



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN
EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE
QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PAUL DE JESUS SUCASACA TACO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES**

JULIACA – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN
EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE
QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PAUL DE JESUS SUCASACA TACO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

PRIMER MIEMBRO

:



Mgtr. SALVADOR TEÓDORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:



Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGIA ELECTRÓNICA – P19



RESOLUCIÓN DECANAL N° 0053-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de enero del 2026

VISTO: El expediente N° 2026-CU-000215 presentado por el (la) Bachiller: **PAUL DE JESUS SUCASACA TACO** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** 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. **PAUL DE JESUS SUCASACA TACO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones**.

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** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **PAUL DE JESUS SUCASACA TACO**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones**, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 22 de enero del 2026
- * **HORA** : 14:00 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 Electrónica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975



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

cc.
Archivo 2026
Interesado (a)



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1717-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-12133 por el señor (a): **PAUL DE JESUS SUCASACA TACO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1159-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 011 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPIET** 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): **PAUL DE JESUS SUCASACA TACO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones**.

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 **Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 011 - 2025 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025**, correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**.

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 merito 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:

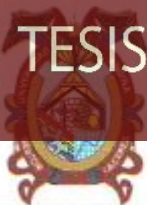
ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **PAUL DE JESUS SUCASACA TACO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulada: **IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

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 Electrónica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASDr. OSCAR V. VIANONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Oscar G. Camargo Najera
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc:
Archivo
Interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1421-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-9985, presentado por el señor (a) **PAUL DE JESUS SUCASACA TACO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 992-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 022- 2025 del integrante del comité de investigación **EPIET** 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): **PAUL DE JESUS SUCASACA TACO** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones**.

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 Electrónica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 022- 2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025**.

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° 24561, 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): **PAUL DE JESUS SUCASACA TACO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulada: **IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**.

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 **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

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 Electrónica y Telecomunicaciones** 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. VIANONTE CALLA
DECANO (e)
CIP: 32730



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

ÍNDICE DE SIMILITUD

7 %

FUENTES DE INTERNET

2 %

PUBLICACIONES

2 %

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.utelesup.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

2

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

3

bibdigital.epn.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

4

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

5

repositorio.utp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

6

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

7

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

8

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1 %

9

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

10

repositorio.uwiener.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %



METADATOS COMPLEMENTARIOS

TÍTULO DE LA TESIS	
IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025	
Datos del autor	
Nombres y apellidos	PAUL DE JESUS SUCASACA TACO
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	7264312
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-4133-9654
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SÁNCHEZ CARREÓN
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGIA ELECTRONICA – P19
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Arequipa Provincia: Arequipa Distrito: Arequipa (parque industrial) Coordenadas: Latitud: - 16.41846664820662 Longitud: - 71.54949074755442  URL Maps: https://maps.app.goo.gl/mLbqJYsKN4WQQgRF9
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2024 – septiembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html – Librería	Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Sistemas de automatización, Sistemas de control https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. Fritz Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo PAUL DE JESUS SUCASACA TACO, identificado con DNI

Nro. 72643122, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

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

IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SÁNCHEZ CARREÓN

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 28 de ENERO del 2026

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios, que en su infinita misericordia me dio la salud, la perseverancia y la posibilidad de seguir avanzando incluso cuando las dificultades eran más grandes. Este éxito, resultado de su voluntad y dirección, se lo encomiendo a Él.

A mis padres, que me educaron para ser perseverante frente a los obstáculos y siempre tener humildad y valores, les dedico este trabajo, porque fue el apoyo que consolidó cada periodo de mi desarrollo profesional. Este logro le pertenece también.

A mis hermanos, por estar a mi lado en cada fase de este trayecto académico. Aprecio su comprensión, su confianza en mis habilidades y el recordatorio constante de la importancia de continuar avanzando. Este triunfo representa la unión y la fuerza que como familia compartimos.



AGRADECIMIENTO

Primeramente, quisiera agradecer a Dios, por proveerme la claridad, la fortaleza y la sabiduría que se requieren para terminar este proceso académico. Su guía permanente me permitió persistir incluso cuando las circunstancias eran más difíciles, iluminando cada decisión.

A mis padres Ruperto y Janet, quienes se convirtieron en la columna vertebral de mi desarrollo personal y profesional gracias a su amor, comprensión y apoyo sin condiciones. A mis hermanos Diana y Italo, por estar a mi lado con palabras de ánimo, motivación y confianza, recordándome siempre la relevancia de avanzar con humildad y determinación.

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, a la carrera de Ing. Electrónica y Telecomunicaciones y a la plana docente que contribuyeron su conocimiento académico logrando tener un impacto importante en mi desarrollo profesional.

Por último, a la empresa Automyn S.C.R.L. y de manera especial a su gerente general Ing. Geysson M. Aquise Miranda, por brindarme la oportunidad de poder crecer profesionalmente en el campo de la ingeniería.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	IX

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problema específico	3
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivo específico.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	4
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	5
1.5.1 Hipótesis general.....	5
1.5.2 Hipótesis específico	5



1.6 VARIABLES	6
1.6.1 Variable independiente.....	6
1.6.2 Variable dependiente.....	6
1.6.3 Operacionalización de variables	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES	8
2.1.1 Antecedentes internacionales	8
2.1.2 Antecedentes nacionales	9
2.1.3 Antecedentes locales.....	11
2.2 BASES TEÓRICAS	13
2.2.1 Migración tecnológica de sistemas de control	13
2.2.1.1 Industria 4.0 y digitalización.....	13
2.2.2 Control automático.....	14
2.2.3 Sistemas de control	14
2.2.3.1 Sistemas de lazo abierto	14
2.2.3.2 Sistemas de lazo cerrado.....	15
2.2.3.3 Instrumentación industrial.....	15
2.2.4 Controladores lógicos programables	16
2.2.4.1 Arquitectura Siemens S7-200 y S7-1200.....	16
2.2.5 Interfaz Hombre-Maquina (HMI).....	17
2.2.5.1 Comunicación ProfiNet en la gama S7-1200.....	17
2.2.5.2 Entorno de programación TIA Portal y WinCC	18



2.2.6 Drenoprensa	20
2.2.6.1 Discernimiento industrial de la elaboración de Queso	21
2.2.6.2 Etapas del proceso de elaboración del Queso	22
2.3 MARCO CONCEPTUAL	27
2.3.1 Sistema de control industrial	27
2.3.2 Automatización industrial	28
2.3.3 Migración tecnológica	28
2.3.4 Elaboración industrial de productos lácteos	28
2.3.5 Prensado industrial de productos lácteos	29
2.3.6 Corte industrial de productos lácteos	29
2.3.7 Mantenimiento preventivo y predictivo	29
2.3.8 Confiabilidad	30
2.3.9 Disponibilidad operativa	30
2.3.10 Calidad y eficiencia en la producción industrial del Queso	30

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO, NIVEL, DISEÑO Y ENFOQUE DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.1.1 Tipo de investigación	31
3.1.2 Nivel de la investigación	31
3.1.3 Diseño de la investigación	31
3.1.4 Enfoque de la investigación	32
3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DEL ESTUDIO	32
3.3 MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS	32



3.3.1	Materiales empleados para la migración del sistema	32
3.3.2	Instrumentos y técnicas para la recolección de los datos	39
3.4	METODOLOGÍA DE INTEGRACIÓN	39
3.4.1	Ámbito del proyecto de investigación	39
3.4.2	Estrategia metodológica para implementar la migración	42
3.5	INGENIERÍA DE DETALLE DEL PROYECTO	43
3.5.1	Diagnóstico del estado operativo de la Drenoprensa	43
3.5.2	Levantamiento y clasificación de sensores	46
3.5.3	Levantamiento y clasificación de actuadores	48
3.5.4	Caracterización del sistema de control y comunicación	49
3.6	DESARROLLO DEL ENTORNO DE MIGRACIÓN	51
3.6.1	Esquema general para la migración del sistema de control	51
3.6.2	Revisión y análisis de planos eléctricos del sistema	52
3.6.3	Diseño del modo Bypass entre sistemas de control	54
3.6.4	Análisis de la filosofía de control de la drenoprensa	55
3.6.5	Evaluación del programa original del sistema de control	57
3.6.6	Comunicación por protocolo Modbus TCP/IP	62
3.6.7	Diseño y proceso de migración del programa del PLC	63
3.6.8	Diseño y proceso de migración del programa del HMI	76

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS	85
4.1.1	Protocolo de implementación en campo	85



4.1.2	Montaje de los dispositivos en campo	87
4.1.3	Pruebas de verificación operatividad del sistema	90
4.1.4	Pruebas de funcionalidad del programa actual	91
4.2	DISCUSIÓN.....	94
CONCLUSIONES		97
RECOMENDACIONES.....		98
REFERENCIAS.....		99
ANEXOS		103



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Cuadro de operalización de variables</i>	6
Tabla 2	<i>Cuadro comparativo de gamas de PLC</i>	16
Tabla 3	<i>Cuadro comparativo de gamas de HMI</i>	17
Tabla 4	<i>Lista de sensores en la maquina drenoprensa</i>	47
Tabla 5	<i>Lista de actuadores de la drenoprensa</i>	48
Tabla 6	<i>Cuadro comparativo de la arquitectura del antiguo y nuevo sistema</i>	49
Tabla 7	<i>Direccionado IP de cada uno de los equipos en campo</i>	63
Tabla 8	<i>Dirección de las entradas en el PLC principal</i>	64
Tabla 9	<i>Dirección de las entradas en el módulo de expansión 16Di</i>	65
Tabla 10	<i>Dirección de las entradas en el módulo de expansión 8Di</i>	66
Tabla 11	<i>Dirección de las salidas en el PLC principal</i>	66
Tabla 12	<i>Dirección de las salidas en el módulo de expansión 16Di</i>	67
Tabla 13	<i>Dirección de las salidas en el módulo de expansión 8Di</i>	67
Tabla 14	<i>Cuadro de verificación de los sensores de la drenoprensa</i>	91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Diagrama de un sistema de lazo abierto</i>	14
Figura 2 <i>Diagrama de un sistema de lazo cerrado</i>	15
Figura 3 <i>Conexión bus por medio de la capa física Ethernet de Siemens...</i>	18
Figura 4 <i>Entorno de programa en TIA Portal V14 SPI.....</i>	19
Figura 5 <i>Diferentes tipos de programación en TIA Portal V14 SPI</i>	20
Figura 6 <i>Estructura básica de una drenoprensa</i>	21
Figura 7 <i>Esquema general de la producción industrial de queso.....</i>	23
Figura 8 <i>PLC de la gama S7-1200.....</i>	33
Figura 9 <i>Modulo de expansión para para la gama S7-1200.....</i>	34
Figura 10 <i>Panel HMI de la serie KTP700 Basic</i>	34
Figura 11 <i>Modulo Switch de 5 puertos no administrable</i>	35
Figura 12 <i>Relé de potencia con su respectiva base</i>	36
Figura 13 <i>Cable apantallado para uso en instrumentación</i>	38
Figura 14 <i>Medidas estructurales de la bandeja INOX a implementar.....</i>	39
Figura 15 <i>Ubicación geográfica donde se realiza el trabajo de investigación</i>	39
Figura 16 <i>Diagrama de flujo del procesamiento de queso de la empresa</i> <i>LAIVE S.A</i>	40
Figura 17 <i>Ubicación de la drenoprensa dentro de planta.....</i>	41
Figura 18 <i>Ubicación de la activación de los diferentes subprocesos dentro</i> <i>de la drenoprensa</i>	43
Figura 19 <i>Estado inicial del tablero de control de la drenoprensa</i>	44
Figura 20 <i>a) estado inicial de la bandeja principal, b) salida de tuberías</i> <i>neumáticas y cables de instrumentación, c) estado inicial de bandejas</i> <i>secundarias y d) ubicación de sensores de campo.....</i>	45
Figura 21 <i>Esquema del procedimiento de la migración para el nuevo</i> <i>sistema</i>	51
Figura 22 <i>Plano eléctrico levantado del sistema de control PLC</i>	52
Figura 23 <i>Distribución de las borneras de control</i>	55
Figura 24 <i>Comunicación Modbus RTU del antiguo sistema.....</i>	57



Figura 25	<i>Entorno de programación en MicroWin</i>	58
Figura 26	<i>Bloques de función declaradas en MicroWin.....</i>	58
Figura 27	<i>Condiciones iniciales para iniciar con el programa.....</i>	59
Figura 28	<i>Lógica para la activación del sistema operativo</i>	60
Figura 29	<i>Lógica de activación del subproceso de prensado.....</i>	60
Figura 30	<i>Lógica de activación para el corte longitudinal.....</i>	61
Figura 31	<i>Lógica de accionamiento para el corte transversal</i>	61
Figura 32	<i>Conexión entre PLC y HMI de la gama S7-1200.....</i>	62
Figura 33	<i>Conexión física del switch de 5 puertos del nuevo sistema.....</i>	63
Figura 34	<i>Entorno de programación en TIA Portal V14</i>	63
Figura 35	<i>Árbol de programa del nuevo sistema de control</i>	68
Figura 36	<i>Variables generales dentro del programa</i>	69
Figura 37	<i>Remanencia de datos de producción.....</i>	70
Figura 38	<i>Lógica de accionamiento en función START</i>	70
Figura 39	<i>Lógica de control para el AVANCE de cinta</i>	71
Figura 40	<i>Lógica de control para el RETROSECO de cinta</i>	71
Figura 41	<i>Lógica de control para el LAVADO</i>	72
Figura 42	<i>Lógica de control para la CONTENCION</i>	72
Figura 43	<i>Lógica de control para el CORTE LONGITUDINAL</i>	73
Figura 44	<i>Lógica de control para el CORTE TRANSVERSAL</i>	74
Figura 45	<i>Lógica de control para el PRENSADO</i>	75
Figura 46	<i>Lógica de control para la activación de alarmas</i>	76
Figura 47	<i>Lista en programa de alarmas configuradas</i>	76
Figura 48	<i>Configuración de variables en el panel HMI.....</i>	77
Figura 49	<i>Interfaz principal del panel HMI.....</i>	77
Figura 50	<i>a) Interfaz del panel PRODUCCION, b) Configuración de la interfaz de PRODUCCION</i>	78
Figura 51	<i>a) Interfaz de FORZADOS1, b) Interfaz de FORZADOS2</i>	79
Figura 52	<i>a) Interfaz de LAVADO, b) interfaz para la modificación del tiempo de lavado c) en operación de LAVADO</i>	80
Figura 53	<i>a) Interfaz de DATOS, b) Interfaz de DATOS MAQUINA</i>	81
Figura 54	<i>interfaz en operación de DATOS PRODUCCION.....</i>	82



Figura 55 a) Interfaz del estado de las entradas digitales b) interfaz del estado de las entradas digitales (2), c) interfaz del estado de las salidas digitales	82
Figura 56 Interfaz de las alarmas en el panel HMI	83
Figura 57 Implementación del nuevo hardware en el tablero de control	87
Figura 58 Montaje de relés para las entradas del sistema.....	88
Figura 59 a) Caja de paso X1 (sensores de campo), b) caja de paso X2 (sensores de campo)	88
Figura 60 Montaje de relés para las salidas del sistema	89
Figura 61 Monitoreo de lógica de control implementada	92
Figura 62 Monitoreo de la lógica y variables del programa.....	92
Figura 63 Monitoreo del subproceso de LAVADO.....	93
Figura 64 Monitoreo de la activación de alarmas en el panel HMI	94



RESUMEN

En la actualidad el proceso de modernización en la industria ha tomado más relevancia por su papel importante en la operatividad de una planta, en el caso específico de la maquina denominada como drenoprensa el cual es empleado para el prensado y corte de queso en una fábrica del rubro alimenticio, tenía dificultades frecuentes de obsolescencia de sus componentes de control, por ende, se presentaban paradas no programadas a lo largo de la jornada de producción. Por tal motivo, con el presente trabajo se tiene el objetivo de implementar, migrar el sistema de control y diseñar la interfaz de operación en el proceso de prensado y corte de queso. La metodología de investigación propuesta se centra en un diseño no experimental, del tipo aplicada, con nivel descriptivo y enfoque cualitativo, desarrollada en cuatro fases primordiales, diagnostico técnico del sistema de control antiguo, diseño e ingeniería del nuevo sistema, implementación física y la respectiva validación en campo. Los resultados mostraron una notable mejora en la fiabilidad del sistema de control, al erradicar las fallas de hardware y disminuir los tiempos de inactividad. Como conclusión se tiene que al identificar y proponer el nuevo hardware de la gama S7-1200 de Siemens y el nuevo software (TIA Portal V14) de control, desarrollado en el lenguaje Ladder, posibilitó una lógica más ordenada y sencilla de gestionar, la adición de funcionalidades como las alarmas de fallos, el modo de operación manual y automático, a su vez, la remanencia de datos mejoró el seguimiento respectivo del proceso de producción.

Palabras clave: *Migración de sistema de control, drenoprensa, automatización industrial, TIA Portal, Siemens S7-1200.*



ABSTRACT

Currently, the modernization process in industry has gained greater relevance due to its important role in plant operations. Specifically, the machine known as the "drenoprensa," used for pressing and cutting cheese in a food factory, frequently experienced obsolescence of its control components, resulting in unscheduled downtime throughout the production day. Therefore, this study aims to implement and migrate the control system and design the user interface for the cheese pressing and cutting process. The proposed research methodology is a non-experimental, applied design with a descriptive and qualitative approach, developed in four main phases: technical diagnosis of the old control system, design and engineering of the new system, physical implementation, and subsequent field validation. The results showed a significant improvement in the reliability of the control system, eliminating hardware failures and reducing downtime. In conclusion, identifying and proposing the new Siemens S7-1200 range hardware and the new control software (TIA Portal V14), developed in Ladder logic, enabled a more organized and easier-to-manage logic. The addition of functionalities such as fault alarms, manual and automatic operation modes, and data retention improved the respective monitoring of the production process..

Keywords: Control system migration, drain press, industrial automation, TIA Portal, Siemens S7-1200.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad la automatización industrial es uno de los componentes esenciales para modernizar los procesos productivos en el sector alimenticio. Al optimizar los sistemas de control, se puede aumentar la eficacia, fiabilidad y seguridad de las operaciones, asegurando la continuidad del proceso y el nivel del producto final. La industria láctea necesita sistemas de control confiables y exactos para las distintas etapas de producción en el proceso de elaboración del queso, en este marco, el corte y el prensado del producto son fases esenciales para la textura y la humedad del producto.

La máquina denominada drenoprensa, se utiliza para prensar y cortar el queso, el cual juega un papel fundamental en la estandarización del producto final. No obstante, los sistemas de control más antiguos que se apoyan en hardware obsoleto, como los PLC de la gama Siemens S7-200, exhiben restricciones en cuanto a la disponibilidad de repuestos, la capacidad de procesamiento y la compatibilidad con plataformas actuales de programación. Estas carencias provocan interrupciones imprevistas, problemas de comunicación y pérdida de información sobre producción, lo cual impacta negativamente la productividad general del equipo.

Esta situación plantea la necesidad de efectuar la actualización del sistema de control actual a una plataforma moderna que incorpore un nuevo software y hardware, asegurando así una estabilidad operativa superior, una mayor facilidad para mantenerlo y su escalabilidad tecnológica. La sugerencia de migrar se basa en la puesta en marcha de una interfaz HMI KTP700 y un PLC Siemens S7-1200, los cuales son administrados por el software de TIA Portal. Esto posibilita que el control sea centralizado, que la visualización de los procedimientos sea mejorada, que se incluyan alarmas de fallos y que la comunicación con otros equipos a través de protocolos industriales como Modbus TCP/IP (Profinet) sea más sencilla.

La investigación propone la siguiente estructura por capítulos, describiendo una parte significativa de la misma.



Capítulo I, especifica aspectos del problema y su formulación como pregunta para resolver dificultades, además de los objetivos relacionadas con el tema de investigación, también detalla elementos de la justificación del estudio, así como la explicación de las variables en sus dimensiones e indicadores, para que se puedan medir e interpretar los datos.

Capítulo II, elabora aspectos teóricos, comenzando por la revisión de la literatura, en ella se examinan antecedentes de investigación, que pueden hallarse en repositorios internacionales, nacionales y locales, de estos se extrae información pertinente y vinculada con el tema investigado, posteriormente, se amplía la información a través de sus dimensiones e indicadores y también el desarrollo del marco conceptual.

Capítulo III, detalla criterios de la metodología de investigación como lo son el tipo, nivel, diseño y enfoque de estudio, también se hace referencia de los instrumentos y técnicas utilizadas para la recolección de información, por consiguiente, también se describe el procedimiento para la ejecución e interpretación de la información.

Capítulo IV, presenta los resultados preliminares obtenidos al momento de ejecutar la implementación de la migración del sistema de control, y el diseño final de supervisión y control de la interfaz HMI en el proceso del prensado y corte, seguido de ello se realiza una breve discusión con autores de los antecedentes relevantes con la presente investigación.

Como parte final se presentan las conclusiones en función de los objetivos planteados y las respectivas recomendaciones para futuros proyectos de investigación, seguido de ello se detallan las referencias bibliográficas utilizados y anexos correspondientes a este trabajo de investigación.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Análisis de la situación problemática

Las empresas a nivel internacional de diversos sectores industriales se enfrentan al reto de sistemas de control obsoletos, cuya funcionalidad es limitada y se ve parcialmente afectada por la obsolescencia del hardware, lo que dificulta la obtención de retornos rápidos y soporte técnico de seguimiento. Estudios en ingeniería de sistemas de control industrial destacan que la obsolescencia de componentes discontinuados, como los PLC de generaciones anteriores, generen vulnerabilidades operativas con tasas de error que pueden aumentar de un 30-50% debido a la incompatibilidad con los estándares modernos (Stouffer et al., 2015)

En el contexto nacional, existen empresas dedicadas a la producción de productos alimenticios con procesos de producción semiautomatizados o totalmente automatizados, cualquier error u omisión en la línea de producción tiene un impacto económico significativo, incluyendo pérdidas de materias primas y derivados. La industria representa alrededor del 25% de la producción del PIB, pero sufre frecuentes interrupciones debido a sistemas de control obsoletos, con costos anuales de inactividad estimados en millones de soles, o entre el 5% y el 10% de las ventas en industrias como la de procesamiento de



lácteos. Para reducir estos riesgos, el enfoque se centra en implementar mejoras y actualizaciones a los sistemas de control, como la migración a plataformas de control contemporáneas, de acuerdo a recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2019), que enfatiza la automatización robusta en los países en desarrollo para optimizar las cadenas de suministro de alimentos y reducir las pérdidas en un 15-25%.

En el contexto local, la industria alimentaria, especialmente la producción y exportación de productos lácteos como el queso, juega un papel fundamental en la economía local al satisfacer las necesidades de los mercados nacionales, internacionales y locales. Sin embargo, uno de los problemas más importantes es la dificultad para ofrecer asistencia técnica, a causa de la tecnología obsoleta que se encuentra instalada. Esto genera paradas inesperadas y afecta la competitividad en términos de exportación. La industria de productos lácteos proporciona trabajo a más de 10,000 familias, los sistemas de control antiguos contribuyen a un índice de fallas del 15-20% en máquinas dedicadas al procesamiento de queso. Esta tasa se ve agravada por la altura y las condiciones ambientales extremas que aceleran el deterioro del hardware. Para prever se deben proponer soluciones como las migraciones de sistemas y revisión de hardware desfasados para evitar estos fallos, trabajando en conjunto con los departamentos implicados en la planta debido a la complejidad operativa, según investigaciones sobre modernización industrial el 25% puede ser el incremento de la disponibilidad operativa si se realizan intervenciones integradas (Ministerio de la Producción, 2023).



1.2 Planteamiento de problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo implementar, migrar el sistema de control y diseñar la interfaz de operación en el proceso de prensado y corte de queso asegurando su funcionamiento eficiente y continuo?

1.2.2 Problema específico

- ¿Cuáles son las causas técnicas de los errores recurrentes de hardware en el sistema de control actual de la máquina de prensado y corte de queso?
- ¿Qué arquitectura de sistema de control permitiría mejorar la confiabilidad operativa del equipo, considerando hardware, software y estrategias de integración?
- ¿El nuevo sistema de control propuesto mantiene un desempeño óptimo bajo condiciones operativas reales?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Implementar, migrar el sistema de control y diseñar de la interfaz de operación en el proceso de prensado y corte de queso en la región Arequipa 2025

1.3.2 Objetivo específico

- Determinar el funcionamiento operativo del sistema de control vigente, identificando las causas técnicas de los errores de hardware mediante la observación y análisis documental.
- Diseñar la arquitectura del nuevo sistema de control, incluyendo la selección de hardware, software y la estrategia de integración.



- Implementar y documentar las fases del nuevo sistema de control, realizando pruebas experimentales que validen su desempeño en condiciones operativas.

1.4 Justificación del estudio

La migración del sistema de control es una solución técnica y precisa para el problema de imprevistos en la línea de producción. Esta medida no solamente favorece la continuidad de las operaciones, sino que posibilita implementar tecnologías actuales como el mantenimiento predictivo y la supervisión en tiempo real, fundamentales para asegurar un producto de calidad y optimizar los recursos.

Desde la perspectiva de la industria esta sigue en un crecimiento exponencial por la tecnología actual, y más aún en el sector alimenticio que requiere ciertos estándares y controles de calidad ya sea por el producto final o por el tipo de alimentos perecibles, justamente este último es el de mayor control que se debe de tener en cuenta, pues implica grandes pérdidas económicas a una empresa del rubro. En consecuencia, dichos procesos en su mayoría tienen un control automatizado, pero con tecnología antigua que ante cualquier percance no se podría dar solución. Una de las soluciones preventivas que las empresas deben de tener en cuenta es poder modernizar tanto hardware como software utilizando diferentes métodos como la migración de arquitecturas similares en cuanto a su funcionamiento, con la finalidad de prever los inconvenientes futuros a corto o mediano plazo.

La modernización de cualquier tipo involucra el desarrollo de varias áreas de la ingeniería, lo cual supone. la creación de información técnica y de gestión, como resultado de lo anterior, es posible aportar al campo de investigación criterios para la intervención e implementación adecuada en diversas máquinas industriales. Con el propósito de la migración se tiende a tener muchas más ventajas tanto

en funcionalidad de la maquina y soporte técnico para la solución de cualquier fallo presente con respecto al tiempo relativo que conlleva a la producción de un producto en específico. Adicional a ello se plantea una serie de etapas implícitas como; el análisis e interpretación de planos eléctricos, desarrollo de un nuevo programa de PLC Siemens S7-1200, diseño de una nueva interfaz de operación en HMI KTP700 y las diferentes pruebas protocolares para que la maquina sea totalmente funcional y operativa.

1.5 Formulación de la hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

- Si se implementa, migra y rediseña el actual sistema de control por una arquitectura más sólida y confiable, las interrupciones operativas de la máquina de prensado y corte de queso provocadas por problemas en el hardware disminuirán notablemente.

1.5.2 Hipótesis específico

- Si se realiza un análisis técnico del sistema de control vigente mediante observación y análisis documental, entonces es posible identificar con precisión las causas de los fallos de hardware.
- Si se diseña una arquitectura de control adecuada, seleccionando hardware y software compatibles y robustos, entonces se logrará una mayor confiabilidad y facilidad de integración en la máquina.
- Si se implementa y documenta correctamente el nuevo sistema de control, y se realizan pruebas experimentales, entonces se podrá validar que su desempeño cumple con los requisitos operativos de la máquina en condiciones reales.

1.6 Variables

1.6.1 Variable independiente

- Implementación y migración de un sistema de control con diseño de interfaz de operación

1.6.2 Variable dependiente

- Eficiencia del proceso de prensado y corte de queso

1.6.3 Operacionalización de variables

Para la operacionalización de las variables se toman en consideración las siguientes variables de estudio, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Cuadro de operalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable independiente: Implementación y migración de un sistema de control con diseño de interfaz de operación	Determinar la arquitectura del sistema actual	Tipo de controlador Módulos instalados Tipo de comunicación	Lista de verificación técnica
	Funcionalidad de control existente	Secuencias de control implementadas Tiempo de respuesta Estabilidad	Registro de alarmas del sistema Pruebas funcionales
	Diseño y maniobrabilidad de la interfaz de operación	Claridad de pantallas Navegación intuitiva Numero de errores de operación	Encuesta al operador Pruebas de maniobrabilidad
	Performance del sistema migrado	Reducción de fallas Compatibilidad optima Estabilidad	Registro de fallas Reporte técnico
Variable dependiente: Eficiencia del proceso de prensado y corte de queso	Productividad	Tiempo por lote Numero de lotes por hora	Cronometro (tiempo) Hojas de control
	Rendimiento del proceso	Tiempos en parada reducidos Consumo energético	Registro de maquina Medidor de



		consumo eléctrico
Calidad del prensado y corte	Uniformidad de dimensiones Textura Variación entre piezas	Instrumentos de medición Ficha de inspección
Perdidas y mermas	Volumen de suero evacuado Porcentaje de merma	Balanza Registro de producción



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

En la literatura internacional se puede evidenciar trabajos relacionados con la investigación propuesta, del cual podemos mencionar a Ayora Morocho (2015) en donde realiza la migración de un sistema de control referenciado en Siemens S5 y Wizcon teniendo un tiempo de funcionamiento de aproximadamente de 15 años, por ende, estos dispositivos ya se encuentran discontinuados y no existe soporte técnico con el que se puedan realizar mantenimientos preventivos, a razón de ello se presentaron fallos deteniendo la producción en cortos intervalos de tiempo, a consecuencia de ello se actualizó el sistema control por completo en hardware se utilizó la gama Siemens S7 y en software se utilizó TIA portal y WinCC Runtime Professional logrando realizar una migración exitosa destacando la planificación anticipada con las diferentes áreas de la planta de fraccionamiento de aceite.

