manera paso a paso, mediante la activación individual de cada cilindro a través de los comandos disponibles en la HMI. En el modo automático, se verificó que el ciclo completo se llevara a cabo de forma continua, siempre que se cumplieran las condiciones de seguridad establecidas para el funcionamiento del sistema.

Figura 43

Modo de operación manual y automático



Nota: Elaboración del autor.

5.2 Resultado del Sistema SCADA

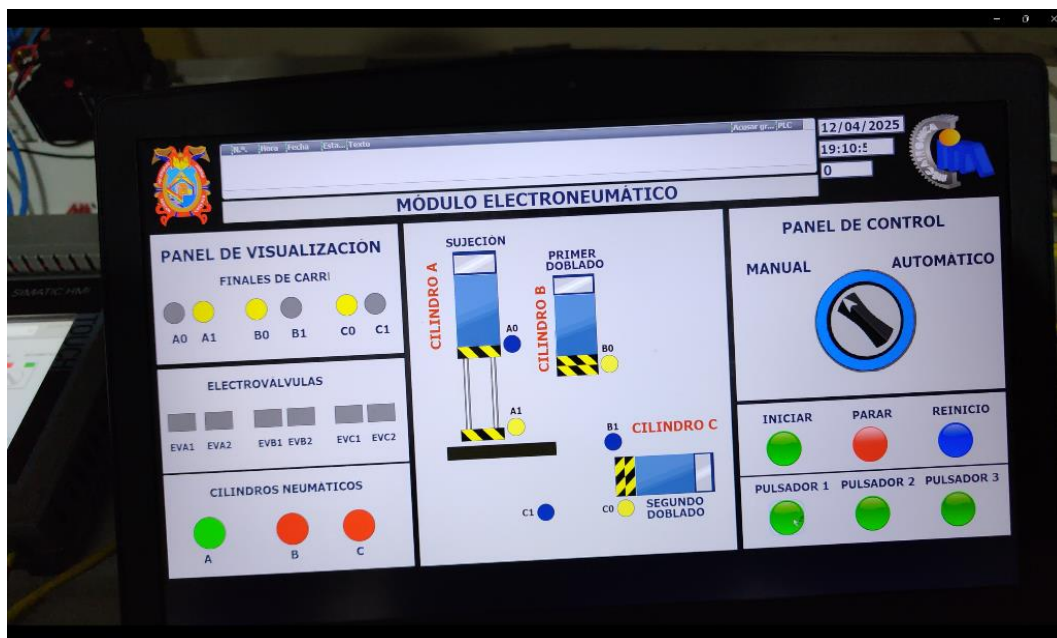
Como componente clave del proyecto, se implementó un sistema de supervisión SCADA mediante la plataforma WinCC RT Advance, que permitió la visualización, el monitoreo y el registro en tiempo real del estado operativo del módulo electroneumático desde una estación de trabajo. Esta interfaz actuó como una extensión del sistema de control, ofreciendo funcionalidades equivalentes a las del HMI TP700, pero con mayores capacidades en cuanto a análisis, gestión de datos y trazabilidad del proceso.

5.2.1 Visualización de Estados y Variables

El sistema SCADA permitió en todo momento la supervisión en tiempo real del estado de los cilindros —ya sea en posición extendida o retraída—, así como la visualización del estado de los sensores de posición y de las salidas activadas por el PLC. La interfaz gráfica fue diseñada con un enfoque amigable, incorporando elementos animados, codificación por colores para distinguir los estados activo e inactivo, y símbolos representativos del movimiento de los actuadores. Esta representación visual facilitó el seguimiento completo de la secuencia programada (A+, B+, B–, C+, C–, A–) directamente desde la estación de supervisión.

Figura 44

Visualización y funcionamiento del sistema SCADA



Nota: Elaboración del autor.

5.2.2 Supervisión en Tiempo Real

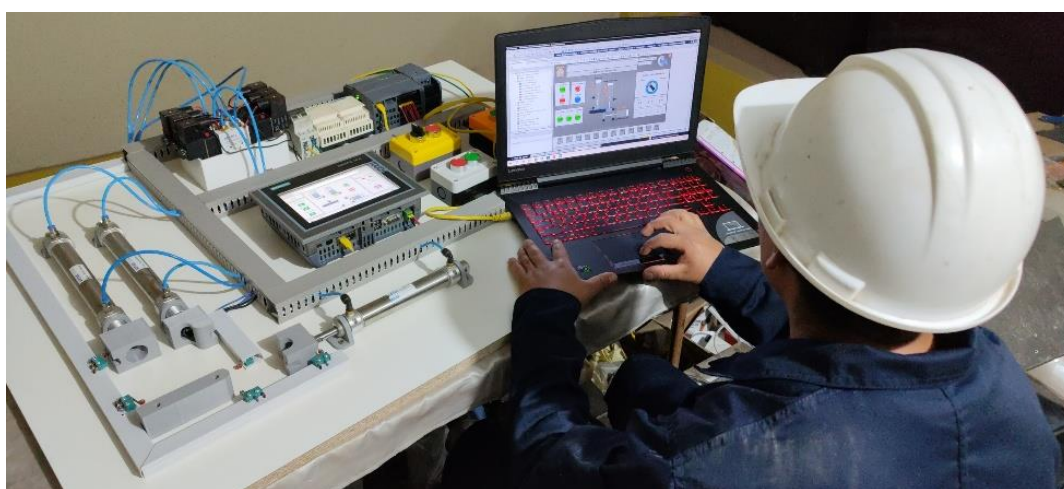
Durante las pruebas operativas, el sistema SCADA reflejó con exactitud los cambios en los estados de las entradas y salidas digitales, sin evidenciar retardos perceptibles en la actualización de la información. Asimismo, se configuró un sistema de alarmas que se activaba de forma automática ante la detección de condiciones anómalas, tales como:

- Activación del pulsador de paro de emergencia.
- Inconsistencias en la señal de los sensores, como la ausencia de confirmación de posición por parte de un cilindro.
- Fallas en la comunicación entre los dispositivos del sistema (PLC, HMI o estación SCADA).

Cada evento generado por el sistema era registrado con su respectiva fecha y hora, lo que permitió construir un historial detallado de operación. Esta funcionalidad resultó especialmente útil para realizar análisis posteriores y evaluar el comportamiento del sistema ante distintas condiciones de funcionamiento.

Figura 45

Supervisión en tiempo real



Nota: Elaboración del autor.

5.2.3 Registro de Eventos y Tendencias

Una de las cualidades más sobresalientes del sistema SCADA fue su facultad para conservar registros históricos de operación. Para ello, se configuró un sistema de registros automáticos (logs), que permitió guardar información clave del proceso, incluyendo:

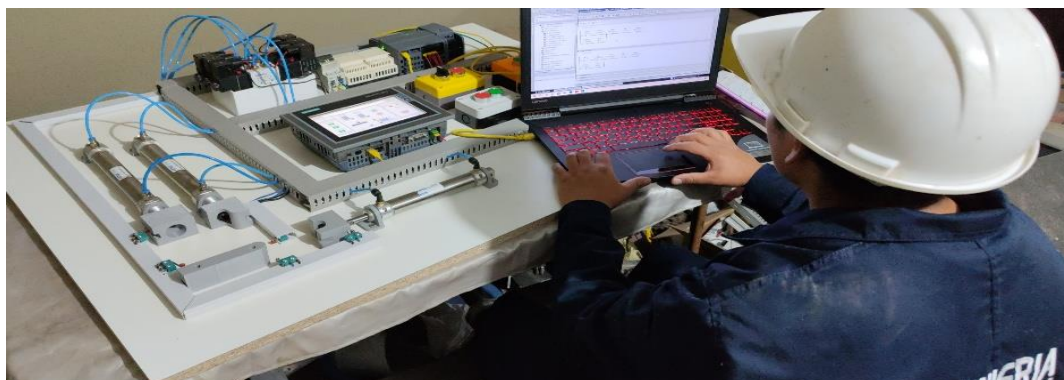
- Cambios en el estado de los sensores y salidas digitales.
- Tiempos de ejecución asociados a cada etapa de la secuencia operativa.
- Reinicios del sistema y eventos de interrupción manual.

