TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS PUNO - 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

JULIACA – PERÚ

2026

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS PUNO - 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : _____
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO : _____
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

SEGUNDO MIEMBRO : _____
Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ASESOR DE TESIS : _____
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0254-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de mayo del 2026

VISTO: El expediente **N° 2026-CU-003457** presentado por el (la) Bachiller: **GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA** 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. **GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA,** quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS 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. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
* **1er Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
* **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

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: **GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA;** del informe final de la investigación (tesis) titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS PUNO - 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico.** de acuerdo al siguiente detalle:

* **FECHA** : Jueves 14 de mayo del 2026
* **HORA** : 08:30 hr
* **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.

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

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

cc.
Archivo 2026
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1395-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de octubre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2025-CU-9969** por el señor (a): **GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – **N° 985-2025**-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato **N° 024 - 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): **GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS 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 del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 024 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS 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 merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS 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 CS. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

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

cc.
Archivo
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
Central Telefónica: (051) 321142 - Juliaca - Puno - Perú - Pag. Web: www
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1024-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 7387, presentado por el señor (a) GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO – N° 810-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 039 -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): GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA ha presentado su propuesta de investigación Titulada: IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS 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° 039 -2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS 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): GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulada: IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS 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.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP 33720

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

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
Central Telefónica: (051) 321142 - Juliaca - Puno - Perú - Pag. Web:
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA

IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE D...

Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::13016:606622724

Fecha de entrega
9 jul 2026, 8:55 GMT-5

Fecha de descarga
9 jul 2026, 9:13 GMT-5

Nombre del archivo
T036_43575356_T.docx

Tamaño del archivo
24.9 MB

116 páginas

14.769 palabras

83.807 caracteres

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

8% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

5%	Fuentes de Internet
2%	Publicaciones
7%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

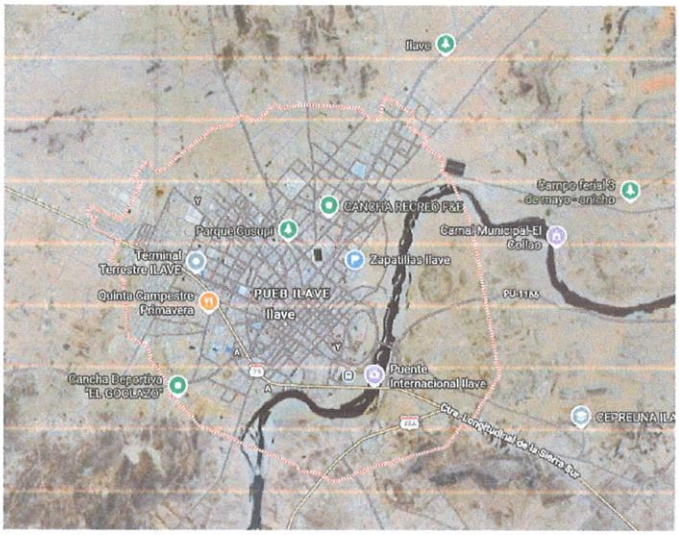
Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

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

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Metadatos complementarios - UANCV

Título de la Tesis	
IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS PUNO - 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43575356
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-8651-2149
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	JESUS 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	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SÁNCHEZ CARREÓN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02064066
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476

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	Departamento: PUNO Provincia: ILAVE Distrito: ILAVE Longitud oeste: -16.082828 Latitud sur: -69.638797  **URL:** https://maps.app.goo.gl/WN6CnCtjUPocyYfM9
Año o rango de años en que se realizó la investigación	enero 2026 – abril 2026
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00 Mecánica aplicada https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.02

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA, identificado con DNI Nro. 43575356 , 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 UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS PUNO – 2025

Asesorado por: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

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

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas 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 15 de JUNIO del 2026

Firma del Asesor (obligatoria)	Firma del Estudiante (obligatoria)	Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

DEDICATORIA

Con profundo amor y gratitud, esta tesis está dedicado a mi esposa, Gloria, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante. Gracias por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y por caminar a mi lado en cada paso de este proyecto. Asimismo, a mi queridísimo hijo, Adrián, con amor y gratitud, por ser mi inspiración y motivación. Que este logro sea ejemplo de esfuerzo y perseverancia para que siempre persigas tus sueños.