Por otro lado tenemos a Cribas Aguilar (2019) en donde realiza la migración de periféricas descentralizadas Simatic ET200L a ET200SP, desarrollo y actualización de un nuevo interfaz SCADA, parametrización de variadores G120 encargados de dosificar aditivos alimenticios y el control remoto de compresores de alta potencia,

como resultado se asegura contar con una tecnología moderna y eficiente, tener accesibilidad de parámetros entendibles en el SCADA por el operador, y en consecuencia, una mejora significativa del sistema de control en el proceso de molienda.

Por otra parte Montaña Colorado (2025) ejecuta la migración de un sistema de control para mejorar la confiabilidad y reducir los periodos de tiempo por paradas no programadas debido a actuadores y temporizadores electromecánicos obsoletos, con la implementación de un PLC Logo y HMI Delta se permite la supervisión en tiempo real y el ajuste de parámetros al centralizar la gestión de los ciclos de secado, separación de miel y lavado, con esta modernización no solo se reducen las fallas sino también los costos por temas de mantenimiento preventivo y correctivo garantizando la sostenibilidad y competitividad de la planta azucarera en cuestión.

Por otro lado Bertoldi Quintana (2024) demuestra cuán importante es poder realizar la migración de sistemas de control específicamente en una planta de tratamiento de gas, ya que, son elementos fundamentales para la seguridad industrial, cuya función principal es identificar, alertar y reaccionar de manera eficaz ante circunstancias vinculadas con incendios o indicios de presencia de humo, fugas de gases inflamables o elevaciones repentinas de temperatura, como resultado se entregó una solución eficaz mejorando significativamente la eficiencia operativa y de la producción, lo que reduce el riesgo para las personas, las instalaciones y el medio ambiente.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En la literatura nacional, se pueden mencionar investigaciones actuales del cual tenemos el trabajo de Lopez Condori (2019) es realizar la migración del protocolo de comunicación TCP/IP, para intensificar una mejora del sistema de supervisión y control del Oleoducto Norperuano, en el cual la visualización y registro de



variables en las diferentes áreas de producción es fundamental para transferir los parámetros al nuevo sistema, el entorno de la programación se realizó en un PLC Schneider con módulos de comunicación NOE 771-01 para utilizar el protocolo TCP/IP, a su vez, se desarrolló entornos de control en pantallas InTouch utilizando el software I/O Server MBENET, logrando generar un acceso estable hacia variables críticos del proceso del Oleoducto Norperuano.

En otro entorno tenemos a De la Paz Moyano (2019) cuyo propósito es realizar la migración del sistema de control obsoleto enfocado en la comunicación por uno nuevo que sea compatible cumpliendo con las exigencias tecnológicas actuales y que se puedan conseguir repuestos en caso de cualquier inconveniente evitando así pérdidas financieras significativas, en la actualidad la planta de separación de gases del aire Pisco funciona con la plataforma de comunicación del sistema PLC5 de Allen Bradley, que es el eje central de la arquitectura de control esta combina los sistemas actuales y futuros por medio de redes abiertas y conectividad con otros dispositivos, para que el sistema de control cumpla con las funciones de control y distribución estas se ejecutan mediante una red Data Highway+; en tal sentido la nueva arquitectura a implementarse está basado en el sistema Controllogix como resultado del estudio se demuestra que la prueba de correlación de Sperman demuestra que la confiabilidad del proceso y el sistema Controllogix tienen una relación significativa, con un coeficiente $Rho=0.700$, lo cual indica una alta correlación positiva, esto infiere que migrar del sistema PLC 5 al sistema Controllogix mejora sustancialmente la comunicación entre los controladores y el SCADA del proceso, lo que se refleja en los indicadores de procesos que miden la confiabilidad y disponibilidad, esto sucede porque al sustituir la antigua comunicación DH+ por la IP se logra una mayor velocidad de transmisión de datos, el cual genera un sistema más eficiente de procesamiento de información.



En el sector de la producción láctea tenemos a Madariaga Aranibar (2017) donde se centra en ejecutar la modernización de instrumentación y del sistema de control por lógica cableada del proceso aislado de un evaporador de tres efectos el cual es un equipo crucial en el procesamiento de la leche ya que se ocupa de la deshidratación y del tratamiento térmico, lo cual da como resultado la transformación de esta en un concentrado que se convierte en leche evaporada, por lo que la modernización implica el uso de la automatización con un PLC (Compactlogix L32E) de la marca Allen Brandley para ejecutar este ciclo sin modificar las características de la leche de tal manera que se detenga el proceso y se produzcan pérdidas, logrando mejorar significativamente el control de la operación del sistema del evaporador.

2.1.3 Antecedentes locales

En la literatura local se pueden mencionar investigaciones actuales del cual tenemos a Flores Quispe (2024) donde plantea modernizar un controlador basado en PLC5 (Allen Brandley) por el controlador S7-1500 y HMI TP-1500 Confort (Siemens) utilizando como método observacional el control secuencial de la planta desmineralizadora de agua, ya que tanto el controlador como sus periféricos están discontinuados y no se cuenta con asistencia técnica ni repuestos para un mantenimiento correctivo, encareciendo costos y funcionalidad de la planta, como resultado a la modernización del sistema se implementó monitoreo y control por medio de un HMI, lo cual genera un aumento significativo de la calidad y rendimiento de la planta desmineralizadora.

De igual manera tenemos a Uría Tejada (2021), en donde desarrolla la Implementación de la optimización de un sistema de control y supervisión de despacho en una planta de ácido, ubicado en la provincia de islay, región Arequipa, que utiliza un sistema DCS de



ABB. Dicho sistema no tiene soporte técnico, piezas de repuesto ni actualizaciones. Por ende, se sugirió trasladar toda la plataforma de control a Rockwell Automation con un nuevo gabinete de control; este último incluyendo el PLC Control Logix (de gama alta) y el sistema Factory Talk Studio para supervisar los diferentes procesos de planta.

En el rubro minero se tiene a Puente de la Vega Peñaloza (2014), el cual realiza un estudio donde se centra en la mejora constante de la automatización de varios procesos, particularmente en lo que respecta a la extracción del cobre a través de la lixiviación en la planta de hidrometalurgia de la empresa Sociedad Minera Cerro Verde. Es importante tener en cuenta que para el progreso de los procedimientos es crucial una supervisión y programación modernas. El objetivo fue facilitar un ahorro significativo en Ingeniería, así como también mejorar la interacción entre el sistema y el personal operativo durante la revisión de los parámetros establecidos en el programa. Para ello, se utilizó la arquitectura integrada de Rockwell Automation, separando el proceso por medio de redes; específicamente, se empleó DeviceNet, una red industrial que permite desarrollar una supervisión y programación intuitiva para los operadores del proceso, como resultados obtenidos se tiene la correcta implementación de la arquitectura integrada de Rockwell Automation, utilizando la red de comunicación DeviceNet junto con el controlador Controllogix. El propósito fue optimizar el sistema de control de los procesos de aglomerado, lo que fue esencial para lograr que las líneas productivas fueran independientes. Este éxito se vio acompañado por un porcentaje del 92.7% en términos de ahorro y tiempo/dinero durante el desarrollo del sistema SCADA. Este último, cuando se presentó en condiciones de laboratorio, permitió verificar que el usuario encargado del mantenimiento podía realizar hasta 25 interacciones para supervisar y controlar las variables del proceso sin dificultad.



2.2 Bases teóricas

Las bases teóricas esenciales que respaldan la investigación se tratarán en esta sección.

2.2.1 Migración tecnológica de sistemas de control

El proceso de reemplazo o modernización de equipos, software o sistemas que han quedado obsoletos se conoce como migración tecnológica. En el campo de la automatización industrial, este procedimiento tiene como objetivo aumentar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad del sistema. La migración del PLC S7-200 al S7-1200 y del HMI TP700 Comfort al KTP700 Basic, en el caso de estudio, se realiza para garantizar la compatibilidad con plataformas presentes y prevenir errores que causen interrupciones en la producción (Kagermann, 2013).

2.2.1.1 Industria 4.0 y digitalización

La Industria 4.0 es la fusión de sistemas ciber físicos, redes de comunicación industrial, tecnologías digitales e inteligencia artificial, con la finalidad de establecer fábricas inteligentes. La migración de sistemas de control convencionales a plataformas contemporáneas como TIA Portal es un avance hacia la digitalización completa de los procedimientos productivos (Kagermann, 2013).

a. Confiabilidad y mantenimiento predictivo

La probabilidad de que un sistema cumpla su función bajo ciertas condiciones y durante un tiempo específico se conoce como confiabilidad (ISO 14224, 2016). En los sistemas de control, el uso de estrategias para el mantenimiento predictivo posibilita prever fallos antes de que ocurran, lo cual reduce costos de reparación y tiempos estancados sin producción (Kagermann, 2013).

2.2.2 Control automático

El control automático es una especialidad de la ingeniería dedicada a crear sistemas que tengan la capacidad de regular, por sí mismos, variables físicas de un proceso industrial como el flujo, la presión, la temperatura o el nivel (Ogata, 2010). Según si se da o no retroalimentación entre la entrada y la salida del sistema, los sistemas de control se pueden clasificar en lazos abiertos y cerrados. En cuanto a hardware podemos mencionar los más significativos en dichos sistemas de control.

2.2.3 Sistemas de control

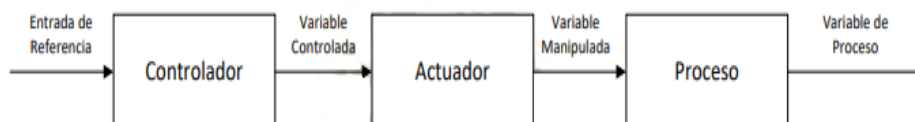
Según Kuo (1996), un sistema de control consiste en un conjunto de dispositivos que tienen la responsabilidad de gestionar, coordinar y regular el comportamiento de otros sistemas con el propósito de alcanzar los objetivos establecidos y disminuir los errores. Los sistemas de control pueden ser a lazo abierto (no realimentados) o a lazo cerrado (realimentados).

2.2.3.1 Sistemas de lazo abierto

Según Ogata (2010), los sistemas de lazo abierto son aquellos que la salida no influye sobre la acción de control dentro del sistema.

Figura 1

Diagrama de un sistema de lazo abierto



Nota. Obtenido de (Uría Tejada, 2021)

Ventajas:

- Implementación sencilla y fácil ejecución de mantenimiento

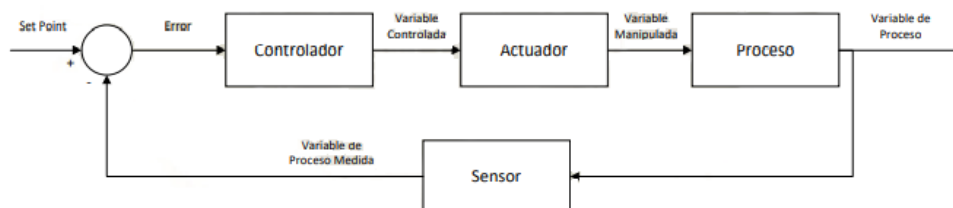
- Para un correcto funcionamiento recalibrar constantemente
- No hay inconvenientes de estabilidad en el sistema
- En cuanto a costos el sistema de lazo abierto es menor

2.2.3.2 Sistemas de lazo cerrado

Según Ogata (2010), La característica principal de los sistemas de control de lazo cerrado es que vuelven a alimentar al controlador con la señal de error del actuador; este error es el resultado de restar la señal realimentada a la señal de entrada. Cuyo objetivo es reducir el error y alcanzar el valor deseado.

Figura 2

Diagrama de un sistema de lazo cerrado



Nota. Obtenido de (Uría Tejada, 2021)

Ventajas:

- No requiere una recalibración continua para mantenerse operando.
- Es mucho más estable ante las presencias de ruidos o perturbaciones

2.2.3.3 Instrumentación industrial

Hoy en día, la instrumentación desempeña un papel fundamental en todos los procesos industriales.

Conforme los procesos industriales se volvían más complejos, era necesario automatizarlos utilizando instrumentos de control y medición. Estos instrumentos han hecho posible ejercer una función de vigilancia y supervisión de los procesos desde centros de control. También ha sido factible fabricar productos complejos en condiciones

estables de calidad, lo cual sería complicado para un operador empleando solamente un control manual.

2.2.4 Controladores lógicos programables

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico que se ha creado para llevar a cabo secuencias de tiempo y lógica en sistemas de automatización industrial (Bolton, 2006). Los PLC se han establecido como el componente central de los sistemas de control desde su surgimiento en la década de 1960, gracias a su modularidad, fortaleza y facilidad para programarse.

2.2.4.1 Arquitectura Siemens S7-200 y S7-1200

La familia Siemens S7-200 es parte de la primera generación de PLCs compactos que se utilizan en gran medida en aplicaciones industriales pequeñas y medianas. No obstante, su escaso soporte para protocolos modernos, memoria restringida y poder de procesamiento han hecho que sea imperativo reemplazarlo. El S7-1200, por otro lado, supone un avance importante porque incluye la posibilidad de comunicarse mediante Ethernet/PROFINET, una velocidad de procesamiento superior y compatibilidad con el ambiente de desarrollo TIA Portal (Siemens, 2020). En la Tabla 2 se puede apreciar la comparación técnica entre ambas gamas.

Tabla 2

Cuadro comparativo de gamas de PLC

Característica	S7-200	S7-1200
Comunicación	MPI/PPI	Ethernet / PROFINET
Velocidad de procesamiento	0.3 μ s por instrucción	0.08 μ s por instrucción
Memoria de programa	Hasta 8KBytes	Hasta 100 KBytes
Software	STEP 7 MicroWin	TIA Portal
Expansión	Limitada	Modular y escalable

2.2.5 Interfaz Hombre-Maquina (HMI)

Las interfaces HMI (interfaz hombre-máquina) posibilitan que el sistema de control y el operador interactúen. El modelo KTP700 Basic brinda una opción más asequible con funciones básicas para la supervisión y control local, en contraste con el modelo TP700 Comfort, que es una pantalla táctil avanzada con capacidades gráficas mejoradas. En la Tabla 3 se puede apreciar la comparativa de prestaciones visuales entre ambas gamas.

Tabla 3

Cuadro comparativo de gamas de HMI

Característica	TP700 Comfort	KTP700 Basic
Resolución	800x480 pixeles	800x480 pixeles
Colores	16 millones	256
Software	WinCC Comfort	WinCC Basic
Puertos	Ethernet, USB, MPI	Ethernet, USB
Funciones avanzadas	Scripts, animaciones	Limitadas

2.2.5.1 Comunicación ProfiNet en la gama S7-1200

El progreso de PROFIBUS a PROFINET, en el marco de las redes industriales Ethernet, constituye un avance importante en los estándares de comunicación para los sistemas automatizados. Este desarrollo, promovido por (Siemens, 2020), establece un modelo de comunicación abierto, flexible y centrado en la ingeniería integrada, lo que permite una gestión más eficaz de los datos en ambientes industriales, una comunicación más rápida y una interoperabilidad superior entre dispositivos. Por lo que han de cumplir con las siguientes funciones básicas.

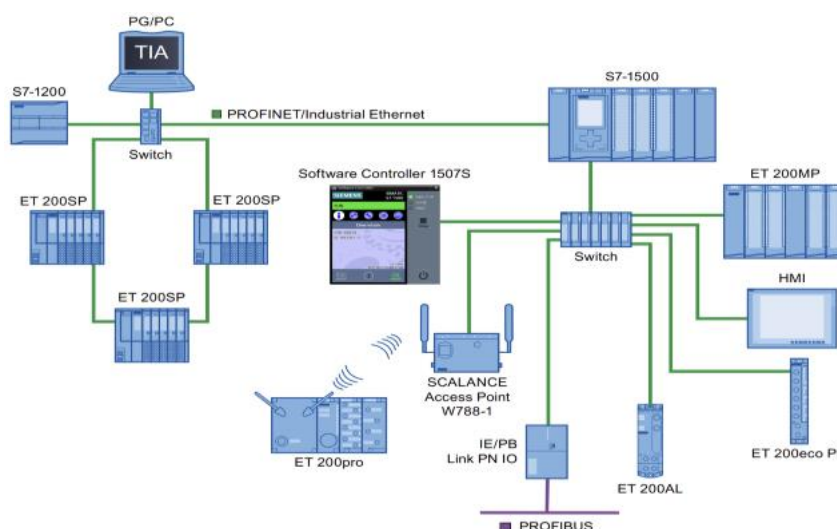
- Conexión y robustez industrial fundamentada en Ethernet
- Uso del protocolo TCP/IP.

- Comunicación rápida y en tiempo real.
- Integración con diferentes dispositivos con bus de campo.
- Para asistencia y monitoreo a largas distancias.

Por otra parte, Según Siemens AG (2021), rescata que la red Profinet se basa en Fast Ethernet, donde esta llega a transmitir datos a una velocidad de 100Mbps. En la Figura 3 se muestra un esquema de la interconexión entre dispositivos por medio de ProfiNet.

Figura 3

Conexión bus por medio de la capa física Ethernet de Siemens



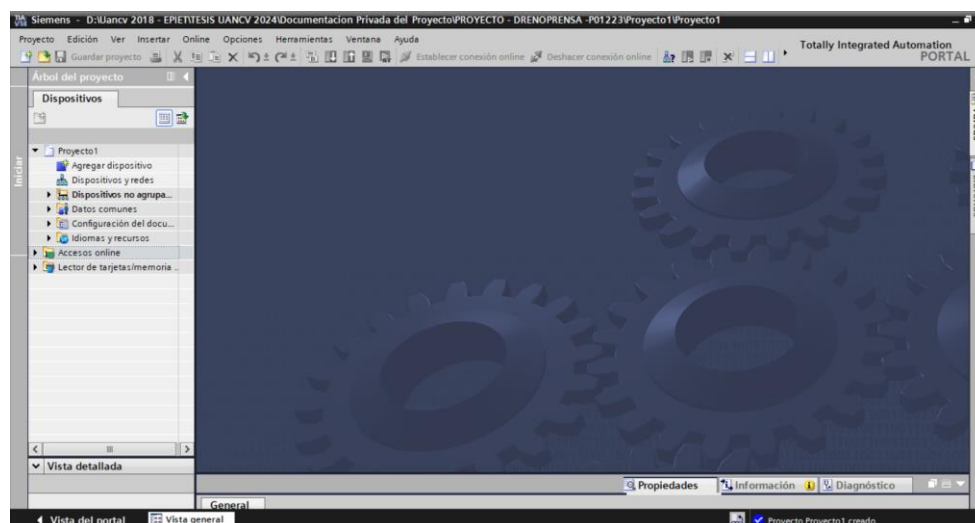
Nota. Obtenido de (Siemens, 2020)

2.2.5.2 Entorno de programación TIA Portal y WinCC

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) es un entorno de desarrollo totalmente integrado de Siemens, que posibilita la programación, configuración y diagnóstico de sistemas HMI, redes industriales y de control a partir de una única plataforma. WinCC es el elemento de visualización que ayuda a generar interfaces gráficas para la vigilancia y el control de procesos industriales (Siemens, 2020). En la Figura 4 se visualiza el entorno de programación en TIA Portal V14.0.

Figura 4

Entorno de programa en TIA Portal V14 SPI



Nota. Obtenida del Software de TIA Portal V14

a. Tipos de lenguaje de programación

La siguiente clasificación se presenta a continuación, teniendo en cuenta los lenguajes de programación que se reconocen y utilizan ampliamente hoy en día.

- STL/AWL

Es un lenguaje más integral y visualmente complicado, de naturaleza textual y dirigido a la máquina.

- FBD/FUP

Es un lenguaje gráfico de Step 7 que emplea los cuadros del álgebra booleana para simbolizar la lógica. Ofrece la ventaja de poder observar las distintas lógicas agrupadas en bloques y tener bloques complejos.

- LAD/KOP

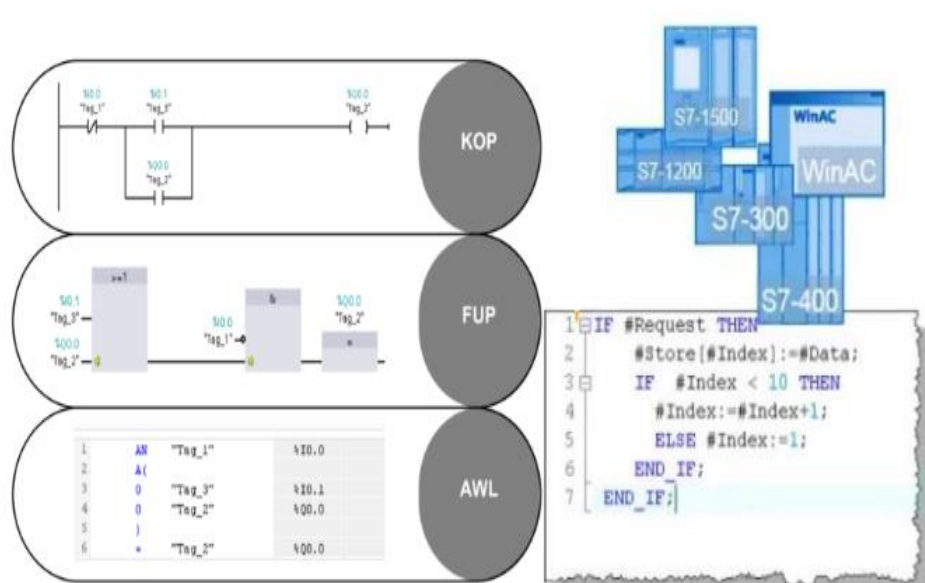
Es un esquema de contactos, también llamado escalera o ladder. con un sentido que se asemeja a los diagramas de contactos y bobinas para facilitar la comprensión por parte del personal técnico electricista.

▪ SCL

Es un lenguaje de control basado en texto que es estructurado; Siemens lo denomina como un lenguaje de alto nivel. En la Figura 5 se muestra los diferentes tipos de lenguaje de programación utilizados por el software de TIA Portal.

Figura 5

Diferentes tipos de programación en TIA Portal V14 SPI



Nota. Obtenido de (Siemens AG, 2021)

2.2.6 Drenoprensa

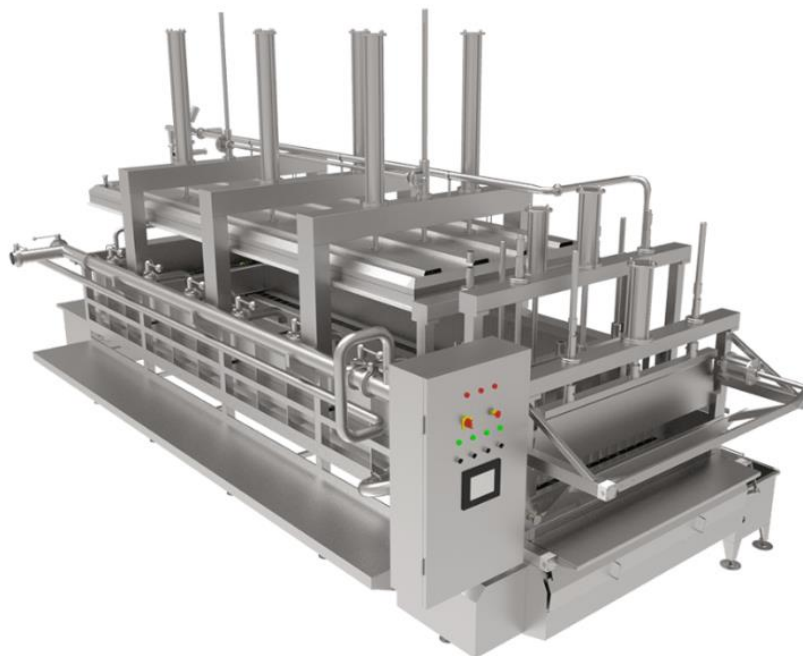
La Drenoprensa es un equipo industrial enfocado en la producción de productos lácteos que se centra en la etapa de prensado, el drenaje del suero y el corte después del prensado. El cual simplifica y automatiza procesos que, de otro modo, tendrían que hacerse manualmente y posibilita una separación efectiva entre la masa y el suero. A continuación, se mencionan los subsistemas de accionamiento de la maquina en general.

- Lavado
- Prensado

- Corte de cuajada
- Bombas centrífugas de recirculación del suero

Figura 6

Estructura básica de una drenoprensa



Nota. Obtenido de (<https://www.jorvicdobrasil.com/produtos-jorvic/queijos-duros-e-semiduros/drenoprensa-automatica/>)

La automatización en la industria alimentaria es crucial para asegurar que los productos sean seguros y de buena calidad. Las máquinas que cortan y prensan queso necesitan un control constante y una precisión elevada. La migración al sistema Siemens S7-1200 optimiza la administración de alarmas, la estabilidad del sistema y la comunicación entre módulos, lo que disminuye los períodos de inactividad y las pérdidas productivas.

2.2.6.1 Discernimiento industrial de la elaboración de Queso

El proceso de fabricación industrial de quesos es tecnológicamente avanzado y tiene como objetivo convertir la leche en un producto con un alto valor agregado a través de operaciones estandarizadas, automatizadas y controladas. En contraste con la producción

artesanal, la industria quesera se rige por principios de ingeniería de procesos, control automatizado y regulaciones sanitarias para asegurar la eficiencia productiva, la calidad y la inocuidad (Chamberland et al., 2022)

La industria láctea en Perú ha crecido de manera constante, gracias a la modernización de las plantas procesadoras y a la demanda de productos derivados con estándares internacionales (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017). Un concepto fundamental para la producción industrial del queso es el siguiente punto a discernir:

a) Fundamentos físico-químicos de la leche

El agua, la grasa, las proteínas, los minerales y la lactosa se combinan en una emulsión compleja para formar leche. Las caseínas, que representan alrededor del 80% de las proteínas totales, son las que generan el coagulo durante la producción del queso. Su estructura micelar facilita la retención de sólidos grasos y no grasos durante el proceso de coagulación (Walstra et al., 2005).

La velocidad y calidad del cuajado son muy afectadas por el pH inicial de la leche (6.6-6.8); si es más ácido, se favorece la coagulación, pero puede cambiar la textura final del queso. En las plantas industriales, este parámetro se supervisa a través de sensores automatizados que están conectados a sistemas PLC o SCADA con el propósito de asegurar la homogeneidad del lote (Panikuttira et al., 2018).

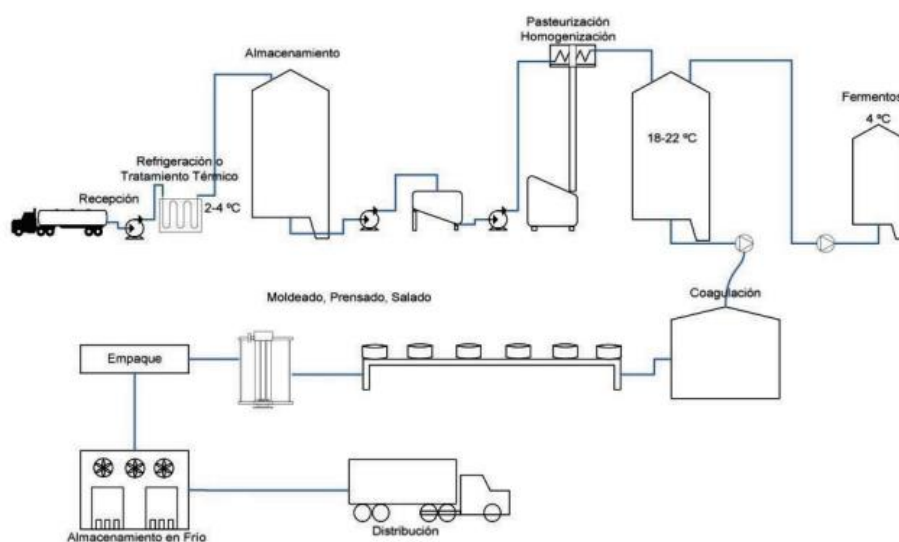
2.2.6.2 Etapas del proceso de elaboración del Queso

El queso es un producto que ha sido hecho de forma manual durante siglos. Aún en los países considerados desarrollados, se sigue produciendo de la misma manera hoy en día, pero asegurando su inocuidad y aptitud para el uso a través del cumplimiento de las normativas y regulaciones de seguridad alimentaria, el proceso de elaboración del queso a grandes rasgos consiste en un conjunto de pasos esenciales que aseguran la adquisición de un producto con las

propiedades físico-químicas y sensoriales requeridas. Este procedimiento comienza con la recepción y el análisis de la leche, en el cual se comprueba su pureza, calidad e higiene. Después se lleva a cabo la pasteurización, que es un paso fundamental para asegurar que el producto sea inocuo y eliminar los microorganismos patógenos. Luego, se incorporan el cuajo y los cultivos lácticos, que son los encargados de la coagulación y de la aparición de rasgos específicos. Al cortar la cuajada, es posible separar el suero y regular la humedad del queso. Luego se realiza el prensado, que determina la textura y la dureza del producto final. Una vez hecho, el queso se somete al salado, ya sea por inmersión en salmuera o por frotado; este proceso afecta tanto su conservación como su sabor. Por último, algunas variedades necesitan un tiempo de maduración para que se desarrollen su sabor, aroma y consistencia específicos. En la Figura 7 se puede observar el esquema general de la producción de queso a nivel industrial.