5.3 Evaluación de la Interfaz SCADA

La interfaz SCADA desarrollada en WinCC RT Advance demostró un desempeño funcional, estable y con una representación gráfica clara. Su comportamiento fue coherente y sincronizado con el PLC y la HMI, permitiendo una supervisión integral del módulo y mostrando todos los elementos necesarios para un entorno de monitoreo industrial. Además de facilitar la validación del sistema, esta herramienta representa un recurso didáctico significativo para la enseñanza de conceptos vinculados con la automatización y la gestión de procesos.

Figura 46

Evaluación del sistema SCADA



Nota: Elaboración del autor.

5.3.1 Evaluación de Desempeño

La valoración del funcionamiento del sistema SCADA se centró en aspectos clave como la eficiencia operativa, la estabilidad durante el funcionamiento, la capacidad de respuesta ante eventos del proceso y la tolerancia frente a fallas o condiciones inesperadas. Dicha evaluación fue realizada a partir de múltiples sesiones de prueba repetidas en un entorno de laboratorio, bajo condiciones controladas.

5.3.2 Respuesta Ante Entradas y Eventos

Durante su funcionamiento, el sistema mostró un comportamiento adecuado ante diversas condiciones operativas, tales como:

- Activación de los sensores de posición (finales de carrera).
- Conmutación entre los modos automático y manual.
- Uso de pulsadores para el avance individual de cada etapa en modo manual.
- Recepción de señales de paro de emergencia y comandos de reinicio.

No se detectaron retrasos significativos entre la activación de las señales de entrada y la respuesta correspondiente en las salidas. El sistema mantuvo un tiempo de reacción eficiente, con promedios inferiores a un segundo por etapa del proceso, lo que evidencia un buen desempeño en términos de velocidad y sincronización.

5.3.3 Integración Entre Hardware y Software

El sistema evidenció una sincronización adecuada entre el PLC, la HMI TP700 y el entorno SCADA implementado en WinCC RT Advance. Durante las pruebas, no se registraron pérdidas de comunicación ni desincronizaciones, incluso tras la ejecución continua de múltiples ciclos. La actualización de la interfaz gráfica en el SCADA se producía en paralelo con los eventos mostrados en la HMI física, lo que permitió una supervisión precisa y coherente desde ambos niveles de control.

5.3.4 Seguridad

El sistema también fue evaluado frente a condiciones imprevistas, mediante pruebas específicas que incluyeron:

- Simulación de desconexión de sensores.
- Activación del pulsador de paro de emergencia.
- Interrupción manual del ciclo operativo en modo manual.

Estas pruebas permitieron comprobar la capacidad del sistema para responder de forma segura y controlada ante eventos anómalos o no planificados.

5.3.5 Observaciones Técnicas y Mejoras Aplicadas

Durante el proceso de validación se detectaron algunas oportunidades de mejora, entre las cuales destacan:

- El ajuste de ciertos tiempos de espera entre etapas, con el fin de evitar solapamientos no deseados en la secuencia.
- La reubicación estratégica de algunos sensores en el banco didáctico, con el objetivo de optimizar la detección de posiciones.
- La mejora en el diseño gráfico de la interfaz SCADA, orientada a lograr una representación visual más clara e intuitiva del proceso.

Estas mejoras se implementaron de forma progresiva a lo largo del proceso de validación, lo que permitió obtener una versión optimizada y más depurada del sistema, tanto en su funcionamiento como en su presentación visual y operativa.

Figura 47*Visualización de desempeño**Nota:* Elaboración del autor.

5.4 Discusión de Resultado

Una vez culminada la implementación del sistema SCADA orientado al control y monitoreo del módulo electroneumático, los resultados obtenidos reflejan un cumplimiento sólido de los objetivos planteados en esta investigación. La comparación entre los criterios definidos inicialmente y los logros alcanzados permite valorar positivamente el impacto del proyecto, tanto en términos técnicos como en su aplicación dentro de contextos formativos.

El sistema SCADA desarrollado permitió cumplir de manera efectiva el objetivo de supervisar y controlar el módulo electroneumático bajo la secuencia $A+ B+ B- C+ C- A-$, garantizando la correcta sincronización entre los actuadores y sensores. A diferencia de proyectos centrados únicamente en el diseño físico del módulo, esta investigación incorpora la supervisión y adquisición de datos en tiempo real mediante la plataforma WinCC RT Advanced, lo que proporciona un entorno más completo y funcional. Esto permitió registrar y visualizar los estados del sistema con precisión, facilitando tanto el control local como el análisis del

desempeño operativo, lo que eleva el nivel de automatización y modernización del proceso.

En comparación con la tesis *“Diseño e implementación de módulo de electro-neumática industrial educativo”*, ambos trabajos comparten el propósito de crear herramientas didácticas orientadas al aprendizaje práctico de la automatización industrial. Sin embargo, mientras la tesis mencionada se enfoca en la construcción de un módulo educativo versátil y en la ejecución de prácticas con un enfoque pedagógico, el presente trabajo integra el diseño físico con un sistema SCADA completo, potenciando la supervisión, el control y la adquisición de datos. Gracias al uso de WinCC RT Advanced, se logró una interfaz interactiva que mejora la experiencia del usuario, permitiendo una aplicación más cercana a los entornos industriales reales.

Un aspecto adicional de gran relevancia es el valor formativo del sistema desarrollado. Al estar concebido como una plataforma didáctica, el sistema SCADA brinda a estudiantes de ingeniería y formación técnica la posibilidad de interactuar con un entorno representativo de una planta industrial real. En este contexto, pueden adquirir conocimientos prácticos sobre control lógico programable, instrumentación, comunicaciones industriales y supervisión en tiempo real, lo que favorece significativamente el desarrollo de competencias aplicadas en el ámbito de la automatización.

Finalmente, es importante destacar que, a lo largo del proceso, se identificaron diversas oportunidades de mejora que fueron abordadas y corregidas oportunamente. Esto no solo permitió optimizar el sistema desarrollado, sino que también enriqueció la experiencia de aprendizaje, reafirmando el valor del enfoque iterativo propio de los proyectos de ingeniería.



CONCLUSIONES

PRIMERO: El sistema SCADA desarrollado permitió cumplir el objetivo de supervisar y controlar el módulo electroneumático de forma eficiente. La integración entre el PLC Siemens S7-1200 y el entorno WinCC RT Advance garantizó una comunicación confiable, facilitando el monitoreo en tiempo real y mejorando la precisión y seguridad del proceso automatizado.

SEGUNDO: Se diseñó adecuadamente la arquitectura del sistema SCADA, integrando los componentes del módulo electroneumático con el PLC y la HMI, lo que permitió establecer una base funcional para el control y monitoreo del sistema.

TERCERO: Se configuró y programó el PLC en TIA Portal, logrando establecer una lógica de control secuencial funcional para el manejo de los cilindros neumáticos a través de electroválvulas.

CUARTO: Se seleccionaron correctamente los dispositivos necesarios para el sistema SCADA, garantizando la compatibilidad y el adecuado funcionamiento del monitoreo y control del módulo electroneumático.



RECOMENDACIONES

PRIMERO: Se recomienda mejorar el sistema incorporando registro de datos y conexión remota para optimizar la supervisión y el control del módulo electroneumático. Además, se sugiere implementar nuevas funciones que permitan ampliar su aplicación en otros procesos de automatización industrial.

SEGUNDO: Se recomienda conservar la documentación del diseño arquitectónico para facilitar futuras mejoras o implementaciones en otros módulos similares.

TERCERO: Se recomienda validar periódicamente la lógica de control mediante pruebas funcionales, para asegurar un desempeño estable y sin errores durante la operación del sistema.

CUARTO: Se recomienda evaluar continuamente la compatibilidad entre los componentes seleccionados y el entorno de desarrollo, con el fin de optimizar futuras ampliaciones o actualizaciones del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, M. (2022). *Lora based iot platform for remote monitoring of large-scale agriculture farms in Chile*. Chile: Sensors.
- Avalos, A. (2018). *Diseño de un sistema Scada para el control y supervisión automático del proceso de adsorción, desorción y recuperación de oro en la minera Shahuindo SAC*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigacion*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
- Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Bartys, M., & Hryniewicki, B. (2019). The trade-off between the controller effort and control quality on example of an electro-pneumatic final control element. *actuators*, 1-21.
- Belookoc, A. (2019). Using of EM-technology (effective microorganism) for increasing the productivity of calves. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 1058-1061.
- Blanco, R., & Kam, J. (2015). *Diseño de un sistema SCADA para el control de nivel de líquidos por presión o caudal y elaboración de un módulo didáctico*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Bravo, J. (2017). *Automático de electricidad y temperatura para el data center financiera EDPYME alternativa Olmos 2017*. Lima: Universidad César Vallejo.