Con especial reconocimiento, a mis padres y a mis hermanos, por su apoyo, consejos y confianza, contribuyeron significativamente a mi formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a Dios por concederme salud, fortaleza, sabiduría y constancia para alcanzar esta meta académica.

A la Universidad "Andina Néstor Cáceres Velásquez" por darme esta valiosa ocasión de formarme profesionalmente y desarrollar los conocimientos y competencias necesarias para mi formación personal y académico. Agradezco a las autoridades, profesores y personal administrativo su dedicación, orientación y apoyo durante mi formación, que contribuyeron significativamente al logro de este objetivo.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA i
AGRADECIMIENTO ii
ÍNDICE GENERAL iii
ÍNDICE DE TABLAS vii
INDICE DE FIGURAS viii
RESUMEN xi
ABSTRACT xii
INTRODUCCIÓN xiii

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del Problema 14
1.1.1 Descripción del problema 14
1.2. Formulación del Problema 15
1.3. Planteamiento del Problema 16
1.3.1 Problema general 16
1.3.2 Problemas específicos 16
1.4. Justificación 16
1.5. Objetivos de la investigación 17
1.5.1 Objetivo general 17
1.5.2 Objetivos específicos 17
1.6. Importancia 18
1.7. Limitación de la investigación 18
1.8. Hipótesis de la Investigación 19

1.8.1 Hipótesis general 19
1.8.2 Hipótesis especificas 20
1.9. Variables de Investigación 20
1.10. Operacionalización de variables 21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación 22
2.1.1 A nivel internacional 22
2.1.2 A nivel nacional 25
2.2. Bases Teóricas 27
2.2.1 Los sistemas de visualización 27
2.2.2 Las primeras interfases hombre-máquina 29
2.2.3 Interfase Hombre-Máquina (HMI, MMI) 31
2.2.4 Control Lógico Programable 32
2.2.5 Controlador lógico programable S7-1200 33
2.2.6 Variadores de velocidad 33
2.2.7 Limitaciones del variador de velocidad 35
2.2.8 Variador de velocidad Sinamics V2 38
2.2.9 Bomba de Agua 39
2.2.10 Mezclado 40
2.2.11 Agitadores 41
2.2.12 El motorreductor 42
2.2.13 Controladores 43
2.2.14 Control de relación 49
2.2.15 Ventajas y Desventajas 51

2.3. Definición de Términos 51
2.3.1 Control de Relación 51
2.3.2 Mezclado de dos flujos 52
2.3.3 Flujo 52
2.3.4 Interfaz gráfica (GUI) 52
2.3.5 Sistema de control 52
2.3.6 Variable de proceso 53
2.3.7 Actuador 53
2.3.8 Controlador 53
2.3.9 Relación de Mezcla 53
2.3.10 PLC (Controlador Lógico Programable) 53

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de Investigación 54
3.2. Tipo de Investigación 54
3.3. Diseño de la Investigación 55
3.4. Ámbito de la Investigación 55
3.5. Población y Muestra 56
3.5.1 Muestra 56
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recogida de Información 56
3.6.1. Técnica: 56
3.7. Recogida de Datos 57

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados 60

4.1.1. Selección de componentes 61
4.1.2. Seleccionar el sensor de caudal 63
4.1.3. Escalamiento del sensor de flujo 64
4.1.4. Desarrollo de la programación 67
4.1.5. Desarrollo de la interfaz gráfica Hombre - Maquina 73
4.2. Análisis de Resultados 83
4.3. Discusión de resultados 84
CONCLUSIONES 87
RECOMENDACIONES 89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 90
ANEXOS 96

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Operacionalización de variables 21

Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recogida de información 57

Tabla 3 Recogida de datos 59

Tabla 4 Selección del variador parametros 61

Tabla 5 Selección del PLC 62

Tabla 6 Características del sensor 64

Tabla 7 Resumen de las pruebas realizadas 84

Tabla 8 Comparativa de Enfoques de Control y Monitoreo 85

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Sinóptico sistema de bombeo (WinCC, Siemens) 28
Figura 2 Panel, manejo con teclado/táctil 31
Figura 3 Memoria programable para almacenar comandos 32
Figura 4 Controlador lógico programable S7-1200 33
Figura 5 Circuito clásico de cabeza de una columna de destilación 35
Figura 6 Bomba con un controlador de caudal e impulsión 36
Figura 7 Sistema de control de dos variadores de velocidad 37
Figura 8 Bomba de agua 40
Figura 9 Tipos de agitadores 42
Figura 10 Motor reductor tornillo sin fin 43
Figura 11 Esquema general de un sistema 44
Figura 12 Diagrama de sistema de control 45
Figura 13 Control manual de lazo cerrado del nivel del tanque 46
Figura 14 Control automático de lazo cerrado del nivel del tanque 47
Figura 15 Ejemplo de un sistema de control en lazo cerrado 47
Figura 16 Sistema de control de un amplificador 48
Figura 17 Sistema de control en lazo abierto 49
Figura 18 Control de relación 50
Figura 19 Modulo Completo 60
Figura 20 Sensor de flujo de turbina para 63
Figura 21 Tabla de escalamiento 65
Figura 22 Curva característica de escalamiento 65
Figura 23 Diagrama de bloque 65

Figura 24 Diagrama de flujo 66

Figura 25 Diagrama de bloques de funcionamiento 67

Figura 26 Escalamiento de entrada analógica a valor de ingeniería (INT → REAL)..... 68

Figura 27 Conversión de valor de ingeniería a salida analógica 68

Figura 28 Escalamiento de segunda salida analógica..... 69

Figura 29 Control PID de la variable de proceso 70

Figura 30 Lógica de enclavamiento y control de salidas digitales 70

Figura 31 Cálculo de salida esclava mediante multiplicación..... 71

Figura 32 Cálculo del setpoint para el sistema esclavo 72

Figura 33 Cálculo del flujo de la bomba esclava..... 72

Figura 34 Lógica de activación con enclavamiento de salida digital 73

Figura 35 Primero se selecciona el HMI que se va a utilizar en el proyecto 73

Figura 36 Conectamos con el PLC que estamos utilizando 74

Figura 37 Una vez tengamos la imagen raíz ya podemos programar el HMI para nuestro proyecto..... 74