Figura 7

Esquema general de la producción industrial de queso



El queso es un alimento muy solicitado en todo el mundo, por lo que se produce en fábricas con tecnología avanzada. En estos lugares, las etapas de su producción están altamente mecanizadas e incluso

automatizadas para asegurar un procesamiento higiénico. A continuación, se indican los subprocesos más importantes para la elaboración del queso.

a. Coagulación y formación de cuajada

La coagulación, que puede llevarse a cabo por medio de vías ácidas, enzimáticas o mixtas, es el primer paso del proceso quesero. En la industria actual, se emplea sobre todo la coagulación enzimática a través de cuajo estandarizado con actividad identificada (renina o quimosina). Este proceso tiene lugar a temperaturas entre 30 y 38 °C, generando una red de caseína en tres dimensiones que captura agua y grasa (Fox et al., 2017). En este período, la automatización hace posible que se supervise el pH, la temperatura y el tiempo a través de sondas, lo cual disminuye la variabilidad y optimiza el rendimiento del cuajado.

b. Pre-corte de la cuajada

La fase de corte de la cuajada es crucial en la producción industrial del queso, puesto que establece el contenido de humedad, la textura y el rendimiento final del producto. Si se corta la cuajada en pedazos más pequeños, se libera más suero y se obtienen quesos semiduros o duros; si, en cambio, los trozos son más grandes, el queso será más blando porque retiene mayor humedad (Chamberland et al, 2022). El corte en las plantas industriales se efectúa a través de cuchillas automatizadas o liras motorizadas que separan el coágulo de forma equitativa. Los sistemas PLC regulan el tamaño del grano, la rapidez de corte y la duración de la agitación posterior, lo que posibilita la reproducción de las condiciones ideales para el procesamiento (Fox et al., 2017).

De acuerdo con Walstra et al. (2005), El corte apropiado tiene que hacerse cuando la cuajada logra la consistencia deseada (verificada manualmente o con sensores de textura). Un corte temprano genera

una pérdida de proteínas y grasa en el suero, mientras que un corte tardío complica la eliminación del suero, lo que repercute negativamente en la textura y en el rendimiento. La dimensión de las partículas en la industria varía entre 0.5 y 1.5, lo cual depende del tipo de queso; el procedimiento normalmente se finaliza entre 5 y 10 minutos, con supervisión de temperatura y agitación (Panikuttira et al., 2018).

c. Desuerado y cocción de la cuajada

Después del corte, la cuajada pasa por un proceso de cocción y desuerado, con el fin de eliminar el suero y conseguir que los granos se contraigan. El calor suele aumentar de manera gradual entre 38 y 55 °C, lo que favorece la sinéresis y el endurecimiento del coágulo (Fox et al., 2017). En el ámbito industrial, esta operación se regula por medio de controladores automáticos de agitación, sensores de temperatura y sistemas de calentamiento indirecto con agua caliente o vapor. Estas herramientas posibilitan que las condiciones del tanque de cuajado sean homogéneas.

d. Prensado y moldeado

Para que el queso adquiera su forma y textura definitivas, es esencial realizar las etapas de prensado y moldeado. La cuajada se coloca en el molde correspondiente para que tome la forma deseada; este proceso es conocido como moldeado. Esta operación se lleva a cabo en la industria por medio de sistemas hidráulicos o neumáticos que garantizan una carga continua y uniforme (Walstra et al., 2005).

El prensado industrial, por su parte, desempeña diversas funciones:

1. Expulsar el suero sobrante para llegar al nivel de humedad apropiado.
2. Promover la compactación de los granos y la cohesión del queso.

3. Conseguir la forma y densidad finales del producto (Fox et al., 2017).

Según Chamberland et al. (2022), La presión de prensado y el tiempo dependen del tipo de queso, oscilando entre 30 minutos y 12 horas, con tensiones que van desde 0.2 hasta 0.8 MPa. En las fábricas, el prensado se controla a través de prensas hidráulicas automatizadas, que ajustan la presión, la temperatura y el tiempo de manera secuencial. Para asegurar que el proceso sea uniforme y prevenir imperfecciones en la estructura, como regiones con demasiada humedad o grietas, ciertos sistemas actuales utilizan PLC y sensores de peso. Asimismo, los datos de prensado pueden incorporarse al sistema de trazabilidad digital para que se puedan documentar las condiciones de cada lote y garantizar la capacidad de reproducir el proceso. La tendencia moderna incluye la utilización de algoritmos de predicción y control adaptativo para modificar las variables del prensado en función de la reacción física de la cuajada (Panikuttira et al., 2018).

e. Corte y fraccionamiento post-prensado

En la industria quesera, tras finalizar el proceso de prensado, se inicia una fase de corte o separación del queso. Este procedimiento consiste en segmentar el bloque prensado en porciones comerciales antes del salado o en etapas posteriores al empaquetado. Esta práctica, que también recibe el nombre de corte secundario o post-prensado, busca mejorar la gestión, unificar la masa de los quesos y permitir una maduración uniforme (Walstra et al., 2005). El corte que se hace después del prensado tiene lugar cuando la masa llega a una humedad controlada y una consistencia sólida, generalmente entre el 38 % y el 45 % en quesos semiduros, y por debajo del 35 % en quesos duros (Fox et al., 2017). La estructura del queso ya tiene suficiente cohesión en este momento para resistir las fuerzas de corte sin deformarse ni perder su forma geométrica.

De acuerdo con Chamberland et al. (2022), el corte posterior al prensado desempeña papeles esenciales en el proceso de la industria:

1. Establecer un tamaño idéntico en las piezas antes del proceso de salado, lo que posibilita una repartición uniforme de la sal durante el proceso de inmersión en salmuera.
2. Propiciar la maduración, puesto que las piezas más pequeñas tienen una relación superficie-volumen más alta, lo que favorece el intercambio de gases y la difusión de sal en las cámaras de maduración.
3. Facilitar la codificación y el pesaje individual de cada pieza, con el fin de perfeccionar la trazabilidad y el control de calidad.
4. Al incorporar líneas de corte, pesaje y transporte automatizadas a la zona de salado, se minimiza el tiempo de procesamiento.

Este corte es particularmente importante en fábricas que producen quesos industriales de tipo gouda, cheddar o edam, ya que permite dividir los bloques grandes (de 20 a 25 kg) en porciones más fáciles de manejar, de entre 1 y 5 kg (Fox et al., 2017).

2.3 Marco conceptual

Las definiciones de los términos fundamentales usados en la investigación se encuentran en el marco conceptual, lo que proporciona un lenguaje común para ayudar a entender los conceptos utilizados.

2.3.1 Sistema de control industrial

Se define como sistema de control industrial al conjunto de dispositivos, algoritmos y procedimientos que se emplean en la supervisión, regulación y automatización de los procesos productivos

para asegurar su estabilidad, seguridad y eficiencia (Ogata, 2010). En el sector alimentario, estos sistemas son imprescindibles para conservar la calidad del producto y disminuir la variabilidad de los procesos.

Los controladores lógicos programables (PLC) son el centro de los sistemas de automatización, pues gestionan las señales provenientes de sensores y actuadores en tiempo real. La supervisión a distancia y la trazabilidad de cada fase del procedimiento son factibles gracias a su integración con los sistemas SCADA.

2.3.2 Automatización industrial

La automatización industrial consiste en aplicar tecnología para realizar procesos sin intervención humana directa, por medio de software especializado, sensores, controladores y actuadores. Esta automatización se extiende en la industria láctea moderna desde el manejo del flujo de leche hasta las etapas finales de empaquetado. Su puesta en marcha en el proceso de hacer queso posibilita mejorar la inocuidad del producto final, disminuir los desperdicios y optimizar la eficiencia energética (Fox et al., 2017).

2.3.3 Migración tecnológica

Proceso de reemplazo o mejora de equipos y programas informáticos que están obsoletos por versiones más modernas y compatibles con los sistemas actuales.

2.3.4 Elaboración industrial de productos lácteos

El queso es un producto sólido de la leche que se produce al coagular esta última y separar el suero. Su proceso de producción incluye múltiples fases: recepción de la leche, normalización, pasteurización, cuajado, corte, desuerado, prensado, salado y maduración (Walstra et al., 2005). Se necesita un control exacto de la temperatura, el pH y el

tiempo en cada paso. Para ilustrar: en la coagulación, el cuajo crea una red de caseínas que atrapa los sólidos y la grasa; después, el prensado y corte son los que establecen la textura y la humedad del queso.

2.3.5 Prensado industrial de productos lácteos

El prensado es el proceso mediante el cual se ejerce una presión mecánica controlada sobre la cuajada con el fin de compactar la masa y eliminar el suero. Según Fox et al. (2017), este procedimiento determina la textura, la humedad y la densidad del queso.

En la industria, se utilizan prensas neumáticas o hidráulicas que son controladas por PLC, las cuales regulan automáticamente la presión, el tiempo y la temperatura. La automatización posibilita que haya trazabilidad y uniformidad en la producción, y también disminuye los defectos estructurales.

2.3.6 Corte industrial de productos lácteos

La operación mecánica conocida como corte de cuajada busca dividir el coágulo en partículas más pequeñas para facilitar la expulsión del suero (Chamberland et al., 2022). También es necesario tener en cuenta el corte post-prensado, puesto que con ello se manejan mejores estándares de tamaño según el tipo de queso que se quiera producir.

2.3.7 Mantenimiento preventivo y predictivo

El mantenimiento preventivo en las fábricas automatizadas consiste en calibrar e inspeccionar los equipos periódicamente, mientras que el predictivo se sirve de algoritmos y sensores para prever fallos. En sistemas de corte y prensado, en los que la estabilidad neumática y la precisión mecánica son determinantes para la calidad del producto, ambas perspectivas son fundamentales.



2.3.8 Confiabilidad

La posibilidad de que un sistema cumpla su función sin errores en un lapso de tiempo específico.

2.3.9 Disponibilidad operativa

Proporción del tiempo durante el cual un sistema es capaz de funcionar de acuerdo a su propósito.

2.3.10 Calidad y eficiencia en la producción industrial del Queso

La calidad incluye las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales (Walstra et al., 2005), mientras que la eficiencia se relaciona con el volumen de leche procesada y la cantidad de queso producido.

La automatización, al disminuir el tiempo de operación, minimizar las pérdidas y asegurar que el proceso se repita, permite mejorar ambos indicadores.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo, nivel, diseño y enfoque de estudio de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se enfoca en resolver un problema particular del sector agroindustrial lácteo. El objetivo es optimizar el proceso de prensado y corte del queso, contribuyendo a mejorar la eficiencia operativa en las unidades productivas de Arequipa, mediante el diseño de una interfaz de operación y la migración e implementación de un sistema de control.

3.1.2 Nivel de la investigación

El nivel de investigación es descriptivo, ya que se enfoca en describir y examinar las propiedades, el funcionamiento y la conducta del sistema de control puesto en marcha, así como las variables que participan en el procedimiento de prensado y corte del queso, sin determinar relaciones causales entre ellas.

3.1.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental porque no se lleva a cabo la manipulación intencionada de las variables estudiadas. En cambio, se examina y analiza el comportamiento del sistema de

control y de los procesos productivos en un instante específico, que ocurre después de la migración e implementación del sistema.

3.1.4 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es cualitativo, porque se enfoca en la descripción y el análisis de cómo trabaja el sistema de control que ha sido implementado y migrado, además del diseño de la interfaz operativa aplicada al procedimiento de corte y prensado de queso. La evaluación del sistema se lleva a cabo a través de la observación técnica, pruebas funcionales y análisis descriptivo de su rendimiento, sin recurrir al análisis estadístico. Todo esto posibilita entender el funcionamiento del sistema en un contexto operativo real.

3.2 Población y/o muestra del estudio

La población de la investigación está conformada por los sistemas de control utilizados en el proceso de prensado y corte de queso en las unidades productivas del sector lácteo de la región Arequipa.

La muestra de la investigación está conformada por el sistema de control implementado y migrado en el proceso de prensado y corte de queso de una unidad productiva específica del sector lácteo de la región Arequipa, seleccionado mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, por ser representativo y accesible para el desarrollo de este estudio.

3.3 Materiales y/o instrumentos

3.3.1 Materiales empleados para la migración del sistema

A continuación, se pueden mencionar los materiales más importantes utilizados en el proceso de la actualización del sistema.

a. Componentes principales para la migración del sistema de control

- Controlador lógico programable (PLC)

Como se había discernido anteriormente el PLC tiene como objetivo principal la implementación de operaciones lógicas y de conmutación (Bolton, 2006). Para ejecutar el trabajo de investigación la gama con la se va a trabajar es la S7-1200 de Siemens. Para una referencia se tiene la Figura 8 el cual muestra la gama y el modelo de PLC.

Figura 8

PLC de la gama S7-1200



Nota. Obtenido de (Siemens, 2020)

- Módulos de expansión de entradas y salidas digitales para PLC

Los módulos de expansión son esenciales y añaden funcionalidades al PLC en general. Estos módulos pueden tener diversos usos, como incrementar el número de entradas y salidas digitales y analógicas, cada uno con sus propias propiedades y características específicas, como el tipo de alimentación (24Vdc o 220Vac), la configuración de las entradas (NPN o PNP), el tipo de salida (relay o transistor), etc.

Figura 9

Modulo de expansión para para la gama S7-1200



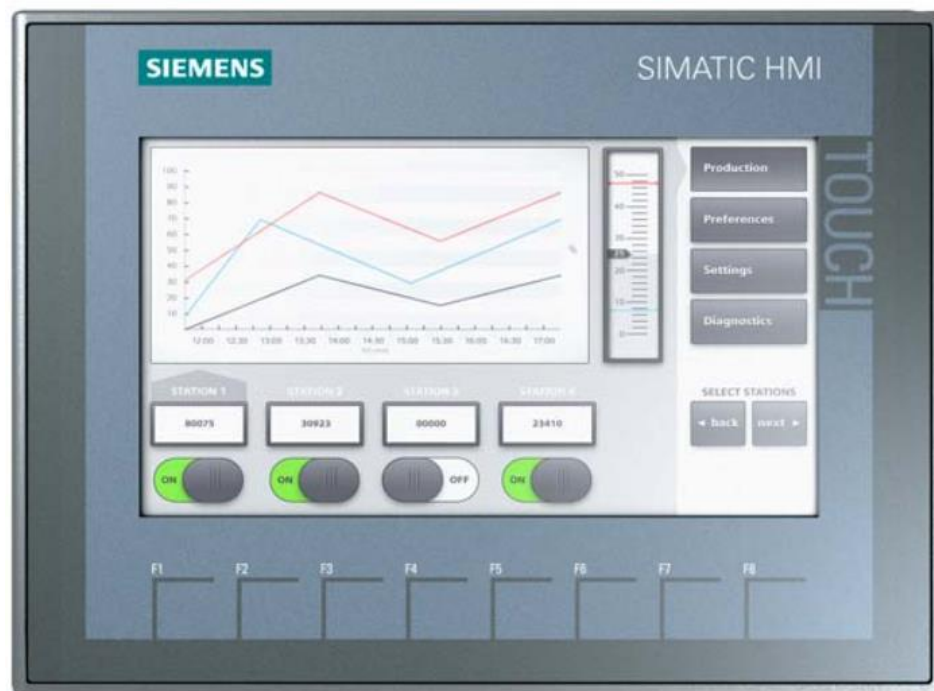
Nota. Obtenido de (Siemens, 2020)

- Interfaz Hombre-Maquina (HMI)

Se utilizó una interfaz hombre-máquina (HMI) de tipo industrial para poner en marcha el sistema de control y monitoreo del proceso. Este dispositivo posibilita que el operador interactúe con el sistema automatizado, al poder observar y manejar variables en tiempo real (Siemens, 2020). La gama empleada es el KTP700 Basic, HMI con las características necesarias para el control y monitoreo de las variables.

Figura 10

Panel HMI de la serie KTP700 Basic



Nota. Obtenido de (Siemens, 2020)

- Módulo de comunicaciones ETHERNET

El módulo de comunicaciones Ethernet es el canal que conecta el PLC, la HMI y los otros aparatos del sistema. Su función primordial es posibilitar la transmisión de datos fiable y estable a través de protocolos estandarizados en la industria (Rockwell automation, 2022). Se utilizó un módulo de expansión Ethernet TCP/IP de 5 puertos que tiene una velocidad de transmisión de 10/100 Mbps, una conexión RJ45 blindada y está cubierto con ABS ignífugo. Este módulo funciona a 24 Vdc y es compatible con Profinet y Modbus TCP, lo que asegura una comunicación robusta e interoperable (Siemens, 2020).

Figura 11

Modulo Switch de 5 puertos no administrable



Nota. Obtenido de (Siemens, 2020)

- Relé encapsulado de 14 pines y su base

Se emplearon relés electromecánicos encapsulados de 14 pines con bases modulares (Schneider Electric, 2021). para aislar y conmutar señales en el sistema de control. Estos elementos funcionan como interfaces de seguridad entre las cargas de potencia y el PLC, previniendo que ocurran daños por transitorios eléctricos o sobre corriente.

El relé tiene una bobina de 24 VDC, contactos DPDT de 10 A / 250 VAC y está recubierto con policarbonato transparente auto extingible. Una base tipo plug-in, que tiene terminales atornillables, posibilita un mantenimiento veloz y seguro (Schneider Electric, 2021).

Figura 12

Relé de potencia con su respectiva base



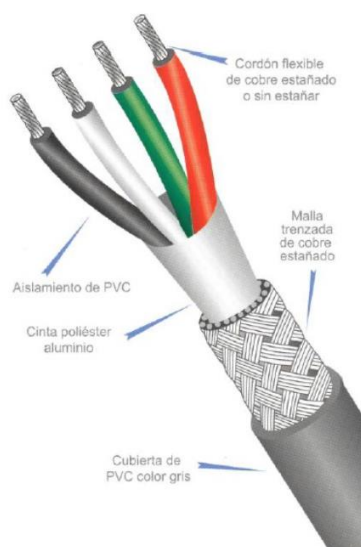
Nota. Obtenido de (Schneider Electric, 2021)

- Dispositivos de maniobras de control

Los aparatos de maniobra son componentes indispensables para la supervisión del sistema y el funcionamiento manual. Permiten al operador controlar los estados de parada, marcha o emergencia del proceso, así como supervisar las condiciones de funcionamiento (Schneider Electric, 2021).

- Cable de instrumentación de 2, 3 y 4 hilos 20AWG

Se usaron cables de instrumentación para transmitir señales de comunicación y control, garantizando que las interferencias electromagnéticas no afecten la integridad de dichas señales (Bolton, 2006). Estos cables tienen un calibre de 20 AWG, son trenzados y apantallados (STP), y están compuestos por dos, tres o cuatro hilos con conductores de cobre estañado. Tienen recubrimiento exterior de PVC industrial, que es resistente a aceites y humedad, y aislamiento de PVC o XLPE. Cumpliendo con los estándares de instrumentación industrial (Southwire Company, 2020). Este tipo de cables trabajan entre -20 °C y 80 °C los cuales los hacen perfectos ya que se instalarán en lugares donde la presencia de humedad es alta.

Figura 13*Cable apantallado para uso en instrumentación*

Nota. Obtenido de (<https://www.pcdeacitec.com>)

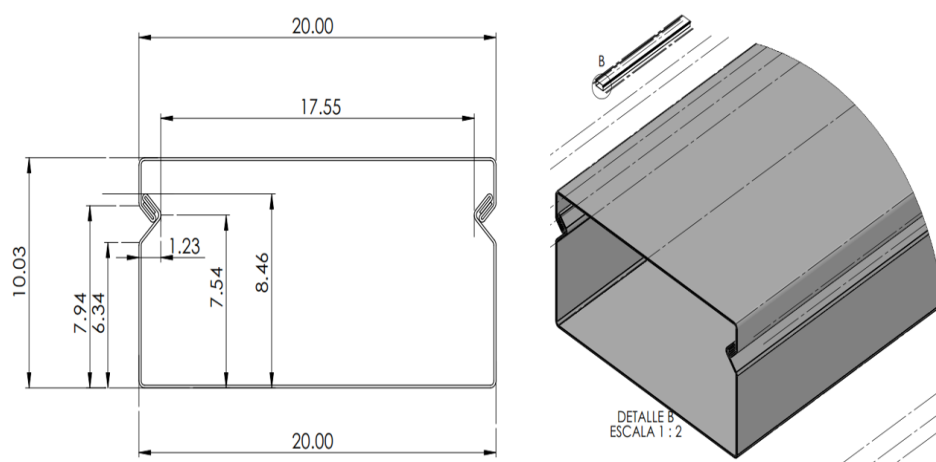
- b. Bandejas de canalizado en acero inoxidable para la Drenoprensa
- Bandeja principal de acero inoxidable

En el sector industrial, se emplean las bandejas metálicas para guiar y sostener cables eléctricos, tanto de control como de potencia. El tipo de industria y las circunstancias del entorno laboral determinan el material utilizado para la fabricación. Para el sector alimentario en particular, la alternativa más apropiada es utilizar acero inoxidable 316, debido a su alta resistencia a la corrosión, su facilidad de limpieza y que acata las regulaciones de higiene industrial.

En ambientes en los que la resistencia a la corrosión y la limpieza son aspectos cruciales, como en el sector alimentario, se aconseja usar bandejas porta cables de acero inoxidable (Schneider Electric, 2021).

Figura 14

Medidas estructurales de la bandeja INOX a implementar



3.3.2 Instrumentos y técnicas para la recolección de los datos

- Instrumentos: Fichas técnicas, bitácoras de mantenimiento, checklist de migración, software de programación TIA Portal y WinCC Runtime, software Excel para el monitoreo manual de variables de estado de la maquina industrial, multímetro y pinzas amperimétricas FLUKE.
- Técnicas: Observación directa, revisión documental, pruebas funcionales de operatividad de todo el sistema.

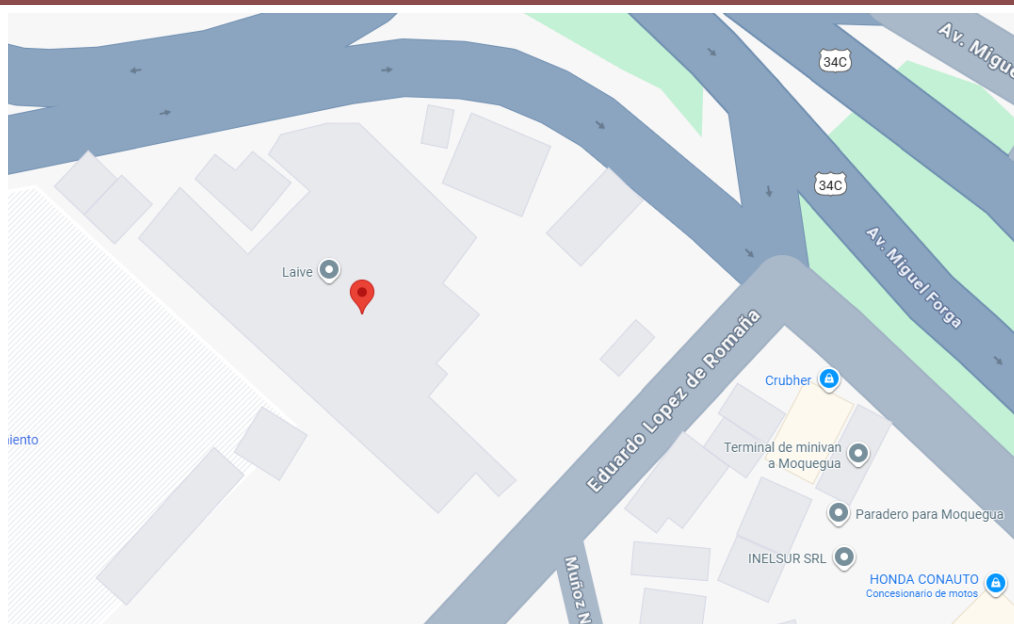
3.4 Metodología de integración

3.4.1 Ámbito del proyecto de investigación

El proyecto de investigación se realizó en la planta de productos lácteos LAIVE S.A. Situado en la provincia de Arequipa del departamento de Arequipa, con una latitud: 16°25'06" S, longitud: 71°32'45" W, referenciada en la calle Eduardo López de Romaña, tal como se puede observar en la Figura 15.

Figura 15

Ubicación geográfica donde se realiza el trabajo de investigación



Nota. Obtenido de (<https://maps.app.goo.gl/FGzfEprhbsF2fTXB8>)

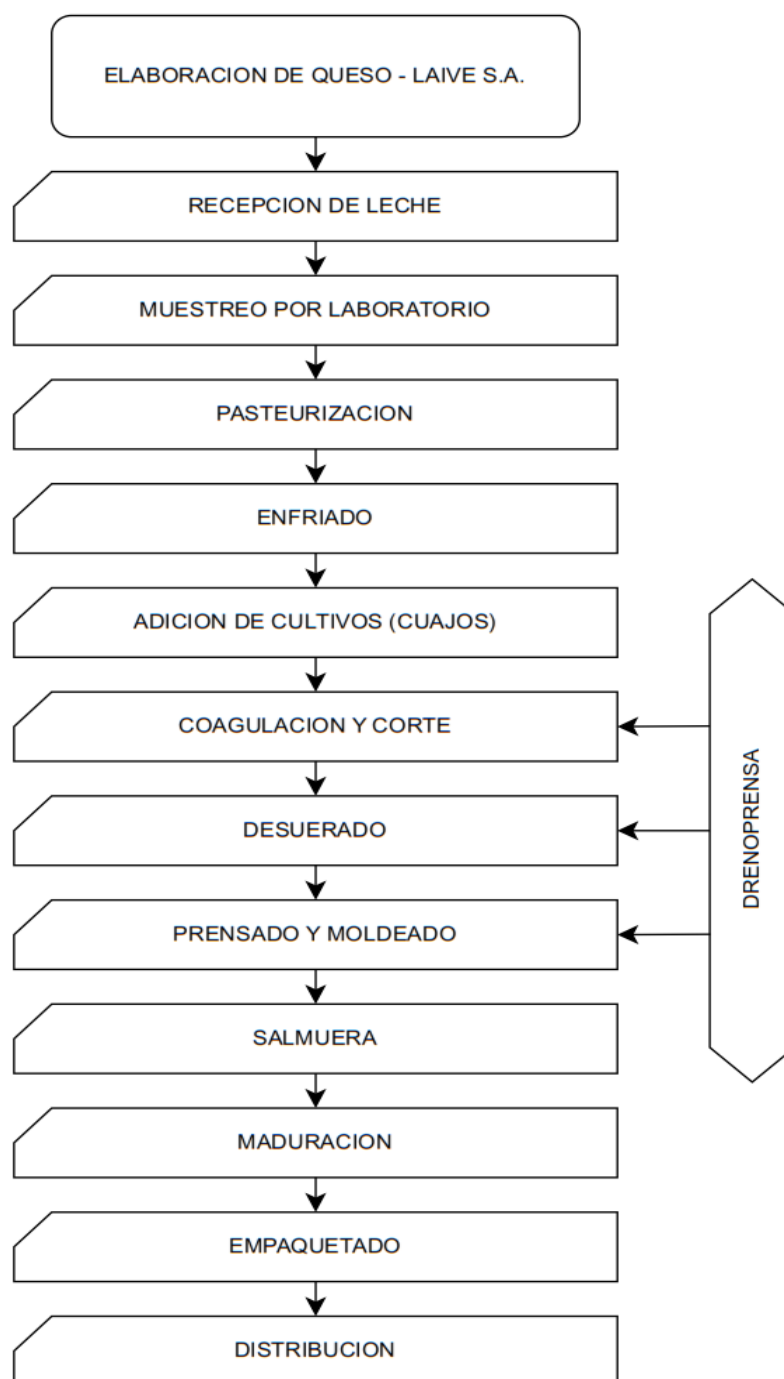
La compañía LAIVE S.A. produce los siguientes artículos en su planta de productos lácteos.

- Queso Edam
- Queso Gouda
- Queso Parmesano
- Queso fundido y mozzarella
- Mantequilla

En la Figura 16 se presenta el diagrama de proceso utilizado para fabricar quesos y el uso directo de la maquina Drenoprensa en dicho proceso.

Figura 16

Diagrama de flujo del procesamiento de queso de la empresa LAIVE S.A



Para tener una noción más clara de la maquina a la que se va a intervenir se presentar la Figura 17 en donde se puede graficar la ubicación exacta de toda la línea de producción correspondiente a la elaboración del queso.

Figura 17

Ubicación de la drenoprensa dentro de planta.



3.4.2 Estrategia metodológica para implementar la migración

El proyecto de investigación parte con la necesidad del cliente en querer realizar el cambio del sistema de control antiguo a un sistema actual y moderno, puesto que la maquina tiene trabajando desde hace muchos años y de la misma forma el sistema carecía de mejoras y dificultaba el tema de mantenimiento preventivo, a la vez presentaba desgaste en el cableado eléctrico ya que se encontraban expuestos en la máquina.

De tal manera se consta en realizar la actualización general del sistema eléctrico electrónico de la maquina Drenoprensa, dentro de ello está definido el cambio y el conexionado de todos los cables tanto de motores como de sensores, el cambio de cables y conexionado interno de tablero eléctrico de la máquina, instalación de PLC S7-1200 Y HMI KTP700 Basic ambos de la marca Siemens y la actualización del programa de las mismas.