- Cartagena, C., & Cortez, D. (2023). *Diseño y construcción de unidad terminal remota de bajo costo para un laboratorio de pruebas de sistemas electroneumáticos*. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE.
- Ccama, H. (2023). *Diseñar, simular y programar al mecanizar en el torno de control numérico computarizado mediante la integración del diseño asistido por computadora y fabricación asistido por computadora*. Juliaca: Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez.
- Cendikia, M., Raharja, S., & Udin, F. (2022). Analysis and design of quality control system in ground coffee SMEs. IOP Conf. *Series: Earth and Environmental Science*, 1-13.
- Chaguaro, D., & Aguiño, L. (2020). Desarrollo De Aplicación Multiplataforma Para Supervisión Y Control Eléctrico En Industria 4.0 Con Equipos Plc Siemens S7-1200. 1 - 8.
- Chertovskoy, V., & Tsehanovsky, V. (2021). Optimal model of manufacturing control system. Journal of Physics:.. *Conference Series*, 1-6.
- Corella, J., & Reyes, J. (2022). *Elaboración de un sistema SCADA para el monitoreo y control en una línea automatizada de snacks fritos y acceso a tecnología 4.0*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Diaz, M. (2021). Automated system for monitoring and control of the liquid wax production process. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 782-790.



- Dioses, I. (2021). *Implementación de un sistema Scada en el sistema de bombeo de estación 59 y 172 de refinería Talara – Piura, 2020*. Piura: Universidad Católica de los Angeles de Chimbote.
- Dli, M. (2021). Intelligent Control System Architecture for Phosphorus Production from Apatite-Nepheline Ore Waste. *Energies*, 1-13.
- Du, H. (2022). Energy-Saving for Industrial Pneumatic Actuation Systems by 51 Exhausted Air Reuse Based on a Constant Pressure Elastic Accumulator. *Sustainability*, 1 - 14.
- Du, H., Hu, C., & Xiong, W. (2020). Energy optimization of pneumatic actuating systems using expansion energy and exhaust recycling. *Journal of Cleaner*, 1-11.
- Dudic, S. (2021). Improving Energy Efficiency of Flexible Pneumatic Systems. *Energies*, 1-17.
- Foit, K., Banas, W., & Cwikla, G. (2018). The pneumatic and electropneumatic systems in the context of 4th industrial revolution. *Materials Science and Engineering*, 1 - 7.
- Notas, G. (2020). *Diseño de un sistema automático HMI/SCADA para el control del tanque desaireador del área de calderos de la empresa Agroindustrial Tumán S.A.A*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Gálvez, D., & Ricaurte, D. (2022). *Propuesta de Implementación de un Sistema SCADA en una Máquina Empaquetadora Mediante el Uso del Software InduSoft en una Empresa de Alimentos*. 2022: Escuela Superior Politécnica del Litoral.



- García, E., Santillán, C., Pilco, A., & Orozco, J. (2015). Diseño e implementación de un sistema SCADA para el envasado y transporte de líquidos de baja densidad usando un PLC siemens s7-1200 e INTOUCH. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 1 - 8.
- Gibson, T., & Barth, E. (2019). Design, Model, and Experimental Validation of a Pneumatic Boost Converter. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 1-10.
- Gonzales, E. (2017). *Propuesta de diseño de un sistema SCADA para mejorar el funcionamiento del grupo electrógeno en el hospital regional de Jaén, 2017*. Chiclayo: Universidad César Vallejo.
- Guzman, E. (2020). *Sistema de control automático para el proceso de maceración enfocado a la fabricación de cerveza artesana*. Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE.
- Hernán, T. (2020). *Automatización del sistema de riego en la florícola*. Quito: Universidad Tecnológica Israel.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2014). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
- Ibañez, A., & Gaitan, M. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de control automático para mandos electropneumáticos utilizando control lógico embebido*. Santander.
- Idrogo, A. (2020). *Propuesta de implementación de servidores redundantes en el uso de sistema scada en la administración y visualización de señales*

remotas en la empresa Zeus Energy Piura. Chimbote: Universidad Católica Los Angeles de Chimbote.

Jimenez, S. (2018). *Diseño del sistema de automatización y enlace a la red scada de PETROPERÚ para realizar el control automático de las motobombas de la estación Andoas del oleoducto Nor-Peruano.* Piura: Universidad Nacional de Piura.

León, S. (2021). *Diseño y simulación de un sistema electroneumático para un proceso de llenado, empaque y embalaje para la industria alimenticia.* Da Coruña: Universidad Da Coruña.

Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., Quiroga, I., Rivas, J., & Núñez, J. (2018). *Sistemas de automatización y autómatas programables.* España.

Medina, E. (2019). *Diseño de un sistema de automatización de un filtro prensa marca sperry de concentrado de plomo para la planta concentradora de CIA CASAPALCA.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Ñacato, A. (2020). *Diseño e implementación de un sistema scada para el sistema de pruebas de control de calidad de las cámaras de empuje utilizadas en los sistemas de bombeo horizontal (HPS) de la planta artificial lift de la empresa Baker Hughes.* Sangolquí - Ecuador: Universidad de Las Fuerzas Armadas.

Palacios, L., & Trelles, D. (2018). *Diseño De Un Prototipo De Sistema Scada Para El Monitoreo Y Control De Consumo De Agua En Viviendas Residenciales.* 1 - 10.



- Pastuña, J., & Mosquera, S. (2019). *Implementación Del Sistema Scada Para El Control, Monitoreo Y Análisis De Indicadores De Operación Del Invernadero Del Campus Salache*. Campus Salache.
- Paz, A. (2023). *Diseño electroneumático en tanques tipo pulmón para la mejora del sistema del proceso de reutilización de Ácido Residual de la unidad NAC SAC*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Requejo, R. (2022). *Diseño de un sistema de automatización para el lavado de zanahorias en la empresa "DANPER TRUJILLO S.A.C." Trujillo - 2021*. Huacho: Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion.
- Rodriguez, N. (2018). *Diseño SCADA para monitorear alarmas contra incendio del hospital regional de Lambayeque Chiclayo 2017*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Rodríguez, P. (2019). *Diseño y simulación de un sistema scada para el control y monitoreo de reservorios de agua potable usando un algoritmo de control mediante una red inalambrica en Arequipa*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Rojano, A., & Toapanta, W. (2020). *Sistema de control del consumo de agua, mediante el sistema scada para el invernadero #1 en el campus Salache*. Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Salgado, J. (2023). *Diseño de un sistema automatizado para el control y monitoreo del proceso de fabricación de hielo en la empresa MOSATEC utilizando herramientas de la industria 4.0*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Simba, D. (2018). Diseño e implementación de un módulo electroneumático didáctico para el laboratorio de mandos neumáticos de La EPN. *EPN*, 1 - 24.

Tacilla, E., & Cueva, R. (2019). *Aplicación de Un Sistema Scada Rsvview32 Para La Automatización de Bombas Sumergibles en Una Mina a Cielo Abierto*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

Villavicencio, S. (2023). *Automatización del proceso de elaboración de yogurt en "Lácteos Artesano" con integración a un sistema SCADA*. Quito: Universidad de Israel.



