



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA
AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR
UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO
PROGRAMABLE PUNO - 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS

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

JULIACA – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA
AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR
UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO
PROGRAMABLE PUNO - 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:


Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

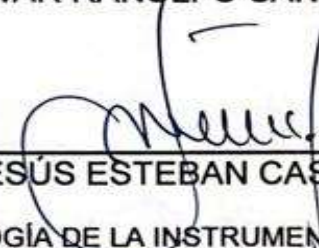
SEGUNDO MIEMBRO

:


Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 0052-2026-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 15 de enero del 2026

VISTO: El expediente N° 2025-CU-013940 presentado por el (la) Bachiller: **IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

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

ARTICULO TERCERO.- APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 22 de enero del 2026
- * **HORA** : 11:00 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 Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1559-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 19 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-11380 por el señor (a): **IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1075-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 045 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPIM** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreon** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 045 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**, con el Tema Titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP 32730UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
intermedio (a)



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 974-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de setiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 6543, presentado por el señor (a) IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 716-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 025-2025 del integrante del comité de investigación EPIM de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS ha presentado su propuesta de investigación Titulada: IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 025-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 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° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulada: IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 2025 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras
L. OSWALDO VAMONTE CALLA
DECANO (e)
SEP 03/2025



Director de la Unidad de Investigación
Dr. Juan Carlos Muroqui Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

idoc.pub

Fuente de Internet

2%

2

www.scribd.com

Fuente de Internet

2%

3

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

2%

4

dspace.unl.edu.ec

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.espe.edu.ec

Fuente de Internet

1%

7

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

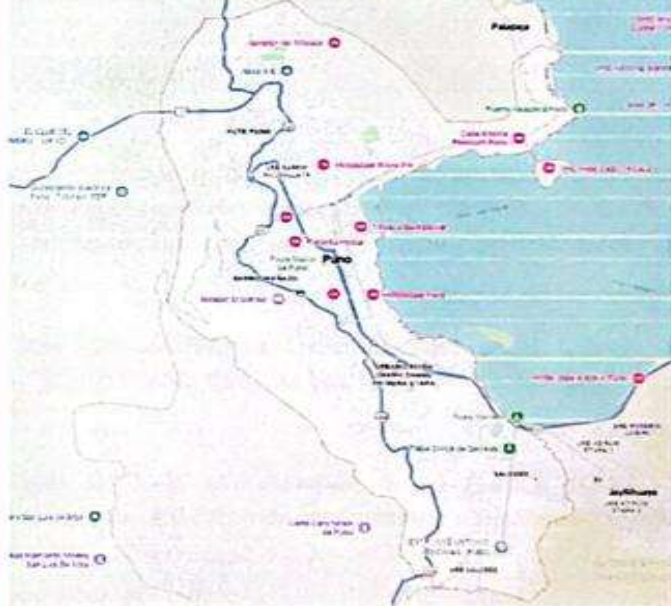
1%



Metadatos complementarios - UANCV



TITULO	
IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PUNO - 2025	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70162537
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-2908-3106
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres Y Apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres Y Apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02064066

Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Dirección: PUNO País: Perú Departamento: PUNO Provincia: PUNO Distrito: PUNO Coordenadas. Latitud: -15.84060 Longitud: -70.02202 https://maps.app.goo.gl/NKNYpvwyBjmGjqLm6 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2025 – Enero 2026
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01 Mecánica aplicada https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.02
- Librería	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. Fritz Wally Mancoske Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS, identificado con DNI
Nro. 70162537 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA MECATRÓNICA

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

IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN
INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO
PROGRAMABLE PUNO - 2025

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 26 de enero del 2026

Firma del Asesor (Obligatoria)

Firma (Obligatoria)

Huella



DEDICATORIA

A Dios por guiar mi camino.

A mis padres por darme la vida.

A mi familia por su apoyo.



AGRADECIMIENTO

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por ser mi casa de estudios superiores.

A mi asesor, por su tiempo y dedicación.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	1
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Explicación del problema de estudio.....	1
1.2. Formulación del planteamiento del problema	3
1.2.1. Pregunta general del estudio	3
1.2.2. Preguntas específicas del estudio.....	3
1.3. Justificaciones del estudio.....	3
1.3.1. Justificación teórica del estudio.....	3
1.3.2. Justificación práctica del estudio.....	4
1.3.3. Justificación metodológica del estudio	5
1.4. Objetivos del estudio	5
1.4.1. Objetivo general del estudio.....	5
1.4.2. Objetivos específicos del estudio	5
1.5. Importancias y alcances del estudio	6
1.6. Limitación del estudio.....	6
1.7. Hipótesis del estudio.....	6



1.7.1. Hipótesis general del estudio	6
1.7.2. Hipótesis específicas del estudio	6
1.8. Variables e indicadores del estudio.....	7
1.8.1. Operacionalización de las variables del estudio.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes del estudio	8
2.1.1. En medios internacionales para el estudio.....	8
2.1.2. En medios nacionales para el estudio.....	10
2.1.3. En medios locales para el estudio.....	12
2.2. Bases teóricas para el estudio	14
2.2.1. Calor.....	14
2.2.2. Transferencia de calor.....	15
2.2.3. Conducción	16
2.2.4. Convección	16
2.2.5. Radiación	17
2.2.6. Tipos de intercambiadores de calor	18
2.2.7. Motores de inducción trifásicos	25
2.2.8. Controladores Lógicos Programables	29
2.2.9. Estructura de un PLC.....	30
2.2.10. PLC SIEMENS S7-1200.....	31
2.2.11. Conexionado de las entradas y salidas E/S	34
2.2.12. Variadores de Velocidad AC	35
2.3. Marco conceptual para el estudio.....	36
2.3.1. Intercambiador de calor.....	36
2.3.2. Controlador Lógico Programable (PLC)	37



2.3.3. Variable de proceso	37
2.3.4. Setpoint (SP).....	37
2.3.5. PID (Proporcional–Integral–Derivativo).....	37
2.3.6. Actuador.....	37
2.3.7. Sensor de temperatura (RTD/Termopar)	38
2.3.8. Tiempo de establecimiento	38
2.3.9. IAE (Integral of Absolute Error)	38
2.3.10. Fouling (ensuciamiento)	38
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1. Enfoque de la investigación	39
3.2. Método aplicado del estudio	40
3.3. Tipo de investigación del estudio	41
3.4. Nivel de investigación del estudio	42
3.5. Diseño de investigación del estudio.....	43
3.6. Población y muestra del estudio.....	44
3.6.1. Población del estudio	44
3.6.2. Muestra del estudio	44
3.7. Técnica e instrumento de recolección de información del estudio	45
3.7.1. Técnica del estudio	45
3.7.2. Instrumentos del estudio	45
CAPÍTULO IV	47
RESULTADOS	47
4.1. Descripción, explicación y análisis de la información obtenida	47
4.1.1. Seleccionar los sensores de temperatura para un intercambiador de calor y puedan garantizar mediciones confiables y precisas.....	47
4.1.2. Integrar un sistema de monitoreo que permita la visualización en tiempo real el control de la temperatura automático de un intercambiador....	58



4.1.3. Pruebas.....	61
4.2. Discusión de resultados	68
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS.....	81
Anexo 01. Matriz de consistencia	82
Anexo 02. Matriz instrumental	84
Anexo 03. Panel fotográfico	85



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variable independiente.	7
Tabla 2. características de la pantalla.	29
Tabla 3. Criterios de evaluación.	48
Tabla 4. Resumen de la evaluación de los sensores	48
Tabla 5 Interpretación de Resultados por Nivel de Prueba	68
Tabla 6 Discusión de resultados	69



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismo de transferencia de calor entre dos fluidos	18
Figura 2 Intercambiador de calor de doble tubo.	19
Figura 3. Tipos principales de intercambiadores de calor de doble tubo y de carcasa	21
Figura 4. Intercambiador de placas	22
Figura 5. Intercambiador de flujos cruzados.	24
Figura 6. Motor trifásico de jaula de ardilla	26
Figura 7. Ventiladores centrífugos de alabes Rectos Radiales	28
Figura 8. Pantalla táctil KTP 700 marca Siemens	28
Figura 9. Esquema de un proceso controlado por PLC	30
Figura 10. Diagrama en bloques de la estructura de un PLC	31
Figura 11. PLC Simens S7-1200	32
Figura 12. Módulo de entradas analógicas SM 1231	34
Figura 13. Módulo de salidas analógicas SM 1232	35
Figura 14 Variador de velocidad Siemens V20	36
Figura 15. Diagrama de bloque.	49
Figura 16. Diagrama de la creación del algoritmo.	50



Figura 17. Diagrama con datos reales para 30 grados	51
Figura 18. Diagrama con datos reales para 40 grados.	52
Figura 19. Diagrama con datos reales para 50 grados.	53
Figura 20 Representación gráfica del sensor de temperatura	54
Figura 21. Lógica Ladder para el procesamiento de señales analógicas	55
Figura 22. Lógica de arranque y paro con enclavamiento en PLC	55
Figura 23. Escalamiento y Normalización de Entradas Analógicas	56
Figura 24. Implementación de Temporizador TON y Enclavamientos de Salidas Digitales	56
Figura 25. Configuración del Lazo de Control Cerrado (PID_Compact)	57
Figura 26. Lógica de Control de Actuadores y Lazos de Realimentación PID	57
Figura 27. Programación de Actuadores, Lazos de Control Cerrado	58
Figura 28. Creación de un proyecto nuevo	59
Figura 29. Configuración de la comunicación entre el software de monitoreo y el plc	59
Figura 30. Interfaz de diseño del panel de operador (HMI)	60
Figura 31. Interfaz Gráfica de Usuario (HMI) final para el Control Automático de Temperatura".	60
Figura 32. <i>Modulo completo para realizar las pruebas</i>	61



Figura 33. Primera prueba a set point 30°C	62
Figura 34. Comportamiento del PID en un set point de 30°C	62
Figura 35. Medición de temperatura de salida en el intercambiador de calor primera prueba	63
Figura 36. Segunda prueba a set point 40°C	64
Figura 37. Comportamiento del PID en un set point de 40°C	64
Figura 38. Medición de temperatura de salida en el intercambiador de calor segunda prueba	65
Figura 39. Tercera prueba en un set point 50°C	66
Figura 40. Comportamiento del PID en un set point de 50°C	66
Figura 41. Medición de temperatura de salida en el intercambiador de calor segunda prueba	67



ABREVIATURAS

H_1 - Hipótesis alternativa

H_0 - Hipótesis nula

PID. Proporcional-Integral-Derivativo

PLC. Controladores Lógicos Programables

RTD. Detector de Temperatura de Resistencia



RESUMEN

El presente estudio se realizó la implementación de un sistema de control automático de temperatura de lazo cerrado para un intercambiador de calor, utilizando un Controlador Lógico Programable. La investigación se estructuró para validar la arquitectura del sistema mediante tres fases de prueba bajo condiciones de carga térmica variable.

Se seleccionó una configuración de sensores con un rango operativo de 0-100 °C y un transmisor de señal analógica de 0-10 V DC. La precisión de la instrumentación fue validada mediante técnicas de comparación externa, donde las mediciones físicas en campo registraron valores de 0030, 0040 y 0050 grados centígrados respectivamente, demostrando una correlación directa con la señal procesada por el PLC y un error de estado estacionario despreciable.

Se desarrollo un algoritmo de control en lenguaje de contactos (Ladder) que integra un bloque de función PID. La lógica de programación, específicamente en el Segmento 9, permitió el tratamiento de variables en formato de punto flotante (Real) para realizar comparaciones precisas entre la variable de proceso de temperatura y el Set Point. El sistema demostró una respuesta dinámica estable al actuar sobre los elementos finales de control.

Se integró un sistema HMI mediante un panel TP700 Comfort, permitiendo el monitoreo y visualización en tiempo real del comportamiento térmico del equipo. La interfaz gráfica facilitó la supervisión de las temperaturas del intercambiador y de salida.

Palabras clave: Compatibilidad, control de temperatura, controlador lógico, intercambiador de calor.



ABSTRACT

This study implemented a closed-loop automatic temperature control system for a heat exchanger, utilizing a Programmable Logic Controller (PLC) as the central processing unit. The research was structured to validate the system architecture through three testing phases (30, 40, and 50 °C) under variable thermal load conditions.

A sensor configuration with an operating range of 0-100 °C and a 0-10 V DC analog signal transmitter was selected. Instrumentation accuracy was validated using external comparison techniques; field physical measurements recorded values of 0030, 0040, and 0050 degrees Celsius respectively, demonstrating a direct correlation with the signal processed by the PLC and a negligible steady-state error.

A control algorithm was developed in Ladder Logic, integrating a PID function block. The programming logic, specifically in Segment 9, enabled the processing of floating-point variables (Real) for precise comparisons between the process temperature and the Set Point.

The system demonstrated a stable dynamic response when acting upon the final control elements. Finally, an HMI system was integrated using a TP700 Comfort panel, allowing for real-time monitoring and visualization of the equipment's thermal behavior. The graphical interface facilitated the supervision of both the heat exchanger and outlet temperatures.

Keywords: Compatibility, temperature control, programmable logic controller, heat exchanger.



INTRODUCCIÓN

En el sector industrial contemporáneo, la eficiencia en los procesos de transferencia de calor es crítica para garantizar la calidad del producto y la optimización de recursos energéticos. Los intercambiadores de calor son componentes esenciales en diversas aplicaciones, desde la industria alimentaria hasta la petroquímica; sin embargo, su control manual o mediante sistemas rudimentarios suele derivar en inestabilidades térmicas y consumos excesivos. La presente investigación surge ante la necesidad de modernizar estos procesos mediante la automatización industrial. El problema central radica en la dificultad de mantener una temperatura de salida constante ante variaciones en el flujo o la carga térmica. Para solventar esto, se propone el diseño e implementación de un sistema de control automático de lazo cerrado utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual permite una respuesta rápida y precisa frente a las perturbaciones del entorno.

El estudio se enfoca en tres ejes fundamentales. Primero, la selección de instrumentación técnica adecuada, utilizando sensores PT100 con un rango de 0-100 °C y transmisión de 0-10V, asegurando que la adquisición de datos sea confiable y precisa. Segundo, el desarrollo de un algoritmo de control PID en lenguaje Ladder, capaz de procesar variables en tiempo real para estabilizar el sistema. Finalmente, la integración de una interfaz HMI TP700 Comfort para la supervisión y monitoreo, facilitando la interacción del operador con el proceso y permitiendo la visualización de datos históricos.

A través de pruebas experimentales a 30°C, 40°C y 50°C, esta investigación busca demostrar que la integración de hardware y software de



última generación no solo mejora la precisión operativa, sino que también garantiza la seguridad y la eficiencia del intercambiador de calor en condiciones reales de trabajo, para poder cumplir la investigación se tiene como la estructura principal del trabajo los siguiente.

Capítulo I: planteamiento de la problemática. En el presente capitulo se redacta los problemas que se presentan en el estudio, desde ámbito global al ámbito micro, indicando todos los problemas que se presentaron con respecto al tema de investigación, los pobladores de la localidad de Juliaca necesitan saber del por el pésimo servicio de agua potable en sus hogares.

Capítulo II: Marco Teórico. En episodio se recolecta las teorías referidas a nuestro tema de estudio, iniciado desde las variables, dimensiones e indicadores de investigación, con la finalidad de entender por teorías y realizar el procedimiento de investigación, así mismo se tiene el marco conceptual, donde se tiene los conceptos de términos desconocidos que se encuentran en la investigación.

Capítulo III: En este episodio, se presenta el detalle del procedimiento metodológico de investigación, es por ello que se detalla sobre el enfoque, diseño, nivel y tipo de investigación, así mismo se detalla el procesamiento de los datos estadísticos, hasta el punto de tener los resultados.

Capítulo IV: Resultados. En este episodio se detalla los datos finales que se tiene de acuerdo a cada uno de los objetivos de investigación, donde se tiene tablas y figuras con sus respectivas interpretaciones, esto con la finalidad de redactar las conclusiones de investigaciones y a través de ellas sus respectivas recomendaciones.



CAPÍTULO I

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Explicación del problema de estudio

En medio internaciones, se menciona al respecto del control de temperatura en procesos industrializados es un tema crítico, especialmente en sectores como la alimentación, petroquímica, farmacéutica y manufactura. El proceso de automatizar estos procedimientos por medio de tecnologías como el Controlador Lógico Programable (PLC) han venido demostrando se los más esenciales para garantizar la eficiencia, la precisión y la seguridad operativa. Sin embargo, en muchas regiones del mundo aún se observan sistemas de control obsoletos, lo que limita la competitividad de las industrias frente a los estándares globales de eficiencia energética y calidad de producto.

El principal problema a nivel internacional radica en la necesidad de actualizar los sistemas de control térmico con soluciones automatizadas que aseguren una operación estable, económica y conforme a normas técnicas internacionales. A pesar de los avances tecnológicos, la adopción de estas



tecnologías sigue siendo desigual, generando brechas de productividad y calidad en diferentes regiones.

A nivel nacional, En el contexto peruano, muchas pequeñas y medianas industrias (especialmente en regiones andinas y amazónicas) aún operan con tecnologías poco automatizadas o con sistemas de control manual, lo que genera ineficiencias en el uso de energía, pérdida de materia prima, variabilidad en la calidad del producto y mayores costos operativos.

Además, la falta de capacitación técnica, infraestructura moderna y acceso económico a sistemas automatizados como los PLCs, agrava el problema. A nivel académico y formativo, aún existen retos en las implementaciones de proyectos prácticos que integren las automatizaciones en los procedimientos térmicos, lo cual limita los desarrollos respecto a la competencia técnica en los educandos de ingeniería.

A nivel local, En la región de Puno, caracterizada por su altitud y condiciones climáticas extremas, los procesos industriales que requieren control térmico (como en plantas agroindustriales o laboratorios técnicos) enfrentan desafíos adicionales. Muchos equipos no cuentan con sistemas de control automático, lo que provoca fluctuaciones térmicas no deseadas que afectan las calidades de los productos o las eficiencias de los procesos.

Asimismo, los centros de educación técnicas y universidades de la región frecuentemente carecen de proyectos aplicados o infraestructura tecnológica que permita a los estudiantes desarrollar competencias en automatización industrial con PLCs. Esta falta de aplicación práctica en el entorno local limita la

innovación, el aprendizaje técnico y la vinculación con problemas reales de la industria regional.

1.2. Formulación del planteamiento del problema

1.2.1. Pregunta general del estudio

PG. ¿Cómo implementar de un control de temperatura automático para un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable Puno - 2025?

1.2.2. Preguntas específicas del estudio

PE1. ¿Cómo seleccionar los sensores de temperatura para un intercambiador de calor y puedan garantizar mediciones confiables y precisas?

PE2. ¿De qué manera se desarrolla un algoritmo de control que permita controlar la temperatura automático de un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable?

PE3. ¿Cómo Integrar un sistema de monitoreo que permita la visualización en tiempo real el control de la temperatura automático de un intercambiador?

1.3. Justificaciones del estudio

1.3.1. Justificación teórica del estudio

En cuanto a teorías, este tipo de estudios abarca automatizaciones industriales, control de procesos térmicos e instrumentación electrónica. Los controladores lógicos programables (PLC) se han establecido como una solución

confiable y adaptable para controlar automáticamente variables físicas (como la temperatura) en diversas industrias.