Cabe mencionar que la disponibilidad de dicha maquina no fue constante, estas fechas fueron definidas por parte de producción,

puesto que se tenía que habilitar la maquina una vez concluido el tiempo definido para el trabajo en la semana.

Para el cableado de los motores y sensores fue necesario definir un nuevo canalizado, de tal forma que el cableado anterior quede como respaldo en el proceso de cambio y conexionado de los cables, para después ser retirados una vez terminado el proceso. El canalizado fue observado, definido y coordinado con el ingeniero a cargo del proyecto para realizar el servicio de fabricación y montaje de bandejas.

En cuanto al tablero interno de la maquina se tenía como objetivo realizar el seguimiento del circuito de fuerza y de control para la construcción del plano eléctrico, como también el recableado del circuito de mando y control, y a la instalación física del nuevo PLC Y HMI con la idea de que realizar un cambio instantáneo entre ambos sistemas. De la misma forma uno de los trabajos principales fue la actualización del programa tanto en el PLC como en el HMI.

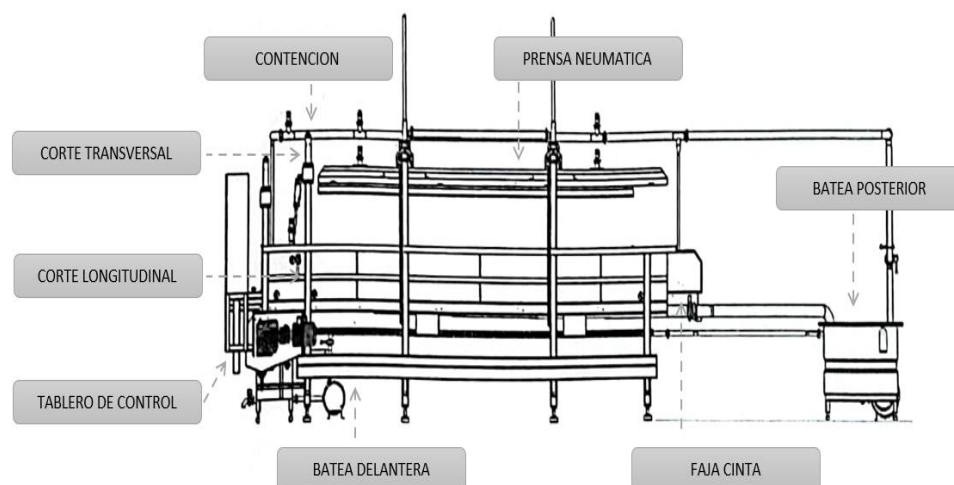
3.5 Ingeniería de detalle del proyecto

3.5.1 Diagnóstico del estado operativo de la Drenoprensa

La drenoprensa es una máquina que cuenta con diferentes sensores, actuadores neumáticos y motorreductores, los cuales hacen posible que cumpla con sus funciones específicas, en la Figura 18 se muestra todos los subsistemas importantes con las que cuenta dicha máquina.

Figura 18

Ubicación de la activación de los diferentes subprocesos dentro de la drenoprensa



Nota. Obtenido y modificado del manual de la máquina drenoprensa

Como validación del estado de la máquina, primeramente, se realizó la verificación de funcionamiento y con ayuda del manual se verificó los siguientes puntos:

- Identificación de las partes principales de la drenoprensa.
- Verificación, identificación y ubicación de sensores.
- Verificación, identificación y ubicación de motores.
- Verificación del cableado eléctrico de sensores y motores.
- Verificación e identificación de los componentes internos del tablero eléctrico.
- Verificación del funcionamiento forzado y automáticos del sistema.

La Figura 19 muestra el estado interno del tablero de control, en el cual la organización y la disposición del cableado son deficientes y desordenadas. Esta situación podría dar lugar a peligros eléctricos, como cortocircuitos, fallas de aislamiento o interrupciones en el funcionamiento del sistema de control, poniendo en peligro la seguridad operativa y la fiabilidad del equipo.

Figura 19

Estado inicial del tablero de control de la drenoprensa



Como se puede apreciar en la Figura 20, es el estado actual del canalizado tipo rejilla, el cual aloja el cableado de los sensores, motorreductores y tuberías neumáticas del todo el sistema. A causa del tiempo de funcionamiento, la cobertura de los conductos muestra grietas y deterioro en la superficie, lo cual puede generar problemas eléctricos y neumáticos a corto y medio plazo. Se pretende que el cableado y las líneas neumáticas se mantengan en mejores condiciones mediante la instalación de nuevas bandejas portacables, lo cual asegura una mayor seguridad y confiabilidad operativa.

Figura 20

a) estado inicial de la bandeja principal, b) salida de tuberías neumáticas y cables de instrumentación, c) estado inicial de bandejas secundarias y d) ubicación de sensores de campo



a)



b)



c)



d)

3.5.2 Levantamiento y clasificación de sensores

La etapa de identificar y clasificar los sensores es esencial en el diagnóstico técnico porque posibilita el reconocimiento de los dispositivos que tienen la responsabilidad de detectar variables físicas y del proceso. Este procedimiento ayuda a comprender el sistema actual y sirve como fundamento para diseñar el nuevo sistema de control automatizado.

En este período, se llevó a cabo una minuciosa revisión del tablero de control, el cableado y las áreas de censado de la máquina para determinar los sensores instalados, sus lugares de instalación, principios operativos y roles dentro del procedimiento de prensado y corte del queso. Los sensores hallados fueron categorizados en función de su señal, principio de detección y función operativa como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Lista de sensores en la maquina drenoprensa

CODIGO	DESCRIPCION	TIPO	MARCA DE PRODUCTO	CODIGO DE PRODUCTO
206	Cuchilla longitudinal arriba	Sensor inductivo	Omron	E2F-X10F1
114	Tijera en sector - CT - Lateral derecho	Sensor inductivo	Omron	E2F-X10F1
112	Tijera en sector - CL - Lateral derecho	Sensor inductivo	Omron	E2F-X10F1
111	Sensor tijera atrás	Sensor inductivo	Omron	E2F-X10F1
200	Contención trasera - Habilita prensado	Sensor inductivo	Omron	E2F-X10F1
113	Tijera en sector - CL - Lateral izquierdo	Sensor inductivo	Omron	E2F-X10F1
115	Tijera en sector - CT - Lateral izquierdo	Sensor inductivo	Omron	E2F-X10F1
201	Sensor contador disco avance	Sensor inductivo	Omron	E2A-M12KS04-MA-B1
110	Sensor de seguridad acrílico - CT	Sensor inductivo	Omron	E2A-M12KS04-MA-B1
106	Cuchilla longitudinal posición arriba	Sensor magnético	SMC	D-G5BAL
107	Cuchilla longitudinal posición abajo	Sensor magnético	SMC	D-G5BAL
108	Cuchilla transversal posición arriba	Sensor magnético	SMC	D-G5BAL
109	Cuchilla transversal posición abajo	Sensor magnético	SMC	D-G5BAL
202	Contención delantera posición arriba	Sensor magnético	SMC	D-G5BAL
203	Contención delantera posición abajo	Sensor magnético	SMC	D-G5BAL
100	Prensa posición arriba	Sensor magnético	SMC	D-G5BAL
102	Prensa posición medio	Sensor magnético	SMC	D-G5BAL
101	Prensa posición abajo	Sensor magnético	SMC	D-G5BAL
105	Sensor control nivel Max. batea trasera	Sensor de nivel	Hendres Hauser	FTL20-062D
104	Sensor control nivel Min. Batea trasera	Sensor de nivel	Hendres Hauser	FTL20-062D

3.5.3 Levantamiento y clasificación de actuadores

De igual forma es crucial el diagnóstico, recolección y categorización de los actuadores. Este proceso posibilita determinar los aparatos responsables de ejecutar las instrucciones del controlador, convirtiendo señales electrónicas o eléctricas en acciones físicas que afectan directamente a los mecanismos de drenaje, prensado y corte del equipo. A lo largo del levantamiento, se llevó a cabo una revisión física y funcional de cada uno de los actuadores que estaban en la máquina. Se comprobaron su tipo, su principio de funcionamiento, su localización, la tensión de trabajo y cómo se relacionan con el controlador lógico programable (PLC). Así, se logró una categorización estructurada que posibilita entender la arquitectura del sistema en el presente y planear su modernización. En la Tabla 5 se detallan dichos componentes.

Tabla 5

Lista de actuadores de la drenoprensa

CODIGO	DESCRIPCION	MARCA DE PRODUCTO	CODIGO DE PRODUCTO
K1M	Marcha motor avance de cinta	Schneider Electric	LC1-D09BD
K2M	Contramarcha motor avance de cinta	Schneider Electric	LC1-D09BD
K3M	Marcha recolección de cinta	Schneider Electric	LC1-D09BD
K4M	Marcha bomba batea trasera	Schneider Electric	LC1-D25BD
K5M	Marcha bomba batea delantera	Schneider Electric	LC1-D09BD
K30M	Freno motor avance cinta	Omron	G2R-2S-DC24
K31M	Freno motor recolección cinta	Omron	G2R-2S-DC24
K32M	Drenaje pulmón	Omron	G2R-2S-DC24

3.5.4 Caracterización del sistema de control y comunicación

Para entender la estructura funcional y operativa de la maquina es esencial caracterizar el sistema de control y comunicación. Este estudio posibilita el reconocimiento de la arquitectura de automatización ya existente, los aparatos implicados y cómo las señales se transmiten y procesan en el sistema.

La finalidad básica de esta caracterización es examinar las condiciones reales del sistema vigente, analizando la compatibilidad entre los dispositivos de campo, el controlador lógico programable (PLC), el módulo de comunicación y la interfaz hombre-máquina (HMI). Con base en estos datos, es posible establecer una táctica de modernización o migración tecnológica que busque optimizar la eficiencia, la confiabilidad y la trazabilidad de las operaciones de drenado, prensado y corte.

La actualización del PLC y HMI también fueron definidas, contando con la información de entradas y salidas del sistema se procedió a definir:

- Cantidad y modelo de PLC Y HMI.
- Cantidad y modelo de módulos de expansión necesarios.
- Así también los equipos necesarios de comunicación y alimentación.

En la siguiente Tabla 6 se hace una comparativa de los dispositivos que componen, tanto, el antiguo sistema como el nuevo sistema.

Tabla 6

Cuadro comparativo de la arquitectura del antiguo y nuevo sistema

EQUIPO		CÓDIGO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
GUO	SIST	6ES7-214-2AD23-	PLC S7-200XP, consta de 14
		0XV0	entradas digitales y 10 salidas a

transistor

NUEVO SISTEMA

SIMATIC EM 221	6ES7-221-1BH22- 0XA0	Slot 1, módulo de expansión de 16 entradas digitales
SIMATIC EM 221	6ES7-221-1BF00- 0XB0	Slot 2, módulo de expansión de 8 entradas digitales
SIMATIC EM 222	6ES7-222-1BF22- 0XA0	Slot 3, módulo de expansión de 8 salidas a transistor
SIMATIC EM 222	6ES7-222-1BF22- 0XA0	Slot 4, módulo de expansión de 8 salidas a transistor
PANEL TP700 Confort	6AV2 124- 0GC01-0AX0	Pantalla HMI de 7 in (Profibus)
CPU 1214C DC/DC/RLY	6ES7214-1HG40- 0XB0	PLC S71200, consta de 14 entradas digitales y 10 salidas a rly
SIMATIC SM 1223 DC/RLY	6ES7 223-1PL32- 0XB0	Módulo de expansión de 16 entradas digitales y 16 salidas a rly
SIMATIC SM 1221 DC	6ES7 221-1BF32- 0XB0	Módulo de expansión de 8 entradas digitales
SCALANCE XB005 ETHERNET SWITCH	6GK5005-0BA00- 1AB2	Modulo Switch de 5 puertos Ethernet
PANEL KTP 700 BASIC	6AV2 123-2GB03- 0AX0	Pantalla HMI de 7in (Profinet)

3.6 Desarrollo del entorno de migración

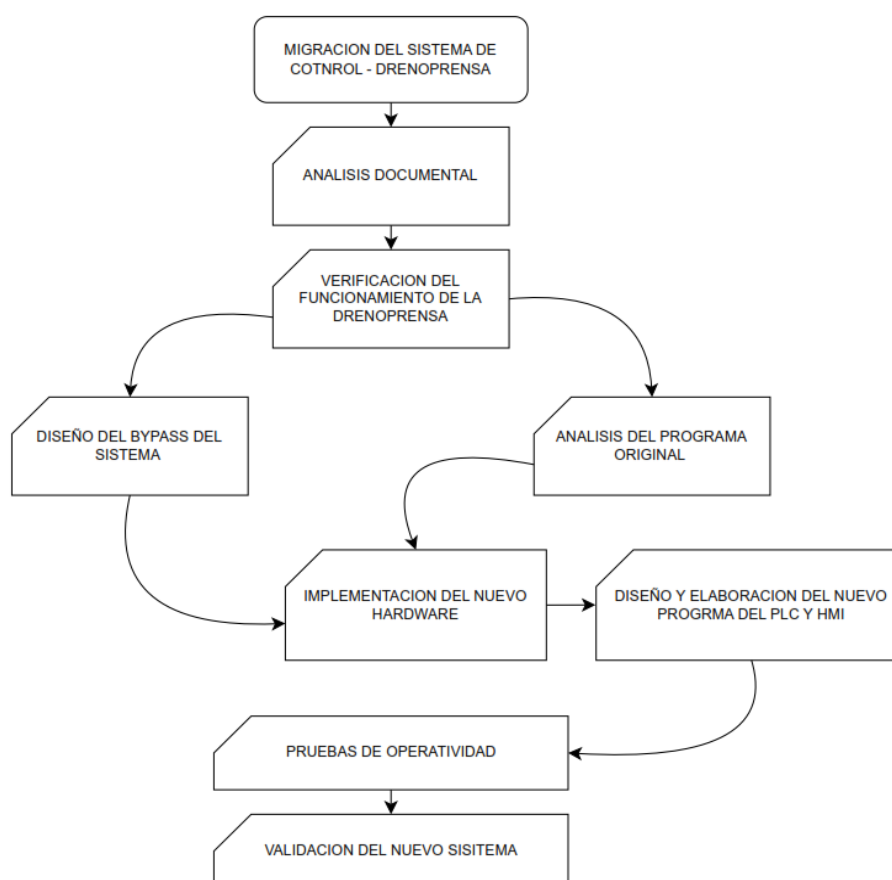
En el siguiente apartado se abordará el proceso por el cual se llevó la migración del sistema de control.

3.6.1 Esquema general para la migración del sistema de control

El proceso de migración del sistema de control establecido en la máquina de prensado y corte de queso (drenoprensa) se muestra a continuación mediante el diagrama de flujo en la Figura 21. Este esquema permite observar secuencialmente las fases que se llevaron a cabo, desde el diagnóstico inicial hasta la implementación del nuevo sistema automatizado.

Figura 21

Esquema del procedimiento de la migración para el nuevo sistema



3.6.2 Revisión y análisis de planos eléctricos del sistema

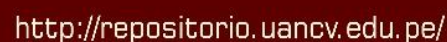
La revisión y análisis de los planos eléctricos del sistema de control, facilita la comprensión de la estructura actual del sistema, el reconocimiento de los elementos eléctricos que ya existen y el establecimiento de cambios requeridos para integrarlo con el nuevo hardware y software de control.

Según Bolton (2021), la documentación eléctrica es el fundamento técnico de cualquier sistema automatizado, ya que brinda la información necesaria para diagnosticar, mantener y reconfigurar dicho sistema. En esta línea, el análisis minucioso de los planos asegura una migración exacta y confiable, previniendo fallos de conexión o incompatibilidades entre dispositivos.

En la primera etapa, se tuvieron que levantar planos eléctricos actualizados del tablero de control de la drenoprensa, puesto que no se contaba con dicha información, muestra de ello se puede observar en la Figura 22, entre ellos los diagramas unifilares y las representaciones gráficas de mando y fuerza. Una vez culminado dicho levantamiento se examinaron estos documentos con el propósito de corroborar si había correspondencia entre la estructura teórica y la instalación física existente.

Figura 22

Plano eléctrico levantado del sistema de control PLC





3.6.3 Diseño del modo Bypass entre sistemas de control

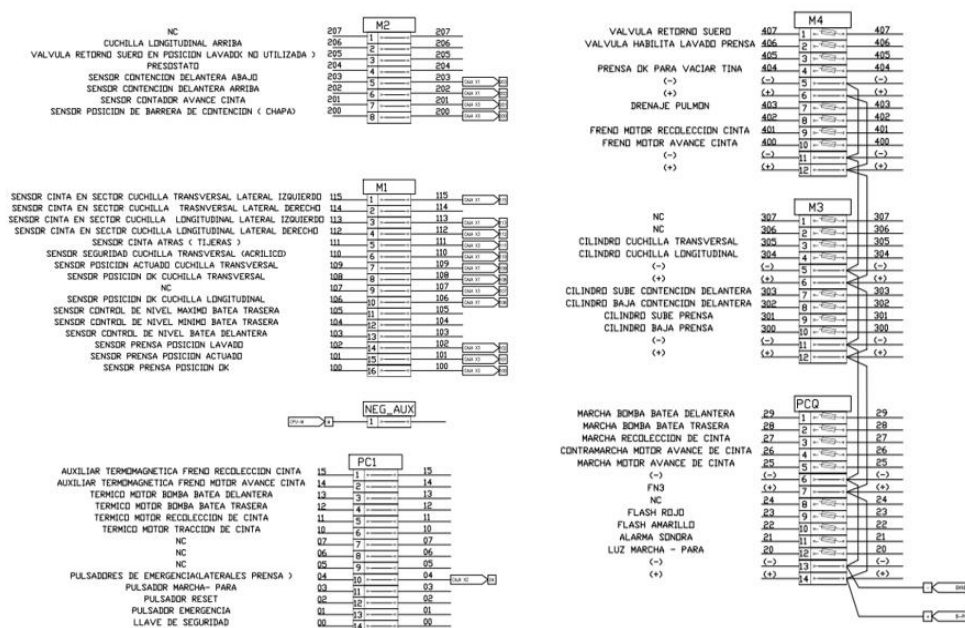
El diseño del modo bypass fue desarrollado con el objetivo de contar con un sistema de respaldo operativo en caso de que el nuevo sistema de control presente algún inconveniente como una parada de planta inesperada. Para lograrlo, se activó el sistema anterior y se configuró con sus funciones fundamentales, de modo que la drenoprensa pudiera seguir funcionando en términos básicos y garantizar que el proceso productivo continúe en operación.

Para lograr el objetivo, se emplearon relés encapsulados de potencia de 14 pines. Se eligieron estos relés debido a que cada dispositivo contiene cuatro grupos de contactos distintos: normalmente abierto (NO), común (COM) y normalmente cerrado (NC). Esto se hizo porque se necesitaba más contactos disponibles. Esta propiedad posibilitó que se estableciera una lógica de conmutación más adaptable y acorde tanto con el sistema de control ya existente como con el nuevo sistema sugerido.

En esta situación, los contactos normalmente abiertos se asignaron únicamente al sistema de control nuevo, garantizando de este modo el funcionamiento adecuado del proceso una vez que se haya migrado, los contactos normalmente cerrados, se utilizaron para preservar la conexión con el sistema de control previo, lo cual posibilitó una transición segura y previno interrupciones en el funcionamiento durante los períodos de prueba y puesta en marcha. Esta doble asignación asegura que ambos sistemas coexistan durante un tiempo y permite que el nuevo diseño se valide sin poner en riesgo la continuidad de las operaciones. La Figura 23, ilustra de forma precisa cómo se distribuyen las señales de entrada y salida que constituyen el sistema total. Todas estas señales son organizadas y dirigidas mediante borneras de control, lo cual facilita una mejor disposición del cableado, un mantenimiento más sencillo y futuras expansiones del sistema.

Figura 23

Distribución de las borneras de control



3.6.4 Análisis de la filosofía de control de la drenoprensa

En esta sección se examina de manera exhaustiva cada uno de los subprocesos que integran la operación de la drenoprensa, explicando su funcionalidad, el orden en que se ejecutan y los métodos operacionales dispuestos en el programa de control. Este estudio hace posible entender cómo funciona el sistema y cómo interactúa con los diferentes dispositivos de campo.

a. Corte transversal

El corte trasversal es el encargado de cortar el producto a la longitud programada en el panel HMI, continuando con el ciclo hasta que termine el final del proceso, esta puede ser accionado de manera forzado y/o automática (en este modo puede ser accionado por producción o lavado)

b. Corte longitudinal

El corte longitudinal es el encargado de hacer cortes longitudinales al producto, puede ser accionado de manera forzada y/o

automática (en este modo solo puede ser accionado en producción, una vez accionado se queda en su posición hasta que termine el final del proceso)

c. Contención delantera

La contención delantera es el encargado de contener el producto para luego ser prensado, este puede ser accionado de manera forzada (en este modo se puede forzar a su posición arriba y su posición debajo de forma independiente en el panel HMI y/o automática (en este modo solo puede ser accionado en lavado)

d. Prensa

El prensado es el encargado de prensar el producto este tiene tres posiciones, posición arriba, posición abajo (cuando está prensando el producto) y posición medio (esta posición es utilizado para el lavado de la maquina), este puede ser accionado de manera forzada (en este modo solo se puede forzar a su posición arriba y posición abajo, a su vez son accionado de forma independiente en el panel HMI) y/o automática (en este modo se puede accionar en inicio prensado y lavado)

e. Bomba delantera y trasera

La bomba delantera es el encargado de vaciar la batea delantera cuando esté lleno, la bomba trasera es el encargado de impulsar una solución (agua y soda cáustica) para el lavado de la máquina, a su vez en producción son los encargados de recuperar el suero resultante del prensado, pueden ser accionados de manera forzada (en este modo puede ser accionado en la ventana producción, lavado y forzado 2, en todo ellos la bomba trasera se enclava, y la bomba delantera solo se enclava en producción y lavado, en forzado se tiene que mantener presionado el botón en el panel HMI para ser accionado) y/o automática (se accionan en lavado)

f. Avance y retroceso de cinta

Este subproceso es el encargado de hacer avanzar la cinta el cual empuja el producto (queso prensado) a una longitud programada en el panel HMI para que pueda ser cortado y colocarlo en los respectivos moldes por los operarios, una vez terminado el final del proceso regresa a su posición inicial (de manera forzada), esta puede ser accionado de manera forzado (en este modo la cinta avanza o retrocede en función del cuanto tiempo se tenga presionado el botón correspondiente a dicha acción) y/o automático (en este modo solo se acciona del avance de cinta)

3.6.5 Evaluación del programa original del sistema de control

Como se ha mencionado anteriormente el sistema de control original estaba gestionado por un PLC S7-200 y un HMI KT700 Comfort, cabe mencionar que el protocolo de comunicación empleado fue el de Modbus RTU, utilizando la capa física RS485. Evidentemente esto conlleva a que la transmisión de información sea más lenta en comparación con el protocolo Modbus TCP/IP utilizando la capa física Ethernet, en la Figura 24 se muestra la conexión antigua de comunicación.

Figura 24

Comunicación Modbus RTU del antiguo sistema

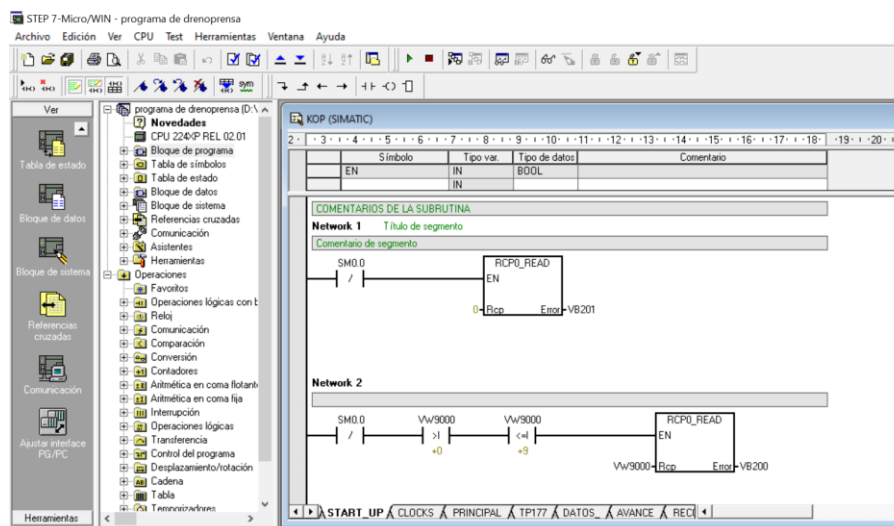


La lógica con la que operaba el proceso de la máquina drenoprensa antes de la migración se entendió gracias a la evaluación del programa original del sistema de control. Para detectar las deficiencias de documentación, los errores de diseño y las limitaciones funcionales que obstaculizaban su actualización tecnológica y mantenimiento.

El entorno STEP 7 MicroWin fue utilizado para programar el sistema original, que está hecho en un PLC Siemens S7-200. La estructura de programación está basada en el lenguaje Ladder tipo KOP, en la Figura 25 se puede visualizar el entorno de programación de utilizado.

Figura 25

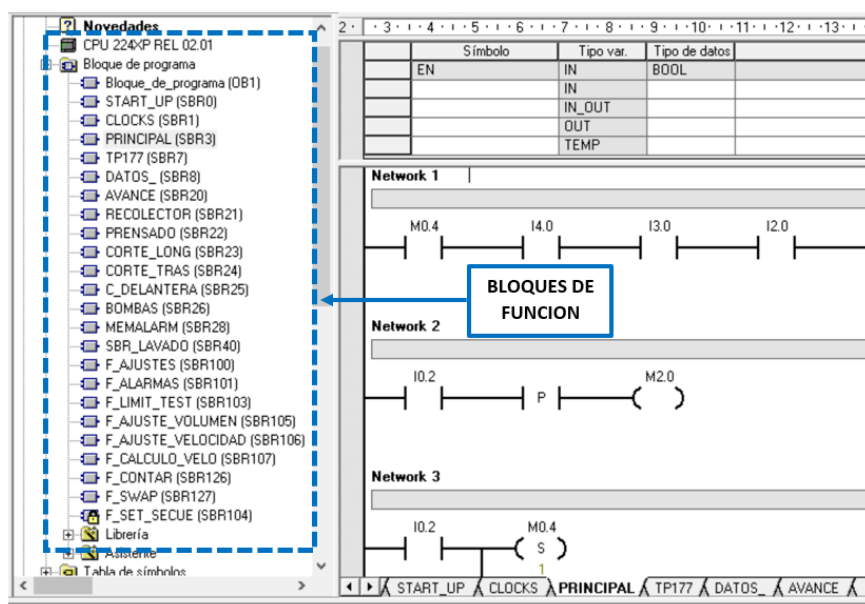
Entorno de programación en MicroWin



En la Figura 26 se muestran los diferentes bloques de funciones (FC) son los encargados de controlar de manera secuencial las diferentes etapas de operación como la de prensado, drenaje, contención, bombeo de suero y corte de queso.

Figura 26

Bloques de función declaradas en MicroWin

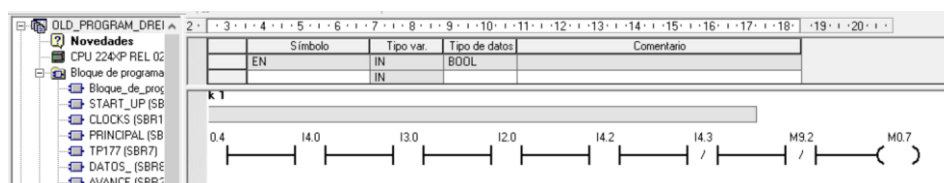


Como parte del análisis del código original se describen las siguientes lógicas de control más importantes y resaltantes dentro del código original.

En la Figura 27, se observa la lógica de control para la activación secuencial del proceso del funcionamiento de la drenoprensa, en el cual las condiciones esenciales son: contenedor posterior debe de estar en la posición habilitado, al igual que la contención delantera tiene que estar en la posición abajo, la prensa por otro lado tiene que estar en su posición arriba y las cuchillas de los cortes longitudinales y transversales.

Figura 27

Condiciones iniciales para iniciar con el programa

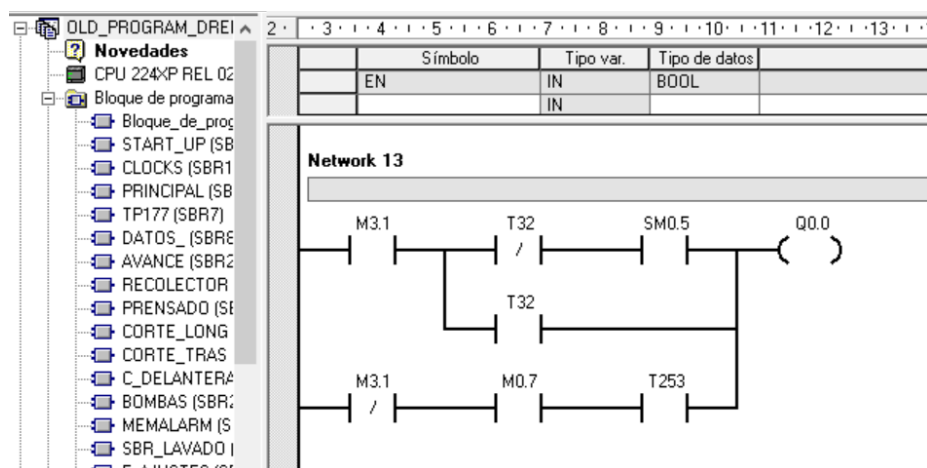


Sin embargo, es fundamental verificar el funcionamiento del sistema en diversas circunstancias, garantizando que los componentes de seguridad como sensores funcionen adecuadamente. Así, se evita que se activen mecanismos innecesarios que podrían poner en riesgo la

integridad del equipo o la continuidad de los procesos productivos. En la Figura 28, se visualiza la lógica para activar una señal visual y auditiva que indica que la maquina está totalmente en condiciones de uso.