Figura 38 Sacamos 2 botones para el inicio y parada de nuestro sistema 75

Figura 39 Pantalla HMI del módulo de control 75

Figura 40 Introducimos los tanques para cada nivel 76

Figura 41 Tanques de almacenamiento de proporción 76

Figura 42 Ubicación del sensor de caudal 77

Figura 43 Control PID de la bomba maestra..... 77

Figura 44 Segunda prueba 35 l/min 78

Figura 45 Control PID del flujo maestro 78

Figura 46 Control de proporción 0.8..... 79

Figura 47 Curva del flujo esclavo 79

Figura 48 Proporción de los dos fluidos maestro esclavo y mesclado 80

Figura 49 Tercera prueba 20 l/min 80

Figura 50 Flujo maestro PID 81

Figura 51 Proporción de 1de prueba tres 81

Figura 52 Curva de control del esclavo de la prueba tres 82

Figura 53 Proporción de dos flujos maestro y esclavo 82

RESUMEN

La finalidad de esta tesis es perfeccionar el proceso de seguimiento más eficiente y confiable, implementando la interfaz gráfica para el sistema control de proporción y mezclado de dos flujos. El PLC S7 1200 y el software TIA Portal sirvieron como plataformas principales para la programación y la comunicación. Inicialmente, los dispositivos indispensables para la operación del sistema son sensor de flujo, válvulas de control, actuadores y módulos de comunicación. Posteriormente, se establecieron los algoritmos responsables de asegurar la relación de flujo requerida dentro de la lógica de control desarrollada en el PLC y se realiza utilizando TIA Portal. Se configuró y programó la estrategia de control en TIA Portal utilizando un PLC S7-1200, implementando un controlador PID mediante el bloque PID_Compact. Los ensayos efectuados evidencian sistema sigue adecuadamente las consignas programadas (30, 35 y 20 L/min) con precisión, evidenciando un correcto desempeño del controlador. Asimismo, el control de proporción permitió regular el flujo esclavo en función del flujo principal, obteniendo valores proporcionales coherentes (15, 28 y 20 L/min), lo cual valida la lógica de control implementada. Finalmente, se implementó una interfaz gráfica de usuario que posibilita la visualización de datos, permite observar continuamente variables de sistema y efectuar cambios en los parámetros de funcionamiento. Los resultados demostraron que la interfaz gráfica implementada facilita la comunicación segura e intuitiva entre quien opera el sistema y el control automatizado, lo que permite una monitorización precisa del proceso de mezcla y una reducción de los errores operativos

Palabras clave: Flujo, sensores, actuadores, sistema de control, TIA Portal, PLC, proporción de mezcla, automatización industrial e interfaz hombre-máquina (HMI).

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to refine the monitoring process to be more efficient and reliable by implementing a graphical interface for a two-flow proportioning and mixing control system. The S7-1200 PLC and TIA Portal software served as the primary platforms for programming and communication. Initially, the essential devices for system operation were flow sensors, control valves, actuators, and communication modules. Subsequently, algorithms were established to ensure the required flow ratio within the control logic developed in the PLC and implemented using TIA Portal. The control strategy was configured and programmed in TIA Portal using an S7-1200 PLC, implementing a PID controller using the PID_Compact block. The tests performed demonstrate that the system accurately follows the programmed setpoints (30, 35, and 20 L/min), demonstrating the controller's proper performance. Furthermore, the proportion control allowed for regulating the slave flow based on the main flow, obtaining consistent proportional values (15, 28, and 20 L/min), thus validating the implemented control logic. Finally, a graphical user interface was implemented, enabling data visualization, continuous monitoring of system variables, and adjustments to operating parameters. The results demonstrated that the implemented graphical interface facilitates secure and intuitive communication between the system operator and the automated control, allowing for precise monitoring of the mixing process and a reduction in operational errors.

Keywords: Flow, sensors, actuators, control system, TIA Portal, PLC, mixing proportion, industrial automation, graphical interface, and HMI.

INTRODUCCIÓN

Para que los procesos de producción sean eficientes, precisos y seguros, la automatización industrial es esencial. Controlar con precisión la proporción de mezcla entre dos flujos es uno de los mayores desafíos, ya que incluso cambios mínimos pueden afectar la calidad del producto y provocar pérdidas.

La utilización de una interfaz gráfica (HMI) permite una monitorización eficaz de variables cruciales, la modificación de parámetros y la detección de problemas, ya que los sistemas tradicionales tienen limitaciones en la monitorización en tiempo real y la administración de datos.

La finalidad de esta tesis es utilizar un PLC y el software TIA Portal para diseñar e implementar una interfaz gráfica (HMI) que permita gestionar la proporción de mezcla de dos flujos. Esto se logró mediante la selección de los dispositivos necesarios, la creación de la lógica de control y la integración de la HMI con el sistema para garantizar un funcionamiento fiable y una comunicación en tiempo real.

Este artículo propone estrategias para mejorar la precisión, reducir el error humano, optimizar la gestión de procesos industriales y permitir la monitorización continua. La tesis está dividida en secciones que abarcan los antecedentes teóricos, la metodología, el desarrollo del sistema, la implementación de la interfaz gráfica y los resultados finales

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1 Descripción del problema

En las operaciones industriales que implican la mezcla de dos flujos, mantener una proporción precisa de fluidos es esencial para garantizar la calidad del producto final. Pequeñas fluctuaciones en el caudal pueden provocar pérdidas de materiales, productos fuera de especificación y pérdidas financieras si no se controlan bien.