Además, el proyecto se basa en teorías de control retroalimentado, lógica programable y transferencia de calor. Estos marcos teóricos explican el comportamiento térmico del intercambiador de calor y cómo un sistema automatizado puede mantener condiciones operativas estables ante perturbaciones externas o internas.

También se basa en la teoría de control PID (Proporcional-Integral-Derivativo), muy utilizada para control de temperatura por minimizar el error y mejorar la respuesta del sistema.

1.3.2. Justificación práctica del estudio

En cuanto a lo práctico, esta tesis es de gran utilidad, ya que se pueden diseñar sistemas prácticos y funcionales de controles automáticos de temperatura, aplicables a procesos industriales, educativos y de laboratorio. El control manual de temperatura es susceptible a errores, fluctuaciones de calidad y mayor consumo energético; automatizarlo optimiza la eficiencia.

En el medio puneño, donde muchas instalaciones aún carecen de sistemas automatizados, este tipo de implementación ayuda a automatizar la infraestructura tecnológica, optimizar recursos y generar profesionales capacitados en tecnologías industriales actuales. Además, al emplear equipos accesibles como PLCs y sensores convencionales, se asegura que la solución sea replicable en otras instituciones o pequeñas industrias de la región.

1.3.3. Justificación metodológica del estudio

Metodológicamente, esta es una tesis cuantitativa, experimental y aplicada. Se construye un prototipo funcional, el cual permite visualizar y tomar medidas de variables físicas reales (temperatura de entrada y salida en el intercambiador de calor).

Se utiliza un diseño pre-experimental, en el cual se automatiza sistemas de controles automáticos y se compara su rendimiento con un sistema sin automatizar. Además, se utilizan herramientas como diagramas de bloques, programación ladder, sensores de temperatura (como PT100 o termopares) y dispositivos de interfaz para visualización en tiempo real.

La validación del sistema se realiza a través de pruebas prácticas que permitan evaluar la precisión, estabildades y tiempos de respuestas del sistema de control implementado.

1.4. Objetivos del estudio

1.4.1. Objetivo general del estudio

OG. Implementar un control de temperatura automático para un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable Puno – 2025

1.4.2. Objetivos específicos del estudio

OE1. Seleccionar los sensores de temperatura para un intercambiador de calor y puedan garantizar mediciones confiables y precisas.

OE2. Desarrollar un algoritmo de control que permita controlar la temperatura automático de un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable.

OE3. Integrar un sistema de monitoreo que permita la visualización en tiempo real el control de la temperatura automático de un intercambiador.

1.5. Importancias y alcances del estudio

1.6. Limitación del estudio

Delimitación del Tema

Con respecto relacional a la delimitación del tema de investigación, se tiene que esta investigación está delimitada y por la implementación del control de temperatura automático en un intercambiados de calor empleado controlador lógico programable.

1.7. Hipótesis del estudio

1.7.1. Hipótesis general del estudio

HG. La implementación de un control de temperatura automático mediante un controlador lógico programable (PLC) permitirá mejorar la precisión, confiabilidad y eficiencia del control térmico en un intercambiador de calor en Puno – 2025

1.7.2. Hipótesis específicas del estudio

HE1. La adecuada selección de sensores de temperatura permitirá obtener mediciones confiables y precisas en el intercambiador de calor.

HE2. El desarrollo e implementación de un algoritmo de control basado en un PLC permitirá regular de forma automática la temperatura del intercambiador de calor con eficiencia y estabilidad.

HE3. La integración de un sistema de monitoreo permitirá visualizar en tiempo real el comportamiento del sistema de control de temperatura, facilitando la supervisión y toma de decisiones.

1.8. Variables e indicadores del estudio

- Variable independiente: Control Automático mediante PLC
- Variable dependiente: Temperatura del Intercambiador de Calor

1.8.1. Operacionalización de las variables del estudio

Tabla 1

Operacionalización de variable independiente.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Variable Independiente: Control Automático mediante PLC (PID)	Configuración del Sistema	Valor de consigna (<i>Set Point</i>)	Grados Celsius (°C)
	Lógica de Control	Algoritmo de control PID (<i>START PID</i>)	Parámetros Kp, Ti, Td
	Señal de Mando	Salida analógica al actuador	Voltios (V) / Porcentaje (%)
	Respuesta Térmica	Temperatura de salida en tiempo real	Grados Celsius (°C)
Variable Dependiente: Temperatura del Intercambiador de Calor	Precisión del Sistema	Error de estado estacionario alcanzar el set point	Grados Celsius (°C)
	Visualización de Datos	Registro de datos en Panel HMI	Valor numérico / Tendencia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. *En medios internacionales para el estudio*

Lasso (2021) el objetivo de este estudio es verificar, por medio de simulaciones empleando uno de los complementos Flow Simulation del software Solidworks, el procedimiento de reducción de temperatura del agua empleando un intercambiador de temperatura de tubo y en la coraza que efectúa el intercambio de calor mediante convecciones. El fluido presenta temperaturas desde los 22 °C y 16 °C. La geometría empleada en el modelamiento de equipos facilita unas evaluaciones de la temperatura térmica de todo fluido que interactúan en el proceso de intercambio térmico. La implementación de baffles en el diseño contribuye a reducir la transferencia térmica localizada en la superficie del equipo, y a través de la simulación se puede evidenciar esta ventaja. El cálculo del valor normal de la transferencia de temperatura es de 236.18 kW. Sin embargo, los datos proporcionados a través del simulador indican que el tamaño apropiado para cada tubo interno es de 1 m y que las



eficiencias del intercambiador de calor son del 54.51 %. En consecuencia, la temperatura media obtenida tras realizar tres simulaciones es de 15.55 °C, lo que implica un error de 3.21 %.

Mahecha (2020), el objetivo en la presente investigación es la implementación de sistemas de controles automatizados en unos intercambiadores con tubo concreto que la Universidad Antonio Nariño posee, se integró unos lazos de controles para la regulación de temperaturas del agua de salida y unos lazos de controles para los accionamientos de actuador que participan en los sistemas. La exploración y estudio de los funcionamientos de los intercambiadores todo tubo concéntrico posibilita la caracterización teórica de las funciones de transferencias para la implementación de los sistemas de controles apropiados, así como su rápida reacción a fuerza externa de salidas, para su posterior implementación en las programaciones internas del Controlador Lógico Programable (PLC). Además, en el marco de esta investigación se diseñó cada tanque con un contenido de aguas frías y calientes, junto con los sistemas de tubos y cada punto de medición en la variable de temperaturas a intervenir. Estas variables pueden ser visualizadas tanto en tiempo real como gráficamente en las interfaces de usuarios en tiempos reales implementadas en el proyecto. En consecuencia, se instaura unos protocolos de comunicaciones industriales MODBUS-RTU, utilizando los estándares de comunicaciones RS-485, destinado al monitoreo y manipulaciones de la condición de cada variable de temperatura en grupo con todos los actuadores, con la pantalla HMI como plataforma maestra.

Gandur (2016), el propósito de este investigador fue realizar un diseño de e implementación de dos tipos de manipulaciones avanzadas, controles óptimos y controles robustos, aplicables a cada intercambiador: intercambiadores con formas de alas, intercambiadores de tipo casco y tubo, e intercambiadores tipos bayonetas. Esto se realiza con la finalidad de obtener datos que se alineen con cada expectativa asociadas a todo intercambiador de temperamento ya mencionadas con anterioridad. La implementación de cada código se realizará con los sistemas de controles distribuidos DeltaV. Las propuestas de investigaciones con denominación "Diseño de controladores avanzados para los procesos térmicos ubicados en el laboratorio de planta piloto" ha sido aprobada en la octava convocatoria interna de proyectos de investigación de la UNAB.

2.1.2. En medios nacionales para el estudio

Flores & Guzmán (2019) Este proyecto tiene como objetivo la implementación de unos sistemas de vapores en la Universidad Católica de Santa María, comenzando con equipamiento y modulo ya existentes (calderas pirotubulares, módulos de bancos de trampa y módulos de intercambiadores con presencia de calor en la placa) y incorporando unos módulos de intercambiadores de calor en las crazas junto con tubo para las expansiones de los sistemas de vapores. El proceso se inició estableciendo cada parámetro y condición operativa de nuestro sistema de vapor, para posteriormente llevar a cabo los mantenimientos y conexión de cada equipo y módulo previamente citados. Se llevó a cabo la fabricación de unos módulos de intercambios térmicos compuestos por corazas y de tuberías. Los diseños de equipos se realizaron con frases significativas lo siguiente: - Diseños térmicos, que permiten establecer la



dimensión de las tuberías y la cantidad de pasos, - Diseños Mecánicos, que determina cada material y el espesor de cada componente de los equipos. - Diseño Hidráulico que permite el cálculo de las caídas de presiones en los aparatos. Se proporcionaron directrices para todos los desarrollos, basadas en datos reales y experimentales, para los educandos de la Universidad Católica de Santa María, con el objetivo de reforzar el conocimiento de cada materia estudiada de los laboratorios de termofluidos de la mencionada institución. El fluido del calor, la temperatura, las convecciones, el calor específico, el intercambiador.

Morales (2008) en la actualidad, los sistemas de controles del intercambiador de calor de tubos concéntricos del Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios emplean unos controles On-Off, el cual no se alinea con unos procesos en la que intervienen vapores y líquidos. Estos sistemas de control presentan una limitación en la manipulación efectiva de las variables. Por lo tanto, se plantea las implementaciones de unos sistemas de controles contemporáneo, que incorporará un controlador PID de lazos cerrados y en los que se instalan equipamientos que controlan de alta precisión. Dado que la finalidad primordial es la implementación de dichos sistemas de controles, se adquirieron los dispositivos de controles requeridos para su instalación en los intercambiadores de calor. De equipo a otro disponibles se encuentran: unos transmisores de temperaturas de clase J, unas válvulas de controles equipada con posicionadores electroneumáticos y unos controladores lógicos programables. Para iniciar el uso de los equipos, se llevó a cabo unas calibraciones electrónicas de las mismas. Para este propósito, se utilizó un Calibrador Multiprocesos Fluke 725, que proporciona unas señales de entradas

y salidas de 4 a 20 mA respectivamente. Las respuestas de los equipos deben ser inmediatas. En los casos de los transmisores de temperaturas, 4 mA se refiere a una temperatura de 0°C y 20 mA a una temperatura de 100 °C. En el posicionador electroneumático, 4 mA se refiere a una posición completamente cerrada de la válvula, mientras que 20 mA se refiere a una posición completamente abierta de la válvula.

Asencios (2005), este estudio experimental expone la concepción de unos Sistemas de Controles Automáticos de intercambiadores de Calor en los Laboratorios de Operaciones Unitarias. Cada PID (Proporcional, Integral y Derivativo) de los sistemas de controles Automáticos se han adquirido tanto de manera analítica como experimental, utilizando los softwares MAT LAB y VERSAPRO de Controladores Lógicos Programables (PLC). Según cada hallazgo obtenido mediante MAT LAB, se determinan los PID ($P=10$, $I=5$ y $D=0.5$), mientras que al emplear los controladores lógicos programables en los lenguajes de programaciones ladder, se obtuvieron los PID ($P=5$, $I=1.2$ y $D=0.5$). los intercambiadores de calor del laboratorio de operaciones unitarios han sido identificado y supervisado mediante el software CIMPLICITY.

2.1.3. En medios locales para el estudio

Mayta & Tintaya (2018) En su disertación titulada "Diseño de un controlador PID - Difuso en la plataforma de LABVIEW para el control de niveles de agua aplicados en el laboratorio de control y automatización de la EPIME", señalan que en el contexto contemporáneo, la tecnología experimenta un progreso constante y los medios de los controles automáticos no son unas excepciones. En la actualidad, existe una demanda apremiante de sistemas



inteligentes para la gestión de procesos, que requieren tener más velocidad, exactos, eficaces y de coste reducido. En esta investigación se expone dos modalidades de controles fundamentadas en la supervisión de unas variables específicas (alturas o niveles de agua), en los laboratorios de controles de las Escuela Profesional de Ingeniería. La presente investigación se llevó en los periodos de los meses de noviembre de 2017 a noviembre de 2018. Posteriormente, se realizó un análisis detallado de todo tipo de controles para deducir e identificar unos sistemas de controles más eficaz, con unas respuestas más efectivas a las perturbaciones y un rendimiento superior en el proceso. Los propósitos de esta disertación académica son contrastar unos sistemas de controles PID simples con unos controladores PID difusos, realizar la simulación y obtener resultados. El enfoque adoptado en este estudio fue experimental. El análisis efectuado en este estudio se fundamenta en los parámetros siguientes: Duración de las indicaciones de salida. Se lleva a cabo mediante el análisis de los tiempos de respuestas, la elongación, los tiempos de subidas y los tiempos de retardos, las cuales son cuantificados en tiempos continuos. Conducta frente a alteraciones. El análisis se lleva a cabo mediante perturbaciones al sistema, aplicadas tanto a los controladores PID y al controlador PID difuso. Estos análisis se llevan a cabo contrastando la señal no perturbada con la señal perturbada, y las señales perturbadas con las señales de referencias.

2.2. Bases teóricas para el estudio

2.2.1. Calor

Çencel & Ghajar (2011), la definición de calor en el lenguaje técnico suele tener una similitud considerable con la definición de trabajo, por lo que se procederá a su definición de la siguiente manera:

Calidad: La transmisión de energía a través del límite de un sistema, que no puede ser identificada mediante una fuerza mecánica que opera a lo largo de una distancia determinada.

En un proceso específico, el calor se manifiesta cuando se observa una discrepancia de temperatura entre el sistema y sus áreas adyacentes. La orientación de la transición energética siempre se orienta hacia la región de temperatura más baja. El calor emanará de un sistema si su temperatura es superior a la de los sistemas adyacentes; en caso de que su temperatura sea inferior, el calor será absorbido por el sistema. [2]).

El símbolo Q designa el calor, mientras que q representa el calor por unidad de masa. En el sistema métrico antiguo, el término caloría se empleaba para caracterizar el calor, la cual se define como:

CALORIE: Se refiere al volumen de calor necesario para incrementar un grado de temperatura de un gramo de agua a 4°C .

Frecuentemente se emplea la kilocaloría, que equivale a 1000 calorías, para caracterizar la energía vinculada a los alimentos.

La relación entre la caloría y la unidad de energía, el joule, se establece mediante el factor de conversión $4,1868 \text{ J} = 1$. Dado que el Sistema Internacional de Unidades (SI) no emplea la caloría como unidad propia, en los cálculos asociados se emplearán Joules o kilojoules para caracterizar la unidad térmica.

2.2.2. Transferencia de calor

Moncada (2021), la transmisión de energía puede efectuarse entre dos ubicaciones a través del transporte térmico, lo cual requiere que estos puntos se encuentren a temperaturas diferenciadas. Las dos posiciones podrían situarse en diversas secciones del mismo elemento o en cuerpos distintos. La dirección invariable del flujo de energía térmica se orienta desde el punto (o cuerpo) de alta temperatura, también denominado fuente, hacia el punto (o cuerpo) de baja temperatura, también denominado receptor.

La transmisión térmica desde un punto de origen hasta un receptor puede llevarse a cabo mediante mecanismos como la conducción, la convección o la radiación. En una amplia gama de circunstancias, la transmisión se materializa mediante la combinación de dos o más de estos mecanismos. Cuando la velocidad de transferencia de calor permanece invariable y no sufre fluctuaciones temporales, se define el flujo de calor como estacionario; en contraposición, se identifica un estado no estacionario cuando la velocidad de transferencia de calor en cualquier punto experimenta fluctuaciones temporales. Las operaciones industriales que conllevan la transferencia de calor se llevan a cabo bajo condiciones de estado estacionario. Sin embargo, se evidencian las condiciones de estado no estacionario en los procesos conocidos como "batch",

en el enfriamiento y calentamiento de materiales como metales o vidrio, así como en ciertos tipos de procesos de regeneración y activación.

2.2.3. Conducción

Moncada (2021), la conducción se distingue por la transmisión de calor a través de un material inalterable. La velocidad del flujo térmico a través de la conducción es proporcional al espacio disponible para la transferencia de calor y al gradiente de temperatura orientado hacia el flujo térmico.

La conductividad térmica es una propiedad intrínseca de cualquier material dado, cuyo valor debe ser determinado a través de experimentación. En el caso de los sólidos, la incidencia de la temperatura en la conductividad térmica es relativamente insignificante a temperaturas normales. Dado que la conductividad manifiesta fluctuaciones aproximadamente lineales en relación con la temperatura, se pueden efectuar estimaciones de diseño pertinentes, basándose en un valor promedio de conductividad térmica basado en el promedio aritmético de temperatura de un material particular.

2.2.4. Convección

Moncada (2021) Se denomina transferencia térmica por convección a la combinación física de componentes fríos y calientes de un fluido. El mezclado puede surgir debido a discrepancias en la densidad, tal como se manifiesta en la convección natural, o como resultado de la inducción mecánica o agitación, tal como se evidencia en la convección forzada.

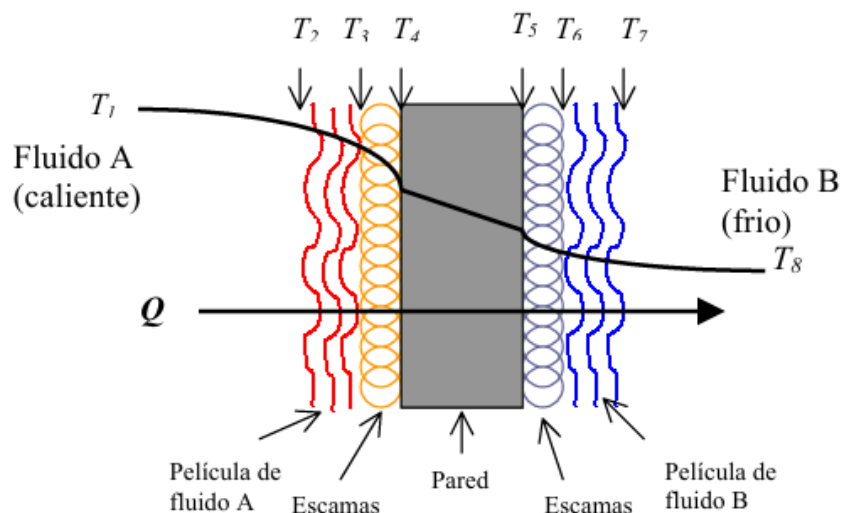


2.2.5. Radiación

Moncada (2021), la radiación se define como la transmisión de energía radiante desde una fuente hacia un receptor, sin la presencia de moléculas de otra sustancia. Fundamentándose en la Segunda Ley de la Termodinámica, se expone la siguiente propuesta:

La emisividad se encuentra determinada por las características de la superficie emisora y, al igual que la conductividad térmica y el coeficiente de transferencia de calor, puede ser establecida a través de experimentación. El receptor absorbe la energía radiante, mientras que una proporción puede ser reflejada. Además, el receptor desempeña un papel de fuente. Posee la habilidad para generar energía radiante. Transmisión térmica entre dos fluidos

Moncada (2021), la transferencia térmica entre los fluidos es un elemento esencial en la mayoría de los procesos químicos. Los aparatos designados específicamente para este objetivo son los intercambiadores de calor. El concepto de intercambiador se aplica a cualquier tipo de aparato en el que se efectúa un intercambio térmico; no obstante, su uso frecuente se limita a denotar dispositivos que facilitan el intercambio térmico entre corrientes de proceso.