ANEXOS



Anexo 01. Matriz de consistencia

Título: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGIA
General	General	Hipótesis General	Independiente		Bloques de entrada Bloques de salida Unidad central de procesamiento (CPU) Memoria del PLC Nota de alimentación eléctrica Dispositivos de programación Software Tia Portal	Tipo de investigación Aplicado Diseño de investigación Experimental
¿Sera posible elaborar el sistema SCADA para el control y monitoreo de un equipo electroneumático en contextos educativos haciendo uso de tecnologías de automatización industrial que sean accesibles y actuales?	Elaborar un sistema SCADA para el monitoreo y control de un módulo electroneumático	El sistema SCADA permitirá optimizar las tareas de control y supervisión aplicadas a un módulo electroneumático	Implementación del sistema SCADA	Controlador lógico programable (PLC) Sistema SCADA		
Especificas	Especificas	Hipótesis Especificas	Dependiente		PLC Nota de poder Ruteador de nube Pantalla HMI TP700 Sensor Medidor de parámetros	
¿Cómo integrar adecuadamente los componentes físicos del módulo electroneumático (cilindros, electroválvulas, pulsadores, selector) con un PLC para lograr una operación controlada?	Elaborar la arquitectura del sistema SCADA que integre los componentes del módulo electroneumático (cilindros, electroválvulas, pulsadores y selector) con un PLC y una HMI.	Mejor organización del sistema y a una interacción más eficiente entre los distintos componentes del módulo electroneumático.		Dispositivos del sistema SCADA		
¿Qué lógica de programación se debe implementar en el PLC para asegurar la correcta secuenciación y sincronización de los actuadores?	Configurar y programar el PLC en TIA Portal, estableciendo la lógica de control secuencial para el funcionamiento de los cilindros neumáticos mediante electroválvulas.		Monitoreo y control de un módulo electroneumático.			
¿Cómo será la supervisión y adquisición de datos para el monitoreo y control de un módulo electroneumático?	Supervisar y adquirir datos para el monitoreo y control de un módulo electroneumático.					



Apéndice2: Instrumentos.

Apéndice2: Instrumentos

I.- Datos del experto

1.- Apellidos y nombres: ING. ANGEL CLEMENTE MAMANI LEONARDO

2.- Cargo e institución donde labora: SUPERVISOR

Se detalla una lista de instrumentos electrónicos que se utilizaron para el proyecto **"DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO"**, en donde se utilizaron los instrumentos de investigación de Observación directa y experimentación.

INSTRUMENTOS	DESCRIPCIÓN
PLC Siemens S7-1200	Controla el proceso automático.
HMI PT700	Supervisa y muestra el proceso.
Electroválvulas 5/3 vías	Controlan el flujo de aire a los cilindros.
Cilindros Neumáticos (A, B, C)	Ejecutan el movimiento lineal.
Finales de Carrera	Detectan posición de los cilindros
Pulsadores	Inician, detienen o reinician el sistema
Selector de Modo	Cambia entre modo manual o automático
Fuente de 24V DC	Alimenta los componentes eléctricos.
Multímetro Digital	Mide tensión y corriente
Compresor de Aire	Suministra aire comprimido
Mangueras y Conectores	Distribuyen el aire comprimido.
Cable Ethernet (Profinet)	Transmite datos entre PLC y HMI.

Nota: Instrumentos electrónicos en la experimentación.



Ing. Angel C. Mamani Leonardo
CIP. 198774



Apéndice3: Validación de instrumentos.

Se ha realizado un cuadro de validación de instrumentos que se ha realizado en esta investigación.

Validación de instrumentos Electrónicos

INSTRUMENTOS	VALIDACIÓN
PLC Siemens S7-1200	Secuencia correcta
HMI PT700	Comunicación estable
Electroválvulas 5/3 vías	Operativas
Cilindros Neumáticos (A, B, C)	Funcionales
Finales de Carrera	Aprobados
Pulsadores	Verificados
Selector de Modo	Correcto
Fuente de 24V DC	Estable
Multímetro Digital	Calibrado
Compresor de Aire	Constante
Mangueras y Conectores	Sin fugas
Cable Ethernet (Profinet)	Conectividad segura

Nota: Se valida datos con instrumentos tecnológicos



Ing. Angel C. Mamani Leonardo
CIP. 198774



Apéndice 4: Tratamiento de Datos.

Se realiza un cuadro de tratamiento de datos de los componentes electrónicos con el fin de poder realizar la adquisición y procesamiento de algoritmos según los datos obtenidos.

INSTRUMENTOS DE ESTUDIO	INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS	PARÁMETROS	DATOS	VALIDACIÓN
WinCC Unifield	PC/ HMI PT700	Variables de proceso	Lectura en tiempo real	Comunicación verificada
Controlador Automático	PLC Siemens S7-1200 (1214C DC/DC/DC)	Lógica de control y tiempos de ciclo	Activación y desactivación de salidas	Secuencia correcta
Sistema de actuadores	Electroválvulas 5/3 vías biestables	caudal de aire	Flujo hacia cámaras de cilindro	Operativo
Cilindros neumáticos	Finales de carrera y electroválvulas	Desplazamiento lineal y tiempo de ciclo	Carrera de 100 mm, tiempo 1–2 seg.	Funcional
Panel de control	Pulsadores y selector de modo	Modo de operación (manual /automático)	Activación manual registrada	Verificado
Sensores de posición	Finales de carrera (I0.2–I0.7)	Posición de cilindros	Señales digitales de 24 V DC	Aprobado
Sistema de alimentación	Fuente de 24 V DC	Tensión de alimentación	24 ± 0.2 V DC	Estable
Medición de Señales	Multímetro digital	Tensión, corriente	Valores en entradas/salidas	Correcto
Interfas de comunicaión	Cable Ethernet Industrial (Profinet)	Transmisión de datos PLC–HMI	Paquetes de comunicación sin pérdidas	Estable
Sub sistema neumático	Compresor y mangueras	Presión del sistema	6 bar promedio	Constante

Nota: El estudio y la validación de datos obtenidos.



Ing. Angel C. Mamani Leonardo
CIP. 198774

Apéndice 05. PLC S7 1200 Siemens

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7214-1AG40-0XB0

Siemens
EcoTech



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, DC/DC/DC, E/S integradas: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, alimentación: DC 20,4-28,8 V DC, memoria de programas/datos 150 kB



Figura similar

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1214C DC/DC/DC
Versión de firmware	V4.7
Ingeniería con	
• Paquete de programación	STEP 7 V20 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Protección contra inversión de polaridad	Sí
Tensión de carga L+	
• Valor nominal (DC)	24 V
• Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
• Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	500 mA; Solo CPU
Consumo, máx.	1 500 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	L+ menos 4 V DC mín.

Apéndice 06. HMI TP700

SIEMENS

Hoja de datos

6AV2124-0GC01-0AX0



SIMATIC HMI TP700 Comfort, Comfort Panel, mando táctil, pantalla panorámica TFT 7", 16 millones de colores, interfaz PROFINET, interfaz MPI/PROFIBUS DP, memoria de configuración de 12 MB, Windows CE 6.0, configurable a partir de WinCC Comfort V11

Información general	
Designación del tipo de producto	TP700 Comfort
Display	
Tipo de display	TFT
Diagonal de pantalla	7 in
Anchura del display	152,4 mm
Altura del display	91,4 mm
Nº de colores	16 777 216
Resolución (píxeles)	
• Resolución de imagen horizontal	800 pixel
• Resolución de imagen vertical	480 pixel
Retroiluminación	
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	80 000 h
• Retroiluminación variable	Sí; 0-100 %
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas de función	
— Nº de teclas de función	0
— Nº de teclas de función con LED	0
• Teclas con LED	No
• Teclas del sistema	No
• Teclado numérico	Sí; Teclado en pantalla
• Teclado alfanumérico	Sí; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
• Variante con pantalla táctil	Sí; Analógica resistiva

Apéndice 07. Nota de alimentación

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Fuente de poder 100..240 V CA –
salida 24V CC –40A

ABL8M EM 24012

 Discontinuado el: 6 feb. 2023

 Fuera de servicio el: 12 nov. 2020

Principal

Gama de producto	Modicon Power Supply
Tipo de Producto o Componente	Alimentación
tipo fuente de alimentación	Modo de encendido regulado
Tensión nominal de entrada	100...240 V AC fase a fase, terminal(es): L1-L2 100...240 V AC monofásica, terminal(es): N-L1 120...250 V CC
potencia nominal en W	30 W
tensión de salida	24 V CC
corriente de salida de alimentación	1.2 A

Complementario

barras de separación	85...264 V CA
tipo de protección de entrada	Fusible integrado (no intercambiable)
corriente de entrada	20 A
pasos de 18 mm	0.5 at 24 V DC
la ranura para destornillador	82 %
Ajuste de la tensión de salida	22,2...28,8 V ajustable
disipación de potencia en W	6.6 W
consumo de corriente	0.4 A 240 V AC 0.65 A 100 V AC
fluctuación residual	250 mV
tipo de protección de salida	Contra cortocircuitos

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas.