Los sistemas de control tradicionales, basados en paneles analógicos o controles manuales, presentan limitaciones importantes, como la falta de monitoreo en tiempo real, la dificultad para ajustar parámetros de manera precisa y la exposición a errores humanos. Esto reduce la eficiencia operativa y complica el monitoreo del proceso, particularmente cuando se necesita un control consistente y confiable.

Además, la ausencia de un sistema gráfico de operación (HMI) restringe la capacidad del operador para interactuar con el sistema, lo que le imposibilita modificar parámetros de forma rápida y segura, recibir alarmas de error o visualizar claramente variables de proceso cruciales.

Buscando una mejora en la exactitud y la eficiencia del proceso y la seguridad del proceso industrial, es necesario crear un sistema automatizado que combine un PLC con una HMI y que sea capaz de regular y monitorizar la proporción de mezcla de los flujos en tiempo real.

1.2. Formulación del Problema

Mantener la proporción precisa entre dos flujos contribuye de manera directa a la calidad del producto final en operaciones industriales que requieren su mezcla. Las variaciones en los caudales pueden generar desperdicio de material, productos fuera de especificación y pérdidas económicas si no se controlan adecuadamente.

Los sistemas de control tradicionales presentan importantes inconvenientes porque dependen de paneles analógicos o ajustes manuales, lo que dificulta la monitorización de forma inmediata y eleva la probabilidad de fallos humanos. Además, la falta de un entorno visual de control (HMI) restringe la capacidad del operador para interactuar con el sistema, lo que hace imposible que modifique rápidamente los parámetros, vea claramente las variables cruciales y reciba notificaciones oportunas sobre cualquier error del proceso.

En consecuencia, se hace necesario implementar un sistema automatizado que combine un PLC con una HMI capaz de regular y monitorizar la proporción de mezcla de los flujos en tiempo real. Para optimizar el proceso industrial y facilitar su supervisión y operación por parte del personal pertinente, este sistema debe garantizar precisión, eficiencia y fiabilidad.

1.3. Planteamiento del Problema

1.3.1 Problema general

PG.- ¿Cómo se puede implementar una interfaz gráfica para el sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos?

1.3.2 Problemas específicos

PE1.- ¿Cómo se puede elegir los sensores y actuadores requeridos para interfaz gráfica para el sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos?

PE2.- ¿Cómo se puede desarrollar la programación del sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos en el entorno TIA Portal, poniendo en práctica la lógica de control del PLC?

PE3.- ¿Cómo integrar la interfaz gráfica con el control de proporción, garantizando el intercambio correcto de datos en tiempo real entre la interfaz y los controladores PLC, sensores y actuadores?

1.4. Justificación

El control exacto del suministro de agua mezclada es primordial en muchos procesos industriales, donde incluso mínimas desviaciones pueden comprometer la calidad del producto final, aumentar los costos y provocar el agotamiento de materiales. Los sistemas tradicionales, que dependen de controles manuales o paneles analíticos, presentan limitaciones en cuanto a precisión, supervisión y seguridad operativa, lo que reduce la eficiencia del proceso.

Además, la falta de un entorno visual de control (HMI) restringe la capacidad del operador para interactuar con el sistema, lo que hace imposible que modifique rápidamente los parámetros, vea claramente las variables cruciales y reciba notificaciones oportunas sobre cualquier error del proceso. Esto aumenta la confiabilidad y seguridad del proceso al minimizar el error humano, mejorar la toma de decisiones y agilizar las actividades industriales.

Desde una perspectiva académica, el proyecto ofrece experiencia práctica en programación de PLC, automatización industrial y creación de HMI, que se puede aplicar a una variedad de procedimientos de control de mezcla. Además, el estudio proporciona una solución tecnológica que puede duplicarse en entornos industriales comparables, mejorando la competitividad y la eficiencia de la producción.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

OG. - Implementar una interfaz gráfica para el sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos.