Figura 28

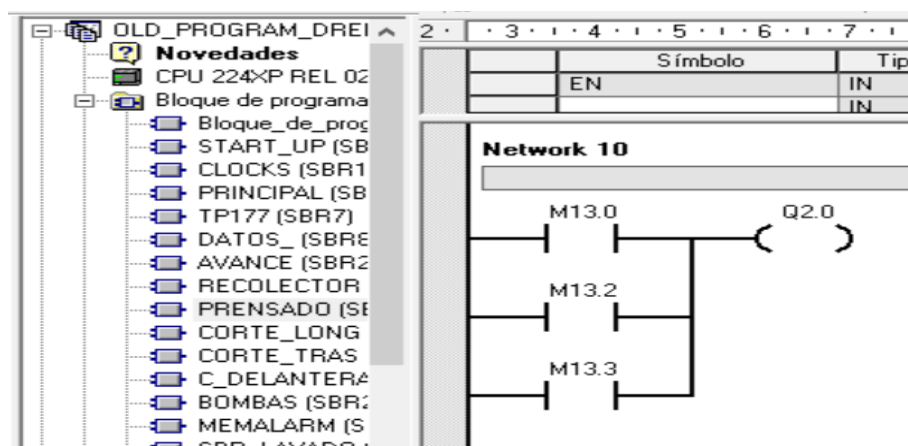
Lógica para la activación del sistema operativo



Entre los accionamientos importantes esta la del prensado, cuya función es primordial para prensar el producto proveniente del cuajado, el cual se convertirá en los diferentes tipos de queso. Para su accionamiento existen varias formas uno que es el modo forzado y modo automático, en el cual se ejemplifica en la Figura 29.

Figura 29

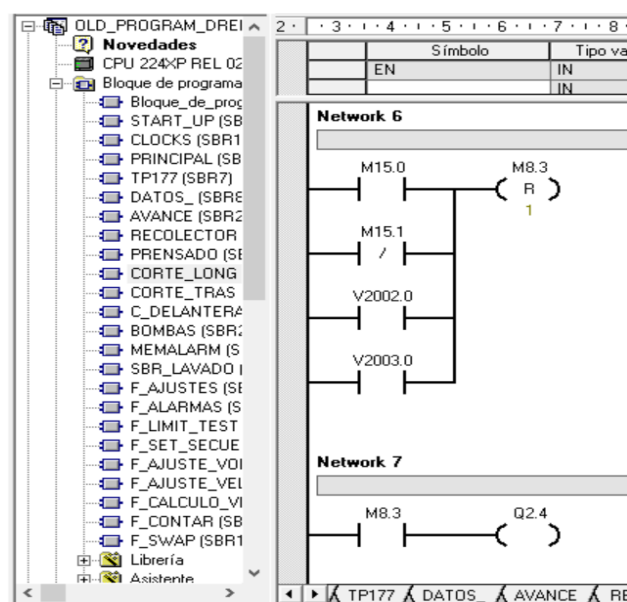
Lógica de activación del subproceso de prensado



El corte longitudinal, de igual forma cuenta con sus diferentes tipos de accionamiento, pero incluyendo sensores de seguridad (de posición) y envió de alarmas hacia el HMI, para el historial de eventos que sucedieron en el transcurso del día, de la misma forma se puede visualizar lo mencionado en la Figura 30.

Figura 30

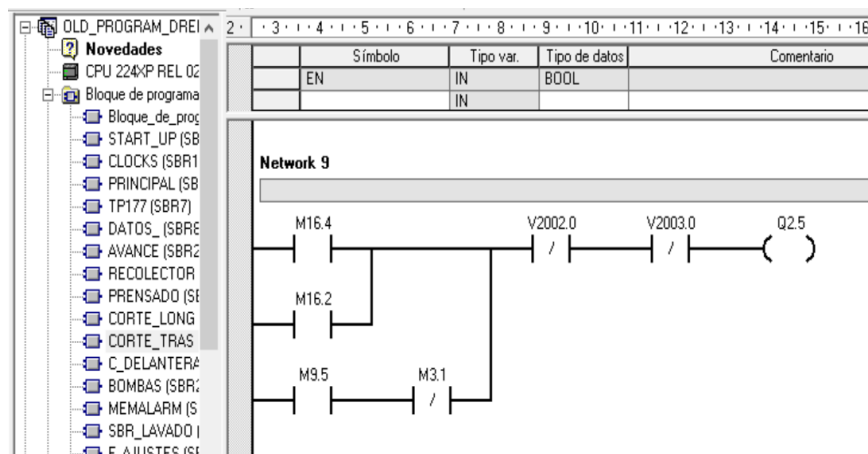
Lógica de activación para el corte longitudinal



De la misma forma el corte transversal tiene casi las mismas particularidades que el corte longitudinal, a excepción de su accionamiento, ya que este está relacionado con la longitud de corte programada en el panel HMI por el operador. La Figura 31 ilustra la lógica de control para este subproceso.

Figura 31

Lógica de accionamiento para el corte transversal

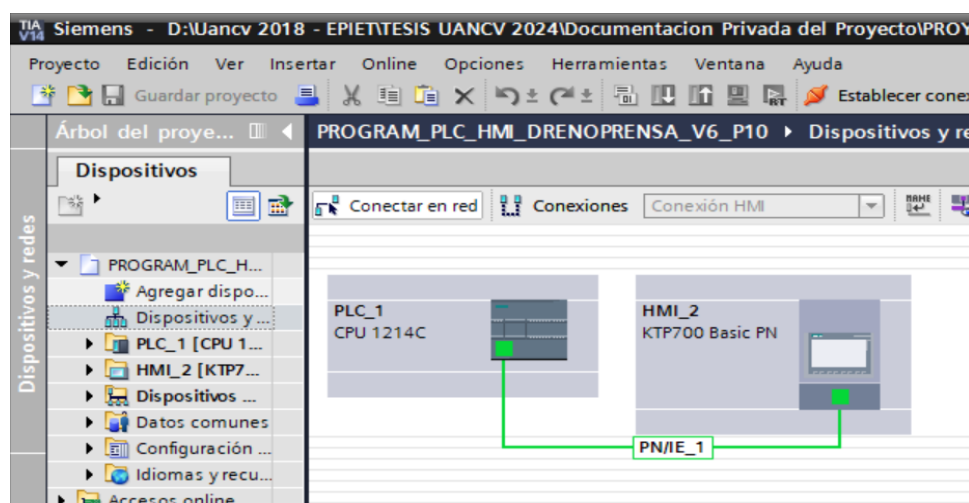


3.6.6 Comunicación por protocolo Modbus TCP/IP

Para la comunicación entre equipos se realiza por medio del protocolo de comunicación Modbus TCP/IP utilizando la capa física Ethernet, puesto que los equipos actuales ya cuentan con este protocolo por sus grandes cualidades en cuanto a funcionalidad y versatilidad. Para tal fin es que se requiere de un módulo Switch el cual nos permite que el PLC como el panel HMI se puedan conectar entre sí y a su vez conectar un equipo externo para poder monitorear todo el proceso de forma fácil y rápida. En la Figura 32, se puede visualizar la configuración realizada en el entorno de programación TIA Portal.

Figura 32

Conexión entre PLC y HMI de la gama S7-1200



En la Tabla 7, se muestra las direcciones IP asignadas para una correcta comunicación entre ambos dispositivos.

Tabla 7

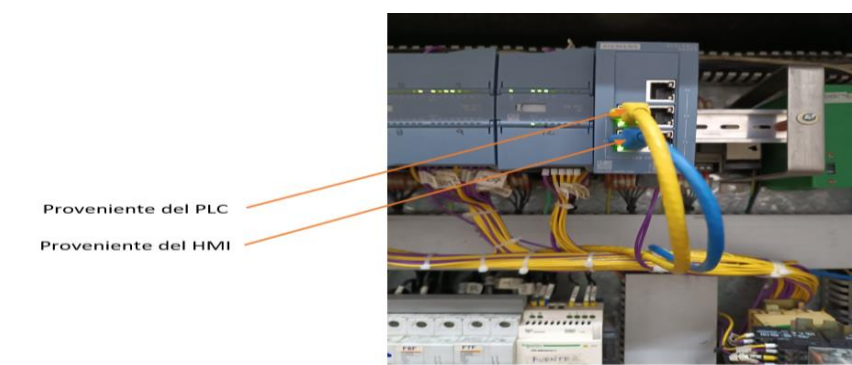
Direccionado IP de cada uno de los equipos en campo

Equipo	Dirección IP
PLC S7-1200 1214c	192.168.10.100
HMI KTP700	192.168.10.111

Y por consiguiente en la Figura 33 se muestra la instalación en físico, utilizando el switch de 5 puertos no administrable de siemens.

Figura 33

Conexión física del switch de 5 puertos del nuevo sistema

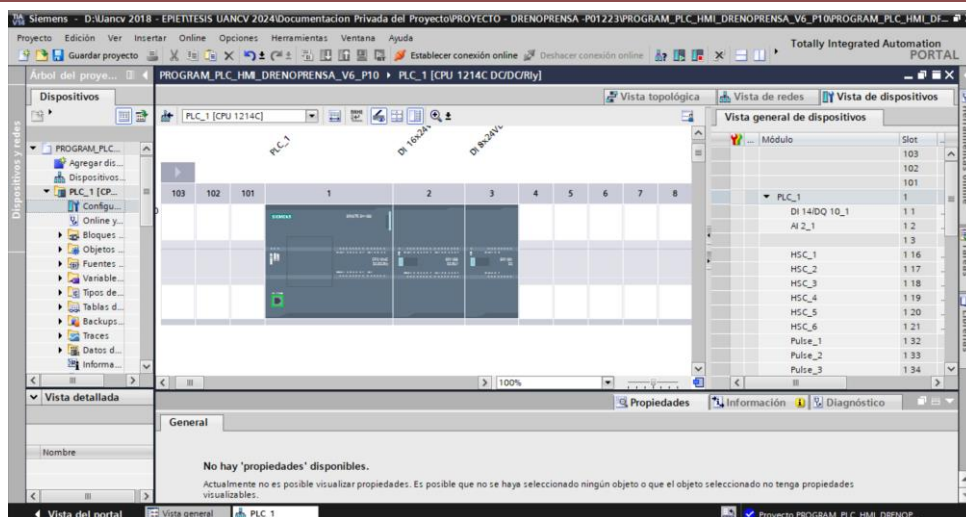


3.6.7 Diseño y proceso de migración del programa del PLC

La migración del programa del PLC constituye una de las etapas más críticas para la actualización del sistema de control de la drenoprensa. Como se detalló anteriormente el PLC que se ha utilizado es el S7-1200 CPU1214 DC/DC/RLY con módulos de expansión SM1223 DC/RLY y SM1221 DC. En la Figura 34, se visualiza la configuración del realizada en el software TIA Portal.

Figura 34

Entorno de programación en TIA Portal V14



Dado que el hardware corresponde a una plataforma de automatización completamente moderna, el software también presenta una arquitectura distinta, el cual adapta las capacidades y requerimiento del nuevo sistema de control, por ende, la redirección de entradas y salidas es de suma importancia.

a. Entradas digitales del nuevo sistema de control

El poder definir las direcciones dentro del programa es de suma importancia, ya que se cuenta con una mejor noción de las funciones que van a cumplir dentro de la lógica de control, en las Tablas 8, 9 y 10 se enlistan las direcciones del PLC antiguo como del nuevo.

Tabla 8

Dirección de las entradas en el PLC principal

ANTERIOR	ACTUAL	COD.	DESCRIPCION
I0.0	%I0.0	00	Llave de seguridad
I0.1	%I0.1	01	Pulsador de emergencia
I0.2	%I0.2	02	Pulsador RESET
I0.3	%I0.3	03	Pulsador Marcho - Paro
I0.4	%I0.4	04	Pulsadores de emergencia (laterales prensa)
I1.0	%I1.0	10	Térmico motor tracción de cinta
I1.1	%I1.1	11	Térmico motor recolección de cinta

I1.2	%I1.2	12	Térmico motor bomba batea trasera
I1.3	%I1.3	13	Térmico motor bomba batea delantera
I1.4	%I1.4	14	Auxiliar termomagnética freno motor avance cinta
I1.5	%I1.5	15	Auxiliar termomagnética freno recolección cinta

Tabla 9

Dirección de las entradas en el módulo de expansión 16Di

ANTERIOR	ACTUAL	COD.	DESCRIPCION
I2.0	%I8.0	100	Sensor prensa posición ok (arriba)
I2.1	%I8.1	101	Sensor prensa posición actuado (abajo)
I2.2	%I8.2	102	Sensor prensa posición lavado (medio)
I2.3	%I8.3	103	Sensor de nivel mínimo batea delantera
I2.4	%I8.4	104	Sensor nivel mínimo batea trasera
I2.5	%I8.5	105	Sensor nivel máximo batea trasera
I2.6	%I8.6	106	Sensor posición actuado cuchilla longitudinal (abajo)
I2.7	%I8.7	107	Sensor posición atrás lateral derecho (cinta)
I3.0	%I9.0	108	Sensor posición ok cuchilla transversal (arriba)
I3.1	%I9.1	109	Sensor posición actuado cuchilla transversal (abajo)
I3.2	%I9.2	110	Sensor seguridad cuchilla transversal (acrílico)
I3.3	%I9.3	111	Sensor posición atrás lateral izquierdo (cinta)
I3.4	%I9.4	112	Sensor posición medio lateral derecho / acciona salida de corte longitudinal en posición ok (arriba) (cinta)
I3.5	%I9.5	113	Deshabilitado
I3.6	%I9.6	114	Sensor posición frontal lateral derecho (cinta)
I3.7	%I9.7	115	Sensor posición frontal lateral izquierdo (cinta)

Tabla 10

Dirección de las entradas en el módulo de expansión 8Di

ANTERIO R	ACTUAL	COD.	DESCRIPCION
I4.0	%I12.0	200	Sensor posición de barrera de contención (chapa) / habilita el prensado
I4.1	%I12.1	201	Sensor contador avance cinta
I4.2	%I12.2	202	Sensor contención delantera arriba
I4.3	%I12.3	203	Sensor contención delantera abajo
I4.4	%I12.4	204	Deshabilitado / verificar
I4.5	%I12.5	205	Deshabilitado
I4.6	%I12.6	206	Cuchilla longitudinal arriba

b. Salidas digitales del nuevo sistema de control

Asimismo, es muy importante asignar las direcciones de las salidas digitales, pues son estas las que llevan a cabo los controles que hacen posible el funcionamiento de la máquina Drenoprensa. Las Tablas 11, 12 y 13 muestran el número total de salidas empleadas durante la migración, además de cómo se relacionan entre el sistema original y el nuevo controlador.

Tabla 11

Dirección de las salidas en el PLC principal

ANTERIOR	ACTUAL	COD.	DESCRIPCION
Q0.0	%Q0.0	20	Luz marcha - para
Q0.1	%Q0.1	21	Alarma sonora
Q0.2	%Q0.2	22	Flash amarillo
Q0.3	%Q0.3	23	Flash rojo
Q0.4	%Q0.4	24	Libre
Q0.5	%Q0.5	25	Marcha motor avance de cinta
Q0.6	%Q0.6	26	Contramarcha motor avance de cinta



Q0.7	%Q0.7	27	Marcha recolección de cinta
Q1.0	%Q1.0	28	Marcha bomba batea trasera
Q1.1	%Q1.1	29	Marcha bomba batea delantera

Tabla 12

Dirección de las salidas en el módulo de expansión 16Di

ANTERIOR	ACTUAL	COD.	DESCRIPCION
Q2.0	%Q8.0	300	Cilindro baja prensa
Q2.1	%Q8.1	301	Cilindro sube prensa
Q2.2	%Q8.2	302	Cilindro baja contención delantera
Q2.3	%Q8.3	303	Cilindro sube contención delantera
Q2.4	%Q8.4	304	Cilindro cuchilla longitudinal
Q2.5	%Q8.5	305	Cilindro cuchilla transversal

Tabla 13

Dirección de las salidas en el módulo de expansión 8Di

ANTERIOR	ACTUAL	COD.	DESCRIPCION
Q3.0	%Q9.0	400	Freno motor avance cinta
Q3.1	%Q9.1	401	Freno motor recolección cinta
Q3.2	%Q9.2	402	Libre
Q3.3	%Q9.3	403	Drenaje pulmón
Q3.4	%Q9.4	404	Prensa OK para vaciar tina
Q3.5	%Q9.5	405	Libre
Q3.6	%Q9.6	406	Válvula habilita lavado prensa
Q3.7	%Q9.7	407	Válvula retorno suero

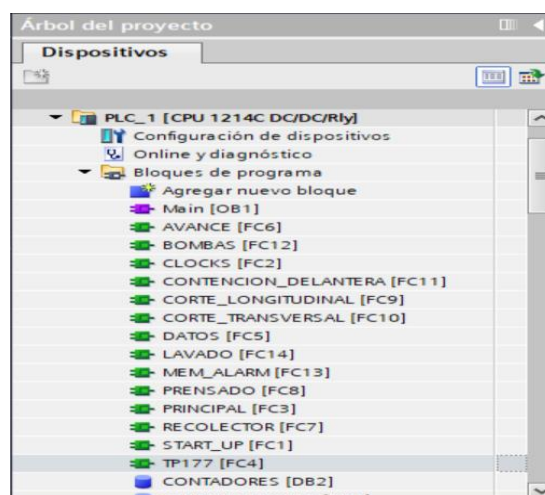
c. Árbol de proyecto en TIA Portal

Se desarrollo el árbol de proyecto del sistema de control con el fin de estructurar de una manera más sencilla y eficaz los diferentes subprocesos de la drenoprensa. Como se aprecia en la Figura 35,

la estructura se divide en un bloque organizacional, bloque de datos globales y funciones.

Figura 35

Árbol de programa del nuevo sistema de control



La mayor parte de las rutinas de control de los distintos subprocesos están establecidas en estas funciones. Con la actualización del programa se logró una disminución importante en el número de funciones, debido a que los accionamientos fueron reorganizados en módulos específicos, lo que permitió una estructura más clara y comprensible del sistema. Esta mejora facilita el diagnóstico y la implementación de mantenimientos futuros, al optimizar la trazabilidad del control y la lectura del código por parte del personal técnico.

d. Lógica de programación en el PLC

El desarrollo de la programación en TIA Portal supone un reto importante, ya que su lógica es distinta en muchos sentidos a la de MicroWin y cada entorno tiene sus propias estructuras y características de programación. Sin embargo, gracias a que el nuevo programa se fundamenta en el lenguaje ladder, fue posible llevar a cabo la migración de una forma más eficaz, manteniendo la

consistencia funcional del sistema original y favoreciendo de la adaptación al nuevo sistema de control.

Dentro del programa se definen la totalidad de variables existentes, estos van desde la entradas y salidas digitales, marcas tipo bool y datos tipo int o dint. Esto se ejemplifica en la Figura 36.

Figura 36

Variables generales dentro del programa

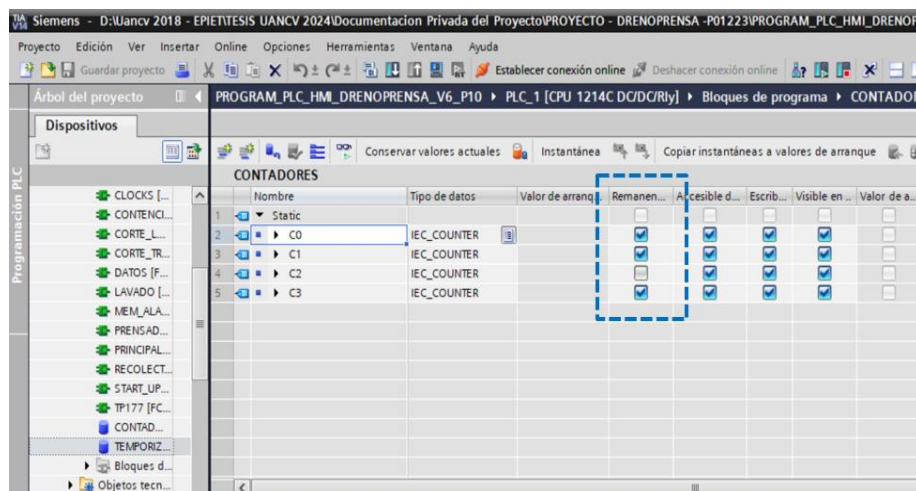
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	LLAVE DE SEGURIDAD	Bool	%I0.0	☐	☒	☒	☒
2	PULSADOR EMERGENCIA	Bool	%I0.1	☐	☒	☒	☒
3	PULSADOR RESET	Bool	%I0.2	☐	☒	☒	☒
4	PULSADOR MARCHA- PARA	Bool	%I0.3	☐	☒	☒	☒
5	PULSADORES DE EMERGENCIA...	Bool	%I0.4	☐	☒	☒	☒
6	TERMICO MOTOR TRACCION DE...	Bool	%I1.0	☐	☒	☒	☒
7	TERMICO MOTOR RECOLECCIO...	Bool	%I1.1	☐	☒	☒	☒
8	TERMICO MOTOR BOMBA BATE...	Bool	%I1.2	☐	☒	☒	☒
9	TERMICO MOTOR BOMBA BATE...	Bool	%I1.3	☐	☒	☒	☒
10	AUXILIAR TERMOMAGNETICA F...	Bool	%I1.4	☐	☒	☒	☒
11	AUXILIAR TERMOMAGNETICA F...	Bool	%I1.5	☐	☒	☒	☒
12	LUZ MARCHA - PARO	Bool	%Q0.0	☐	☒	☒	☒
13	ALARMA SONORA	Bool	%Q0.1	☐	☒	☒	☒
14	FLASH AMARILLO	Bool	%Q0.2	☐	☒	☒	☒
15	FLASH ROJO	Bool	%Q0.3	☐	☒	☒	☒
16	MARCHA MOTOR AVANCE DE C...	Bool	%Q0.5	☐	☒	☒	☒
17	CONTRAMARCHA MOTOR AVA...	Bool	%Q0.6	☐	☒	☒	☒

Una de las características importantes agregadas a este proyecto es la remanencia de datos, esta función posibilita que la información guardada en el PLC se mantenga incluso si hay una interrupción en el suministro de electricidad. Si no se contara con esta función, los valores volverían a cero al restablecerse la energía y esto sería problemático para el control del proceso de producción. Para la drenoprensa, es esencial conservar los datos remanentes para poder registrar constantemente los datos relevantes en producción, como la cantidad de cortes, la cantidad de prensados y las horas de funcionamiento de la maquina en general.

La Figura 37, muestra la configuración realizada de remanencia en el bloque de datos "CONTADORES"

Figura 37

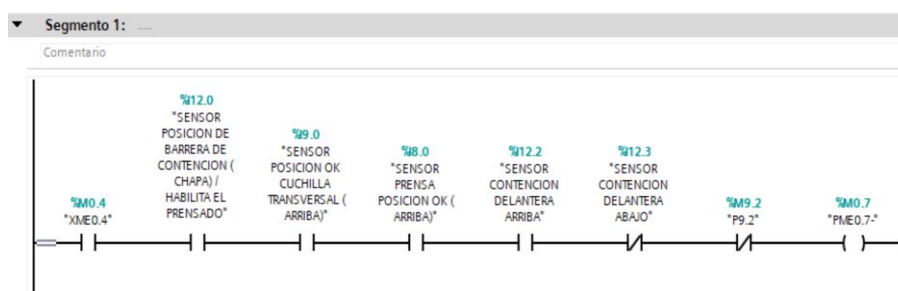
Remanencia de datos de producción



La Figura 38 se presenta como parte del desarrollo del software en TIA Portal, la programación de las condiciones iniciales que el sistema debe cumplir para que la máquina esté lista para operar. Estas condiciones aseguran que todos los elementos estén debidamente habilitados y preparados para comenzar el ciclo de operación de forma controlada y segura.

Figura 38

Lógica de accionamiento en función START

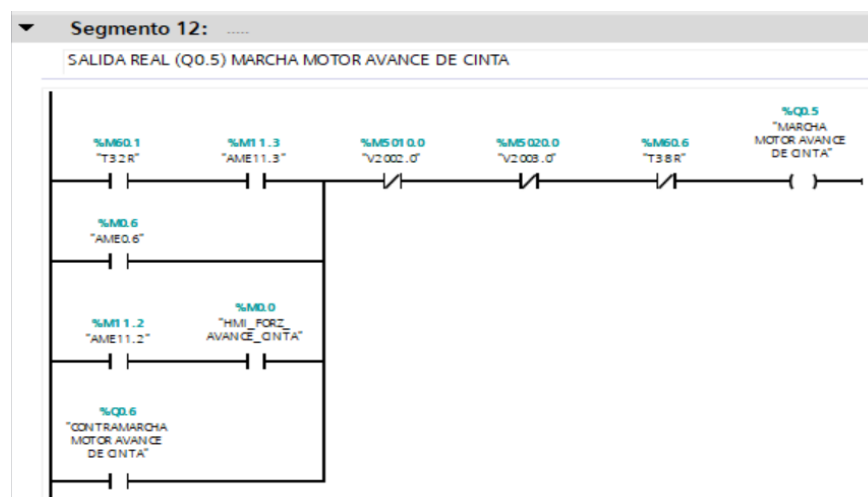


La drenoprensa como subproceso cuenta con la función de AVANCE cinta, el cual es una faja de nailon, encargado de mover toda la masa del queso, su accionamiento está estrechamente relacionado con la programación de la longitud de corte que se haya configurado en el panel HMI. En la Figura 39 se visualiza el modo de enclavamiento forzado y automático, a su vez, cuenta con

la desactivación de la salida física si por algún motivo se llegara a presionar la parada de emergencia.

Figura 39

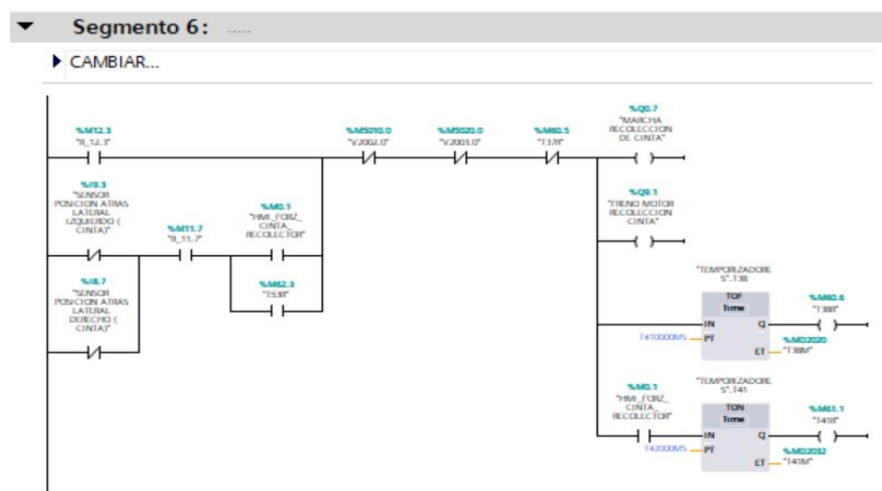
Lógica de control para el AVANCE de cinta



En cambio, en la Figura 40 se muestra la configuración para el RETROCESO cinta esta tiene la cualidad de ser accionada directamente por botones virtuales en el HMI, cabe resaltar que para cada accionamiento cuenta con temporizadores tipo TON y TOF para los retardos correspondientes.

Figura 40

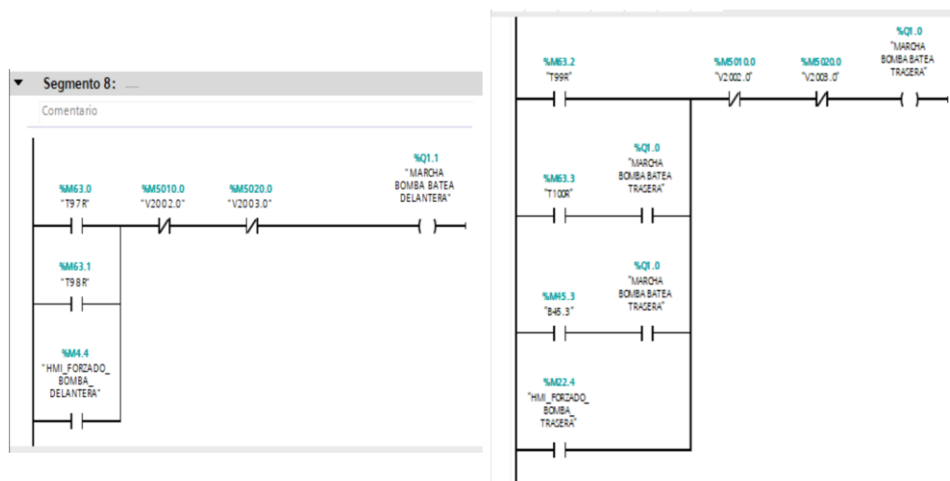
Lógica de control para el RETROSECO de cinta



El subproceso LAVADO es el encargado de mantener en estado inocuo la drenoprensa, ya que después de cada ciclo de trabajo este tiene que limpiarse a fondo como la tina, las tuberías hidráulicas, etc. sin embargo no es su única función, sino que también se encarga de hacer recircular el suero resultante de la pasteurización y el prensado correspondiente, poniendo total énfasis en que de este último se encarga la bomba delantera. La Figura 41, muestra su lógica de control en el software de TIA portal V14.