Figura 1.*Mecanismo de transferencia de calor entre dos fluidos*

Como se evidencia en la imagen, con el objetivo de facilitar la transferencia de calor entre dos fluidos sin provocar una mezcla, estos deben estar separados por una pared de material con elevada conductividad térmica.

2.2.6. Tipos de intercambiadores de calor

Montes , Muñoz, & Rovira (2014), los intercambiadores de calor se categorizan en función de la disposición del flujo y el tipo de construcción. Según el criterio del nivel de interacción entre los dos medios de transmisión de energía, se logra una comprensión más profunda de las propiedades de cada uno de ellos, así como las aplicaciones en las que su disposición puede ser optimizada.

- Tubos de diseño doble o tubos concéntricos

Los intercambiadores de doble tubo o concéntricos son aparatos en los que la transferencia térmica entre dos fluidos se efectúa mediante una superficie plana o cilíndrica, sin que se manifieste un contacto directo o una integración de los dos fluidos. El intercambio más sencillo observable es aquel en el que los

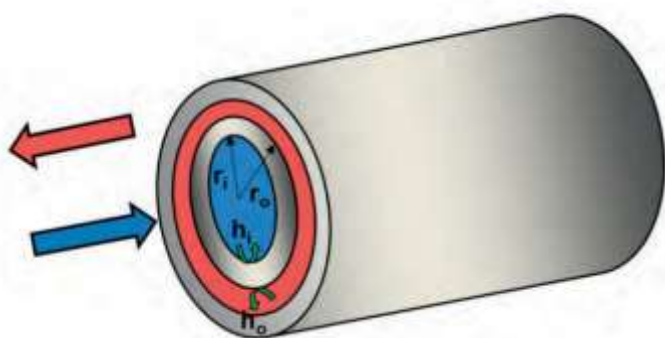
fluidos caliente y frío se desplazan en la misma dirección o en las direcciones contrarias en una estructura de tubos concéntricos.

Este tipo de intercambiador, en términos de su estructura, consta de dos tubos de diámetros diferenciados. Uno de los fluidos se desplaza a través del interior del tubo de menor diámetro, mientras que el segundo fluido se desplaza a través del espacio resultante entre los dos tubos. Esta disposición se revela adecuada para fluidos sometidos a presiones elevadas, dado que permite la producción de tubos con una mayor resistencia y diámetros reducidos en comparación con otras configuraciones de intercambiadores.

Este tipo de configuración de doble tubo se utiliza habitualmente cuando la superficie total requerida para la transferencia de calor es inferior a cincuenta metros cuadrados. Sin embargo, es habitual emplear tubos con aletas para optimizar la transferencia térmica.

Figura 2

Intercambiador de calor de doble tubo.



- Intercambiador de calor multitubular o de carcasa y tubos

Los intercambiadores de calor de carcasa y tubos se distinguen por ser un conjunto de tubos dispuestos en una carcasa cerrada, de tal forma que un

fluido circula a través de su interior, mientras que el otro se desplaza a través del espacio existente entre el exterior de los tubos y la carcasa.

La carcasa incorpora una serie de placas deflectoras perpendiculares al flujo de tubos, las cuales desempeñan una función bifuncional:

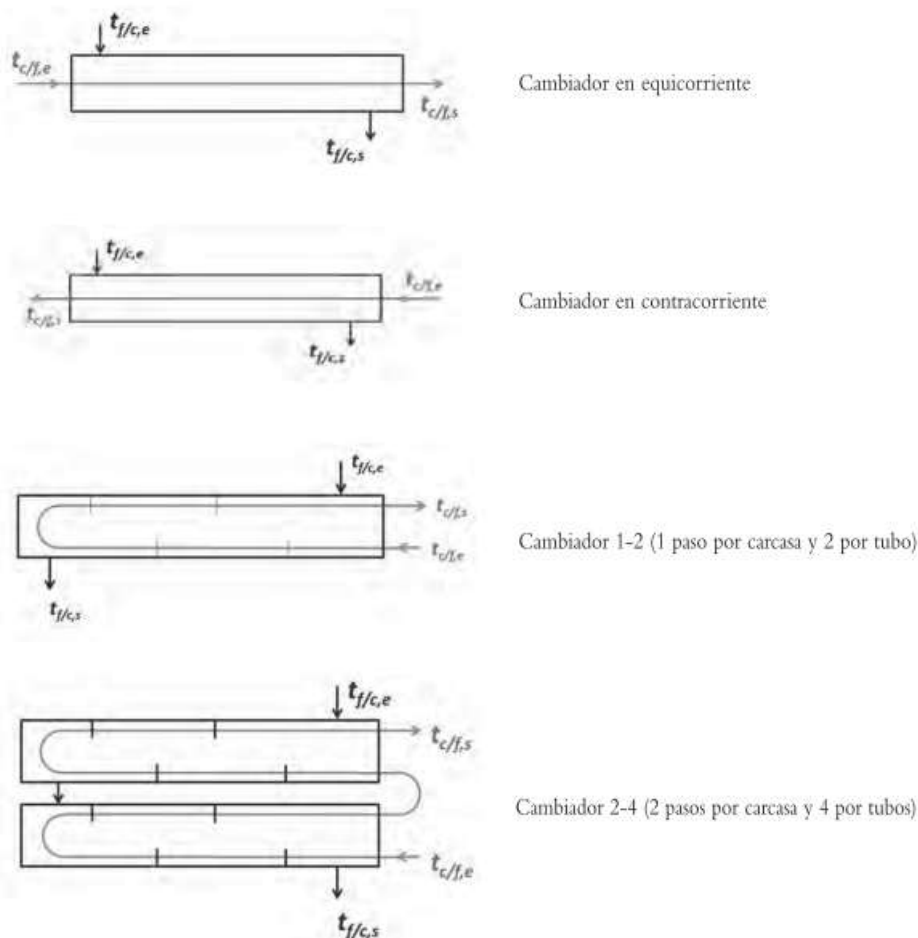
1. Es imperativo mantener los tubos en la posición apropiada durante el procedimiento operativo, para prevenir vibraciones derivadas de inestabilidades de flujo.
2. Dirigir el fluido a lo largo de la carcasa con el objetivo de asegurar una distribución óptima del mismo y alinearse lo más posible con las propiedades del flujo cruzado.

Estos intercambiadores tienden a ser clasificados en base a la cantidad de veces que cada fluido atraviesa dicho sistema. Cada uno de estos trayectos se designa como paso, lo que facilita la concepción de cambiadores que varían entre un paso por carcasa y uno por tubos; dos pasos por carcasa y cuatro por tubos, entre otros.

La documentación condensa las categorías más frecuentemente empleadas de intercambiadores de carcasa y tubos, incluyendo la configuración en doble tubo como el caso más básico. Esta clasificación determina el coeficiente de corrección a implementar en el cálculo de la diferencia entre temperaturas logarítmicas medias.

Figura 3.

Tipos principales de intercambiadores de calor de doble tubo y de carcasa



– Intercambiador de calor de placas

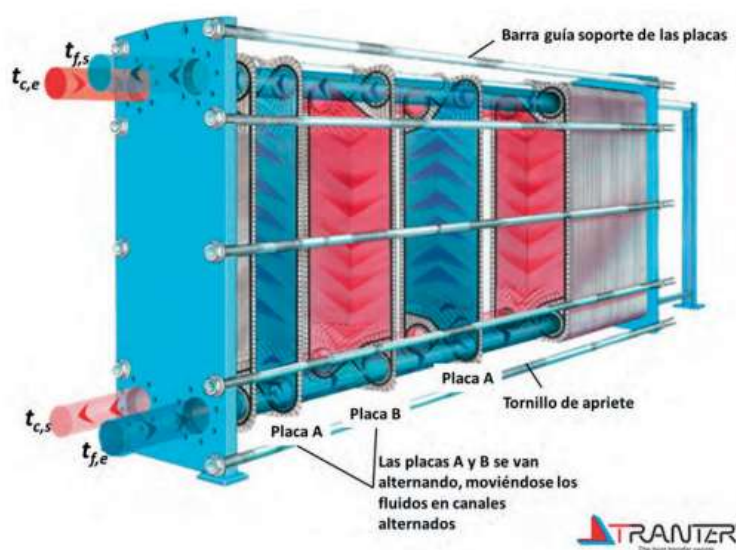
Los intercambiadores de placas consisten en un conjunto de placas metálicas de forma rectangular, que se unen mutuamente en un bastidor metálico y se mantienen firmes mediante tornillos laterales.

Cada lámina metálica exhibe un patrón ondulatorio que produce una secuencia de corrugaciones a través de las cuales el fluido circula. Estas corrugaciones desempeñan una función trifuncional:

1. La transferencia de calor se optimiza mediante el incremento de la superficie de intercambio y la turbulencia.
2. En segundo lugar, se alcanza una rigidez incrementada de la placa y se proporciona un apoyo mecánico al conjunto de placas mediante los diversos puntos de contacto.
3. Finalmente, preservan la separación entre ellas.

La Figura 4 representa un cambiador de este tipo, permitiendo además observar la circulación del fluido.

Figura 4.
Intercambiador de placas



El fluido de temperatura alta, ilustrado en rojo, penetra a través del segmento superior, mientras que el fluido de temperatura baja, ilustrado en azul, lo atraviesa a través del segmento inferior. Estos fluidos se transmiten a través de las placas de conformación corrugada.

Se establece un canal de circulación mediante la utilización de dos placas. La totalidad del flujo de fluido se segmenta en fracciones equivalentes a la

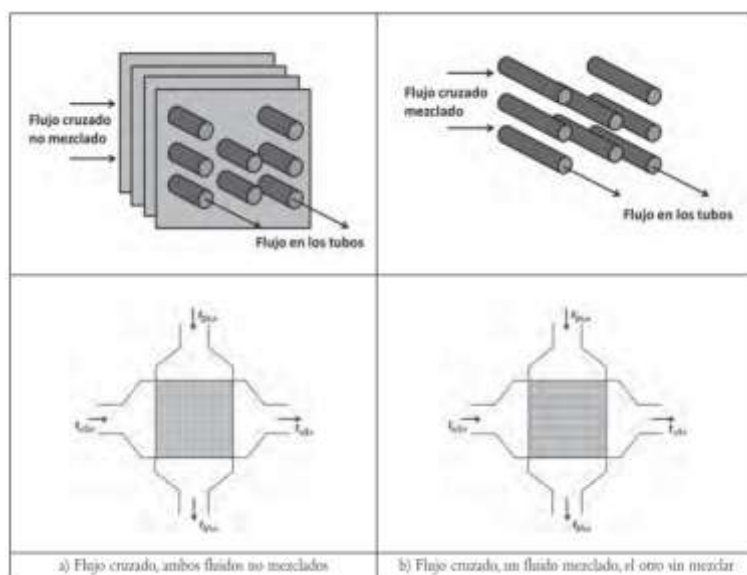
cantidad de placas presentes en el intercambiador. En cada canal, el fluido se segmenta de manera proporcional a la cantidad de subcanales que constituyen las corrugaciones. En consecuencia, se alcanza un aumento en la velocidad y la turbulencia del fluido. Al concluir cada placa, esta alcanza su temperatura final, lo que sugiere que el intercambio térmico se lleva a cabo de forma integral y casi simultánea en cada canal de circulación.

- Intercambiador de calor de flujos cruzados

Los intercambiadores de calor de flujos cruzados se distinguen por la generación de un ángulo espacial entre dos corrientes fluidas; de manera general, ambas corrientes son perpendiculares.

La configuración de los intercambiadores de flujos cruzados usualmente conlleva un conducto tubular a través del cual se transporta uno de los fluidos, comúnmente un líquido, mientras que el otro fluido, comúnmente un gas, se desplaza hacia el exterior, estableciendo un ángulo específico con los conductos. La Figura 5 representa de manera visual la circulación de los fluidos en un cambiador de flujos cruzados, acompañada de su representación esquemática.

Figura 5.
Intercambiador de flujos cruzados.



Las dos configuraciones representadas en la Figura 5.6 fluctúan en función de la presencia o ausencia de aletas en los tubos, factor que determina la mezcla del fluido exterior.

Dentro de la Figura 5. El fluido no se halla en estado de mezcla dado que las aletas impiden la circulación en dirección longitudinal hacia los tubos (y), es decir, en dirección transversal hacia la corriente principal del fluido exterior (x). En el contexto actual, la temperatura del fluido sufre fluctuaciones en ambas direcciones.

Dentro de la Figura 5. El fluido se mezcla transversalmente al flujo principal externo, sin la existencia de aletas que impidan su desplazamiento. Por lo tanto, la variación térmica se circunscribe exclusivamente a la dirección de la corriente principal (x).

2.2.7. Motores de inducción trifásicos

El motor trifásico de inducción, también denominado motor asíncrono, es en la actualidad el motor eléctrico predominante en las aplicaciones industriales, particularmente el motor con rotor de jaula de ardilla.

2.2.7.1. Principios de funcionamiento

La sección trifásica del motor de inducción se compone de un bastidor o estator fijo, un bobinado trifásico alimentado por una red eléctrica trifásica y un rotor giratorio. La vinculación eléctrica entre el estator y el rotor es nula. Las corrientes en el rotor son inducidas desde el estator a través del entrehierro. Tanto el estator como el rotor se producen a partir de una lámina de núcleo de alta magnetización, que garantiza la ausencia de pérdidas debido a corrientes de Foucault e histéresis disminuidas.

2.2.7.2. Estator

El bobinado del estator se constituye de tres bobinados individuales superpuestos que se declan mediante un ángulo eléctrico de 120° . Al establecer una conexión con la fuente de energía, la corriente de entrada magnetiza inicialmente al estator. La corriente de magnetización genera un campo rotatorio que se mueve a la velocidad de los correspondientes sincronismos.

2.2.7.3. Rotor

En los motores de inducción que emplean un rotor de jaula de ardilla, este consta de un bloque laminar de núcleo de rotor de forma cilíndrica y ranurado,

equipado con barras de aluminio unidas por delante con anillas para formar una jaula cerrada.

En determinadas circunstancias, el rotor de los motores trifásicos es denominado rotor. Este concepto proviene de la disposición de ancla que exhibían los rotores de los primeros dispositivos eléctricos. En un aparato eléctrico, la acción de bobinado del rotor es propulsada por el campo magnético, mientras que, en los motores trifásicos, esta función es asumida por los rotores.

Figura 6.

Motor trifásico de jaula de ardilla



2.2.7.4. Ventilador

(Bohl, 1983) El ventilador constituye una turbomáquina de flujo cuasi-incompresible cuyo propósito es proporcionar un incremento energético a un volumen específico de gas, mezcla de gas, aire o mezcla bifásica solido-gas, con el fin de transportarlo de un lugar a otro dentro de un sistema preconfigurado.

Los ventiladores se utilizan primordialmente para producir un flujo de gases de un lugar a otro; puede que la conducción del gas propio sea la principal función, pero en numerosas circunstancias, el gas se desempeña exclusivamente como medio de transporte de calor, humedad, entre otros, o de material sólido, como cenizas y polvos, entre otros.



La distinción entre los ventiladores y los compresores es notable. El objetivo primordial de los ventiladores radica en la circulación de un flujo de gas, a menudo en volúmenes considerables, pero a presiones reducidas; en contraste con los compresores, cuyo diseño se enfoca primordialmente en la generación de presiones elevadas y flujos de gas relativamente pequeños.

Dentro del marco de los ventiladores, la elevación de presión tiende a ser tan insignificante en comparación con la presión absoluta del gas, que la densidad del mismo puede ser percibida inalterada durante el proceso operativo. En consecuencia, el gas se percibe como incompresible, una percepción que guarda similitudes con el comportamiento de un líquido. Por lo tanto, inicialmente, no se establece una diferenciación entre el funcionamiento de un ventilador y de una bomba de construcción análoga, lo que sugiere que, desde una perspectiva matemática, ambos pueden ser tratados de manera similar.

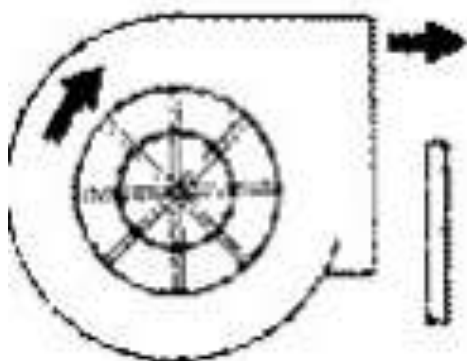
Ventiladores centrífugos.

Bohl (1983), el ventilador centrífugo con rodete con álabes rectos radiales es el más sencillo y de menor rendimiento. Se distingue por su elevada resistencia mecánica y por la facilidad de reparación del rodete.

Se emplea predominantemente en instalaciones industriales para la manipulación de materiales. La superficie puede ser revestida con revestimientos especializados que previenen el desgaste.

Figura 7.

Ventiladores centrífugos de alabes Rectos Radiales

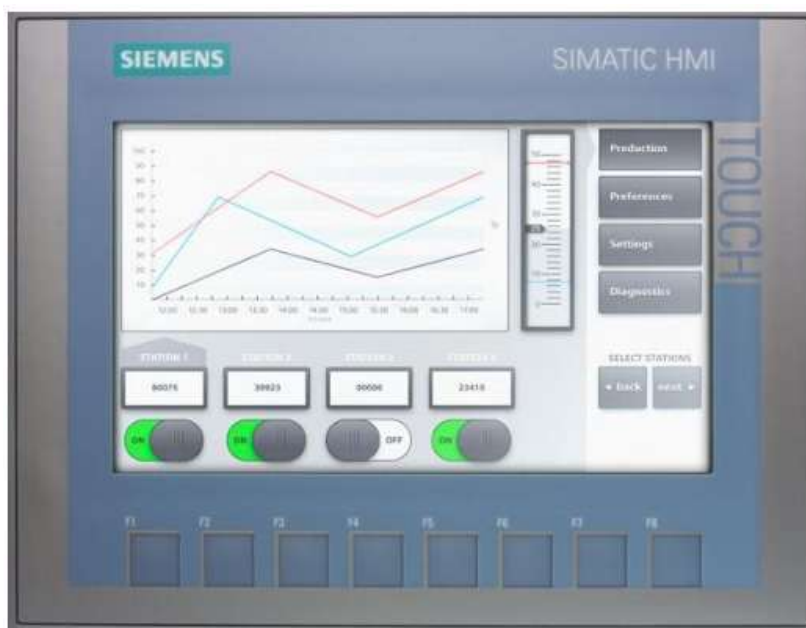


2.2.7.5. Pantalla táctil Siemens KTP 700 Basic

La Figura 8 presenta una representación de la pantalla táctil de 7 pulgadas de Siemens. La pantalla satisface los criterios generales del sistema, ya que cuenta con una conexión Ethernet con el controlador S7 1200 seleccionado, facilitando así la adaptación de la pantalla al sistema en general.