Apéndice 08. Electroválvula

Válvula solenoide (5/2, 5/3 vías)

4V100 Series



Especificación

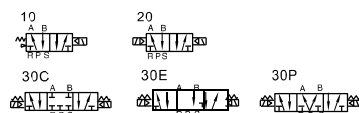
Modelo	4V110-M5 4V120-M5	4V130C-M5 4V130E-M5 4V130P-M5	4V110-06 4V120-06	4V130C-06 4V130E-06 4V130P-06
Fluido	Aire o gas neutro, filtrado a 40μ			
Pilotaie	Pilotaie interno o externo			
Racordae [Nota1]	Entrada = Salida=M5		Entrada = Salida=1/8"	
Caudal (valor Cv)	4V110-06, 4V120-06: 10,2mm ³ (Cv=0.6) 4V130C-06: 8.6mm ³ (Cv=0.51)			
Funciones	5/2 vías	5/3 vías	5/2 vías	5/3 vías
Presión de Trabajo	0.15~0.8MPa(21~114psi)			
Presión Maxima	1.2MPa(175psi)			
Rango de temperatura	-20~70°C			
Material del cuerpo	Aleación de aluminio			
Lubricación [nota2]	No requerido			
Frecuencia operativa máxima [Nota 3]	5 ciclos/segundo	3 ciclos/segundo	5 ciclos/segundo	3 ciclos/segundo
Peso (g)	4V110-M5: 120 4V120-M5: 175	200	4V110-06: 120 4V120-06: 175	200

[Nota1] Disponible en rosca G, NPT y PT.

[Nota2] No Requiere Lubricación, en caso de aplicar recomendamos lubricante ISO VG32 o equivalente.

[Nota3] La frecuencia maxima de actuacion sin carga.

Símbolo



Características Eléctricas

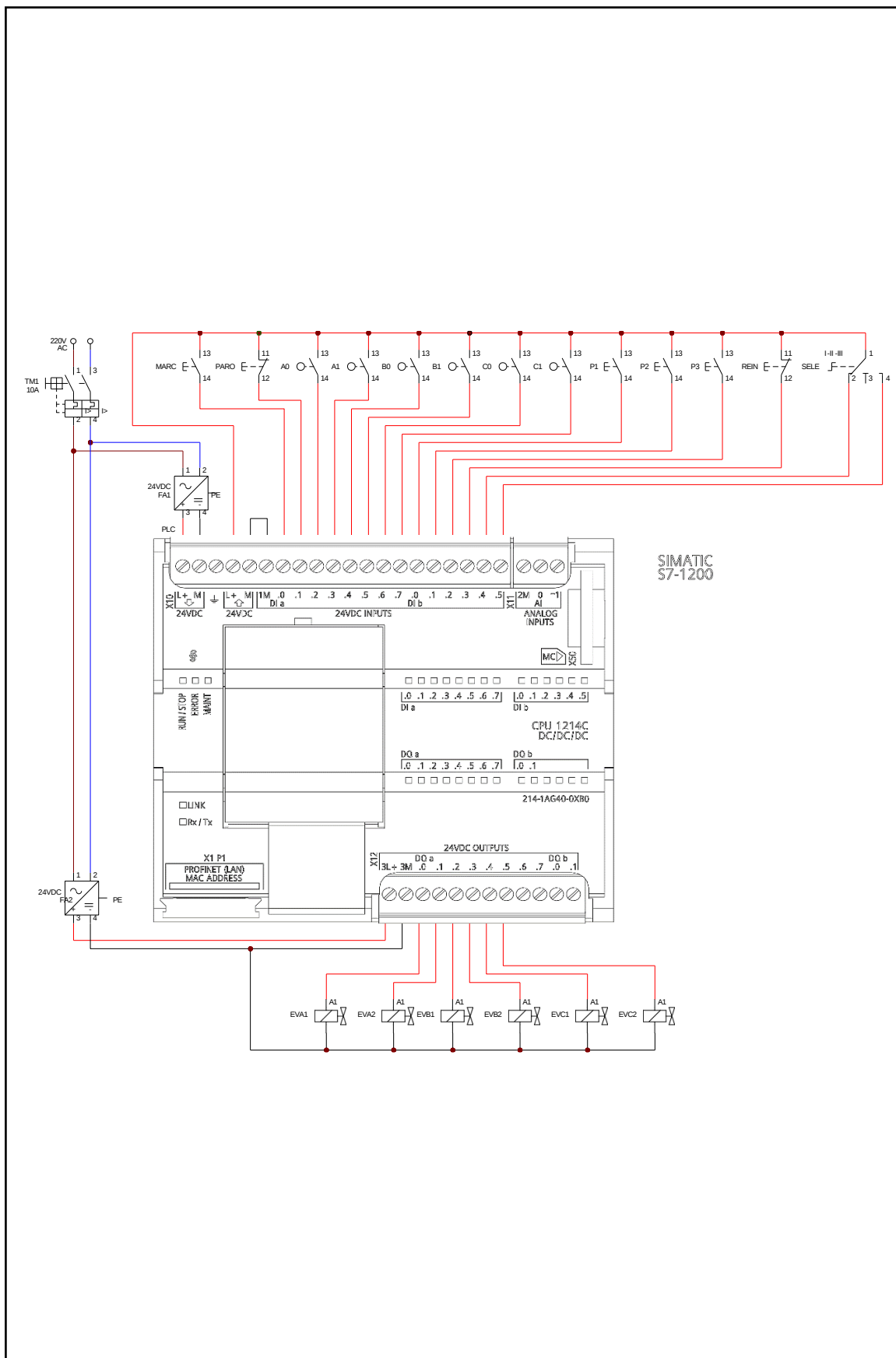
Denominación	Parámetros específicos				
Voltaje estándar	AC220V	AC110V	AC24V	DC24V	DC12V
Consumo	AC: ± 15% DC: ± 10%				
Grado de protección	3.5VA	3.5VA	4.0VA	2.8W	2.5W
Clase de aislamiento	IP65(DIN40050)				
Clasificación de temperatura	Clase B				
Conexión	Conector DIN o salida cable				
Tiempo de respuesta	Menos de 0.05 segundos				