Figura 41

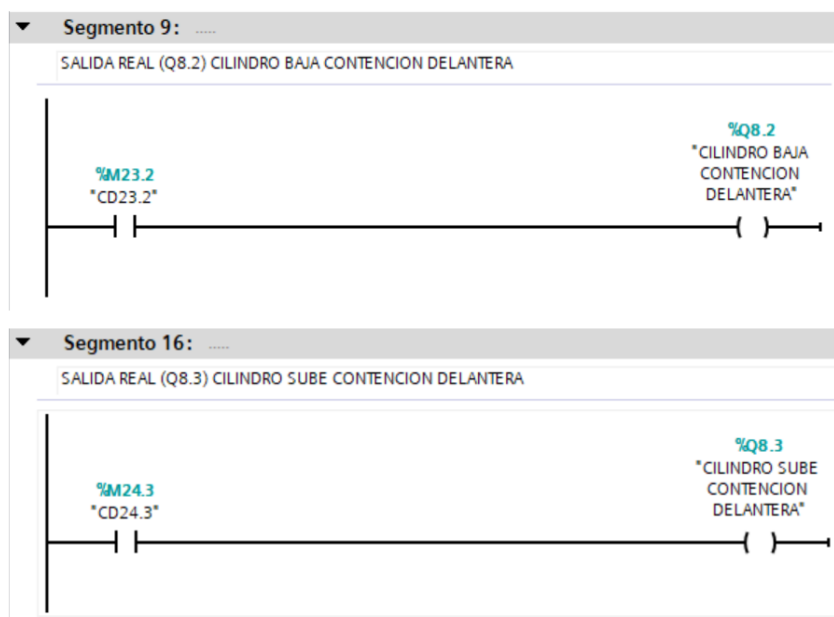
Lógica de control para el LAVADO



La CONTENCIÓN delantera se encarga de contener el producto después de la pasteurización para luego ser prensado, este puede ser accionado de modo forzado o en modo PRODUCCION, el cual cuando se inicia el prensado automáticamente esta baja la contención. La Figura 42 muestra que requiere la activación de dos salidas digitales una se encarga de subir la contención y la otra en bajar.

Figura 42

Lógica de control para la CONTENCIÓN

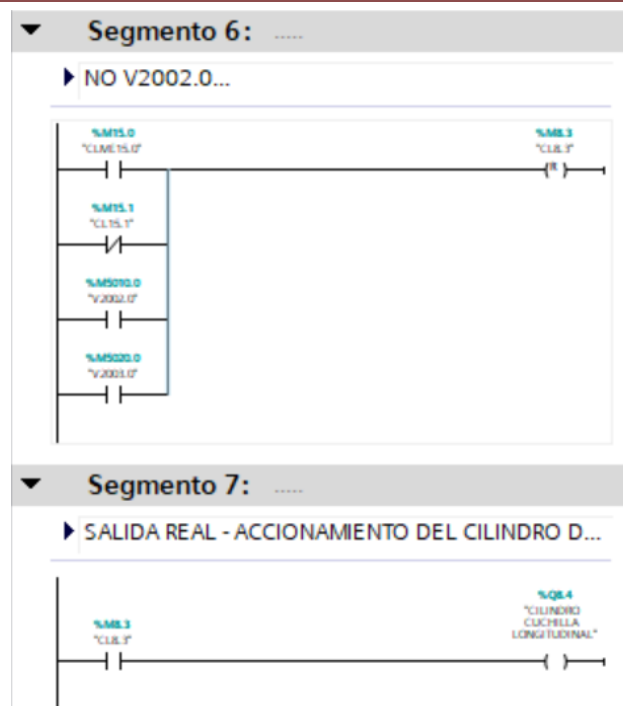


En la Figura 43, muestra la lógica que se aplica para la activación del CORTE LONGITUDINAL este es accionado en modo PRODUCCION cuando se presiona el botón START, por ende, también cuenta con el modo forzado para utilizarlo como parte de la limpieza y mantenimiento de la misma, este pasa a su posición arriba cuando se presiona la parada de emergencia o el botón virtual del panel HMI.

Cabe resaltar que, la planta produce diferentes tipos de queso por lo que la cuchilla del corte longitudinal es intercambiable en dos diferentes tamaños, el espesor entre cuchillas es de 10cm y 25 cm correspondientemente.

Figura 43

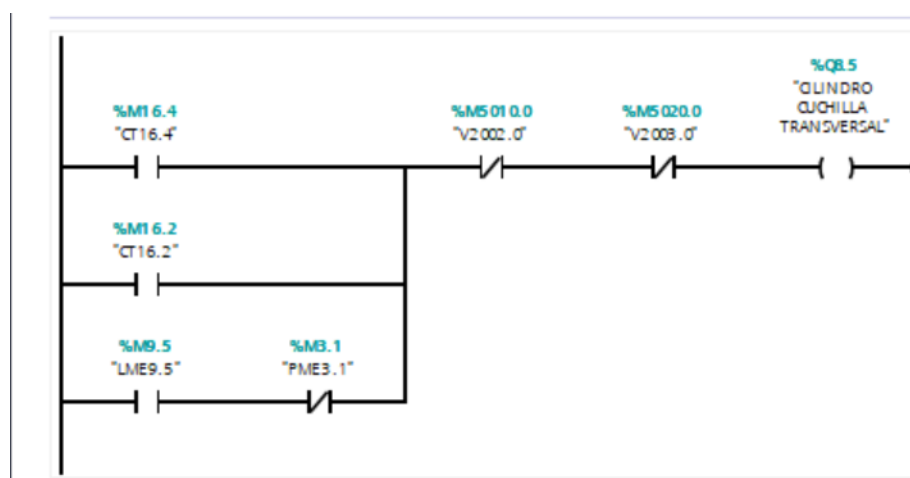
Lógica de control para el CORTE LONGITUDINAL



El CORTE TRANSVERSAL tiene un tratamiento diferente al corte longitudinal, ya que, este se acciona por la función AVANCE y LAVADO al momento de presionar el botón físico START tipo modo automático de igual forma cuenta con el forzado desde el HMI, ahora su accionamiento se da dependiendo de la longitud de corte que se programe en el panel HMI. En la Figura 44 se muestra la lógica empleada para tal fin.

Figura 44

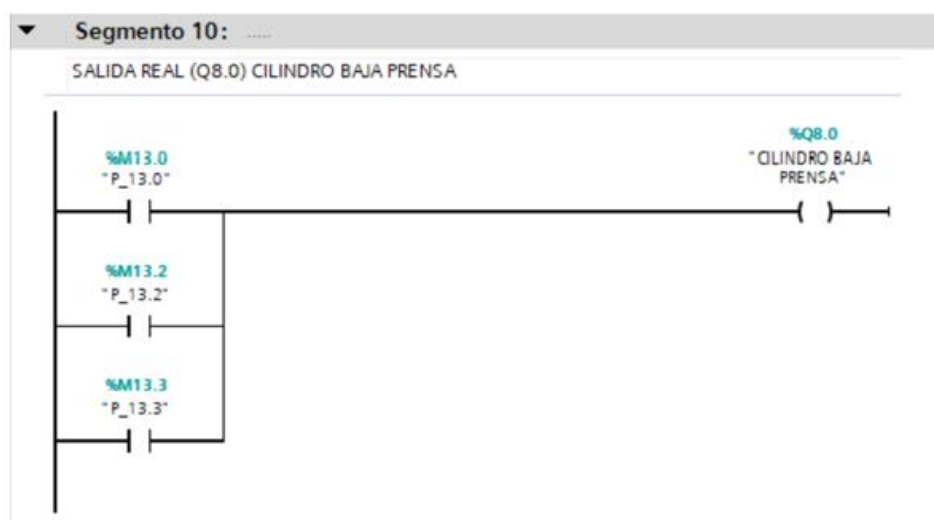
Lógica de control para el CORTE TRANSVERSAL



Finalmente, la lógica de control del prensado se muestra en la Figura 45. Esta fase, como la de los otros procesos tiene ambas formas de operar modo forzado y modo automático este posibilita programar la duración de prensado según el tipo de queso que se vaya a procesar lo cual garantiza la homogeneidad del producto.

Figura 45

Lógica de control para el PRENSADO



e. Alarmas de fallos

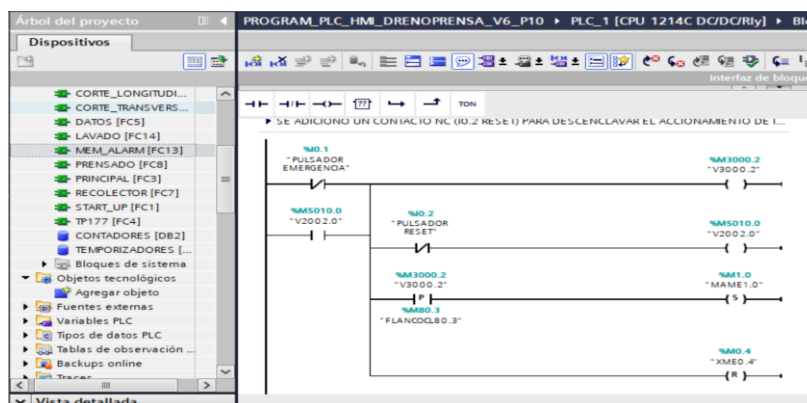
Dentro del sistema de control automatizado, las alarmas de fallos son un elemento fundamental, pues posibilitan la detección temprano de irregularidades en los sensores, equipos o procedimientos dentro del programa. El propósito fundamental de su implementación es asegurar la seguridad en las operaciones, reducir los tiempos de inactividad no programada y hacer más sencillas las tareas de mantenimiento.

En el sistema de alarmas de la drenoprensa, se creó para monitorear ininterrumpidamente los estados críticos del proceso, como por ejemplo averías en los sensores, pérdida de comunicación, presión neumática baja, etc. Cuando se detecta algún evento anómalo, el sistema emite una alarma visual y sonora en la interfaz HMI para informar al operador acerca de la ubicación

del fallo y su naturaleza. En la Figura 46 se aprecia la lógica general que se utiliza para el envío de alarmas en la interfaz HMI.

Figura 46

Lógica de control para la activación de alarmas



La Figura 47, se muestra todas las alarmas configuradas dentro del programa actualizado, por ende, en la Figura 47, muestra el ejemplo práctico de cómo se visualizan las alarmas dentro del panel HMI.

Figura 47

Lista en programa de alarmas configuradas

PROGRAM PLC_HMI_DRENOPRENSA_V6_P10 - HMI_2 [KTP700 Basic PN] - Avisos HM									
Avisos de bit									
ID	Nombre	Texto de aviso	Categoría	Variable de di...	Bit de ...	Dirección de ...	Variable de ac...	Bit de ...	Direcci...
1	Aviso acrílico de cu...	SENSOR DE SEGURIDAD ACRÍLICO D	Errors	alarma_1	4	%M001.4	<Ninguna var...	0	
2	TERMICO MOTOR A...	TERMICO MOTOR AVANCE ONTA	Errors	alarma_1	5	%M001.5	<Ninguna var...	0	
3	TERMICO RECOLECT...	TERMICO DE RECOLECTOR DE CINTA	Errors	alarma_1	6	%M001.6	<Ninguna var...	0	
4	TERMICO AVANCE ...	TERMICO FRENO MOTOR AVANCE CINT	Errors	alarma_1	7	%M001.7	<Ninguna var...	0	
5	PULSADOR EMERGE...	PULSADOR EMERGENCIA TABLERO AC	Errors	alarma_1	10	%M000.2	<Ninguna var...	0	
6	EMERGENCIA LATER...	EMERGENCIA LATERALES PRENSA ACC	Errors	alarma_1	11	%M000.3	<Ninguna var...	0	
7	PRESION DE AIRE	PRESION DE AIRE	Errors	alarma_2	8	%M011.0	<Ninguna var...	0	
8	LLAVE DE SEGURID...	ACTIVAR LLAVE DE SEGURIDAD	Errors	alarma_1	9	%M000.1	<Ninguna var...	0	
9	TUERA MAX AVANCE	TUERA EN MAXIMO AVANCE	Errors	alarma_1	1	%M001.1	<Ninguna var...	0	
10	CHAPA CONTECION...	COLOCAR CHAPA CONTECION EN PC	Errors	alarma_1	12	%M000.4	<Ninguna var...	0	
11	TUERA FUERA DE P...	TUERA FUERA DE POSICION	Errors	alarma_1	13	%M000.5	<Ninguna var...	0	
12	PRENSADO	PRENSADO ESTA EN POSICION ARRIB	Errors	alarma_1	14	%M000.6	<Ninguna var...	0	
13	CONTECION DELA...	CONTECION DELANTERA NO ESTA E	Errors	alarma_1	15	%M000.7	<Ninguna var...	0	
14	TUERA POSC ATRAS	TUERA EN POSICION ATRAS	Errors	alarma_1	0	%M001.0	<Ninguna var...	0	
15	CUCHI LONG. NO E...	CUCHILLA LONGITUDINAL NO ESTA E	Errors	alarma_1	2	%M001.2	<Ninguna var...	0	
16	BAJAR CONT. PARA...	BAJAR CONTECION DELANTERA PARA	Errors	alarma_1	3	%M001.3	<Ninguna var...	0	
17	TERMICO FRENO RE...	TERMICO FRENO MOTOR DE RECOLEC	Errors	alarma_3	8	%M002.0	<Ninguna var...	0	
18	TERM MOT BOMBA...	TERMICO MOTOR BOMBA TRASERA	Errors	alarma_3	9	%M002.1	<Ninguna var...	0	
19	TERM MOT BOMB D...	TERMICO MOTOR BOMBA DELANTERA	Errors	alarma_3	10	%M002.2	<Ninguna var...	0	
20	PROBLEMAS SENS C...	PROBLEMAS EN SENSOR CONTADOR	Errors	alarma_4	12	%M004.4	<Ninguna var...	0	
21	Aviso de bit - 1	Error	Errors	alarma_3	7	%M011.3	<Ninguna var...	0	

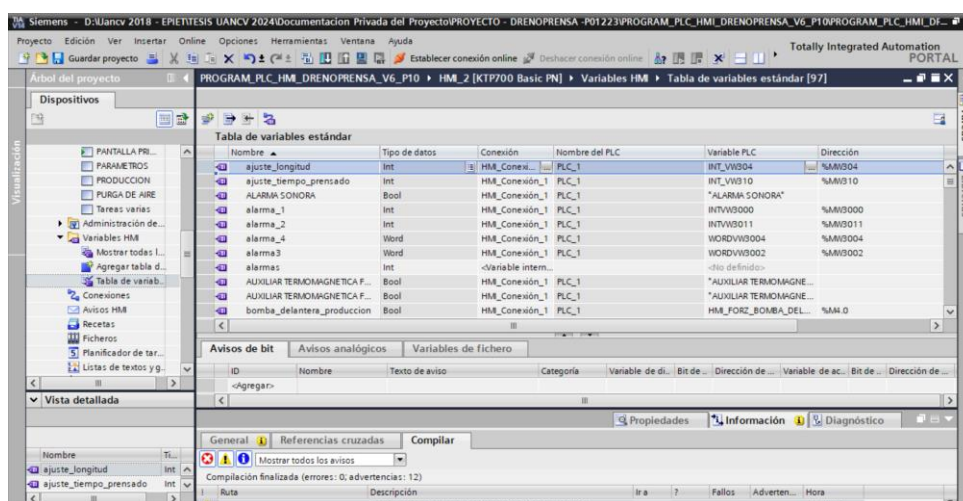
3.6.8 Diseño y proceso de migración del programa del HMI

La migración del HMI KTP700 requiere un criterio de diseño específico y único, así, en esta sección se explican los procedimientos de

configuración y creación de la nueva interfaz gráfica. Para asegurar que el operador pueda manejar la máquina de manera intuitiva, segura y eficaz. Uno de los parámetros al realizar dicha migración es tener en cuenta las variables que van a interactuar con el HMI. Como se visualiza en la Figura 48.

Figura 48

Configuración de variables en el panel HMI



Para tal fin, se inició de un principio, ya que el panel HMI actual es diferente al panel HMI antiguo, el objetivo es que el diseño de interfaz y funcionalidad sean los más parecidos, a su vez se adiciono unas ventanas nuevas en los que indican el estado de las entradas y salidas de la maquina (más adelante se detallara).

A continuación, se presenta una serie de descripciones y figuras de las diferentes ventanas del panel HMI actual.

La Figura 51, es correspondiente a la pantalla principal, el cual redirecciona a las demás ventanas, como PRODUCCION, FORZADOS y LAVADO (los que son de suma importancia en producción), adicional a ello se encuentra STATE (para el área de mantenimiento).

Figura 49

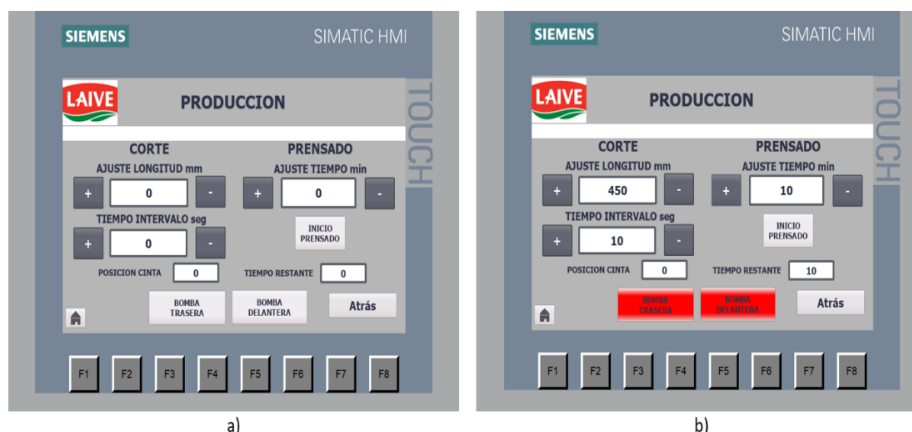
Interfaz principal del panel HMI



La ventana de PRODUCCION, se visualiza en la Figura 50 a). Las funciones disponibles en la ventana como CORTE el operario programa la longitud (en mm) de corte deseada y el tiempo (en Seg) de espera, a su vez se indica la posición de la cinta. En PRENSADO el operario programa el tiempo (en min), el botón INICIO PRENSADO habilita el prensado automático, a su vez se muestra el tiempo restante. En la parte inferior se encuentran dos botones que accionan las bombas (al presionar se queda enclavado). En la Figura 50 b), se puede apreciar los parámetros cambiados y el accionamiento de las bombas (el color rojo indica que están enclavadas, es decir se encuentran operativos, aclaración en este modo se trabaja con los sensores de nivel).

Figura 50

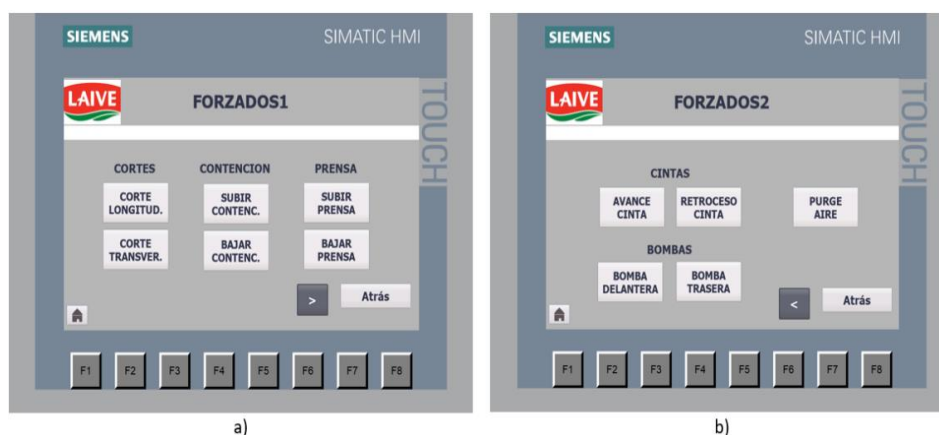
a) Interfaz del panel PRODUCCION, b) Configuración de la interfaz de PRODUCCION



La Figura 51 a), muestra la ventana de FORZADOS1, en donde el corte longitudinal, corte transversal, contención y prensa pueden ser accionados individualmente (siempre cuando cumplan con las condiciones iniciales). Por ende, en la Figura 51 b), se puede apreciar una siguiente ventana de FORZADOS2, que vendría a ser la continuación de la anterior ventana, en esta se puede accionar tanto el avance y retroceso de la cinta y el accionamiento de las bombas (aclaración, se puede forzar la bomba delantera de manera directa sin intervención del sensor de nivel, siempre en cuando se mantenga presionado, en cuanto a la bomba trasera al ser presionado se enclava).

Figura 51

a) Interfaz de FORZADOS1, b) Interfaz de FORZADOS2

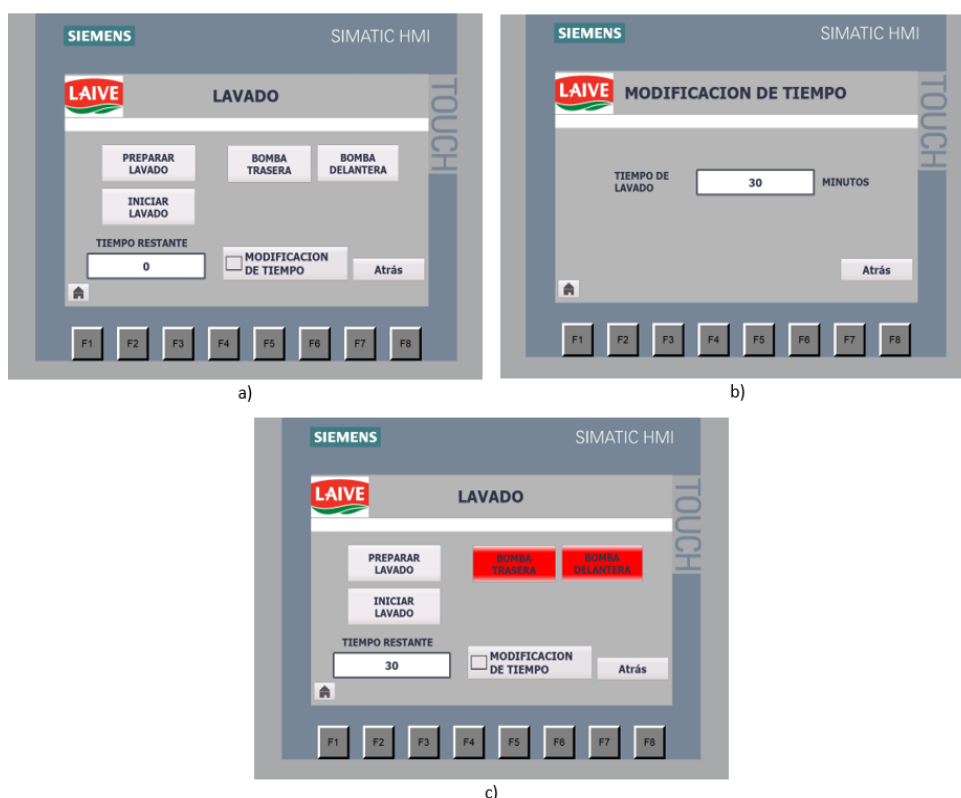


Otro de los subprocesos importantes se muestra en la Figura 52 a), que es la ventana de LAVADO, de igual forma en esta ventana se

pueden accionar las bombas de manera forzada (al momento de presionar sus respectivos botones son enclavados, para desenclavar presionar nuevamente), en PREPARAR LAVADO se acciona el corte transversal, contención (todos en su posición abajo) y prensa (posición medio) y en INICIAR LAVADO se accionan las bombas de manera automática. A su vez se muestra el tiempo restante de lavado. En la Figura 52 b), se muestra la ventana en el que se puede modificar el tiempo (en min) de lavado. En la Figura 52 c) se puede apreciar que se cambió el parámetro de tiempo de lavado y a su vez indicando el tiempo restante de lavado, de igual forma se aprecia que las bombas fueron accionados de manera forzada.

Figura 52

a) Interfaz de LAVADO, b) interfaz para la modificación del tiempo de lavado
c) en operación de LAVADO



En la ventana DATOS se visualiza dos botones que te redireccionan a dos tipos de datos, DATOS MAQUINA y DATOS PRODUCCION, el cual se visualiza en la Figura 53 a). Por consiguiente, en la Figura 53

b) se puede apreciar que es lo que contiene DATOS MAQUINA, en donde se visualiza la cantidad de prensados realizado y las horas de marcha o trabajo de la máquina. También se encuentra la opción de poder resetear dichos datos.

Figura 53

a) Interfaz de DATOS, b) Interfaz de DATOS MAQUINA



a)



b)

Otro de los parámetros importantes de producción se visualiza en la Figura 54 en donde se puede apreciar los DATOS PRODUCCION, en el cual se visualiza la cantidad de cortes que se hicieron (esto

correspondiente al corte transversal) de igual forma cuenta con la opción de resetear dicho dato.

Figura 54

interfaz en operación de DATOS PRODUCCION



Como se mencionó antes, en la Figura 55 a) se muestra la ventana en el cual se puede visualizar el estado de las entradas (sensores), para acceder a esta ventana se debe de presionar el botón STATE en la pantalla principal. La Figura 55 b) muestra una siguiente ventana con el resto de entradas existentes, aclaración, cuando el indicador visual esta de color verde (quiere decir que el sensor está siendo detectado) si el indicador visual es de color rojo parpadeante (quiere decir que el sensor no está siendo detectado o presenta alguna falla). Como complemento se presenta la Figura 55 c) en donde se visualizan el estado de las salidas existentes, cuando esta de color rojo parpadeante significa que la salida del PLC no está activa sin embargo cuando esta de color verde es todo lo contrario, quiere decir que el PLC está mandando la señal de manera normal.

Figura 55

a) Interfaz del estado de las entradas digitales b) interfaz del estado de las entradas digitales (2), c) interfaz del estado de las salidas digitales



Por último, en la Figura 56, se visualiza una ventana emergente en donde se muestran mensajes de alarmas o fallas, esto puede ser porque no se siguió la secuencia de funcionamiento, no se cumplió con alguna condición de funcionamiento o se activó algún equipo de protección. Una vez que se halla identificado y resulto el problema se procederá a presionar el botón de reset, si sigue mostrándose dicha ventana quiere decir que no se solucionó el problema. Para lo cual hacer seguimiento y resolverlo.

Figura 56

Interfaz de las alarmas en el panel HMI





CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Protocolo de implementación en campo

El protocolo de implementación en el campo del nuevo sistema de control para la máquina drenoprensa define las pautas, los procedimientos y los criterios técnicos requeridos para realizar la instalación, la conexión y el funcionamiento de los equipos en el contexto industrial. Este protocolo asegura que cada fase del proceso se lleve a cabo de forma ordenada, segura y de acuerdo con las normas de ingeniería pertinentes.

La verificación del área de montaje fue el primer paso en la implementación, para garantizar que las condiciones físicas del entorno estuvieran de acuerdo con lo estipulado en los planos eléctricos de control y mando. Luego, se continuó con el montaje del PLC y HMI, módulos de expansión, recableado de sensores, motorreductores, bandejas portacables, conforme a las especificaciones del diseño y al esquema general del sistema.

Después de que los componentes fueron instalados, se llevaron a cabo las conexiones eléctricas conforme a los diagramas autorizados, asegurando la polaridad, continuidad y aislamiento adecuados de cada circuito. Para esto se usaron instrumentos de medición



calibrados, como por ejemplo los multímetros digitales, las pinzas amperimétricas. Asimismo, se comprobó que las entradas y salidas (I/O) estuvieran correctamente asignadas en el PLC y la HMI para asegurar que lo programado fuera coherente con la realidad física del sistema.

Durante la fase de configuración inicial, se utilizó el software TIA Portal para descargar la interfaz gráfica y el programa de control en el nuevo hardware, verificando así que los dispositivos del sistema se comunicaran de manera eficaz. Se verificaron los parámetros de comunicación TCP/IP, las direcciones IP que se asignaron y los tiempos de respuesta del bus de datos para garantizar que la red industrial funcione con estabilidad.

Se establecieron protocolos de seguridad eléctrica e industrial a lo largo del proceso de implementación. Estos abarcaban el etiquetado y bloqueo (Lockout), la utilización de equipos de protección personal (EPP) y la verificación previa de las condiciones de energía cero antes de manipular los circuitos. Asimismo, se registraron los procedimientos a través de ATS y fotografías para garantizar la trazabilidad del proceso y el cumplimiento con las normativas de seguridad actuales.