Figura 8.

Pantalla táctil KTP 700 marca Siemens



Nota. Tomado de (Cooperates et al., 2018).

En la Tabla 2 se presentan las características generales de la pantalla táctil KTP 700.

Tabla 2.
características de la pantalla.

Función	Característica
Área activa de la pantalla	154,1 x 85,9 mm (7")
Resolución	800 x 480 píxeles
Ethernet	10/100 Mbits/s
Tensión nominal	+24 V DC
Consumo de potencia	5,5 W

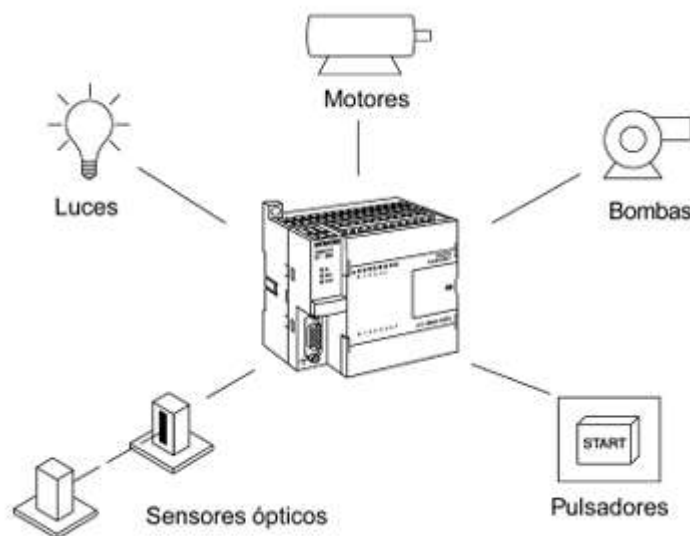
2.2.8. Controladores Lógicos Programables

En el ámbito industrial, la mayoría de los procesos se categorizan como discontinuos o discretos, y para su regulación pueden emplearse sistemas fundamentados en microcontroladores. Los controladores lógicos programables, también conocidos como autómatas programables, se emplean con mayor frecuencia.

Un Controlador Lógico Programable, también conocido como PLC, es un aparato electrónico que se basa en microcontroladores o microprocesadores. Su estructura modular, su capacidad de programación en lenguaje no computacional y su diseño están orientados a la gestión en tiempo real y en contextos industriales de procesos que manifiestan una evolución secuencial (Romera et al., 1994).

Un sistema constituido por el proceso y el controlador lógico programable responsable de su gestión se ilustra en la siguiente representación gráfica.

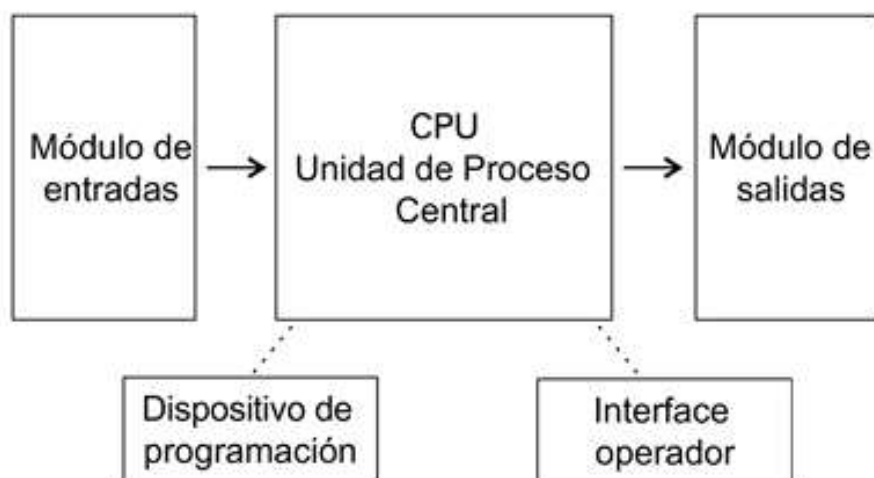
Figura 9.
Esquema de un proceso controlado por PLC



El software de usuario procesa la información tanto del proceso como de los estados anteriores y, en consonancia con el algoritmo que ha implementado, determina las medidas que el controlador lógico debe adoptar en relación con dicho proceso. Las señales recibidas por los actuadores se denominan variables externas de salida, mientras que las señales generadas por los sensores se identifican como variables externas de entrada.

2.2.9. Estructura de un PLC

El autómata programable puede ser definido como un conjunto de bloques que, tanto en su asociación como en su comunicación, exhiben una estructura análoga a la de un sistema informático. El gráfico ilustra los componentes esenciales de un Controlador Lógico Programable (PLC):

Figura 10.*Diagrama en bloques de la estructura de un PLC*

2.2.10. PLC SIEMENS S7-1200

(Maldonado, 2015) El Controlador Lógico Programable (PLC-S7-1200) constituye el modelo más reciente dentro de una serie de controladores SIMATIC, desarrollados por SIMENS. El controlador lógico compacto S7-1200 constituye el modelo óptimo para sistemas de automatización de pequeña escala que requieren funciones lógicas, sean estas de carácter sencillo o avanzado, interfaces de usuario (HMI) o redes.

Los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para la administración de tareas de naturaleza sencilla.

Figura 11.
PLC Simens S7-1200



2.2.10.1. Ventajas e inconvenientes del PLC

Ventajas

Las condiciones ventajosas que ofrece un Controlador Lógico Programable son las siguientes:

1. La reducción del tiempo invertido en la formulación de proyectos se debe a:
 - No se requiere la representación gráfica del esquema de contactos.
 - La simplificación de ecuaciones lógicas no resulta imprescindible, dado que, en términos generales, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente amplia.
 - La lista de materiales se reduce considerablemente, y al formular el presupuesto correspondiente, se elimina una porción del desafío que

implica la presencia de diversos proveedores, variados plazos de entrega, entre otros factores.

2. Posibilidad de implementar modificaciones sin alterar el cableado ni incorporar componentes adicionales.

Equipos.

3. Minimización del espacio laboral.
4. Reducción del costo de mano de obra asociado a la instalación.
5. Economía de la conservación. Además de incrementar la confiabilidad del sistema mediante la eliminación de contactos móviles, estos autómatas poseen la capacidad de identificar e señalar fallos.
6. Posibilitación de controlar múltiples máquinas mediante un solo autómata.
7. Reducción del tiempo requerido para la implementación del proceso debido a la disminución en el tiempo de cableado.
8. En caso de que la máquina sea desactivada, el autómata continúa siendo funcional para otra máquina o sistema de producción.

2.2.10.2. Inconvenientes del PLC

Primordialmente, se puede mencionar la ausencia de un programador, lo que requiere la capacitación del personal en dicha área.

No obstante, existe un elemento crucial adicional, conocido como el costo inicial, que puede o no representar un obstáculo, dependiendo de las particularidades del automatismo en estudio. En vista de que el Controlador

Lógico Programable (PLC) ofrece un espacio amplio entre la lógica cableada y el microprocesador, resulta imprescindible que el proyectista comprenda tanto su amplitud como sus limitaciones.

En consecuencia, a pesar de que el coste inicial debe ser considerado al tomar una decisión por uno o por otro sistema, resulta esencial examinar todos los demás factores para garantizar una decisión precisa.

2.2.11. *Conexionado de las entradas y salidas E/S*

– Entradas

(Maldonado, 2015) La relevancia del entendimiento de las entradas del autómatas puede ser completamente entendida, si se reconoce que las salidas a los actuadores y, por ende, el estado de reposo o actividad de los elementos vinculados a ellas serán determinadas por el programa implementado y el estado de las entradas.

Figura 12.
Módulo de entradas analógicas SM 1231



– Salidas

(Maldonado, 2015) La importancia de comprender las entradas del autómatas puede ser plenamente comprendida, si se admite que las salidas a los actuadores y, por ende, el estado de reposo o actividad de los elementos asociados a estas serán determinados por el programa implementado y el estado de las entradas.

Figura 13.

Módulo de salidas analógicas SM 1232



2.2.12. Variadores de Velocidad AC

Los variadores de velocidad representan aparatos electrónicos capaces de modificar la velocidad y el torque de los motores asíncronos, a través de la transformación de las magnitudes constantes de frecuencia y tensión de red en variables.

Los variadores de velocidad se diseñan para funcionar con una gama diversa de motores asíncronos de rotor jaula. El motor no debería superar la tensión de la red.

Figura 14
Variador de velocidad Siemens V20



Sensor pt 100

Un Pt100 constituye un aparato destinado a la medición de temperatura. Este cable de platino exhibe una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C.

La elevación de la resistencia no es lineal, sino incremental y característico del platino, facilitando de este modo la determinación precisa de la temperatura correspondiente mediante tablas.

2.3. Marco conceptual para el estudio

2.3.1. Intercambiador de calor

Aparato empleado para la transmisión de energía térmica entre dos fluidos de distintas temperaturas, sin que exista mezcla entre ambos. La configuración puede variar entre corazas y tubos, placas o espiral, en función de la aplicación en el ámbito industrial.

2.3.2. Controlador Lógico Programable (PLC)

Aparato electrónico concebido para la automatización de procesos en el sector industrial. Se programa a través de lenguajes de programación como El Diagrama de Ladder o el Block de Función, permitiendo el control de variables como la temperatura, la presión o el flujo en tiempo real.

2.3.3. Variable de proceso

Unidad física que se pretende gestionar dentro de un sistema. En el presente escenario, la variable predominante es la temperatura de salida del fluido en el intercambiador térmico.

2.3.4. Setpoint (SP)

Valor de referencia definido como meta en el sistema de control. El controlador calibra las señales de salida de tal manera que la variable de proceso se mantenga en una proximidad máxima a este valor.

2.3.5. PID (Proporcional–Integral–Derivativo)

Sistema de control ampliamente implementado en el sector industrial. Incorpora tres acciones: proporcional (rectifica el error presente), integral (rectifica errores acumulados) y derivativa (predicia modificaciones futuras), lo que resulta en estabilidad y precisión en el sistema.

2.3.6. Actuador

Aparato que lleva a cabo la acción de control transmitida por el Controlador Lógico Programable (PLC). En un sistema de intercambio térmico,

puede ser una válvula reguladora de caudal o una bomba encargada de regular el flujo de fluido caliente o frío.

2.3.7. Sensor de temperatura (RTD/Termopar)

Elemento de medición que convierte la temperatura en una señal eléctrica. Los RTD (Resistance Temperature Detector) ofrecen alta precisión, mientras que los termopares son más resistentes y económicos.

2.3.8. Tiempo de establecimiento

Se refiere al rendimiento del sistema de control. Denota el período requerido para que la variable de proceso alcance y permanezca dentro de un intervalo cercano al setpoint tras una perturbación.

2.3.9. IAE (Integral of Absolute Error)

Criterio matemático para evaluar la calidad del control. Calcula la suma de los errores absolutos en el tiempo, permitiendo comparar diferentes configuraciones de control.

2.3.10. Fouling (ensuciamiento)

Fenómeno que ocurre en los intercambiadores de calor cuando se acumulan depósitos en las superficies de transferencia térmica. Esto reduce la eficiencia del sistema y afecta la respuesta del control automático.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

Cuantitativo

La investigación cuantitativa en ingeniería es un tipo de metodología que implica la recopilación y el análisis de datos numéricos para comprender y mejorar los fenómenos de ingeniería. Este tipo de investigación puede usarse para modelar sistemas, probar hipótesis, medir variables físicas o estructurales y tomar decisiones informadas usando estadísticas, simulaciones por computadora y experimentación controlada. Busca producir resultados replicables y exactos que apoyen el diseño, mejora o innovación de soluciones de ingeniería con base científica (Arias F. , 2012)

Se utilizará un enfoque de investigación cuantitativa, recolectando y analizando datos numéricos para verificar la efectividad del sistema de control. Se medirán variables como temperatura de salida, tiempo de respuesta del controlador, error en régimen estacionario, señal de control en miliamperios y

estabilidad ante perturbaciones de caudal. Estos datos se tomarán mediante sensores RTD conectados al PLC y se registrarán en intervalos de tiempo definidos para garantizar la trazabilidad. Luego, técnicas estadísticas descriptivas y comparativas verificarán el cumplimiento de criterios de exactitud ($\text{error} \leq \pm 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$), robustez (recuperación $< 3 \text{ s}$) y seguridad (alarmas en situaciones críticas). De este modo, la metodología cuantitativa hará posible convertir las observaciones experimentales en evidencia empírica, verificable y reproducible, asegurando que las conclusiones sobre el desempeño del sistema se basen en resultados medibles y confiables, susceptibles de ser aplicados en las industrias locales de la región Puno.

3.2. Método aplicado del estudio

Deductivo

La investigación deductiva en ingeniería es un proceso que parte de teorías, leyes o modelos existentes para analizarlos y resolver problemas de ingeniería. Por medio de este proceso se hacen hipótesis de conocimientos generales y se aplican a casos particulares para probar su validez o crear soluciones específicas. Este tipo de investigación es una forma de estructurar el análisis de sistemas, procesos o infraestructuras de manera lógica y sistemática para apoyar la toma de decisiones basada en evidencia científica y técnica (Dávila, 2006).

Se utilizará un enfoque deductivo, partiendo de leyes generales de control automático e instrumentación industrial para obtener resultados particulares del sistema desarrollado. Se considerará que, bajo las leyes de la termodinámica y control PID, un intercambiador de calor puede mantener su temperatura dentro

de ciertos límites si se conecta un PLC con sensores apropiados y algoritmos de control. Basado en este marco teórico, se desarrollará un modelo experimental para verificar estas hipótesis en condiciones reales de laboratorio, tomando medidas como tiempo de respuesta, error estacionario y estabilidad ante perturbaciones. De esta manera, la metodología deductiva verificará cómo los principios generales del control automático se manifiestan en la práctica del sistema diseñado, garantizando que las conclusiones se basen en la teoría y se verifiquen experimentalmente.

3.3. Tipo de investigación del estudio

Aplicada

La investigación aplicada en ingeniería busca resolver problemas específicos utilizando conocimientos científicos y tecnológicos existentes. Busca aplicar teorías, modelos y principios para desarrollar soluciones prácticas que mejoren procesos, optimicen recursos o innoven en el diseño y funcionamiento de sistemas técnicos. Este tipo de investigación está ligada a la realidad operativa, pues busca generar resultados aplicables que transformen la industria, la infraestructura o la sociedad (Tamayo, 2004)

Se utilizará una investigación aplicada, la cual busca resolver un problema práctico en el campo de la ingeniería de control y automatización. El enfoque hará posible llevar los principios teóricos de control PID e instrumentación industrial a un sistema real diseñado y probado en laboratorio para mejorar la eficiencia y confiabilidad de la transferencia de calor. Se utilizará un PLC Siemens S7-1200, sensores RTD y actuadores proporcionales, analizando variables como tiempo de respuesta, error estacionario y estabilidad ante

perturbaciones. Los resultados serán interpretados para verificar la efectividad del sistema y crear un modelo reproducible y escalable a aplicaciones industriales en la región de Puno, desarrollando la tecnología local y brindando soluciones a necesidades de automatización en procesos térmicos.

3.4. Nivel de investigación del estudio

Descriptiva

La investigación descriptiva en ingeniería es un tipo de investigación que busca describir las características, condiciones o manera en que funcionan los sistemas, procesos o infraestructuras de ingeniería sin manipular sus variables. Su objetivo es describir y comprender cómo se manifiesta un fenómeno en el momento presente, a través de la recolección sistemática de datos cuantitativos y cualitativos. Este tipo de estudio es capaz de reconocer patrones, diagnosticar y proporcionar información para la toma de decisiones, siendo útil en las fases iniciales de proyectos, auditorías técnicas o estudios de campo en las que se necesita una visión clara y objetiva del entorno ingenieril.

Se utilizará una investigación de nivel descriptivo, la cual busca describir y caracterizar el comportamiento del sistema de control en condiciones de laboratorio. Esta metodología permitirá caracterizar de forma sistemática las variables relevantes del proceso (temperatura de salida, tiempo de respuesta, error estacionario, señal de control, alarmas), sin pretender encontrar relaciones de causa-efecto, sino más bien registrar cómo se manifiestan en la práctica. Mediante la observación, toma de datos y representación gráfica de resultados se obtendrá una visión transparente del comportamiento del intercambiador de

calor automatizado con PLC, la cual permitirá obtener información precisa para futuras investigaciones explicativas o aplicadas en la ingeniería de control.

3.5. Diseño de investigación del estudio

Pre – experimental

Se automatiza un prototipo de intercambiador de calor y se toman datos antes y después de la automatización, sin grupo control (Hernández Sampieri, Fernández , & Baptista, 2010)

Se empleará una investigación de nivel pre experimental, en la cual se aplicará el diseño de un solo grupo con pruebas antes y después de la implementación del sistema de control. El objetivo será observar y medir el comportamiento del intercambiador de calor al integrar un PLC Siemens S7-1200 con sensores RTD y una válvula proporcional, registrando variables como tiempo de respuesta, error estacionario y estabilidad frente a perturbaciones. Este enfoque permitirá validar de manera inicial la eficacia del algoritmo PID en condiciones controladas de laboratorio, sin establecer comparaciones con otros grupos, pero generando evidencia cuantitativa que demuestre mejoras en precisión y confiabilidad del proceso, constituyendo una base sólida para futuras investigaciones de carácter experimental o aplicado en el ámbito de la automatización industrial.

3.6. Población y muestra del estudio

3.6.1. Población del estudio

El universo y/o población de estudio son representativos a un conjunto total de elementos, personajes o unidades que presentan una característica (o varias) los cuales serán fines de estudio (en función del enfoque de la investigación, en el universo se puede incluir a personas, grupos, organizaciones, eventos u cualquier tipo de entidades que sean relevantes para el problema u objeto de investigación). Se establece claramente la población objeto de estudio con el fin de cada resultado obtenido se pueda aplicar a este colectivo, y, de hecho, es habitual seleccionar una cantidad representativa como muestra del universo del objeto de investigación debido a razones de tiempo, recursos y/o accesibilidad (Arias, Villasís, & Miranda, 2016).

Dado a conocer como en el párrafo anterior la población de estudio a considerar son los ambientes de tipo laboratorio de instituciones públicas y privadas de la ciudad de Puno, estos laboratorios tienen una caracteriza en particular, los cuales suelen tener ambientes frígidos con temperaturas bajas que oscilan de 8°C a 15°C, estas bajas temperatura son perjudiciales para los estudiantes ya muchos de ellos piensan la concentración a la hora de realizar sus clases académicas.

3.6.2. Muestra del estudio

Es una cantidad representativa de la población y/o universo que son seleccionados para participar en la investigación. No siempre es posible estudiar toda la población (por ejemplo, cuando la población es grande o resulta muy

costoso abordar a toda la población), por lo que se elige un conjunto que muestre las características más relevantes de la población estudiada, permitiendo generalizar los resultados obtenidos. Puede hacerse de diferentes formas, como mediante muestreo aleatorio, estratificado, por conveniencia, etc. La muestra seleccionada es más que una mera cuestión técnica: debe ser adecuada y representativa para que los resultados sean válidos y aplicables a la población en su conjunto (Arias, Villasís, & Miranda, 2016).