Código de pedido

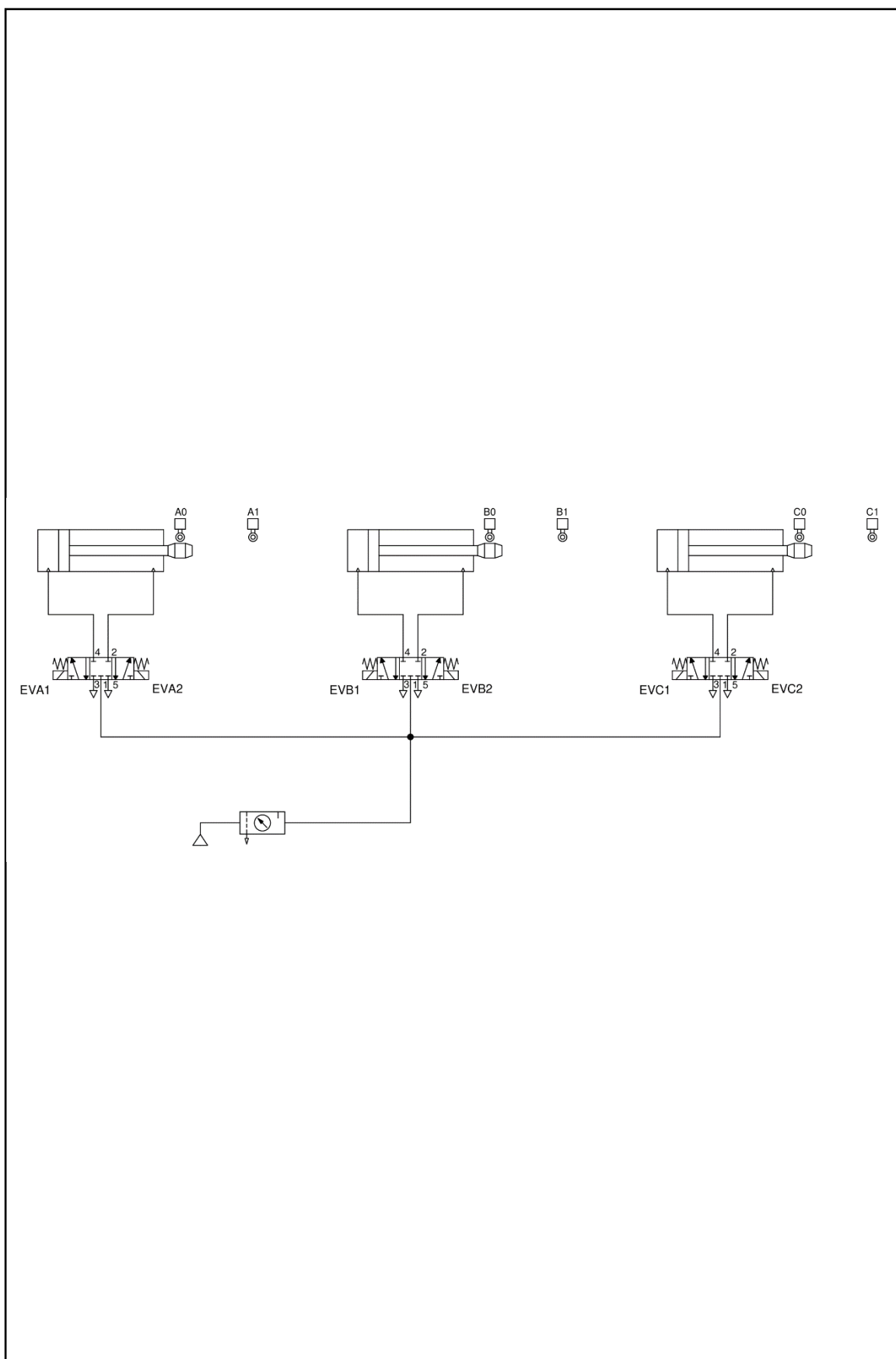
4V 1 10 06 A □ □ 1 2 3 4 5 6 7						
1 Modelo	2 Código	3 Método de control	4 Tamaño de puerto	5 Voltaje estándar	6 Entrada electrica	7 Tipo de Rosca
4V: Válvula solenoide (5/2, 5/3 vías)	1:100 Series	10: 5/2 Simple Bobina 20: 5/2 Doble Bobina 30C: 5/3 Centros cerrados a presion 30E: 5/3 Centros abiertos a escape 30C: 5/3 Centros abiertos a presion	M5: M5	A: AC220V B: DC24V C: AC110V E: AC24V F: DC12V	En blanco: Conector DIN I: Salida cable	N/A
			06: 1/8"			En blanco: PT G: G T: NPT

Otro: Ver en la pagina P63 la codificación y las dimensión de las bases.

Apéndice 09. Plano de conexiones del PLC



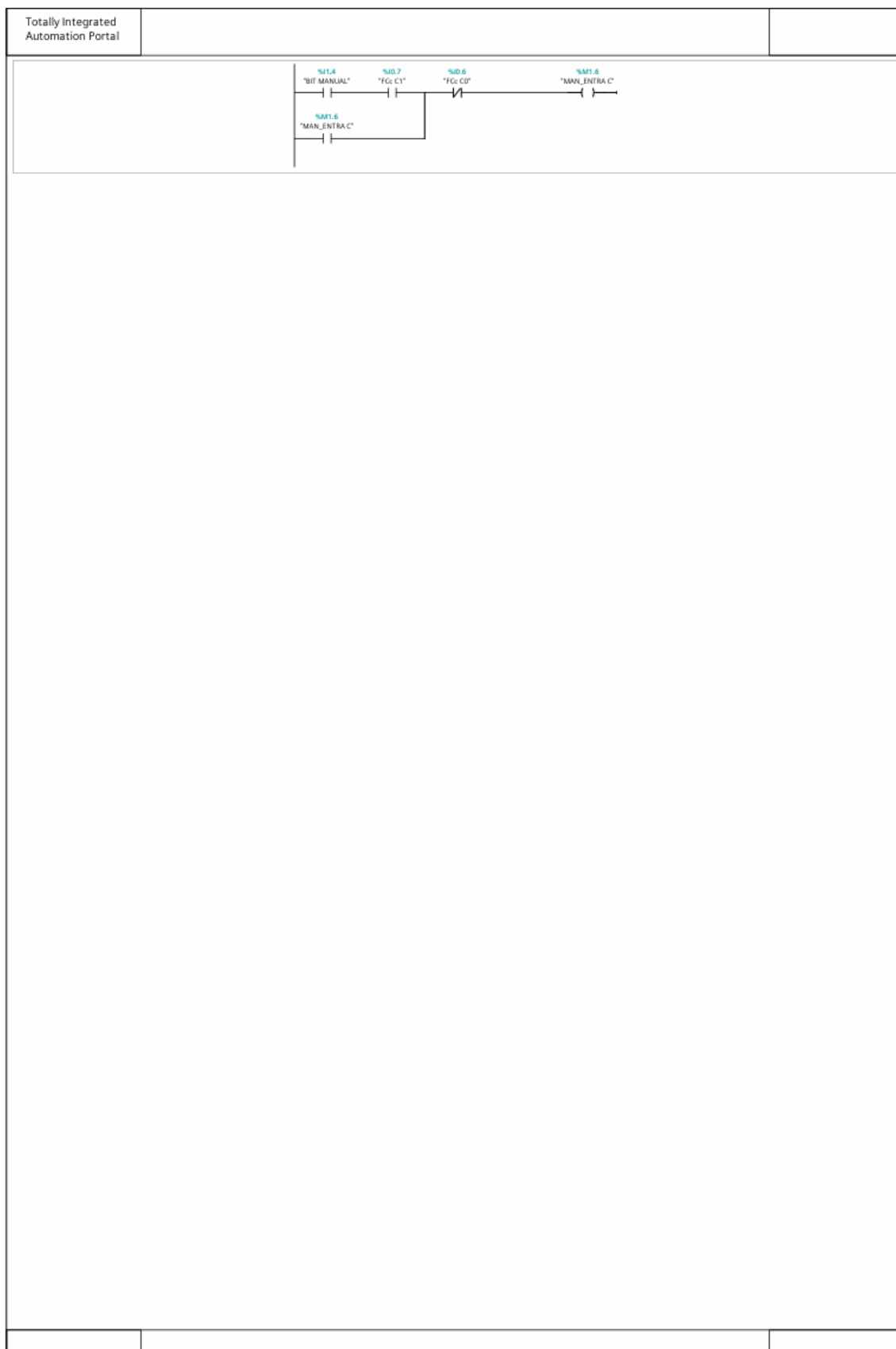
Apéndice 10. Plano de conexiones neumáticas





Apéndice 11. Programación del PLC

Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
01_MANUAL [OB1]					
01_MANUAL Propiedades					
General					
Nombre	01_MANUAL	Número	1	Tipo	OB
Numeración	Automático				
Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Versión	0.1	ID personalizado		Familia	
Nombre					
Tipo de datos					
Valor predet.					
Comentario					
▼ Input					
Initial_Call	Bool			Initial call of this OB	
Remanence	Bool			=True, if remanent data are available	
Temp					
Constant					
Segmento 1:					
Segmento 2:					
Segmento 3:					
Segmento 4:					
Segmento 5:					
Segmento 6:					





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

Bloques de programa

02_AUTOMÁTICO [OB123]

02_AUTOMÁTICO Propiedades							
General							
Nombre	02_AUTOMÁTICO	Número	123	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Segmento 1:

Segmento 2:

Segmento 3:

Segmento 4:

Segmento 5:

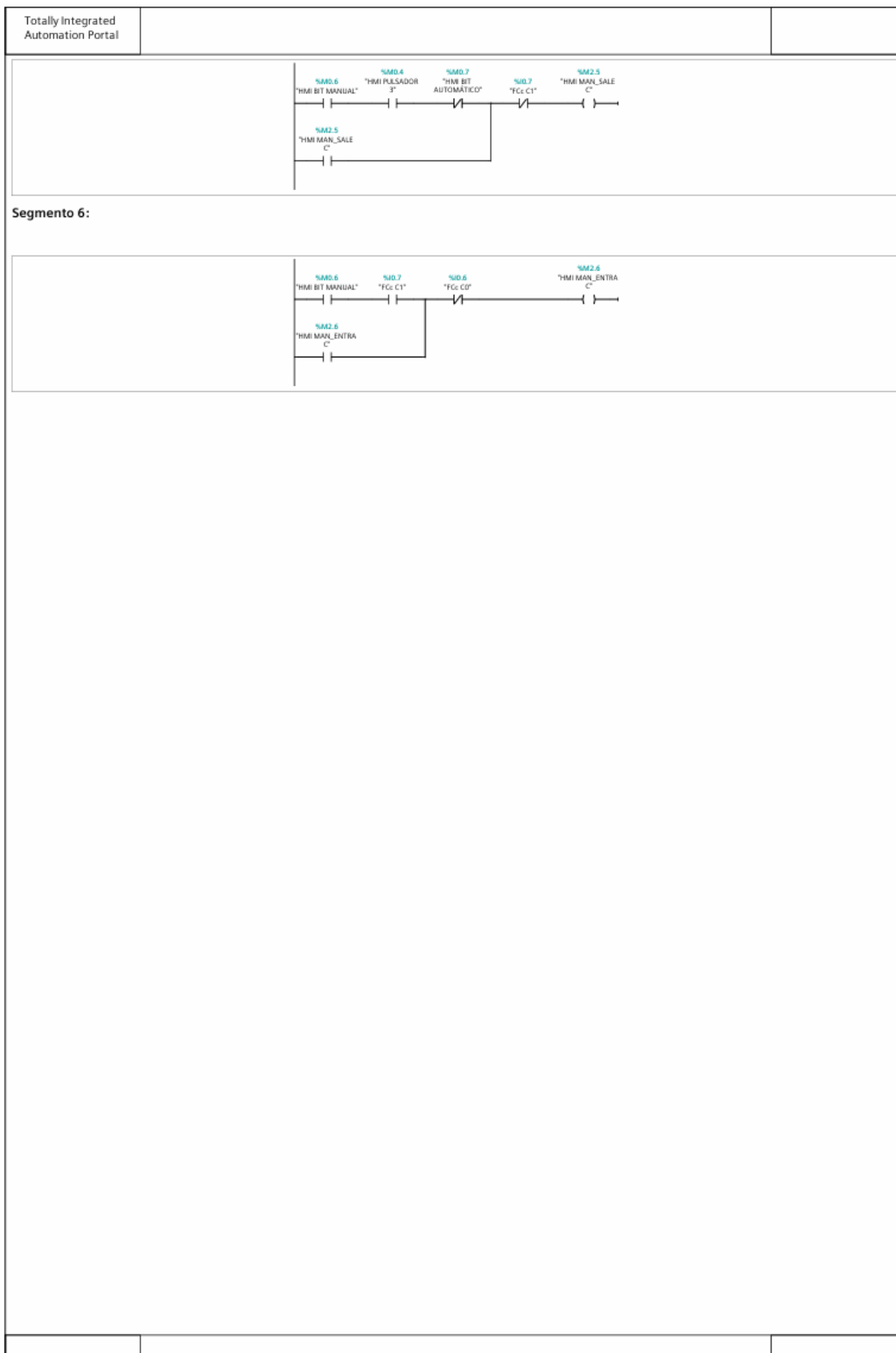
Segmento 6:



Totally Integrated Automation Portal		
Segmento 7:		

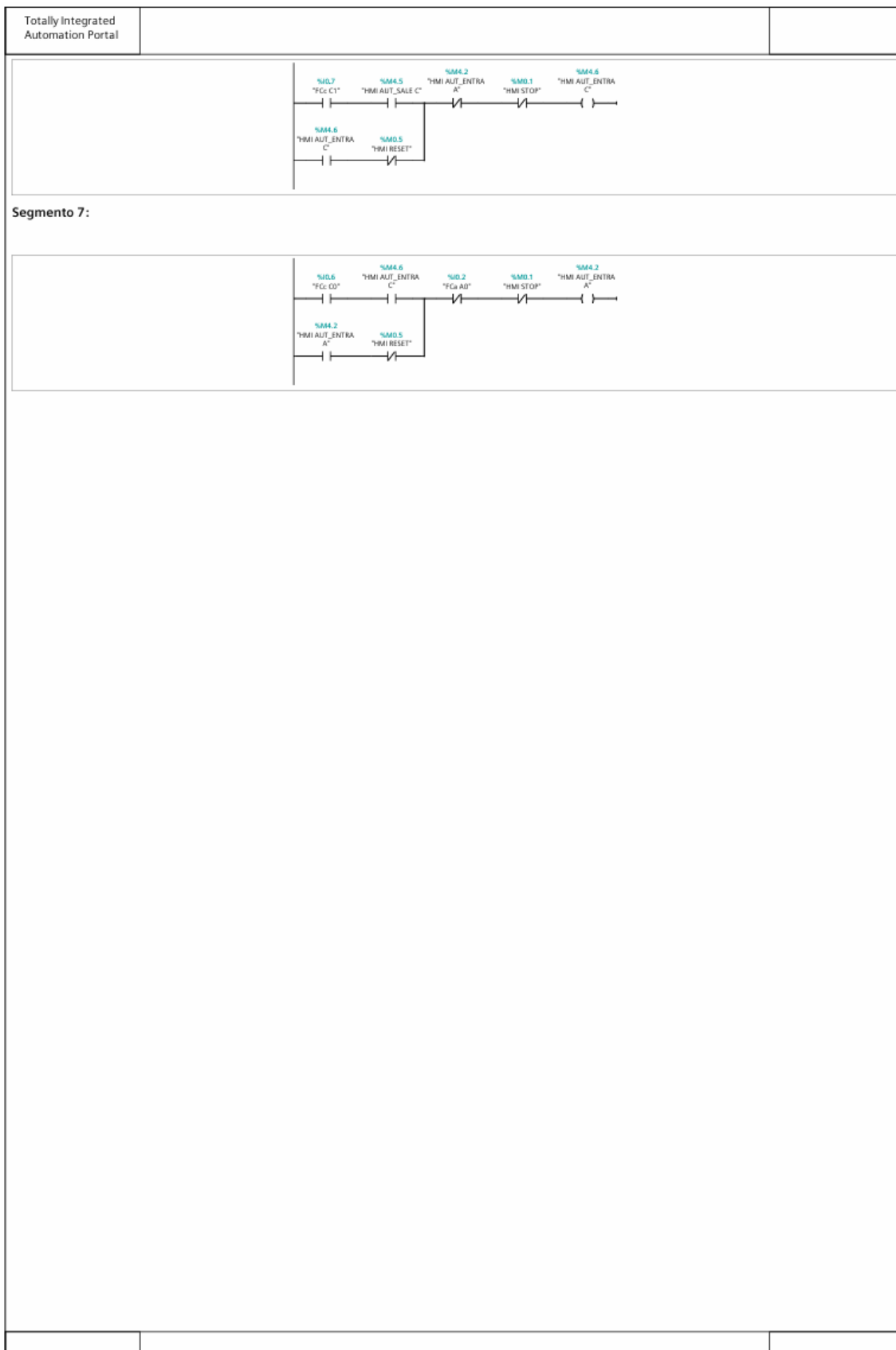


Totally Integrated Automation Portal							
Bloques de programa							
03_MANUAL HMI [OB124]							
03_MANUAL HMI Propiedades							
General							
Nombre	03_MANUAL HMI	Número	124	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					
Nombre		Tipo de datos	Valor predet.	Comentario			
▼ Input							
Initial_Call		Bool		Initial call of this OB			
Remanence		Bool		=True, if remanent data are available			
Temp							
Constant							
Segmento 1:							
Segmento 2:							
Segmento 3:							
Segmento 4:							
Segmento 5:							