Por último, se realizó una revisión exhaustiva del sistema después de que la instalación estuviera terminada; en dicha revisión, se corroboró que los componentes estén instalados correctamente, el cableado ordenado, los dispositivos fijados mecánicamente y cada elemento con su respectivo etiquetado. Este control final hizo posible corroborar que el sistema estaba preparado para la fase de validación operativa y pruebas funcionales, cumpliendo con los estándares de calidad definidos en el plan de migración.

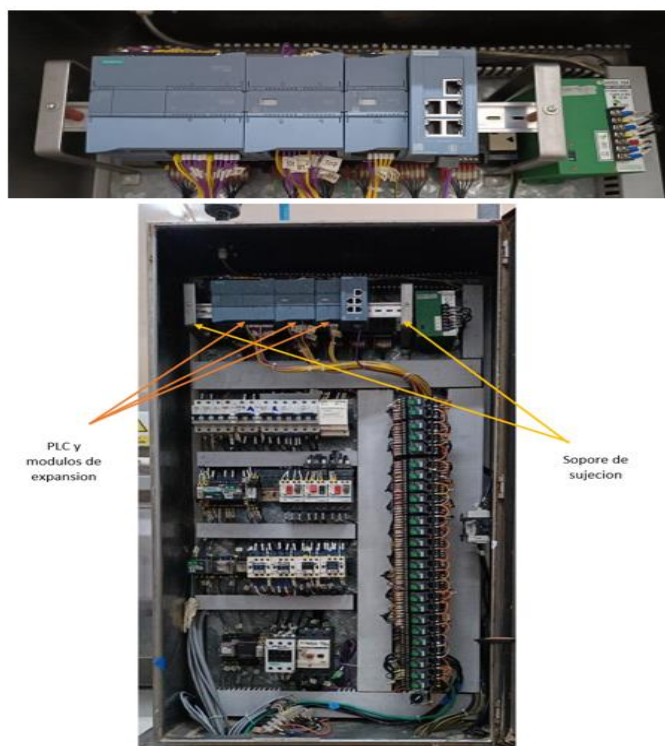
4.1.2 Montaje de los dispositivos en campo

El procedimiento para la instalación de los dispositivos del sistema de control es una fase esencial en la implementación física del proyecto, porque la fiabilidad, seguridad y operatividad del sistema automatizado dependen de que se lleve a cabo correctamente. Este procedimiento incluye la instalación de dispositivos de control, equipos eléctricos y cableado. Garantizando que cada uno de estos elementos siga las reglas técnicas y las normas de seguridad industrial establecidas.

Para el montaje en la drenoprensa, se utilizó un método secuencial que permitió asegurar la coherencia del diseño eléctrico con los diagramas y planos desarrollados durante el proceso de ingeniería y la integridad de los equipos. En la Figura 57 se muestra la implementación de la nueva arquitectura de control y el cableado general del tablero del control.

Figura 57

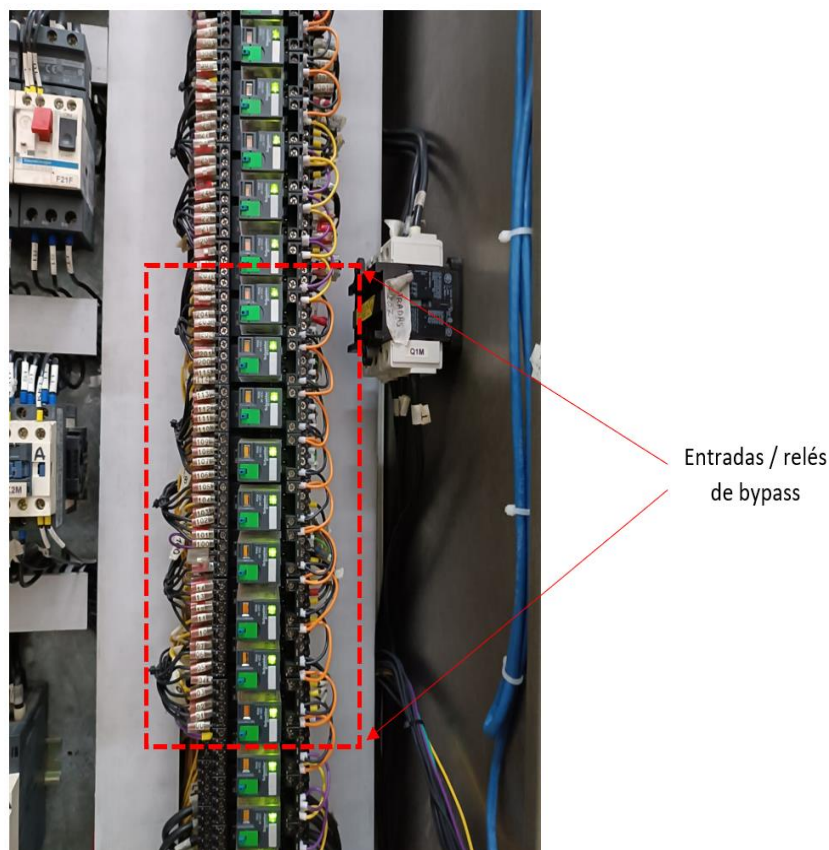
Implementación del nuevo hardware en el tablero de control



Para entender mejor cómo está dispuesto el sistema bypass, la Figura 58 ilustra la ubicación de los relés relacionados con las entradas del sistema de control, lo cual hace posible observar con claridad la interacción entre las señales de entrada y los circuitos de respaldo, lo que posibilita el diagnóstico y la comprobación durante las pruebas de funcionamiento.

Figura 58

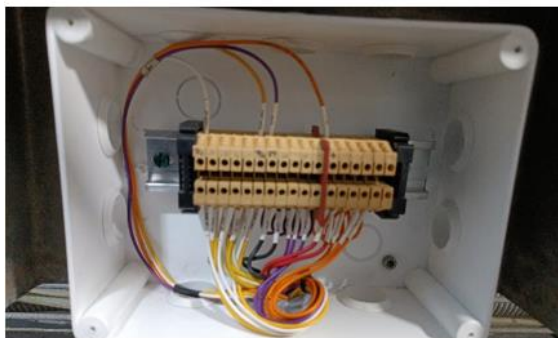
Montaje de relés para las entradas del sistema



Como parte de las conexiones de las entradas digitales se tiene la conexión de cajas de paso donde se conectan los diferentes sensores distribuidos en toda la máquina. La Figura 59 demuestra las conexiones realizadas.

Figura 59

a) Caja de paso X1 (sensores de campo), b) caja de paso X2 (sensores de campo)



a)



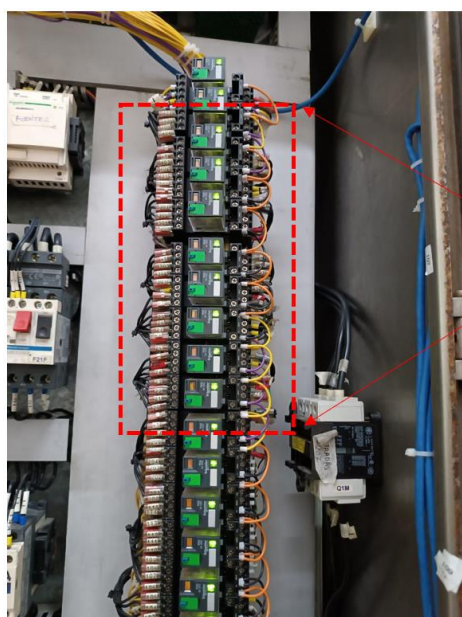
b)

El levantamiento de los planos eléctricos, son de suma importancia ya que con estas es más accesible consultar sobre el conexionado eléctrico completo de la drenoprensa, esto con el fin de realizar algún tipo de mantenimiento o si se presenta alguna falla repentina, ahora uno de los objetivos era hacer el levantamiento respectivo ya que el personal de mantenimiento no contaba con esta información, como resultado se puede consultar para acceder a dicha información.

De igual manera en la Figura 60 se visualiza los relés de bypass con la conexión de sus bornes entre ambos sistemas, estos corresponden a; electroválvulas, flash de indicación, alarma sonora, contactores, etc.

Figura 60

Montaje de relés para las salidas del sistema



Salidas / relés de
bypass

4.1.3 Pruebas de verificación operatividad del sistema

En esta sección se explica el proceso de pruebas que se utilizaba cada vez que se interactuaba en la máquina drenoprensa. El propósito central es asegurar que el sistema no se detenga ni presente problemas inesperados al volver a la producción tras cualquier desconexión, cambio o ajuste realizado durante las actividades de migración o mantenimiento. Así, se garantiza que el equipo opere de manera continua y que su integridad funcional se mantenga.

La etapa en donde se realizó el recableado de sensores y motores, se tenía que hacer una verificación adicional y esta consiste en poder forzar de una u otra manera el estado de los sensores y así comprobar si realmente están censando, justo en estas pruebas se identificaron que varios sensores no funcionaban y/o estaba inoperativos.

A continuación, se presenta la Tabla 14 de las diferentes pruebas realizadas y el estado de los sensores.

Tabla 14

Cuadro de verificación de los sensores de la drenoprensa

VERIFICACION Y PRUEBA DE SENSORES LAIVE DRENOPRENSA					
	SENSOR DE:	UBI.	PLC INT	9/08/2025	16/08/2025
CORTE TRANSVERSAL	PISTON	LOW	M1-BA(1)-109	OK	OK
		HIGH	M1-BA(0)-108	OK	OK
	DETECCION ACRILICO		M1-BA(2)-110	OK	OK
CORTE LONGITUDINAL	POSICION	HIGH	M2-BB(6)-206	OK	OK
	PISTON	LOW	M1-B*(*)-106	NF	NF
CONTENCION	PISTON	HIGH	M2-B(2)-202	OK	OK
		LOW	M2-B(3)-203	OK	OK
PRENSA	PISTON	HIGH	M1-BA(0)-100	OK	OK
		MEDIO	M1-BA(2)-102	OK	OK
		LOW	M1-BA(1)-101	OK	OK
	DETECCION REJILLA		NV	OK	OK
FAJA CINTA	POSICION ATRÁS	LD	M1-BA(7)-107	OK	OK
		LI	M1-BB(3)-111	OK	OK
	POSICION MEDIO	LD	M1-BB(4)-112	OK	OK
		LI	NV	NF	NF
	POSICION ADELANTE	LD	M1-BB(6)-114	ND	ND
		LI	M1-BB(7)-115	OK	OK
	PULSO	ENGRANJE MOTOR	M2-BA(1)-201	OK	OK
BATEA DELANTERA	NIVEL ALTO	BATEA	M1-BA(3)-103	OK	OK
BATEA TRASERA	NIVEL ALTO	BATEA	NV	OK	OK
	NIVEL BAJO	BATEA	NV	OK	OK

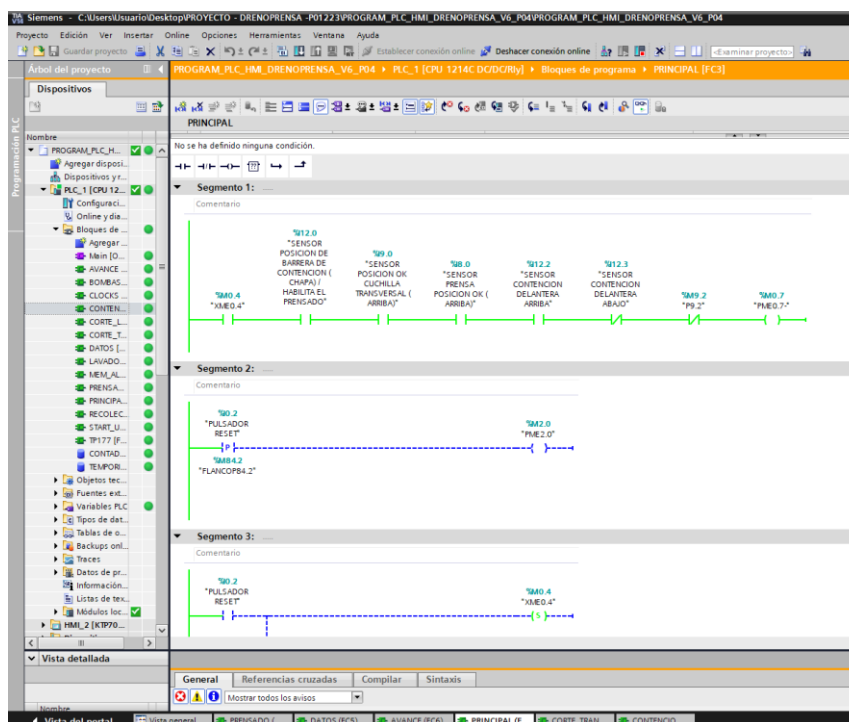
4.1.4 Pruebas de funcionalidad del programa actual

Como seguimiento y monitoreo del nuevo programa ya subido en campo, se puede visualizar la Figura 61 que está conectado en modo

online, desde el computador portátil hacia el controlador. Cada uno de los iconos verdes hacen referencia a que el programa está corriendo sin ningún fallo ni error.

Figura 61

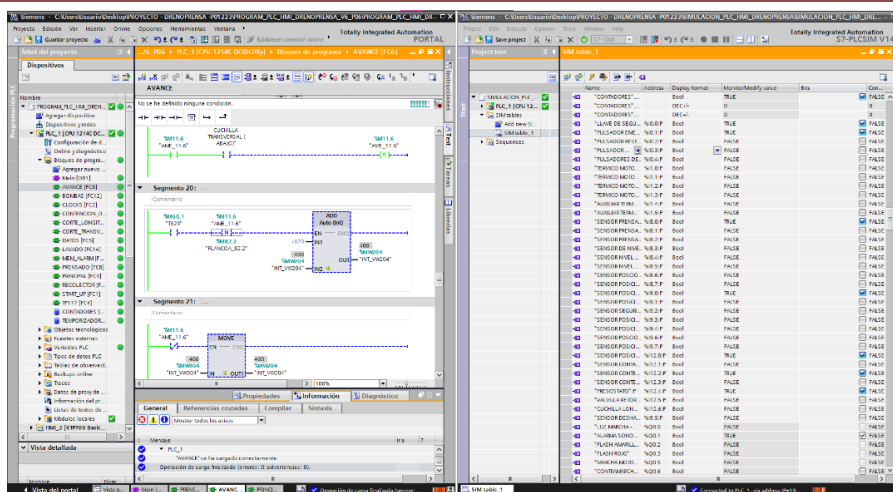
Monitoreo de lógica de control implementada



La Figura 62 muestra el monitoreo en línea para supervisar el proceso. Este sistema posibilita la visualización constante y en tiempo real de la mayor parte de las variables involucradas en la ejecución del programa. Este ambiente de monitoreo permite comprobar el desempeño operativo del sistema, garantizando que cada parámetro opere dentro de los límites establecidos y brindando información exacta para el análisis, la supervisión y la toma de decisiones a lo largo del funcionamiento integral de la aplicación.

Figura 62

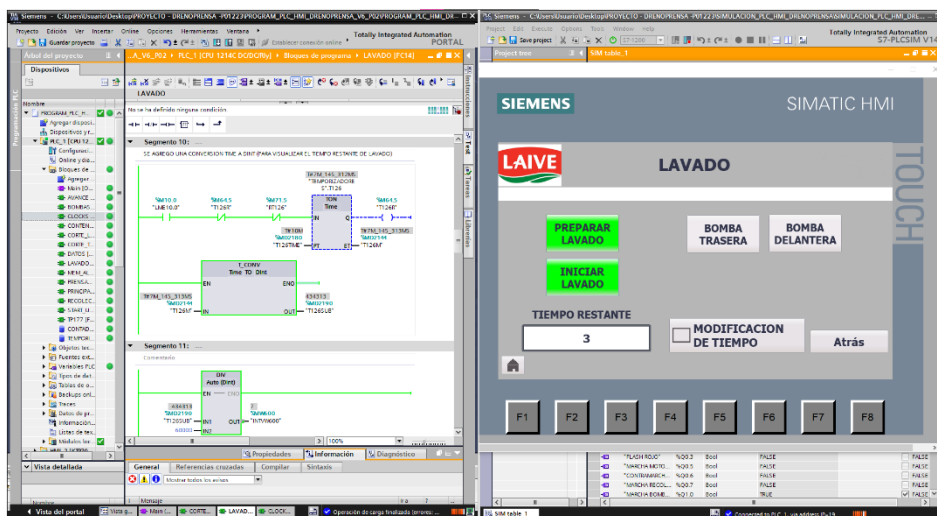
Monitoreo de la lógica y variables del programa



Sin lugar a dudas, en la Figura 63 se muestra el bloque de LAVADO en pleno proceso de ejecución y la interfaz HMI el cual indica que este subproceso este habilitado con un tiempo restante de 3 min aprox.

Figura 63

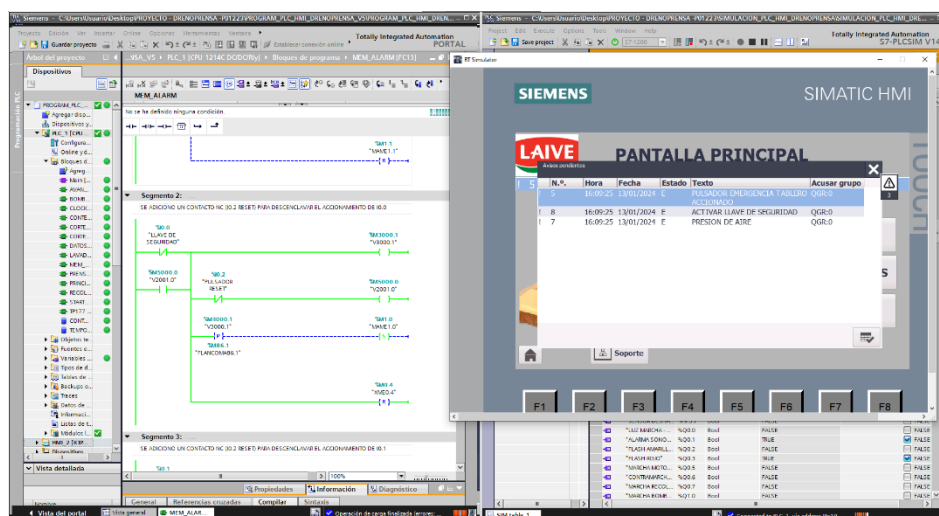
Monitoreo del subproceso de LAVADO



Uno de las funciones importantes a ser mencionado es mensaje flotante de alarmas dentro del panel HMI, como se visualiza en la Figura 64, las alarmas que están enviándose son de parada de emergencia accionado, falta accionar llave de seguridad y que no se cuenta con la presión de aire necesaria para el accionamiento neumático de la máquina.

Figura 64

Monitoreo de la activación de alarmas en el panel HMI



4.2 Discusión

Migrar el sistema de control de la máquina drenoprensa permitió que la operación del proceso de prensado y corte del queso se modernizara, lo cual asegura una producción más estable y confiable. La rapidez de procesamiento, la capacidad de comunicación y la facilidad para mantener el sistema aumentaron significativamente con el reemplazo del PLC Siemens S7-200 por el modelo S7-1200. Si embargo Flores Quispe (2024), realiza la migración en función de dos plataformas completamente diferentes ya que su proceso requería mayor robustez, en el caso específico de este proyecto de investigación se ejecutó la migración de un sistema de control PLC5 de Allen Bradley hacia la gama más robusta de Siemens que es la S7-1500.

Para la integración eficaz del control, fue determinante el desarrollo del nuevo programa en TIA Portal. Esta plataforma unificada permitió la combinación de programación, monitoreo, configuración de hardware y diseño del HMI en un solo ambiente, lo que disminuyó el tiempo de desarrollo y los errores potenciales en la comunicación entre dispositivos.



A lo largo de la migración, se dividieron las funciones primordiales del proceso en bloques funcionales autónomos, lo que implicó una reorganización de la lógica del programa. Esto permitió que el mantenimiento se optimizara, que la legibilidad del código mejorara y que el diagnóstico de fallos fuera más sencillo. Asimismo, se eliminaron las redundancias que existían en el sistema previo, lo cual ayudó a lograr una operación más estable y eficaz.

La remanencia de datos, que posibilita mantener variables fundamentales del proceso a pesar de los cortes eléctricos, fue una característica importante que se incorporó. Esta función permite evitar la pérdida de información y conservar el registro de producción, algo fundamental para que el proceso continúe.

En última instancia, se pudo establecer una arquitectura más sólida y flexible gracias a la integración del hardware nuevo con el software actualizado. Esto permitió disminuir los errores causados por hardware obsoleto y mejorar la habilidad de expansión del sistema. El resultado general demuestra que el cambio del sistema de control no solo solucionó los problemas de obsolescencia, sino que además mejoró la fiabilidad operativa de la máquina drenoprensa, lo cual ha posibilitado una administración más eficaz y segura del proceso productivo.

La ejecución del proyecto en mención tuvo un resultado positivo por todo lo ya mencionado con sus peculiaridades específicas, si se realiza una comparativa con otros autores se tiene que; para Flores Quispe (2024) su objetivo planteado fue la ejecución de la modernización de una planta desmineralizadora por fallas continuas en sus sistemas de control (PLC y módulos de expansión) en dicho trabajo se realizó el levantamiento de información, proponer los controladores y módulos a utilizar, plantear el diseño de un sistema SCADA para el monitoreo y supervisión de los diferentes variables físicas que intervienen en el proceso, y la ejecución de pruebas de Eficiencia General del Equipo (OEE), por temas de disponibilidad de la máquina drenoprensa no se



pudieron realizar pruebas de eficiencia ya que son indicadores para asegurar el correcto rendimiento del funcionamiento de una maquina o equipo.

En la investigación realizado por Puente de la Vega Peñaloza (2014) se describe el proceso por el cual realiza el mejoramiento del sistema de control de un proceso de aglomerado de cobre, cuya plataforma de control está diseñado en la arquitectura de Rockwell Automation, la interfaz de comunicación empleado fue la DeviceNet y el la plataforma para supervisar el proceso es FactoryTalk View, como comparativa el método de comunicación y interfaz de monitoreo y control difieren con este proyecto de investigación, lo cual demuestra que hay diferentes formas de poder ejecutar la modernización u migración de un sistema de control en la industria no solamente láctea.



CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se sustituyó el hardware del PLC anterior S7-200 y HMI Confort, que había quedado desfasado, por una plataforma moderna de PLC Siemens S7-1200 y HMI KTP 700 Basic. La capacidad de procesamiento, la comunicación y la estabilidad del sistema se vieron notablemente mejoradas con esta actualización, lo que previno interrupciones imprevistas y garantizó el funcionamiento continuo del proceso de corte y prensado de queso.
- SEGUNDA:** El análisis del sistema de control original posibilitó la identificación de las causas fundamentales de los fallos en el hardware, tales como el deterioro de elementos electrónicos, el desorden en el cableado y la capacidad reducida de acceder a planos eléctricos para diagnosticar el estado de la máquina. Este estudio técnico y documental fue esencial para planear la migración, demostrando que era necesario actualizar tanto la lógica de control como la arquitectura del hardware.
- TERCERA:** La nueva arquitectura de control, al integrar eficazmente los elementos de software y hardware, logró que el sistema fuera compatible y escalable. La integración completa del PLC y HMI fue posible gracias al entorno del software de TIA Portal V14 SPI. Esto permitió disminuir los períodos de configuración y optimizar el seguimiento del proceso.
- CUARTA:** La implementación del nuevo sistema de control y las pruebas realizadas en condiciones reales de funcionamiento, evidenció un rendimiento estable, una comunicación fiable entre los distintos dispositivos de campo y respuestas veloces ante señales críticas. Los ensayos de validación demostraron que el programa nuevo es efectivo al gestionar los modos automático y forzado, al funcionar correctamente las alarmas de fallos y al preservar la información por medio de remanencia de memoria, lo cual aseguraba una operación constante y segura.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Las pruebas realizadas, se ejecutaron en coordinación con el personal de mantenimiento y de producción, sin embargo, para darle una solides tanto funcional e investigativa se recomienda ejecutar pruebas en función a indicadores de la eficiencia general del equipo o también denominado por sus siglas como Overall Equipment Effectiveness (OEE) los cuales ayudan a determinar la disponibilidad, rendimiento y calidad de la maquina en cuestión.
- SEGUNDA:** Como parte de la comunicación industrial estandarizada, se recomienda la adición de un sistema de supervisión, monitoreo y adquisición de datos (SCADA), no solamente del proceso de prensado y corte de queso, sino, de todos los subprocesos que intervienen en la elaboración del queso, lo cual conlleva a tener un mejor manejo de todo el proceso de planta.
- TERCERA:** Al ejecutar la migración del sistema de control de la maquina drenoprensa, se tuvo que proponer y realizar cambios notables en cuanto al método de la interfaz de comunicación, antiguamente Modbus RTU al realizar la migración esta cambio a Modbus TCP/IP por sus grandes prestaciones de velocidad de comunicación y conectividad con diferentes dispositivos, por lo que en este proceso de modernización y mejoramiento se recomienda que para los diferentes procesos dentro de planta puedan emplear este método de comunicación industrial, simplificando la unificación para realizar un SCADA.



REFERENCIAS

- Ayora Morocho, D. X. (2015). *Migracion, configuracion del sistema de control y diseño de la interfaz de operacion del proceso de fraccionamiento de aceite*. [Tesis de Ingenieria, Escuela Politecnica Nacional], Repositorio Digital - EPN. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10336?mode=full>
- Bertoldi Quintana, F. (2024). *Migracion y ampliacion del sistema de control fire and gas de una planta de tratamiento de gas*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional del Comahue] Repositorio Digital Institucional. Obtenido de <https://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaaid/18404?show=full&locale-attribute=en>
- Bolton, W. (2006). *Programmable Logic Controllers*.
- Chamberland, J., Brisson, G., Doyen, a., & Pouliot, Y. (2022). *Innovations from pressure-driven membrane processes in cheese technology: From milk protein concentrates to sustainability and precision cheesemaking*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799322001503>
- Cribas Aguilar, C. J. (2019). *Migracion a nivel de hardware y software de molino anexo y gabinete de dosificadores, molino harinero SULA*. [Proyecto de graduacion, Universidad Tecnologica Centroamericana], Repositorio latinoamericano. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/9219546>
- De la Paz Moyano, V. H. (2019). *migracion del sistema PLC-5 al sistema controllogix para la mejora del proceso de comunicacion entre los controladores y scada de la planta de separacion de gases del aire, pisco 2019*. [Trabajo de licenciatura, Universidad Privada TELESUP] Repositorio Digital. Obtenido de <https://repositorio.utelesup.edu.pe/handle/UTELESUP/1636>



- FAO. (2019). *El papel de la automatización en la industria alimentaria de los países en desarrollo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de <https://www.fao.org>
- Flores Quispe, F. A. (2024). *modernizacion y migracion de sistema de control de planta demineralizadora de agua potable en central de generacion electrica, implementacionn y validacion*. [Trabajo de licenciatura, Universidad Nacional San Agustin] Repositorio UNSA. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/c957becb-58f9-49ab-9999-7f55f30f13ba>
- Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. (2017). *Fundamentals of Cheese Science (2nd ed.)*.
- Kagermann, H. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. German National Academy of Science and Engineering.
- Kuo, B. (1996). *Sistemas de control automatico*. Prentice Hall-Inc.
- Lopez Condori, R. D. (2019). *modernizacion del sistema de supervision y control del oleoducto norperuano mediante la migracion al protocolo de comunicacion TCP/IP*. [Trabajo de licenciatura, Universidad Nacional San Agustin] Repositorio UNSA. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/6e3cca00-4d18-42d7-aab6-f580174a9d7b>
- Madariaga Aranibar, S. A. (2017). *Modernizacion del sistema de control del evaporador de la planta de produccion de leche evaporada de la empresa Gloria S.A. - sede Arequipa*. [Trabajo de licenciatura, Universidad Catolica Santa Maria] Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/7ca31e4a-c72d-4f34-8a97-7a5392397754>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). *Decreto Supremo N.º 007-2017-MINAGRI: Reglamento de la Leche y Productos Lácteos*. Lima.



- Ministerio de la Producción. (2023). *Informe sobre modernización tecnológica en la industria alimentaria peruana*. [PRODUCE, Gobierno del Perú], Lima. Obtenido de <https://www.gob.pe/produce>
- Montaño Colorado, V. M. (2025). *migración del sistema de control de una centrífuga roberts del ingenio sancarlos ubicado en el municipio de TULUA*. [Trabajo de licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a Distancia] Repositorio UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/69767?show=full>
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid.
- Panikuttira, B., O'Shea, N., Tobin, J., Tiwari, B., & O'donnell, C. (2018). *Process analytical technology for cheese manufacture*. Institute of Food Science and Technology. Obtenido de <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.13806>
- Puente de la Vega Peñaloza, D. (2014). *Mejoramiento del sistema de control en el proceso de aglomerado de cobre en base al diseño y desarrollo de la arquitectura integrada de Rockwell Automation*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional San Agustín], Repositorio UNSA. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/d5c9bd38-9955-4f2b-bd19-ff9daa860dd4>
- Rockwell automation. (2022). *Ethernet communication modules user manual*. Allen-Bradley.
- Schneider Electric. (2021). *Harmony XB4 and XB5 control and signaling units*. Schneider Electric.
- Siemens. (2020). *Industrial control devices catalog: SIRIUS range*.
- Siemens AG. (2021). *Communication modules for SIMATIC S7-1200/1500*.
- Southwire Company. (2020). *Instrumentation cable specifications and data sheet*. Southwire.