Respecto a la muestra representativa de investigación se tiene un laboratorio de una institución educativa de la ciudad de Puno, esto a causa de que los laboratorios en las instituciones por presentar áreas amplias suelen tener temperaturas frías como ya se mencionó.

3.7. Técnica e instrumento de recolección de información del estudio

3.7.1. Técnica del estudio

Observación sistemática y registro de datos instrumentales

Se mide la temperatura, el tiempo de respuesta, las oscilaciones térmicas y otros parámetros técnicos utilizando sensores, visualización HMI o software.

3.7.2. Instrumentos del estudio

El instrumento principal utilizado para la recolección de datos en esta investigación fue una ficha técnica de registro de variables térmicas, diseñada específicamente para documentar los valores de temperatura medidos en el intercambiador de calor durante las pruebas del sistema automatizado. Esta ficha permitió registrar información como la temperatura de entrada y salida, el



tiempo de respuesta, el margen de error, y la estabilidad del sistema bajo diferentes condiciones de operación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Descripción, explicación y análisis de la información obtenida

4.1.1. Seleccionar los sensores de temperatura para un intercambiador de calor y puedan garantizar mediciones confiables y precisas

La selección de sensores de temperatura se hace en función de las condiciones de trabajo del intercambiador de calor, primando la fiabilidad y exactitud en la medida. Para ello se tienen en cuenta especificaciones técnicas como rango de operación, precisión, tiempo de respuesta o resistencia a factores ambientales como humedad, vibraciones o presión. Se analizan diversas tecnologías de sensores, como termopares y detectores de resistencia (RTD), con sus respectivos beneficios y desventajas para aplicaciones industriales. El proceso implica la revisión de especificaciones técnicas, pruebas de calibración y validación en condiciones reales de operación para garantizar que los datos recopilados reflejen con precisión la temperatura del fluido en el intercambiador. La elección correcta de sensores asegura que el sistema de control automático tenga la información confiable para la toma de decisiones y evitar errores que

afecten la eficiencia energética o la seguridad del proceso. De esta manera se sienta la base para el diseño del sistema de control, garantizando que las lecturas de temperatura sean consistentes y permitan un rendimiento óptimo del intercambiador en diversas condiciones de trabajo.

Tabla 3.

Criterios de evaluación.

Criterio	Descripción	Escala (1–5)
Precisión	Error $\leq \pm 0.1$ °C	
Tiempo de respuesta	$t_{63} \leq 2$ s	1 = defectuoso
Compatibilidad PLC	Señal 4–20 mA/RTD	2 = con defecto
Resistencia química	Material adecuado	3 = aceptable
Mantenibilidad	Fácil recambio	4 = regular
Costo total	Sensor + instalación	5 = muy bueno
Disponibilidad local	Stock en Puno/Arequipa	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.

Resumen de la evaluación de los sensores

Tipo de sensor	Precisión	Tiempo de respuesta	Compatibilidad plc	Resistencia química	Mantenibilidad	Costo total	Disponibilidad local	Promedio
Termopares	3	4	4	3	4	3	3	3.428
Termorresistencias (RTD)	4	3	4	4	3	4	4	3.714
Termistores	3	2	3	3	3	2	3	2.714

Fuente: Elaboración propia

Figura 15.
Diagrama de bloque.

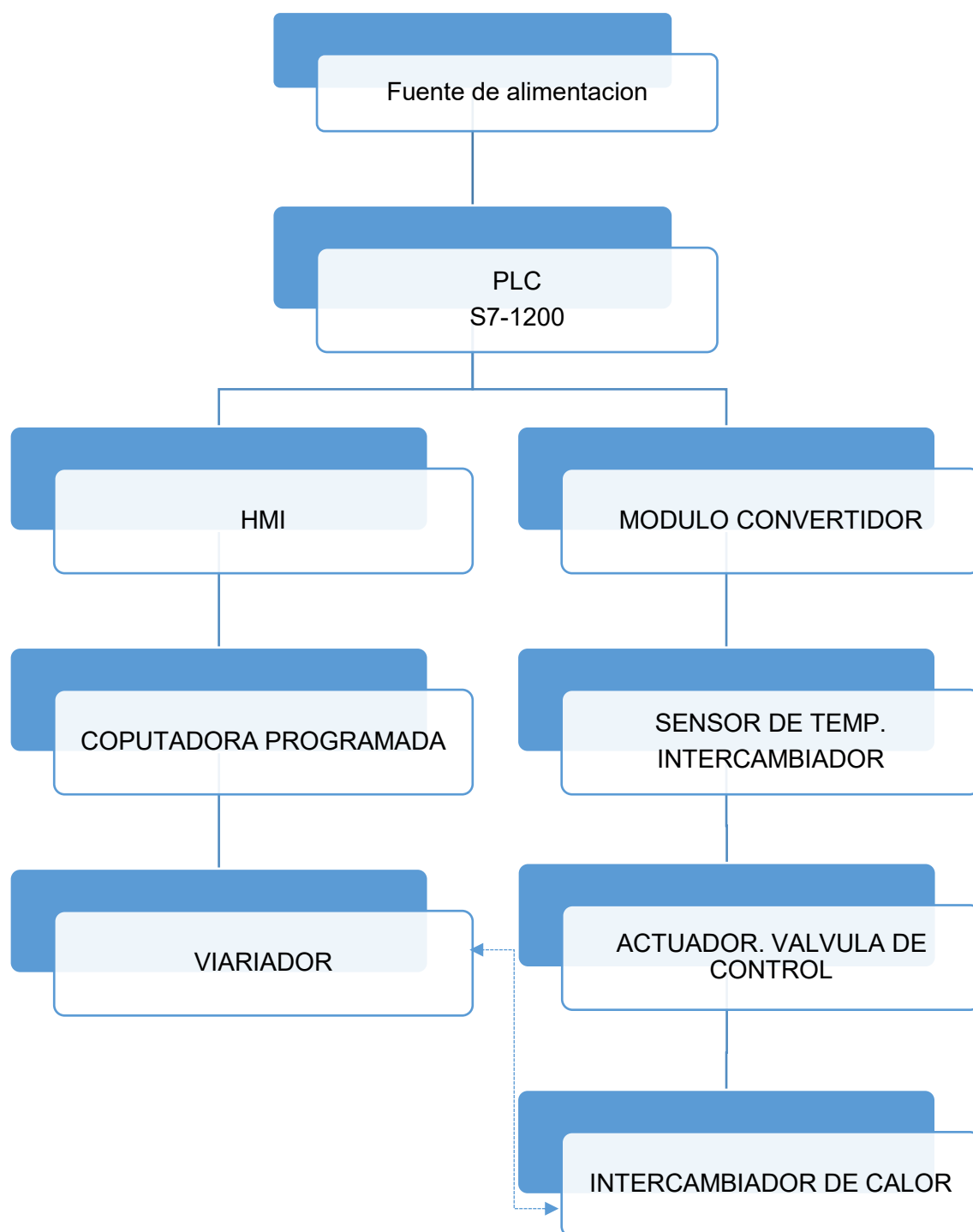


Figura 16.
Diagrama de la creación del algoritmo.

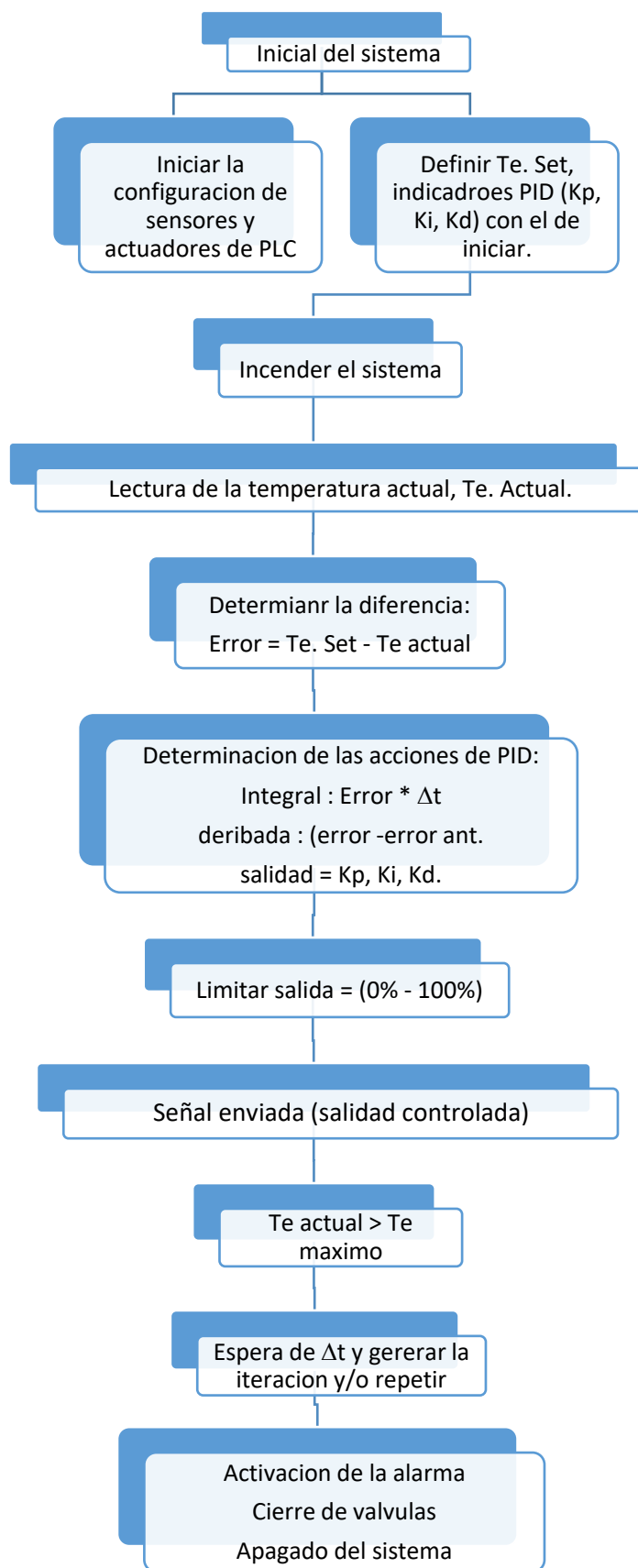


Figura 17.
Diagrama con datos reales para 30 grados

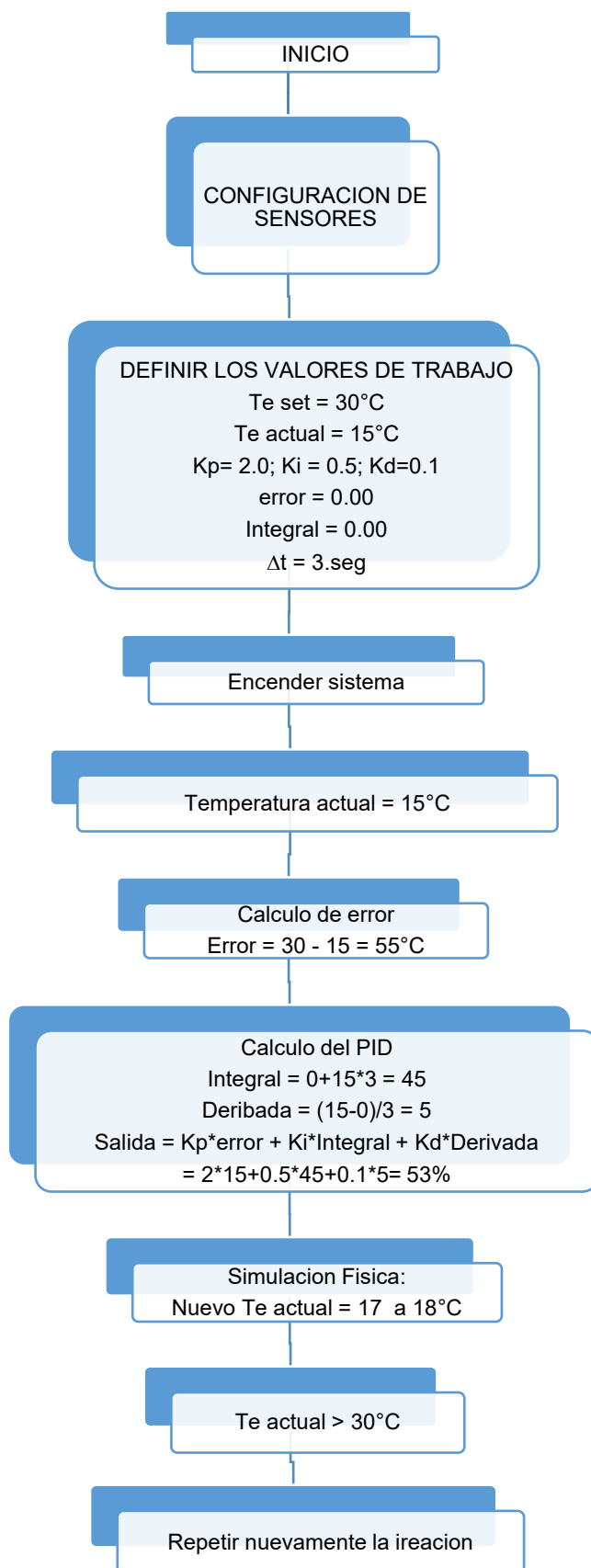


Figura 18.
Diagrama con datos reales para 40 grados.

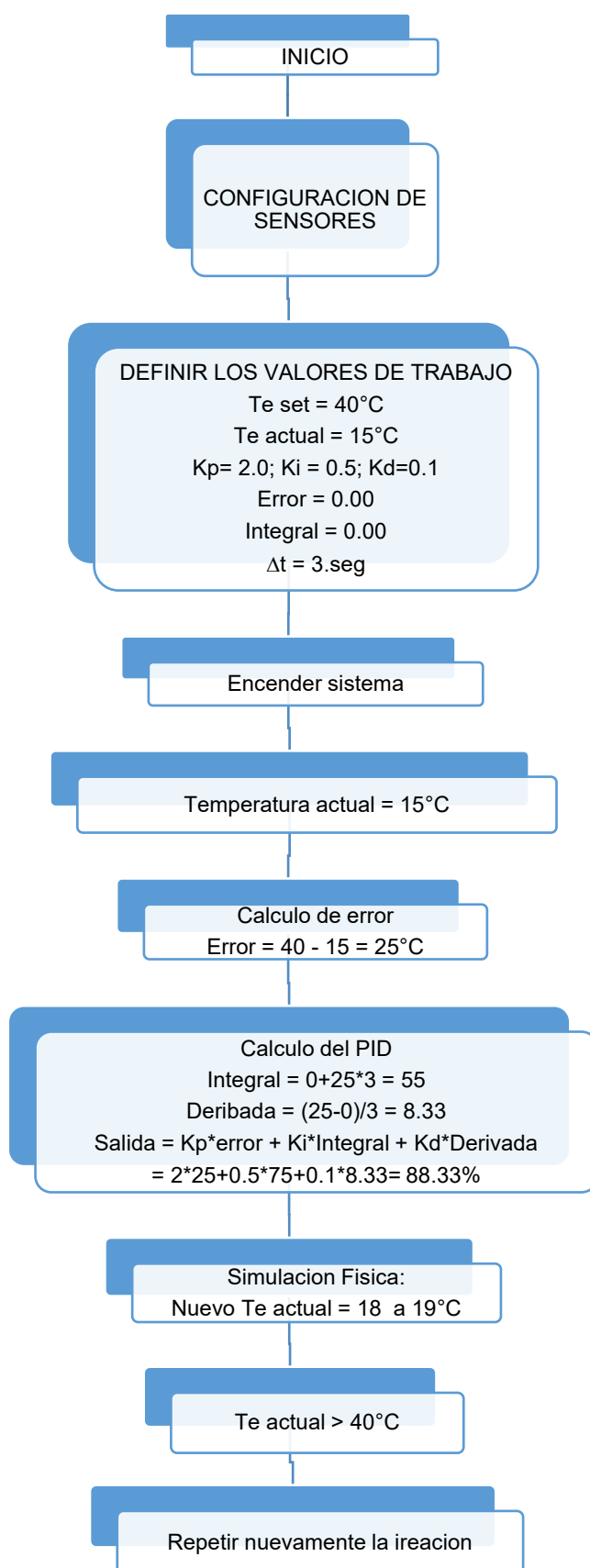
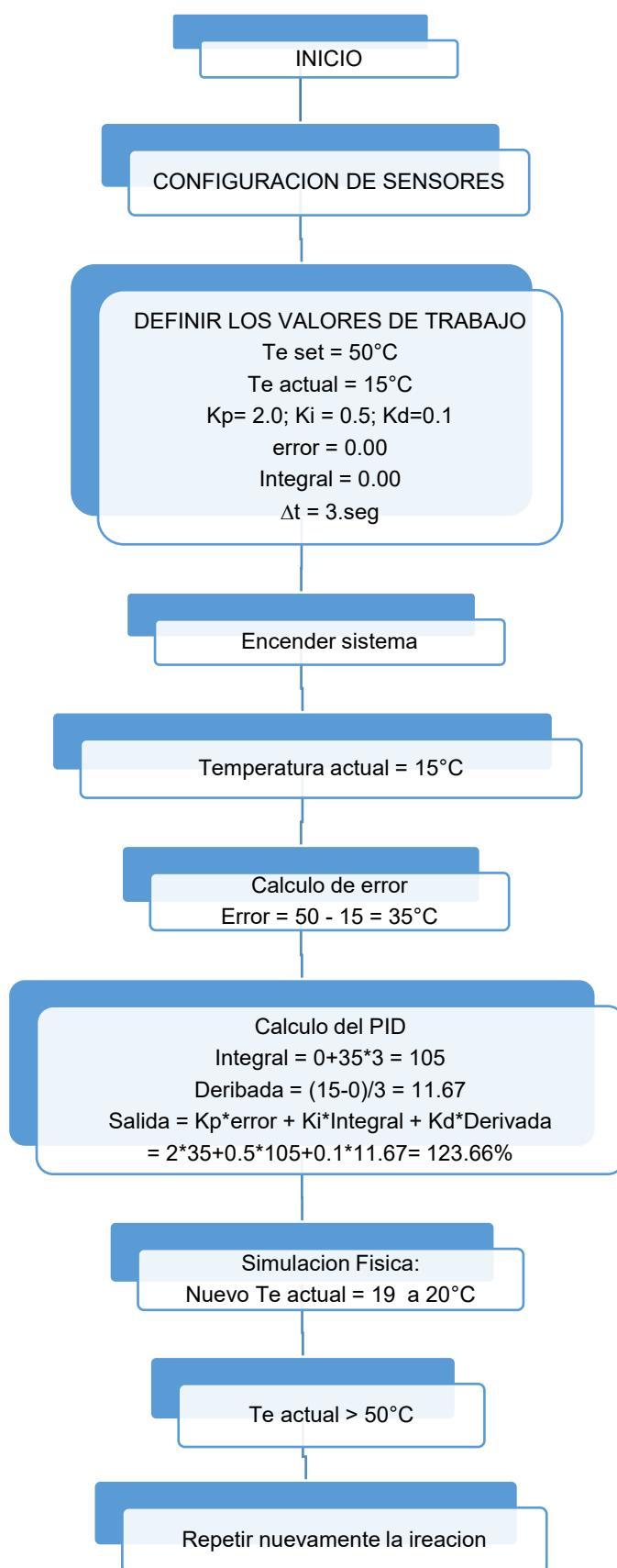


Figura 19.
Diagrama con datos reales para 50 grados.