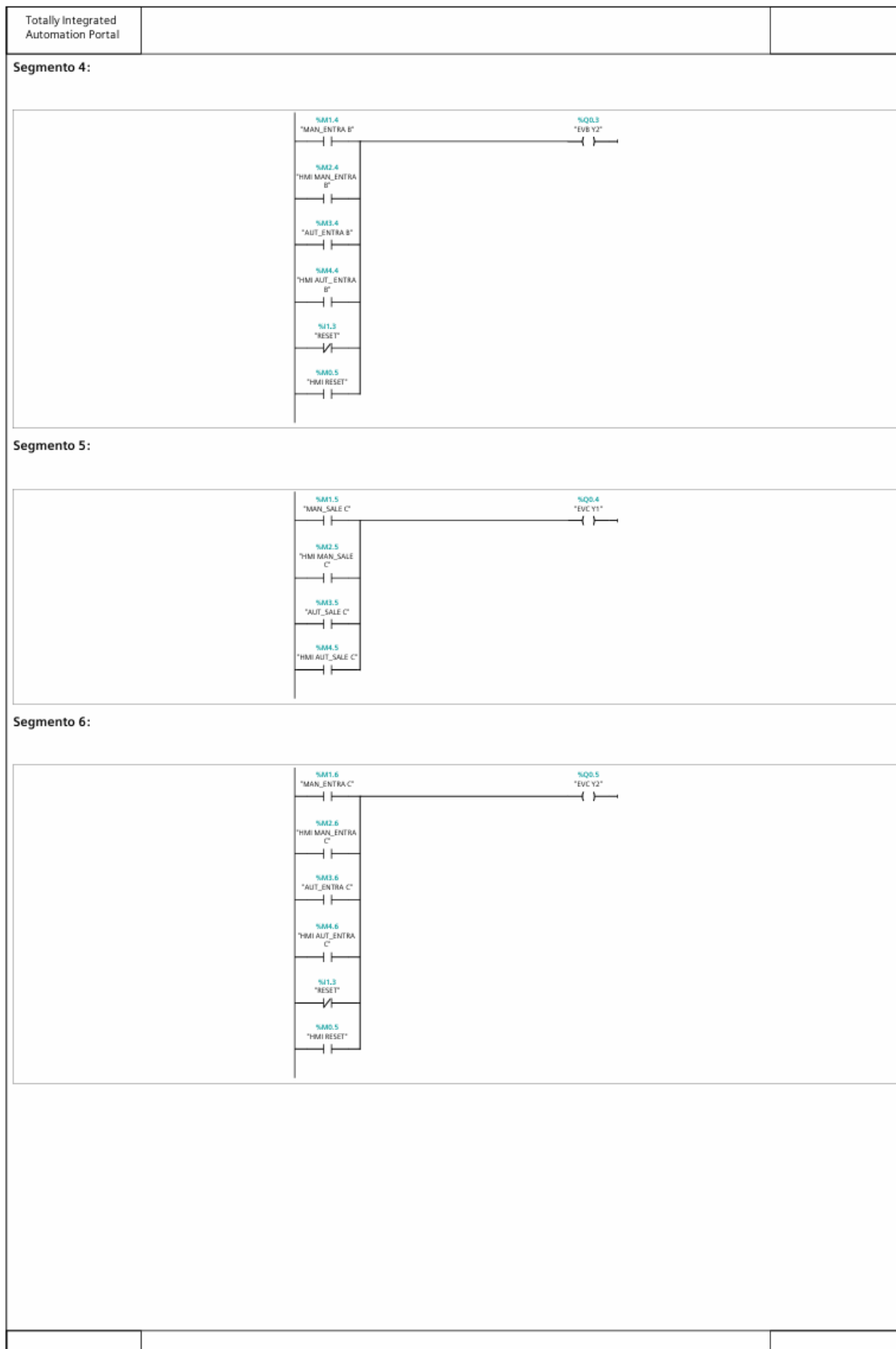


Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
04_AUTOMÁTICO HMI [OB125]					
04_AUTOMÁTICO HMI Propiedades					
General					
Nombre	04_AUTOMÁTICO HMI	Número	125	Tipo	OB
Numeración	Manual			Idioma	KOP
Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Versión	0.1	ID personalizado		Familia	
Nombre					
Tipo de datos					
Valor predet.					
Comentario					
▼ Input					
Initial_Call	Bool			Initial call of this OB	
Remanence	Bool			=True, if remanent data are available	
Temp					
Constant					
Segmento 1:					
Segmento 2:					
Segmento 3:					
Segmento 4:					
Segmento 5:					
Segmento 6:					





Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
05_SALIDAS [OB126]					
05_SALIDAS Propiedades					
General					
Nombre	05_SALIDAS	Número	126	Tipo	OB
Numeración	Automático			Idioma	KOP
Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Versión	0.1	ID personalizado		Familia	
Nombre					
Tipo de datos					
Valor predet.					
Comentario					
▼ Input					
Initial_Call	Bool			Initial call of this OB	
Remanence	Bool			=True, if remanent data are available	
Temp					
Constant					
Segmento 1:					
Segmento 2:					
Segmento 3:					





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

Bloques de programa

Main [OB127]

Main Propiedades							
General							
Nombre	Main	Número	127	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Segmento 1:

Segmento 2:

Segmento 3:



Anexo 08. Variables del PLC

Totally Integrated Automation Portal				
Tabla de variables estándar [90]				
Variables PLC				
Variables PLC				
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia
	EVA1	Bool	%Q0.0	False
	EVA2	Bool	%Q0.1	False
	EVB1	Bool	%Q0.2	False
	EVB2	Bool	%Q0.3	False
	EVC1	Bool	%Q0.4	False
	EVC2	Bool	%Q0.5	False
	MARCHA	Bool	%I0.0	False
	PARO	Bool	%I0.1	False
	SFC A0	Bool	%I0.2	False
	SFC A1	Bool	%I0.3	False
	SFC B0	Bool	%I0.4	False
	SFC B1	Bool	%I0.5	False
	SFC C0	Bool	%I0.6	False
	SFC C1	Bool	%I0.7	False
	PUL_CILINDRO A	Bool	%I1.0	False
	PUL_CILINDRO B	Bool	%I1.1	False
	PUL_CILINDRO C	Bool	%I1.2	False
	REINICIO	Bool	%I1.3	False
	BIT MANUAL	Bool	%I1.4	False
	BIT AUTOMÁTICO	Bool	%I1.5	False
	HMI STAR	Bool	%M0.0	False
	HMI STOP	Bool	%M0.1	False
	HMI PUL_CIL A	Bool	%M0.2	False
	HMI PUL_CIL B	Bool	%M0.3	False
	HMI PUL_CIL C	Bool	%M0.4	False
	HMI RESET	Bool	%M0.5	False
	HMI BIT MAN	Bool	%M0.6	False
	HMI BIT AUT	Bool	%M0.7	False
	MAN_SALE A	Bool	%M1.1	False



Totally Integrated Automation Portal			
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia
 MAN_ENTR A	Bool	%M1.2	False
 MAN_SALE B	Bool	%M1.3	False
 MAN_ENTR B	Bool	%M1.4	False
 MAN_SALE C	Bool	%M1.5	False
 MAN_ENTR C	Bool	%M1.6	False
 MAN_HMI SALE A	Bool	%M2.1	False
 MAN_HMI ENTR A	Bool	%M2.2	False
 MAN_HMI SALE B	Bool	%M2.3	False
 MAN_HMI ENTR B	Bool	%M2.4	False
 MAN_HMI SALE C	Bool	%M2.5	False
 MAN_HMI ENTR C	Bool	%M2.6	False
 AUT BIT	Bool	%M3.0	False
 AUT_SALE A	Bool	%M3.1	False
 AUT_ENTR A	Bool	%M3.2	False
 AUT_SALE B	Bool	%M3.3	False
 AUT_ENTR B	Bool	%M3.4	False
 AUT_SALE C	Bool	%M3.5	False
 AUT_ENTR C	Bool	%M3.6	False
 AUT_BIT HMI	Bool	%M4.0	False
 AUT_HMI SALE A	Bool	%M4.1	False
 AUT_HMI ENTR A	Bool	%M4.2	False
 AUT_HMI SALE B	Bool	%M4.3	False
 AUT_HMI ENTR B	Bool	%M4.4	False
 AUT_HMI SALE C	Bool	%M4.5	False
 AUT_HMI ENTR C	Bool	%M4.6	False
 CILINDR_NEUM A	Bool	%M5.1	False
 CILINDR_NEUM B	Bool	%M5.2	False
 CILINDR_NEUM C	Bool	%M5.3	False



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 18/12/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ELMER MAMANI QUISPE

Dirección: Jr. Ocoña Mz. D – L3

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70173869

Teléfono: 928980322 email: elmer.imec@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECATRÓNICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECATRÓNICO

Asesor: M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Desarrollo, sistema, supervisión, adquisición, datos, monitoreo, control

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☒ Sí autorizo
- ☐ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.



Internacional



Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21

Firma de Autor



huella digital

18 de diciembre del 2025

Fecha