- Stouffer, K., Pillitteri, V., Lightman, S., Abrams, M., & Hahn, A. (2015). *Guía de seguridad de los sistemas de control industrial (SCI) (Publicación especial del NIST 800-82, revisión 2)*. Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). Obtenido de <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-82r2>
- Uría Tejada, R. F. (2021). *Proyecto del mejoramiento del sistema de control y supervision de una planta de acido en base a la arquitectura integrada de Rockwell Automation*. [Tesis de ingeniería, Universidad Catolica de Santa Maria], Repositorio UCSM. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/4867cccf-a754-4b88-966f-700dec14ddd8>
- Walstra, P., Wouters, J., & Geurts, T. (2005). *Dairy Science and Technology (2nd ed.)*. CRC Press. Obtenido de <https://doi.org/10.1201/9781420028010>



ANEXOS



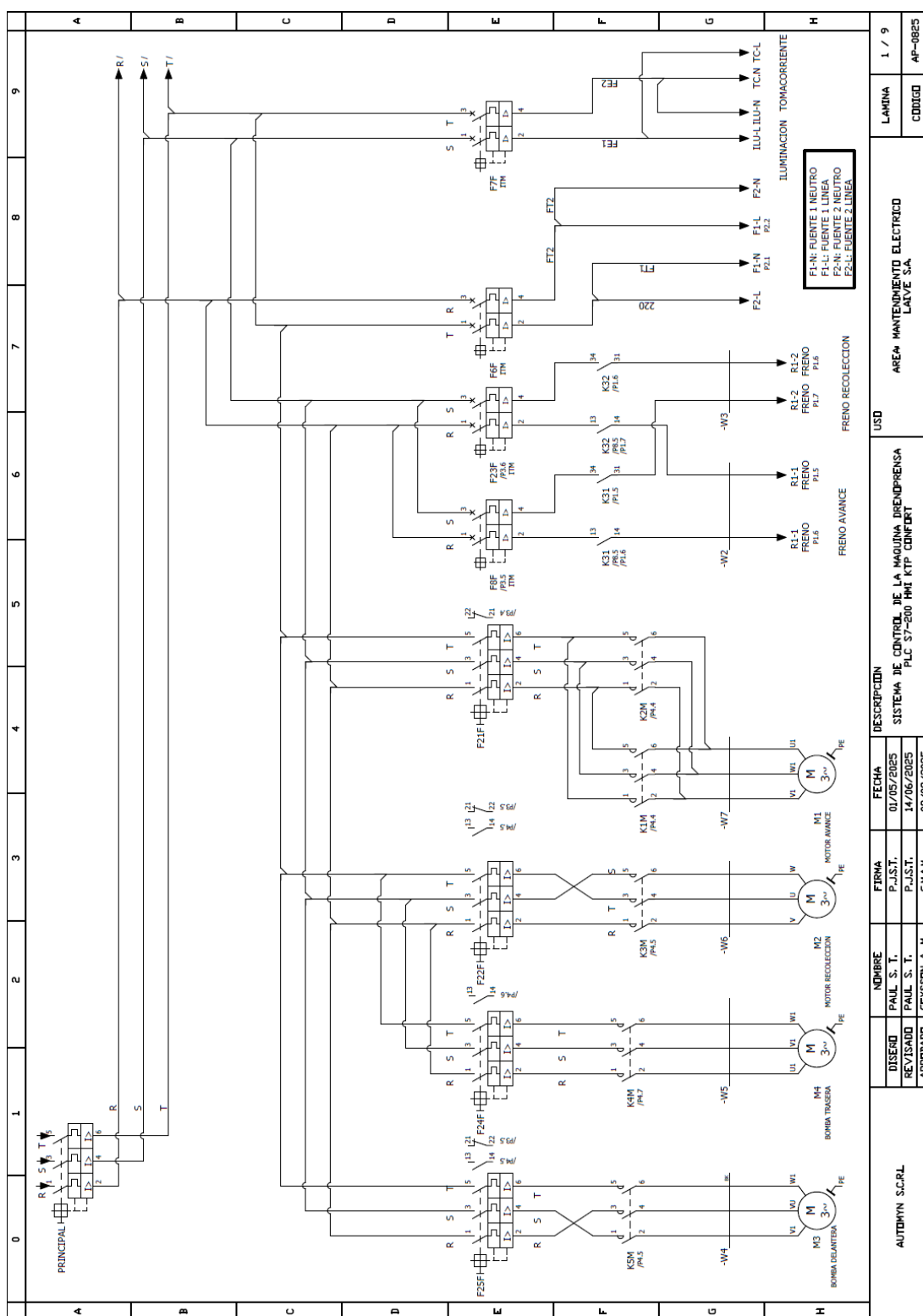
Anexo 1 – Matriz de consistencia

Implementación, migración de un sistema de control y diseño de la interfaz de operación en el proceso de prensado y corte de queso en la región Arequipa 2025							
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables				Metodología Población y muestra
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general					La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se enfoca en resolver un problema particular del sector agroindustrial lácteo. El nivel de investigación es descriptivo, ya que se enfoca en describir y examinar las propiedades, el funcionamiento y la conducta del sistema de control puesto en marcha. El diseño de la investigación es no experimental porque no se lleva a cabo la manipulación intencionada de las variables estudiadas. El enfoque de la investigación es cualitativo, porque se enfoca en la descripción y el análisis de cómo trabaja el sistema de control que
¿Cómo implementar, migrar el sistema de control y diseñar la interfaz de operación en el proceso de prensado y corte de queso asegurando su funcionamiento eficiente y continuo?	Implementar, migrar el sistema de control y diseñar de la interfaz de operación en el proceso de prensado y corte de queso en la región Arequipa 2025	Si se implementa, migra y rediseña el actual sistema de control por una arquitectura más sólida y confiable, las interrupciones operativas de la máquina de prensado y corte de queso provocadas por problemas en el hardware disminuirán notablemente.	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable independiente: Implementación y migración de un sistema de control con diseño de interfaz de operación	Determinar la arquitectura del sistema actual	Tipo de controlador Módulos instalados Tipo de comunicación	Lista de verificación técnica	
				Funcionalidad de control existente	Secuencias de control implementadas Tiempo de respuesta Estabilidad	Registro de alarmas del sistema Pruebas funcionales	
				Diseño y maniobrabilidad de la interfaz de operación	Claridad de pantallas Navegación intuitiva Numero de errores de operación	Encuesta al operador Pruebas de maniobrabilidad	
				Performance del sistema migrado	Reducción de fallas Compatibilidad optima	Registro de fallas Reporte técnico	
¿Cuáles son las causas técnicas de los errores recurrentes de hardware en el sistema de control actual de la máquina de prensado y corte de queso? ¿Qué arquitectura de sistema de	Determinar el funcionamiento operativo del sistema de control vigente, identificando las causas técnicas de los errores de hardware mediante la observación y análisis documental. Diseñar la	Si se realiza un análisis técnico del sistema de control vigente mediante observación y análisis documental, entonces es posible identificar con precisión las causas de los fallos de hardware. Si se diseña una arquitectura de control adecuada, seleccionando					



control permitiría mejorar la confiabilidad operativa del equipo, considerando hardware, software y estrategias de integración? ¿El nuevo sistema de control propuesto mantiene un desempeño óptimo bajo condiciones operativas reales?	arquitectura del nuevo sistema de control, incluyendo la selección de hardware, software y la estrategia de integración. Implementar y documentar las fases del nuevo sistema de control, realizando pruebas experimentales que validen su desempeño en condiciones operativas	hardware y software compatibles y robustos, entonces se logrará una mayor confiabilidad y facilidad de integración en la máquina. Si se implementa y documenta correctamente el nuevo sistema de control, y se realizan pruebas experimentales, entonces se podrá validar que su desempeño cumple con los requisitos operativos de la máquina en condiciones reales.	Variable dependiente: Eficiencia del proceso de prensado y corte de queso (V.D.)		Estabilidad		ha sido implementado y migrado, además del diseño de la interfaz operativa aplicada al procedimiento de corte y prensado de queso. La población de la investigación está conformada por los sistemas de control utilizados en el proceso de prensado y corte de queso en las unidades productivas del sector lácteo de la región Arequipa. La muestra de la investigación está conformada por el sistema de control implementado y migrado en el proceso de prensado y corte de queso de una unidad productiva específica del sector lácteo de la región Arequipa.
				Productividad	Tiempo por lote Numero de lotes por hora	Cronometro (tiempo) Hojas de control	
				Rendimiento del proceso	Tiempos en parada reducidos Consumo energético	Registro de maquina Medidor de consumo eléctrico	
				Calidad del prensado y corte	Uniformidad de dimensiones Textura Variación entre piezas	Instrumentos de medición Ficha de inspección	
				Perdidas y mermas	Volumen de suero evacuado Porcentaje de merma	Balanza Registro de producción	

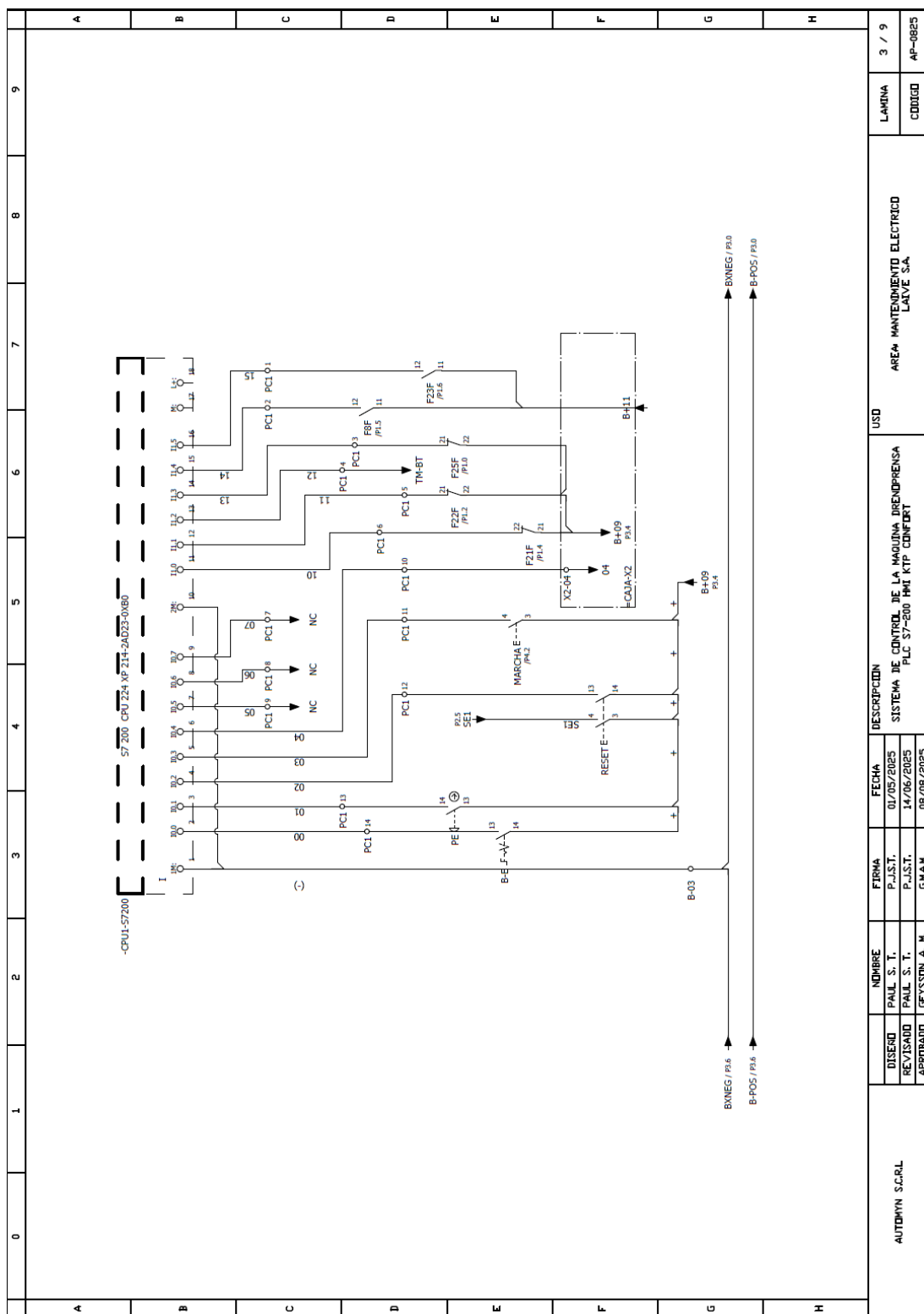
Anexo 2 – Planos eléctricos de fuerza y control de la drenoprensa





"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"





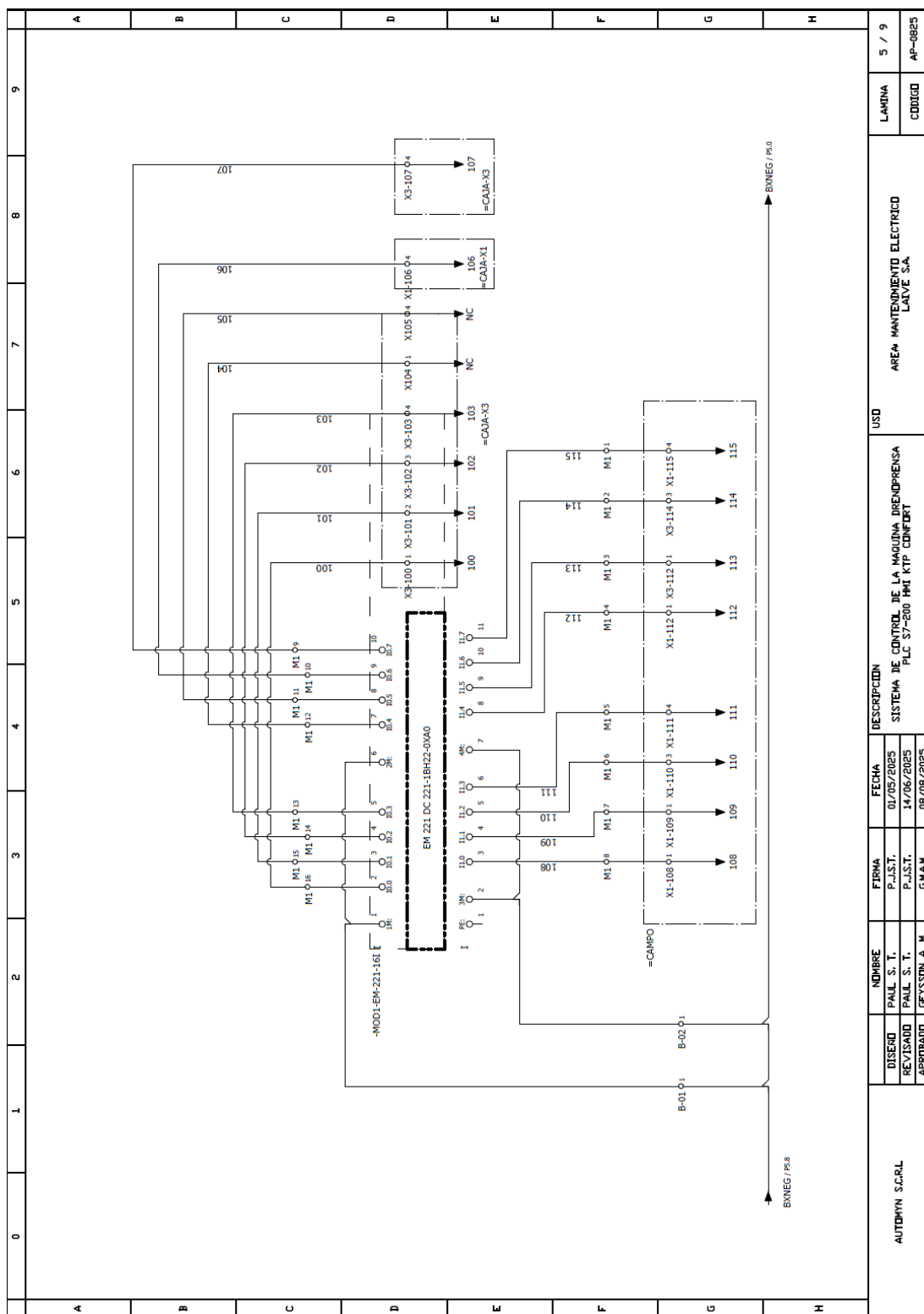
AUTOMYN S.C.R.L							USD		ÁREA MANTENIMIENTO ELÉCTRICO LAIVE S.A.		3 / 9		
		NOMBRE		FIRMA		FECHA		DESCRIPCIÓN				LÁMINA	
DISEÑO		PAUL S. T.		P.J.S.T.		01/05/2025		SISTEMA DE CONTROL DE LA MAQUINA DREXPRENSA PLC S7-200 HMI KTP CONFORT				AP-0825	
REVISADO		PAUL S. T.		P.J.S.T.		14/06/2025							
APROBADO		G.E.V.S.T.N. A. M.		G.M.A.M.		08/08/2025							

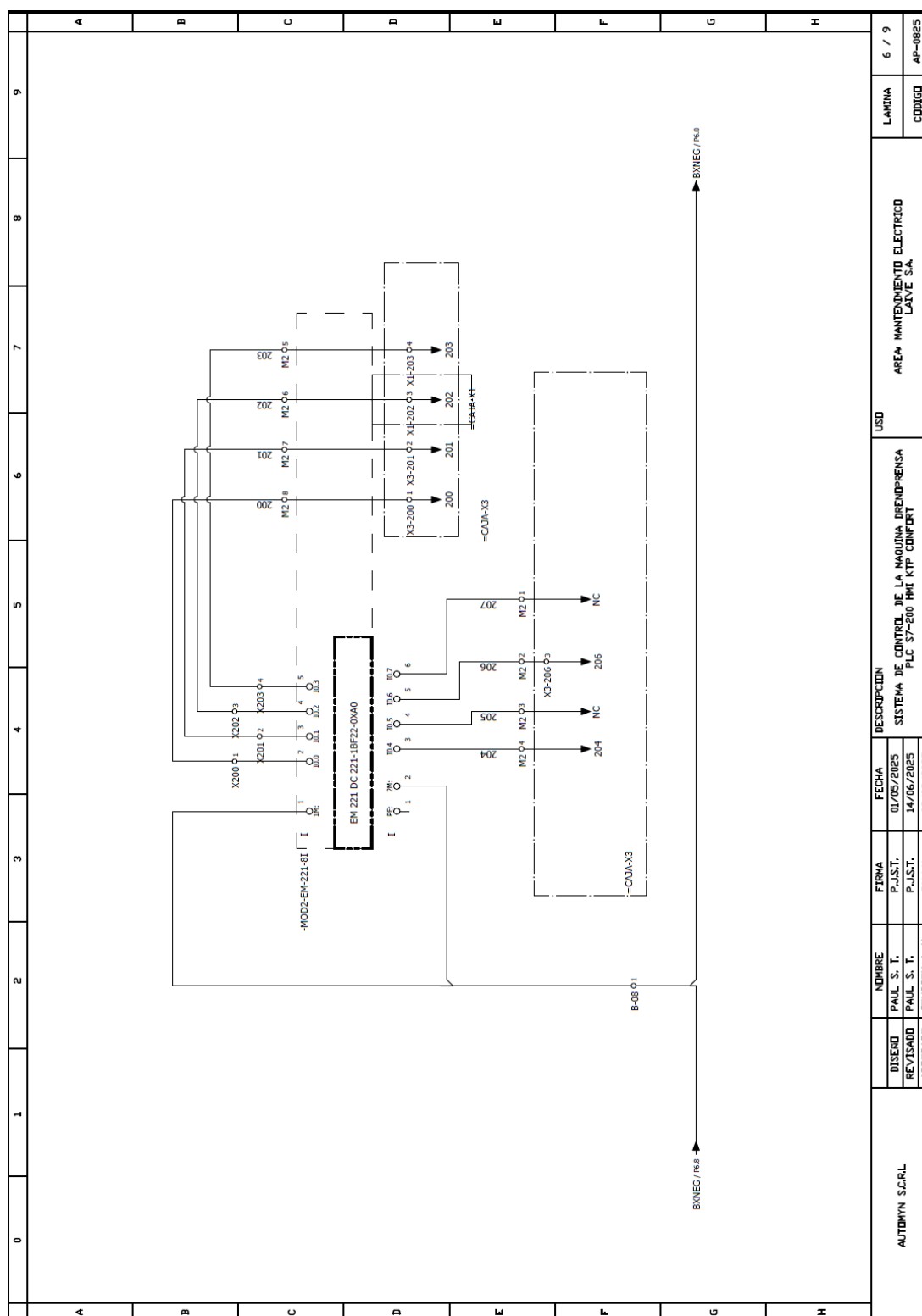


"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



Tesis Publicada con autorización del autor





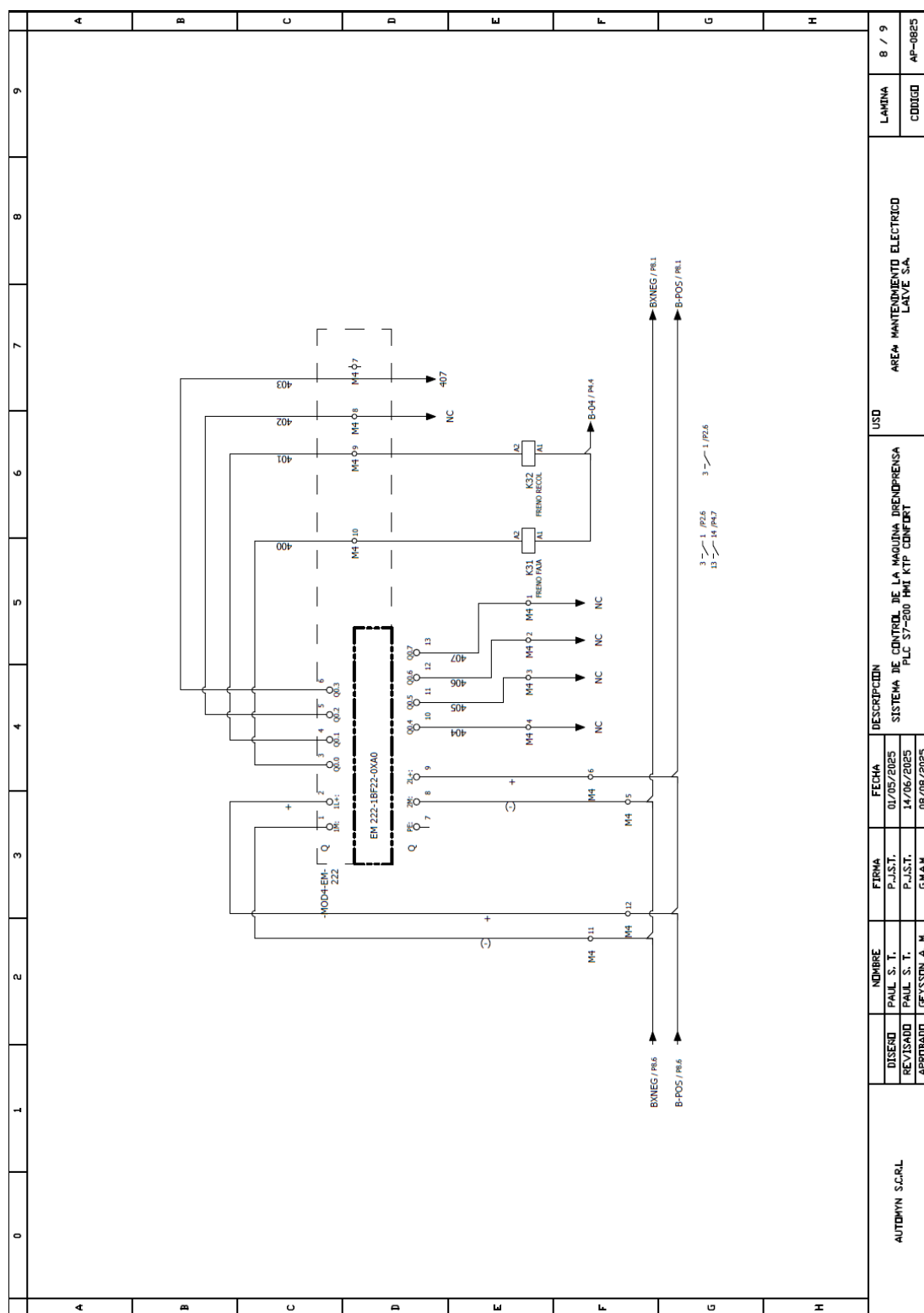


"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



Tesis Publicada con autorización del autor

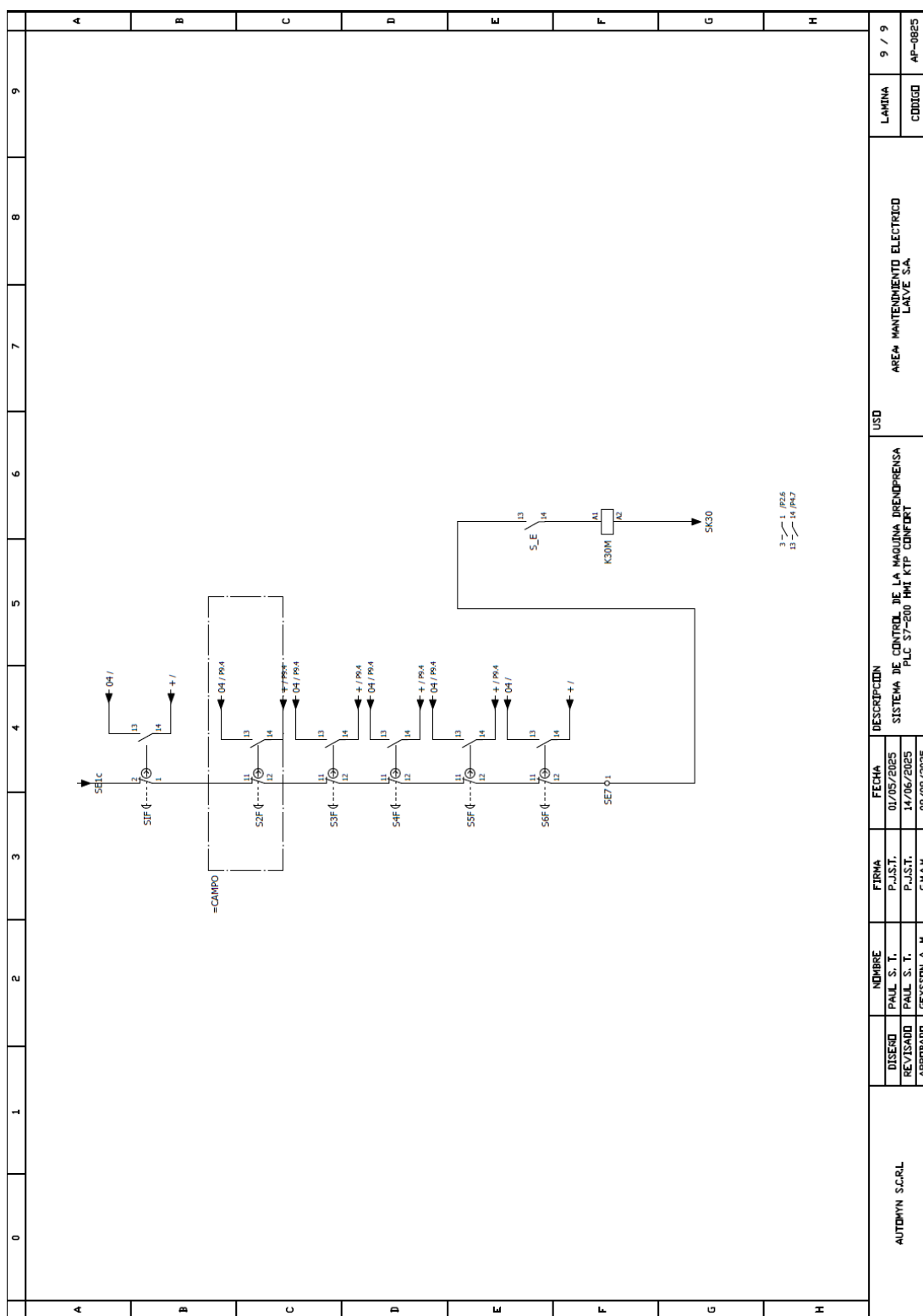
<http://repositorio.uancv.edu.pe/>



AUTOMYN S.C.R.L.	DISEÑO	REVISADO	APROBADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	DESCRIPCIÓN	USO	ÁREA MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	LÁMINA	8 / 9
				P.J.S.T.		01/05/2025	SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA DRENDRENSA		LAIVE S.A.		
				P.J.S.T.		14/06/2025	PLC S7-200 MPI KTP COMFORT				
				G.M.A.M.		08/08/2025					AP-0825



"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"





ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 28/01/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: PAUL DE JESUS SUCASACA TACO

Dirección: JR. ENRIQUE MEIGGS 531

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72643122

Teléfono: 984071215 email: cientific682000@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 ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SÁNCHEZ CARREÓN

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

☐☐

Trabajo de Investigación

Tesis ☒

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Título: IMPLEMENTACIÓN, MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y DISEÑO DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE PRENSADO Y CORTE DE QUESO EN LA REGIÓN AREQUIPA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Migración de sistema de control, drenoprensa, automatización industrial, TIA Portal, Siemens S7-1200.

¿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 ELECTRÓNICA – P19

Firma de Autor



huella digital

28 de ENERO del 2026

Fecha