Escalamiento de señal de los sensores

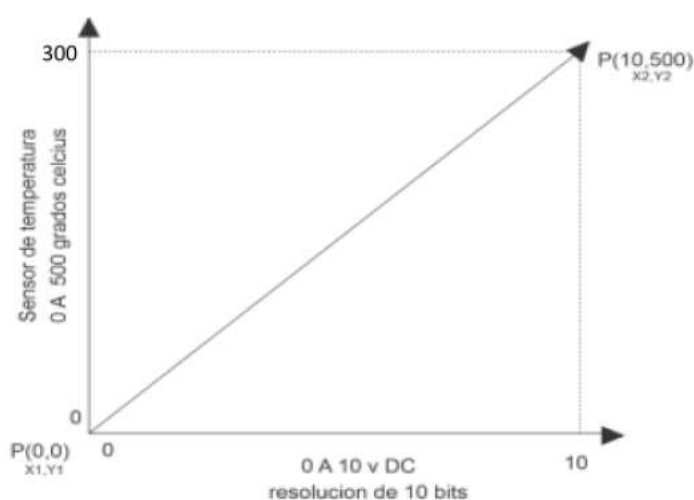
Se realiza el escalamiento de equivalencia de datos del sensor de temperatura de 0 a 100°C y con un voltaje de 0 a 10V para ello se realiza un grafica representativa para poder ver el comportamiento de la señal analógica.

Nota: Elaboración Propia Remplazando los datos en la ecuación tendremos: m

$$= y_2 - y_1 \quad x_2 - x_1$$

Figura 20

Representación gráfica del sensor de temperatura



Remplazando los datos en la ecuación tendremos:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{100 - 0}{10 - 0}$$

$$m = 10$$

Remplazando en la ecuación general

$$(y - y1) = 10(x - x1)$$

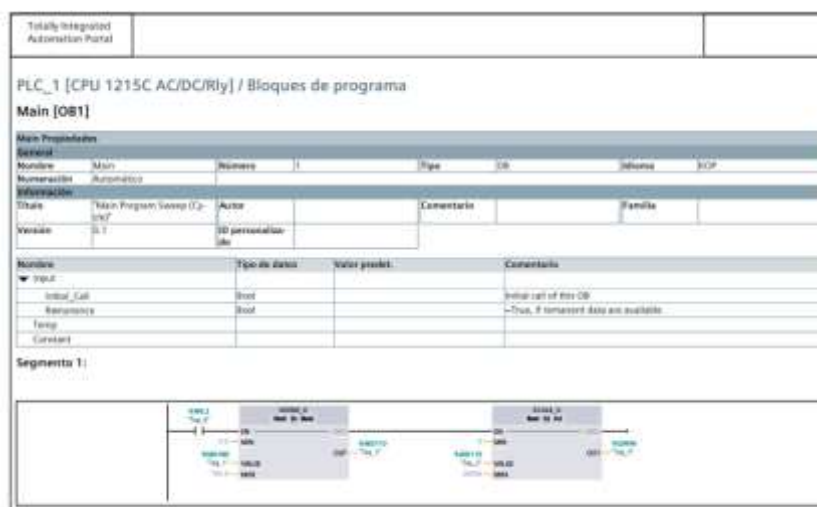
$$(y - 0) = 10(x - 0)$$

$$y = 10x$$

Desarrollo del algoritmo de programación

Figura 21.

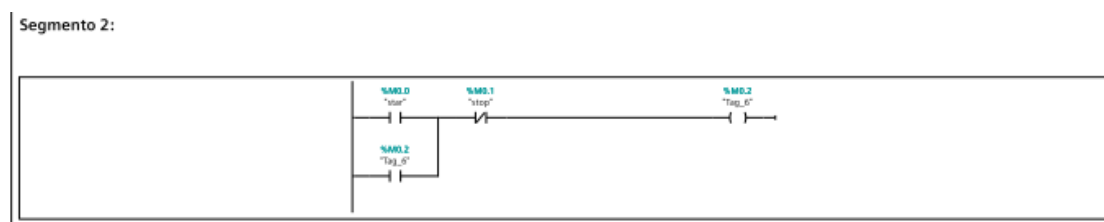
Lógica Ladder para el procesamiento de señales analógicas



La imagen indica la vista general del bloque principal de un programa PLC Siemens en TIA Portal, específicamente el OB1 (Main), junto con un segmento de lógica Ladder para el tratamiento de una señal analógica.

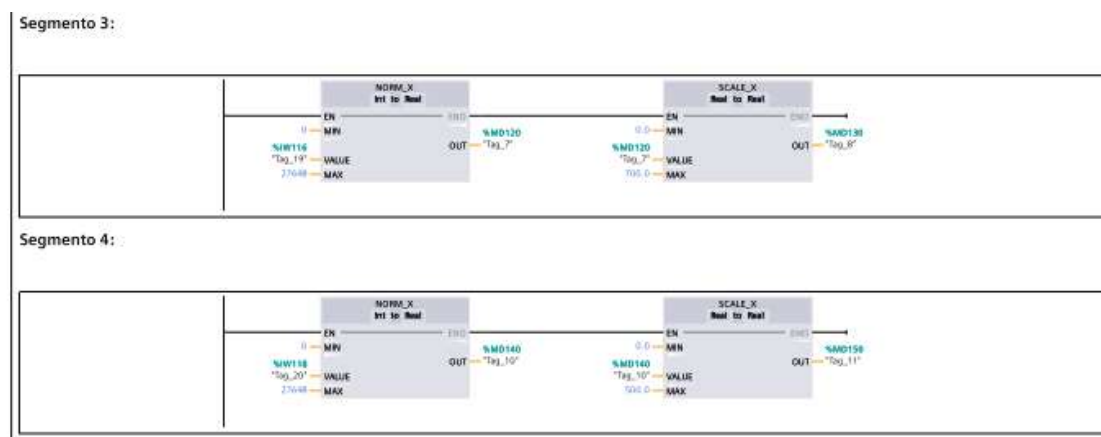
Figura 22.

Lógica de arranque y paro con enclavamiento en PLC



La imagen indica un segmento de lógica Ladder (Segmento 2) correspondiente al control de arranque y paro de un sistema en un PLC Siemens para un motor de medio hp.

Figura 23.
Escalamiento y Normalización de Entradas Analógicas



Fuente: Elaboración propia

La imagen muestra dos segmentos de programación en Lenguaje Ladder (Escalera), típicamente utilizados en el software TIA Portal para PLCs Siemens S7-1200.

Estos segmentos se utilizan específicamente para el escalamiento de señales analógicas. El proceso convierte un valor crudo de entrada proveniente de un sensor de temperatura a una unidad de medición de grados centígrados.

Figura 24.
Implementación de Temporizador TON y Enclavamientos de Salidas Digitales

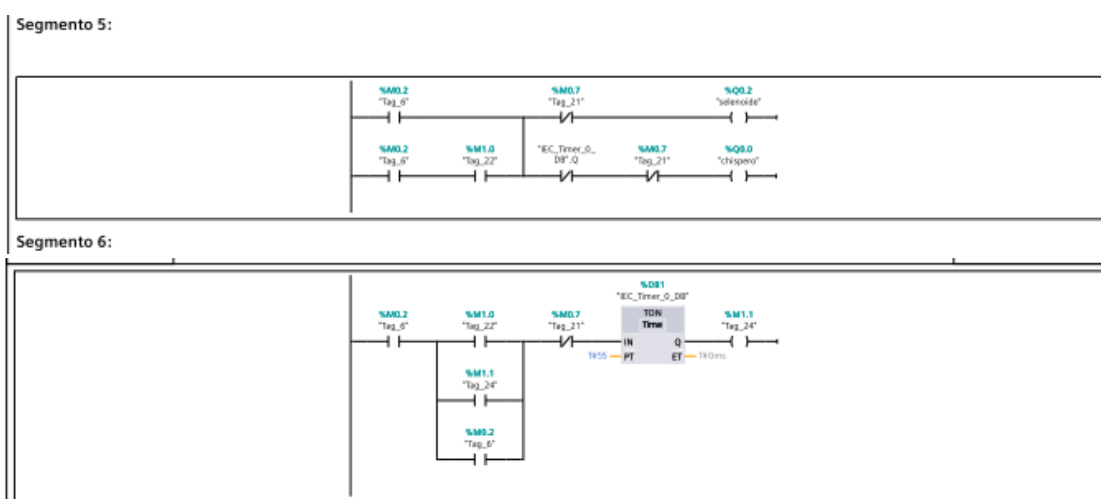
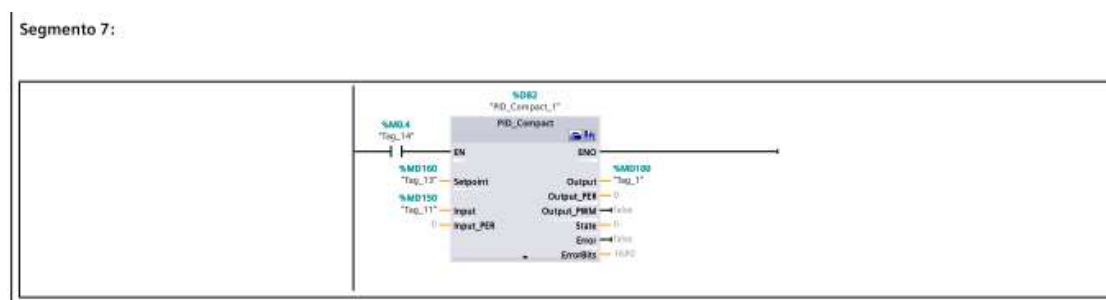


Figura 25.

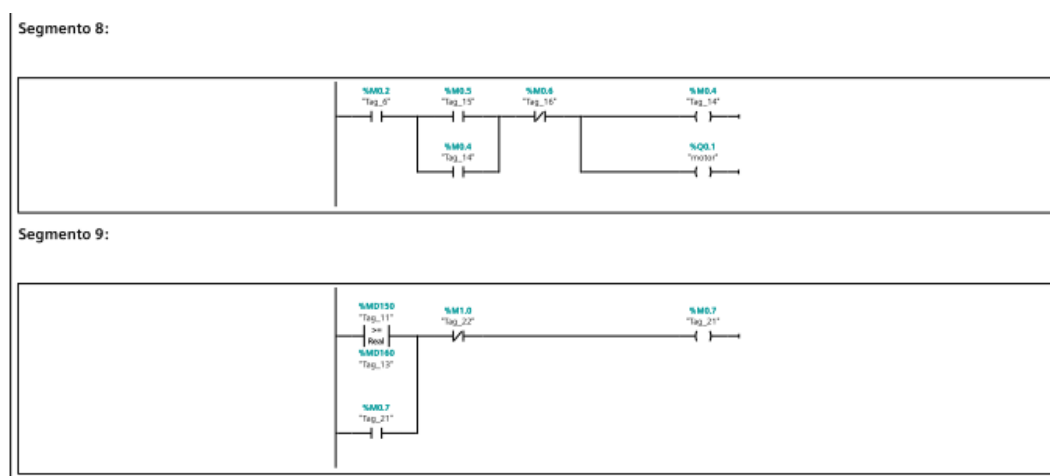
Configuración del Lazo de Control Cerrado (PID_Compact)



La imagen muestra el Segmento 7, que contiene un bloque PID_Compact de Siemens. Este es un controlador de Control Proporcional-Integral-Derivativo, utilizado para mantener una variable de proceso en un valor deseado de forma automática y precisa.

Figura 26.

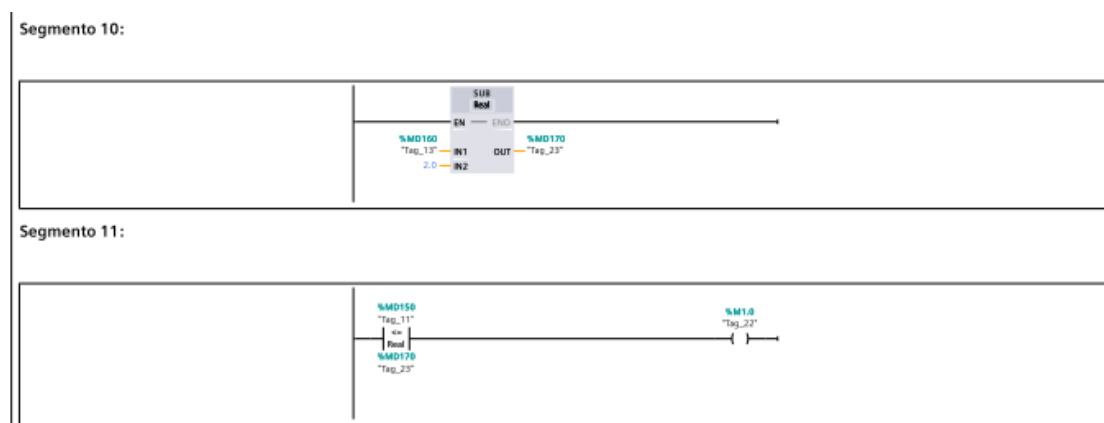
Lógica de Control de Actuadores y Lazos de Realimentación PID



Esta imagen muestra dos segmentos de programación en Lenguaje Ladder (Escalera), realizado con el PLCs, el primer segmento indica la lógica de arranque y parada del motor del ventilador centrífugo con una función de enclavamiento. Y el segundo segmento utiliza una operación matemática para activar el enclavamiento.

Figura 27.

Programación de Actuadores, Lazos de Control Cerrado



La imagen muestra conjunto de segmentos describe el manejo de actuadores, un lazo de control PID

4.1.2. Integrar un sistema de monitoreo que permita la visualización en tiempo real el control de la temperatura automático de un intercambiador

Se emplea una interfaz gráfica que muestra en tiempo real variables críticas como temperaturas de entrada y salida, El monitoreo continuo permite detectar desviaciones del proceso de forma inmediata, facilitando la generación de alarmas y la ejecución de medidas correctivas para garantizar la eficiencia.

Desarrollo de la interfaz HMI

Abra el software TIA Portal. Elija el proyecto para la realización del HMI.

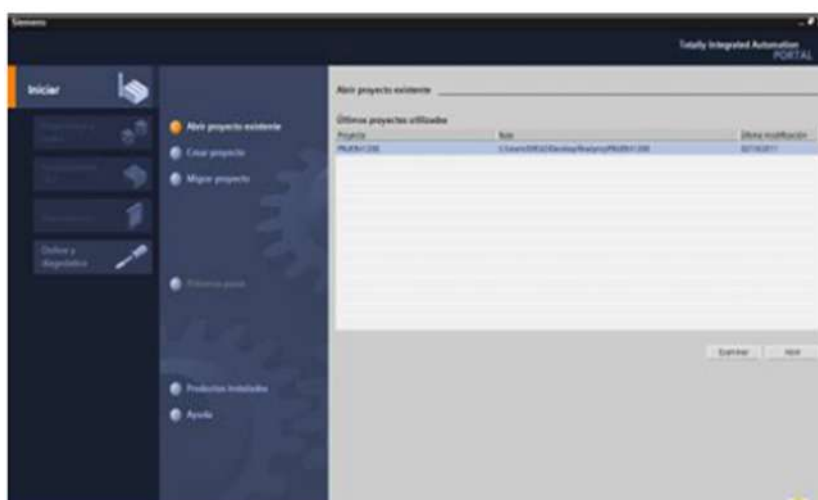
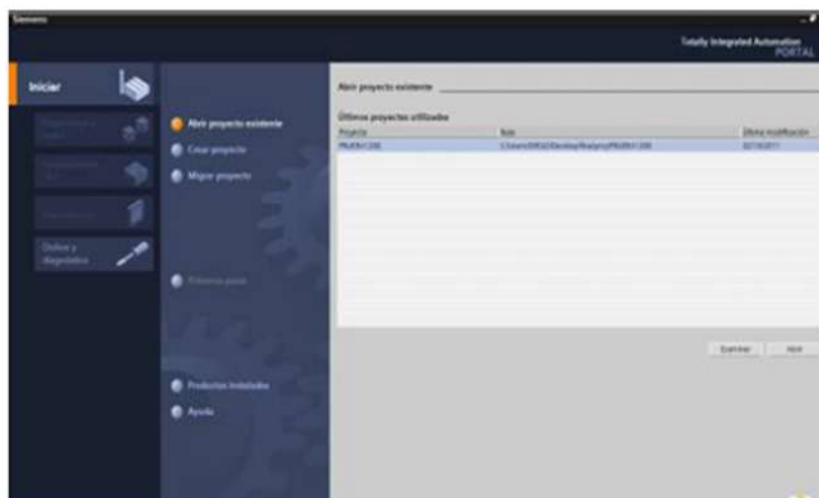


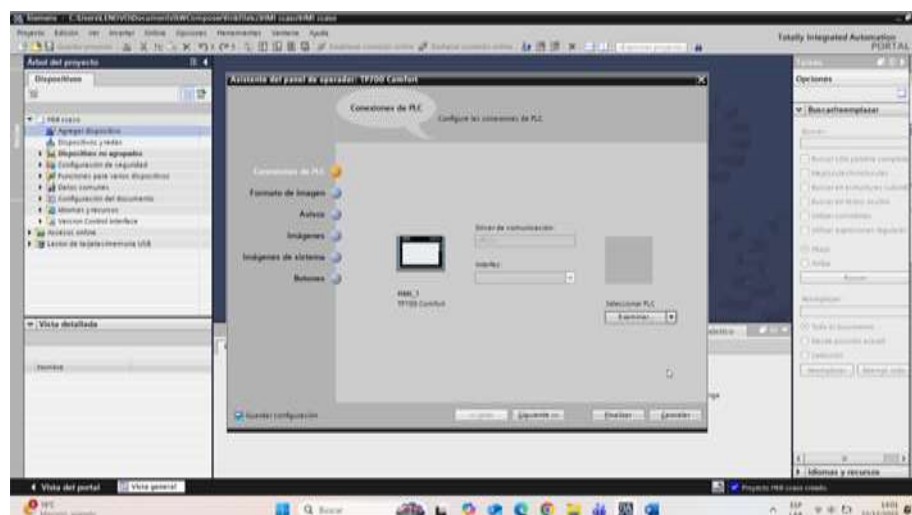
Figura 28.
Creación de un proyecto nuevo



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen muestra el punto de acceso al entorno de ingeniería donde se integra el sistema de monitoreo.

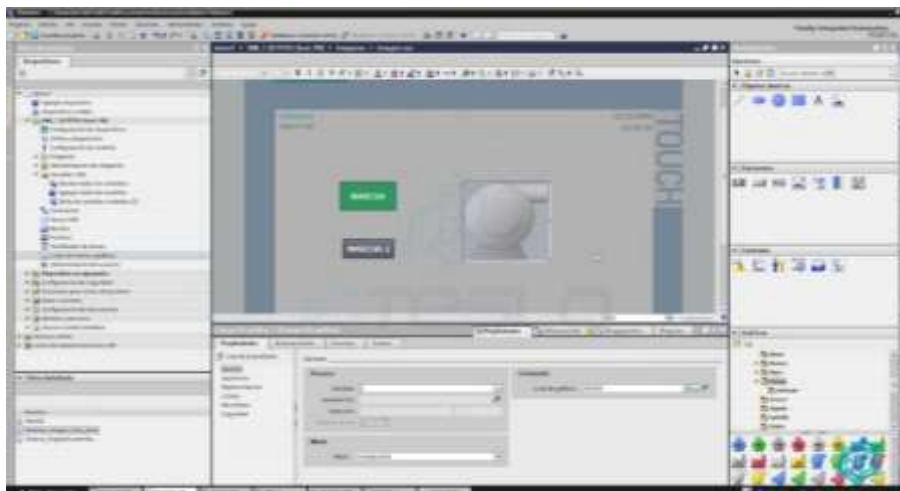
Figura 29.
Configuración de la comunicación entre el software de monitoreo y el plc



Fuente: Elaboración propia

La imagen muestra el Asistente de configuración de un Panel de Operador (HMI) dentro del software TIA Portal. Específicamente, indica la configuración de la interfaz gráfica que permitirá la visualización en tiempo real del intercambiador de calor.

Figura 30.
Interfaz de diseño del panel de operador (HMI)

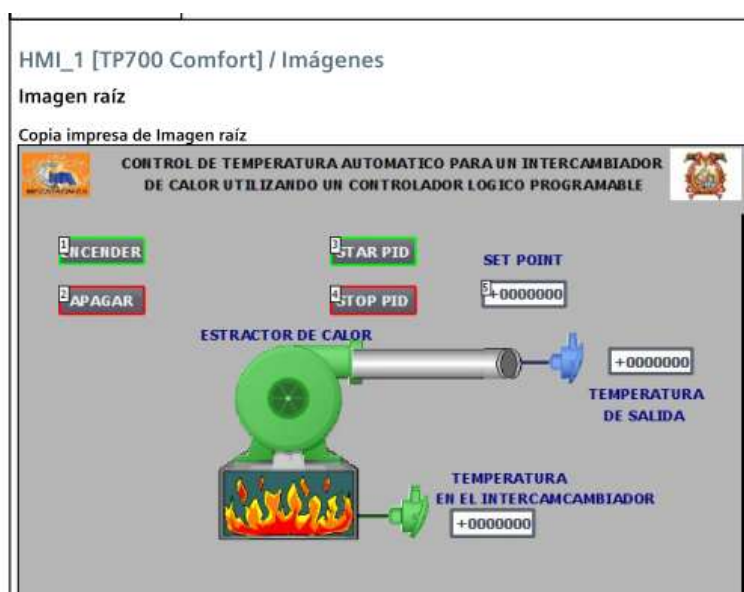


Fuente: Elaboración propia

La figura indica el proceso de creación de la interfaz gráfica para el monitoreo y control del sistema

En la parte inferior, se muestra la pestaña de propiedades donde se vinculan los gráficos con las Variables PLC. Esto asegura que, si el motor se enciende en el PLC, el gráfico cambie de color o estado en la pantalla.

Figura 31.
Interfaz Gráfica de Usuario (HMI) final para el Control Automático de Temperatura".



Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Pruebas

Las pruebas se realizaron en con la implementación de un control de temperatura automático para un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable, en la figura se observa el modulo completo integrado por el PLC S7-1200, el HMI siemens, variador de velocidad motor de medio hp,

Figura 32.

Modulo completo para realizar las pruebas



Primera prueba:

En la primera prueba se ha logrado la interconexión de sensores, PLC y HMI que se implementaron, permitiendo la visualización directa de las variables de proceso. Se instalaron los sensores de temperatura. Se realizó ingreso de variable de entrada a una temperatura de set point de 30 °C, y se a imagen 23 muestra la ejecución del lazo de control y la visualización del control PID, STAR

PID" y "STOP PID" indican que el sistema cuenta con un algoritmo de control automático para ajustar el comportamiento térmico de forma eficiente. La imagen muestra el uso de una pinza amperimétrica con función de termómetro (modelo UNI-T UT210D) para realizar una medición directa sobre el equipo. Esta medición externa confirma que el lazo de control PID y la lógica programada en el PLC han logrado estabilizar la temperatura del intercambiador en el punto deseado de manera exitosa set point 30°C.

Figura 33.

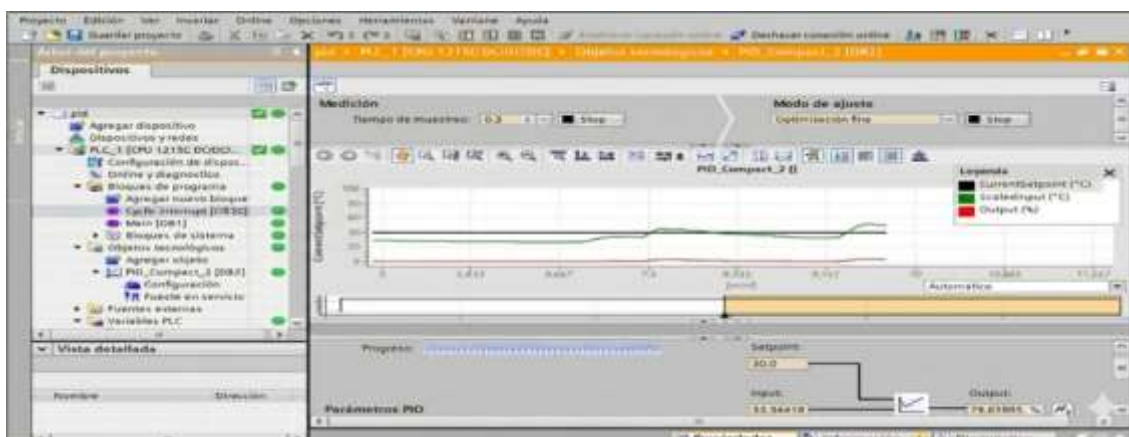
Primera prueba a set point 30°C



Fuente: Elaboración propia

Figura 34.

Comportamiento del PID en un set point de 30°C



Fuente: Elaboración propia

Figura 35.

Medición de temperatura de salida en el intercambiador de calor primera prueba



Fuente: Elaboración propia

Segunda prueba:

La segunda fase de la investigación consiste en elevar la exigencia del sistema mediante la configuración de un Set Point de 40°C en la interfaz gráfica. Este ensayo permite evaluar la capacidad de respuesta del controlador lógico programable (PLC) y la estabilidad del lazo de control PID ante un requerimiento térmico mayor.

Monitoreo y Visualización: A través del Panel HMI, se supervisa en tiempo real cómo la Temperatura de Salida asciende gradualmente desde la temperatura ambiente hasta alcanzar el nuevo valor deseado de 40°C.

Acciones del Controlador: La lógica de comparación programada (Segmento 9) y el algoritmo START PID actúan sobre el sistema de calentamiento, incrementando la señal al actuador para reducir el error entre la temperatura actual y el nuevo objetivo.

Comprobación con Instrumentación: Una vez que el sistema indica estabilidad en la pantalla, se procede a la verificación física utilizando la pinza

amperimétrica con sensor térmico, la cual debe registrar un valor de 40 para confirmar la precisión del proceso.

Figura 36.

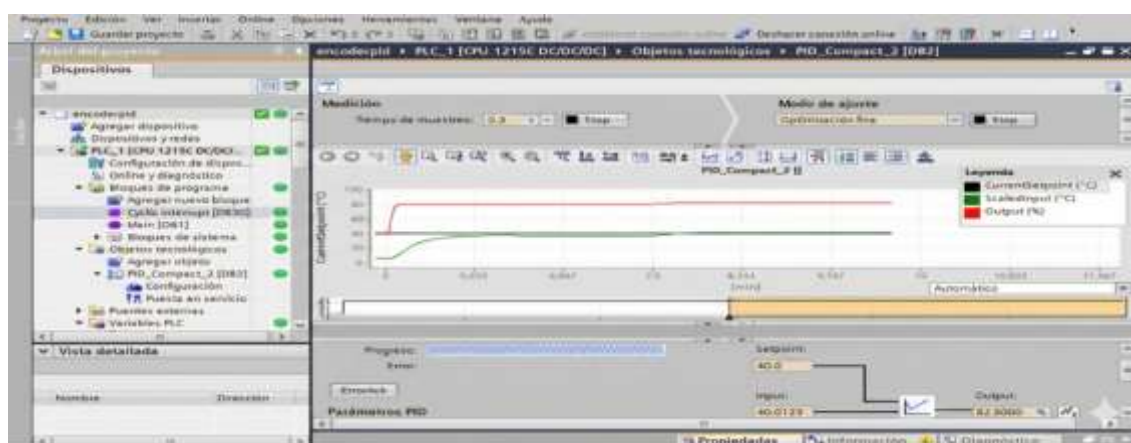
Segunda prueba a set point 40°C



Fuente: Elaboración propia

Figura 37.

Comportamiento del PID en un set point de 40°C



Fuente: Elaboración propia

Figura 38.

Medición de temperatura de salida en el intercambiador de calor segunda prueba



Fuente: Elaboración propia

Tercera prueba

La tercera prueba de la investigación consiste en ajustar la exigencia del sistema mediante la configuración de un Set Point de 50°C en la interfaz gráfica. Este ensayo permite evaluar la precisión del controlador lógico programable (PLC) y la estabilidad del lazo de control PID ante un requerimiento térmico de nivel medio-alto.

Monitoreo y Visualización: A través del Panel HMI, se supervisa en tiempo real cómo la Temperatura de Salida asciende gradualmente desde la temperatura ambiente hasta alcanzar el nuevo valor deseado de 50°C.

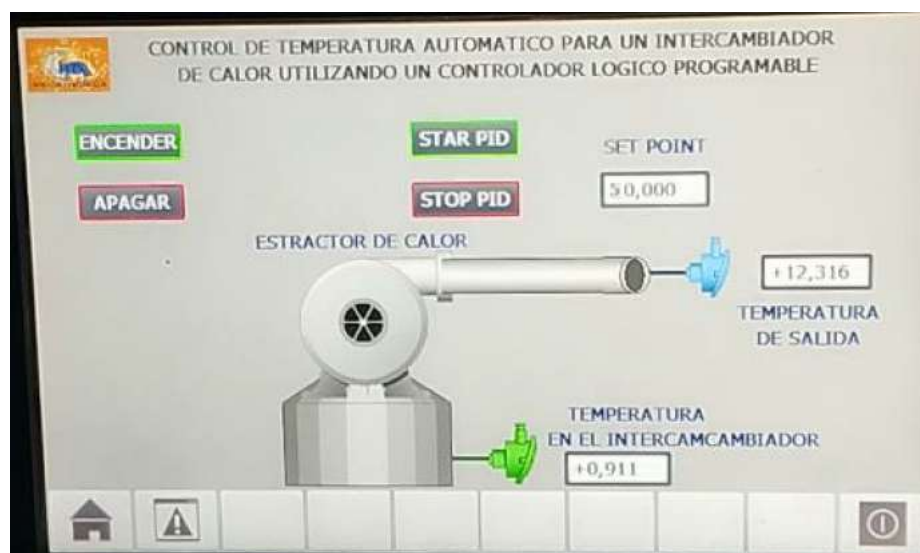
Acciones del Controlador: La lógica de comparación programada en el Segmento 9 y la ejecución del algoritmo START PID actúan sobre el sistema de calentamiento, modulando la señal al actuador para reducir el error entre la temperatura actual y el objetivo de 50°C.

Comprobación con Instrumentación: Una vez que el sistema indica estabilidad en la pantalla, se procede a la verificación física utilizando la pinza

amperimétrica con sensor térmico, la cual debe registrar un valor de 0050 para confirmar la precisión y calibración del proceso.

Figura 39.

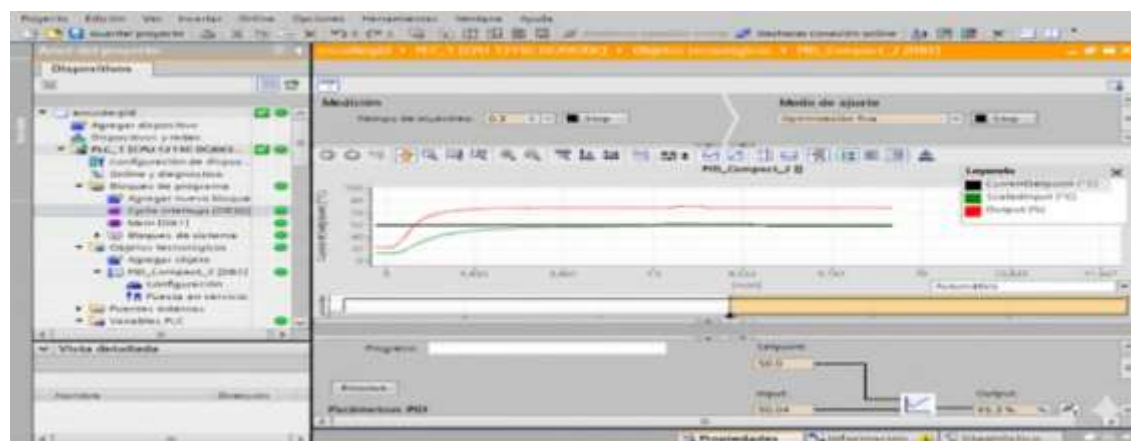
Tercera prueba en un set point 50°C



Fuente: Elaboración propia

Figura 40.

Comportamiento del PID en un set point de 50°C



Fuente: Elaboración propia

Figura 41.

Medición de temperatura de salida en el intercambiador de calor segunda prueba



Fuente: Elaboración propia

Análisis e interpretación de resultados

El comportamiento del sistema ante los diferentes niveles de exigencia térmica muestra una integración exitosa entre el hardware y el software:

Precisión y Estabilidad (Lazo PID): En todas las pruebas, el algoritmo START PID logró que la temperatura de salida convergiera hacia el Set Point configurado, demostrando una sintonización adecuada para manejar diferentes rangos térmicos.

Validación de Medición: Existe una correlación directa entre los datos mostrados en la HMI y la verificación física; por ejemplo, cuando el sistema marcó 20°C en camino a un objetivo de 30°C, el instrumento externo confirmó dicha tendencia hasta alcanzar los 30°C exactos.

Desempeño del PLC: La lógica del Segmento 9 permitió una comparación precisa de números reales, activando las marcas de control necesarias conforme

la temperatura escalaba de 30°C a 50°C sin presentar errores de desbordamiento.

Tabla 5

Interpretación de Resultados por Nivel de Prueba

Prueba	Set Point (°C)	Instrumento Externo	Observación del Análisis
Prueba 1	30°C	0030	Estabilización rápida con mínima oscilación. Ideal para procesos de baja carga.
Prueba 2	40°C	0040	El sistema de calentamiento aumentó su ciclo de trabajo. El extractor (Segmento 8) operó con mayor frecuencia.
Prueba 3	50°C	0050	Máxima exigencia registrada. El PID moduló la señal al actuador para evitar sobrepicos térmicos peligrosos.

Fuente: Elaboración propia

4.2. Discusión de resultados

La presente investigación titulada “Implementación y optimización del sistema de control con PLC en el intercambiador de calor de tubos concéntricos de dos orquillas del laboratorio de operaciones y procesos unitarios” guarda una relación directa con la tesis “Implementación de un control de temperatura automático para un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable – Puno 2025”, ya que ambas abordan la automatización y control de temperatura en intercambiadores de calor mediante el uso de controladores PID implementados en PLC. Sin embargo, los enfoques y alcances de los resultados permiten identificar diferencias relevantes en términos de optimización, desempeño dinámico y análisis del comportamiento del sistema.

Ambas tesis presentan un comportamiento inicial similar del sistema térmico para los SetPoint de 30 °C, 40 °C y 50 °C, caracterizado por temperaturas iniciales inferiores al valor de consigna y una salida inicial elevada

del controlador PID, en concordancia con la teoría del control proporcional. Para 30 °C, se observa una estabilización rápida en ambos casos, aunque la tesis enfocada en la optimización logra mejores tiempos de respuesta y menor sobreimpulso. En el escenario de 40 °C, ambas investigaciones requieren un mayor esfuerzo del controlador, pero la tesis optimizada presenta una respuesta más estable y robusta. Finalmente, para 50 °C, se evidencia saturación del actuador en ambos estudios; sin embargo, el enfoque de optimización permite mantener la estabilidad del sistema y analizar las limitaciones físicas del intercambiador y del sistema de calefacción.

Tabla 6

Discusión de resultados

Criterio de comparación	Tesis 1: Implementación de un control de temperatura automático para un intercambiador de calor utilizando PLC (Puno – 2025)	Tesis 2: Implementación y optimización del sistema de control con PLC en el intercambiador de calor de tubos concéntricos de dos orquillas
Objetivo principal	Implementar un sistema de control automático de temperatura mediante PLC	Implementar y optimizar el sistema de control de temperatura mediante PLC
Tipo de intercambiador	Intercambiador de calor (configuración general)	Intercambiador de calor de tubos concéntricos de dos orquillas
Tipo de controlador	Controlador PID	Controlador PID optimizado
SetPoint evaluados	30 °C, 40 °C y 50 °C	30 °C, 40 °C y 50 °C
Condición inicial del sistema	Temperatura inicial menor al SetPoint	Temperatura inicial menor al SetPoint
Respuesta inicial del controlador	Salida inicial alta debido a error positivo elevado	Salida inicial alta, ajustada mediante optimización de parámetros PID
Comportamiento a 30 °C	Estabilización rápida con salida moderada	Estabilización más rápida, con menor sobreimpulso
Comportamiento a 40 °C	Mayor estabilidad y mejor balance entre rapidez y precisión	Mayor esfuerzo del controlador, salida cercana al 90 %
Comportamiento a 50 °C	Saturación del actuador (>100 %) por alta demanda térmica	Saturación controlada, manteniendo estabilidad del sistema
Sobreimpulso	Presente en algunos escenarios	Reducido debido a la optimización del PID



Criterio de comparación	Tesis 1: Implementación de un control de temperatura automático para un intercambiador de calor utilizando PLC (Puno – 2025)	Tesis 2: Implementación y optimización del sistema de control con PLC en el intercambiador de calor de tubos concéntricos de dos orquillas
Tiempo de establecimiento	Adecuado para uso experimental	Reducido en comparación con la tesis de implementación
Error en estado estacionario	Mínimo, corregido por la acción integral	Prácticamente nulo
Robustez del sistema	Adecuada para condiciones normales	Menor robustez frente a cambios en la demanda térmica

CONCLUSIONES

PRIMERA. Se logró implementar con éxito un sistema de control de temperatura automático para el intercambiador de calor en Puno - 2025, integrando hardware y lógica de programación realizada. Las pruebas experimentales demostraron que el sistema es capaz de alcanzar y estabilizar la temperatura en los valores de consigna establecidos, garantizando un funcionamiento autónomo, eficiente y seguro.

SEGUNDA. La selección de la instrumentación, basada en un rango de 0-100 °C y una señal analógica de 0-10 V DC, garantizó mediciones de alta confiabilidad y precisión. Esta precisión se corroboró mediante la comparación de las lecturas del PLC con un instrumento externo, obteniendo valores exactos de 0030, 0040 y 0050 durante los ensayos, lo que valida un proceso de escalamiento y calibración óptimo para el entorno de las pruebas realizadas.

TERCERA. Se desarrolló y validó un algoritmo de control PID en lenguaje Ladder (Segmento 9) que permitió el manejo de variables en formato de punto flotante (Real) para un control térmico preciso. El algoritmo demostró una respuesta dinámica estable, modulando correctamente los actuadores y el sistema de extracción para minimizar el error de estado estacionario y estabilizar la temperatura frente a cambios en el Set Point de 30 a 50 °C

CUARTA. Se integró satisfactoriamente un sistema de monitoreo mediante el panel HMI TP700 Comfort, el cual permitió la visualización en tiempo



real de las variables críticas del proceso. La interfaz facilitó la supervisión constante de la temperatura de salida de Set Point de 30 a 50 °C y la visualización mediante gráficos del cumplimiento del PID, cumpliendo con los estándares de operabilidad al permitir que el usuario interactúe con el sistema de control de manera intuitiva y segura.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. Se recomienda Implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el hardware del PLC y los actuadores térmicos. Aunque el sistema ha demostrado un funcionamiento autónomo y estable en las pruebas de 30°C, 40°C y 50°C, es fundamental realizar inspecciones periódicas en el tablero de control para verificar el estado de las conexiones eléctricas y la disipación de calor del controlador. Asimismo, se recomienda la instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones, dado que las variaciones en el suministro eléctrico pueden comprometer la integridad de la lógica programada y la continuidad del proceso automático en el intercambiador de calor.

SEGUNDA. Se recomienda establecer un programa de calibración semestral para los sensores de temperatura y los transmisores de 0-10 V. Dado que el sistema opera en Puno, las condiciones climáticas y la altitud pueden afectar la deriva térmica de los componentes electrónicos; por ello, es vital contrastar periódicamente las lecturas de la HMI con instrumentos de referencia certificados para mantener el error de estado estacionario en niveles despreciables.

TERCERA. Para futuras implementaciones o cambios en la carga térmica más complejas en del intercambiador, se sugiere realizar un autosintonía (Autotuning) del bloque PID. Aunque los parámetros actuales demostraron estabilidad en las pruebas de 30, 40 y 50°C, un ajuste fino de las constantes Proporcional (Kp), Integral (Ti) y Derivativa (Td)



podría reducir aún más el tiempo de asentamiento y evitar sobrepicos innecesarios ante perturbaciones externas bruscas.

CUARTA. Con el fin de aprovechar la capacidad de visualización del panel TP700 Comfort, se recomienda habilitar el almacenamiento de las curvas de respuesta del PID en una memoria externa (SD o USB). Esto permitirá realizar auditorías de eficiencia energética y analizar el comportamiento del intercambiador a largo plazo. Asimismo, es fundamental establecer niveles de seguridad por contraseña para diferenciar entre "Operador" (solo visualización y cambio de Set Point) y "Administrador" (ajuste de parámetros internos del PID), evitando así modificaciones accidentales en la lógica de control que puedan poner en riesgo la estabilidad del proceso alcanzada entre los 30 a 50°C.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Venezuela: Editorial Episteme, C.A. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/301894369>

Arias, J., Villasís, M., & Miranda, M. (2016). *"El protocolo de investigación III: la población de estudio"*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>

Asencios, V. (2005). Diseño e implementación de un sistema de control automático para un intercambiador de calor. *Pre grado*. Universidad Nacional del Callao, Callao, Peru. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12952/3681>

Asencios, V. (2005). Diseño e implementación de un sistema de control automático para un intercambiador de calor. *Pre grado*. Universidad Nacional del Callao, Callao, Peru. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12952/3681>

Benítez, I., & Rivas, R. (2014). Control de la temperatura de un intercambiador de calor en la empresa laboratorios farmacéuticos aica. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/276355175_Control_de_la_temperatura_de_un_intercambiador_de_calor_en_la_empresa_laboratorios_farmaceuticos_aica

Bohl, W. (1983). *Ventiladores. cálculo, construcción, pruebas, operación*. Alemania: Vogel Verlag und Druck. Obtenido de <https://de.book-info.com/isbn/3-8023-0680-5.htm>



Campozaño, J., & Velecela, I. (2021). Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura, para prácticas en el laboratorio de automatización industrial, basado en la red profinet con un sistema de periferia remota. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20833/1/UPS-GT003351.pdf>

Çencel, Y., & Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. Mexico: McGraw-Hill Companies,. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1HhKnZmHRp_JhsCkmscnHOYs4s7Z8Dgc1/view

Cera, D., Ortiz, J., & Gualdrón, O. (2018). Sintonización de un controlador de temperatura a través de un autómata programable. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6763341.pdf>

Dávila, G. (2006). *"El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias"*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>

Flores, A., & Guzmán, C. (2019). El presente proyecto tiene la finalidad de implementar la instalación de un sistema de vapor en la Universidad Católica de Santa María, partiendo con equipos y módulos (caldera pirotubular, módulo de banco de trampas y módulo de intercambiador de calor de. *Pre grado*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Peru. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9307>



- Gandur, S. (2016). Diseño de control óptimo y control robusto para regular la temperatura de un intercambiador de calor. *Pre grado*. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Santander , Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12749/1600>
- Hernández Sampieri, R., Fernández , C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. Obtenido de <https://www.freelibros.net/metodologia-de-la-investigacion/metodologia-de-la-investigacion-5ta-edicion-roberto-hernandez-sampieri>
- Kano, C. (2025). Diseño del sistema de control de temperatura del intercambiador de calor del laboratorio de operaciones unitarias, Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5bab256e-b7c0-4cec-8b2f-49c1e9b593f0/content>
- Lasso, C. (2021). Diseño y simulación de un intercambiador de calor de tubo y coraza con una capacidad de 31 m³/h para el proceso de enfriamiento de agua hasta 16 °C en la Planta Sigmaplast. *Pre grado*. Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19976>
- López, P., & Fachelli, S. (2015). *"Metodologia de la Investigación"*. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsoccuca_cap2-4a2017.pdf



Lopez, R. (2013). Diseño detallado de un sistema de control automático para un banco de prueba (planta piloto) de un intercambiador de calor tipo tubo-coraza para laboratorio de robótica de la IECASD /. *Pre grado*. Universidad Tecnológica de Bolívar, Caracas, Venezuela. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12585/3081>

Mahecha, J. (2020). Implementación de un sistema de control automatizado para un intercambiador de calor de tubos concéntricos, para el desarrollo práctico de los sistemas de control de lazo cerrado y abierto por medio de protocolo de comunicación modbus-rtu. *Pre grado*. Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2293>

Maldonado, O. (2015). Diseño e implementación de un tablero simulador para plc siemens s7-1200 y desarrollo de guías de prácticas. *Pre grado*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/items/aa56380c-7e50-4e4a-9bc9-e347c3444bb6/full>

Matos, Y., & Pasek, E. (2008). *"La observación, discusión y demostración: técnicas de investigación en el aula"*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/761/76111892003.pdf>

Mayta, L., & Tintaya, T. (2018). Diseño de un controlador PID - Difuso en la plataforma de LABVIEW para el control de niveles de agua aplicados en el laboratorio de control y automatización de la EPIME. *Pregrado*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru. Obtenido de https://biblioteca.unap.edu.pe/opac_css/index.php?



Moncada, L. (2021). intercambiador de calor,. Trujillo, Peru. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/619777582/intercambiadores-de-calor-msc-luis-moncada-albitres-20123-downloable-661972>

Montes , M., Muñoz, M., & Rovira, A. (2014). *Ingeniería Térmica*. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=565151>

Morales, J. (2008). Implementación y optimización del sistema de control con PLC en el intercambiador de calor de tubos concéntricos de dos orquillas del laboratorio de operaciones y procesos unitarios. *Pre grado*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Peru. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/223>

Rivero, G. (2018). Fundamentos del PLC en la industria. Obtenido de <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2018/noviembre/0782674/0782674.pdf>

Saldaña, E., Santos, M., & Zuñiga, H. (2013). Diseño y construcción del sistema de control para un intercambiador de calor tubular. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12973/1/tesis%20TERMINADA.pdf>

Simmonds, A., Cabrera, N., Berdugo, N., Roldán, J., & Yime, E. (2018). Implementación de control PID de nivel en laboratorio usando PLC Siemens S7-300. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6469087.pdf>



Tamayo, M. (2004). *El Proceso de la Investigación Científica*. Mexico:

EDITORIAL LIMUSA. S.A. Obtenido de

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/>

Valencia, R. (2018). Implementación de un sistema automático para control de

temperatura en proceso de cocción del patacón. Obtenido de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/54767/1/T->

109752%20Valencia%20Ventura.pdf

Vigilio, R. (2023). Implementación de un sistema de control y monitoreo de

motores de bomba de agua de 200 kw a través de un sistema de

radioenlace basado en un PLC S7-300. Obtenido de

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13062>

Villalobos, M. (2015). Diseño termohidráulico de intercambiadores de calor de

placas. Obtenido de

<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2015/mayo/0729239/0729>

239.pdf

Yaranga, J. (2022). Automatización del intercambiador de calor tubo y coraza del

laboratorio de transferencia de calor de la FIQM-UNSCH con tecnología

Arduino. Obtenido de

<https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b226d02b->

94f4-4816-8288-b33aa16ebc3d/content



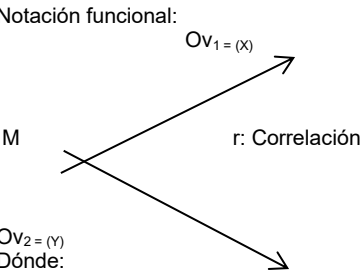
ANEXOS



Anexo 01. Matriz de consistencia

PREGUNTAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES				
PREGUNTA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DE ESTUDIO 1: Implementación del control de temperatura automático utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC):				
PG. ¿Cómo implementar de un control de temperatura automático para un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable Puno - 2025?	OG. Implementación de un control de temperatura automático para un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable Puno – 2025	HG. La implementación de un control de temperatura automático mediante un controlador lógico programable (PLC) permitirá mejorar la precisión, confiabilidad y eficiencia del control térmico en un intercambiador de calor en Puno – 2025	Dimensiones	Indicadores	Escala		
			Cableado correcto	1 = defectuoso	Ordina		
			Bloque PID configurado	2 = con defecto			
			Overshoot <10%	3 = aceptable			
			Tiempo de establecimiento	4 = regular			
Error estacionario	5 = muy bueno						
PREGUNTAS ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DE ESTUDIO 2: sensores de temperatura.				
PE1. ¿Cómo seleccionar los sensores de temperatura para un intercambiador de calor y puedan garantizar mediciones confiables y precisas? PE2. ¿De qué manera se desarrolla un algoritmo de control que permita controlar la temperatura automático de un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable? PE3. ¿Cómo Integrar un sistema de monitoreo que permita la visualización en tiempo real el control de la temperatura automático de un intercambiador?	OE1. Seleccionar los sensores de temperatura para un intercambiador de calor y puedan garantizar mediciones confiables y precisas. OE2. Desarrollar un algoritmo de control que permita controlar la temperatura automático de un intercambiador de calor utilizando un controlador lógico programable. OE3. Integrar un sistema de monitoreo que permita la visualización en tiempo real el control de la temperatura automático de un intercambiador.	HE1. La adecuada selección de sensores de temperatura permitirá obtener mediciones confiables y precisas en el intercambiador de calor. HE2. El desarrollo e implementación de un algoritmo de control basado en un PLC permitirá regular de forma automática la temperatura del intercambiador de calor con eficiencia y estabilidad. HE3. La integración de un sistema de monitoreo permitirá visualizar en tiempo real el comportamiento del sistema de control de temperatura, facilitando la supervisión y toma de decisiones.	Dimensiones	Indicadores	Escala		
			Sensores de temperatura	–	Precisión	–	Razón
				–	Tiempo de respuesta		
				–	Compatibilidad PLC		
				–	Resistencia química		
				–	Mantenibilidad		
			Algoritmo de control	–	Costo total		
				–	Disponibilidad local		
				–	Parámetros PID (Kp, Ti, Td)	–	
				–	Overshoot (%)		
				–	Tiempo de establecimiento (min)		
			Sistema de monitoreo	–	Error medio (°C)		
				–	Pantallas muestran SP, PV, salida PID	–	
				–	Latencia <500 ms		
				–	Historización activa		
–	Alarmas configuradas						
	–	Usabilidad HMI					



METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ESTADÍSTICA
ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Cuantitativo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN No experimental MÉTODO DE INVESTIGACIÓN Inductivo - deductivo NIVEL DE INVESTIGACIÓN Correlacional Notación funcional:  Ov₁ = (X) M r: Correlación Ov₂ = (Y) Dónde: M: Muestra Ov₁ = (X) Observación de la variable 1: Condiciones hidráulicas de la red de distribución Observación de la variable 2: Eficiencia hidráulica r = Correlación entre dichas variables TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada	Universo Dado que es un estudio aplicado sobre un sistema técnico, no hay una población humana tradicional, pero si se desea declarar una, se puede considerar: "Sistemas de control térmico en procesos didácticos o prototipos en laboratorios de automatización de instituciones educativas de Puno" Muestra Prototipo del intercambiador de calor automatizado. Este representa una muestra puntual y específica del objeto de estudio sobre el cual se implementa la intervención tecnológica.	TÉCNICAS Observación directa La observación directa es una técnica de investigación en la que el investigador se sumerge en el entorno natural del objeto o sujeto de estudio para registrar datos de forma detallada y sistemática, sin intervenir ni manipular variables, y enfocándose en observar y escuchar el comportamiento real para obtener información objetiva y precisa que no podría ser revelada a través de otros métodos, como entrevistas. INSTRUMENTOS Fichas de observación Una ficha de observación es un instrumento metodológico utilizado para registrar de manera sistemática y estructurada información sobre un objeto, evento o fenómeno específico, el cual es el objetivo de la investigación. Este instrumento, que puede ser estructurado o no estructurado, permite obtener datos para medir, analizar y evaluar aspectos intrínsecos y extrínsecos de la situación estudiada, facilitando la formulación de conclusiones basadas en evidencia.	DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS DISEÑO ESTADÍSTICO Para comprobar la veracidad de la hipótesis que se plantea en el presente trabajo de investigación de tipo correlacional se utilizará la explicación de Rho de Spearman La fórmula de Rho de Spearman es el siguiente: $r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}$ DETERMINACIÓN DE LAS HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS. H₁: R_{xy} ≠ 0 (significa que existe relación directa entre las dos variables) H₀: R_{xy} = 0 (significa que no existe relación directa entre las dos variables) NIVEL DE SIGNIFICANCIA. Se usará un nivel de significancia entre el 1% y el 10% cuando no se precisa este nivel, se asume un nivel de significancia del 5% es decir, α=0.05 ESTADÍSTICA DE PRUEBA Se usará la distribución T con n-2 grados de libertad. Dónde: t_c; T calculada n : tamaño de muestra r : coeficiente de efecto. REGLA DE DECISIÓN. Si t_c > t_α, entonces se rechaza H₀

Anexo 02. Matriz instrumental

Dimensiones	Indicadores	Escala
Cableado correcto	1 = defectuoso	Ordina
Bloque PID configurado	2 = con defecto	
Overshoot <10%	3 = aceptable	
Tiempo de establecimiento	4 = regular	
Error estacionario	5 = muy bueno	

Dimensiones	Indicadores	Escala
Sensores de temperatura	Precisión	Razón
	Tiempo de respuesta	
	Compatibilidad PLC	
	Resistencia química	
	Mantenibilidad	
	Costo total	
	Disponibilidad local	
Algoritmo de control	Parámetros PID (Kp, Ti, Td)	
	Overshoot (%)	
	Tiempo de establecimiento (min)	
	Error medio (°C)	
	Pantallas muestran SP, PV, salida PID	
Sistema de monitoreo	Latencia <500 ms	
	Historización activa	
	Alarmas configuradas	
	Usabilidad HMI	

Anexo 03. Panel fotográfico

ACTUADORES



Fotografía 1. *Vista del chispero.*



Fotografía 2. *Vista del motor.*



Fotografía 3. *Vista de solenoide.*



Fotografía 4. *Vista del tablero.*



Fotografía 5. *Vista de la válvula.*



Fotografía 6. *Vista de la válvula 02.*



Fotografía 7. Vista de la válvula 03.



Fotografía 8. *Vista de la válvula 04.*

SENSORES



Fotografía 9. *Vista del ducto de aire.*



Fotografía 10. *Vista del termocupla*

TABLERO



Fotografía 11. *Vista de fuente de alimentación*



Fotografía 12. *Vista del HMI.*



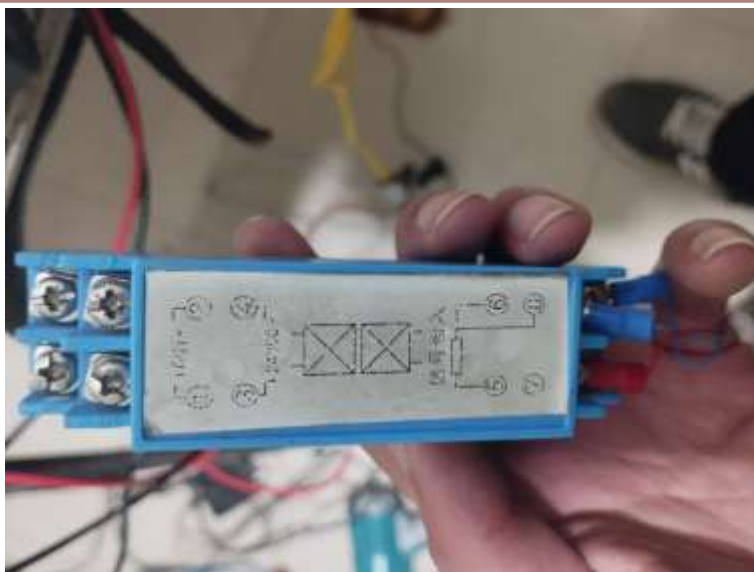
Fotografía 13. *Vista del interruptor.*



Fotografía 14. *Vista de módulo de extensión.*



Fotografía 15. *Vista del-PLC.*



Fotografía 16. *Vista del transmisor.*



Fotografía 17. *Vista del variador.*



Fotografía 18. *Vista fotográfica de la implementación del monitoreo.*



Fotografía 19. *Vista fotográfica sobre la integración de sensores en el laboratorio.*

ANEXO I
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 26-01-2026

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: IVAN MARTIN GOMEZ RAMOS

Dirección: JR. PEDRO MIGUEL URBINA 134

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70162537

Teléfono: 971 118 772 email: ivanmgr123@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECATRÓNICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECATRÓNICO

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

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

Título: IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO PARA UN
INTERCAMBIADOR DE CALOR UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE
PUNO - 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Compatibilidad, control de temperatura, controlador lógico, intercambiador de calor.

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

2

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

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



2. Referencia de tesis:

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

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

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

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

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



Internacional



Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21

Firma de Autor



huella digital

26-01-26

Fecha