1.5.2 Objetivos específicos

OE1. Seleccionar el sensor de caudal para el control de proporción de mezclado de dos flujos.

OE2. Desarrollar la programación del sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos en el entorno TIA Portal.

OE3. Integrar la interfaz gráfica con el sistema de control de proporción, asegurando el intercambio correcto de datos en tiempo real entre la interfaz y los controladores PLC.

1.6. Importancia

Este trabajo es relevante porque combina la automatización y la tecnología de visualización para optimizar las operaciones industriales.

Para garantizar el desempeño del producto, la eficacia operativa y la minimización de pérdidas en el sector, es esencial una gestión precisa de la relación de mezcla de dos flujos.

Al integrar un PLC con un entorno visual de control (HMI), los operadores tienen la posibilidad de supervisar y gestionar el proceso en tiempo real, lo que reduce el error humano y favorece decisiones oportunas y acertadas. Esto ofrece una herramienta adecuada para capacitar al personal operativo en sistemas automatizados, además de mejorar la eficiencia y la seguridad del proceso.

Desde una perspectiva académica, el estudio ofrece experiencia práctica en programación de PLC, desarrollo de HMI y automatización industrial, que puede utilizarse como guía para próximas iniciativas de control de procesos. Adicionalmente, facilita la capacitación de personal operación mejorando la productividad y garantizando mayores niveles de seguridad en el proceso.

1.7. Limitación de la investigación

Durante la evaluación de los resultados se deben considerar las restricciones y alcances del estudio desarrollado. inicialmente, el proyecto considera la selección e integración de dispositivos particulares, incluidos sensor, actuadores y un PLC específico, lo que puede limitar la adaptabilidad del sistema a otras marcas de equipos.

Además, debido a que el sistema se implementó y probó en un laboratorio cuidadosamente regulado, su comportamiento puede diferir en entornos industriales reales donde el proceso está influenciado por factores externos y escalas de operación mayores.

Si se pretende aplicar la interfaz gráfica establecida a procesos más complejos o con más variables de control, es posible que sea necesario ajustar su funcionalidad, ya que fue creada principalmente para manipular la proporción de mezcla de dos flujos.

Además, el desarrollo del sistema depende del uso del PLC seleccionado y del software TIA Portal, lo que implica que la programación y la transmisión de datos pueden variar si el proyecto se replica en diferentes plataformas. Por último, el análisis de más escenarios y una mayor variedad de combinaciones de caudal se vio limitado por restricciones de tiempo y recursos durante las pruebas y la validación.

A pesar de estos inconvenientes, el estudio permite validar la viabilidad y las ventajas de instalar una HMI acoplada a un PLC para el control de la mezcla de dos flujos, proporcionando un marco inicial para posteriores mejoras y modificaciones en entornos industriales reales.

1.8. Hipótesis de la Investigación

1.8.1 Hipótesis general

HG. - Una interfaz gráfica implementada para el sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos permitirá mejorar la supervisión, el

control y la precisión del proceso, permitiendo la interacción entre el usuario y el sistema automatizado.

1.8.2 Hipótesis especificas

HE1: Si se efectúa una selección correcta los dispositivos de medición, control y actuación con base en las necesidades del sistema de mezclado, entonces se garantizará la precisión y estabilidad del control de proporción entre los dos flujos.

HE2: Si se desarrolla una programación adecuada en el entorno TIA Portal, implementando una lógica de control proporcional precisa, entonces el PLC podrá regular de forma eficiente el equilibrio de mezcla entre los dos flujos, manteniendo los valores deseados dentro de los márgenes establecidos.

HE3: Una programación adecuada del sistema de control de proporción permitirá supervisar y ajustar el proceso en tiempo real, mejorando la usabilidad y la eficiencia operativa."

1.9. Variables de Investigación

Variable dependiente: Proporción de mezclado de dos flujos.

Variable Independiente: herramienta visual para la gestión y supervisión de las variables del proceso.

1.10. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Variable Independiente	Interfaz gráfica para el sistema de control.	Diseño de la interfaz	Claridad visual y disposición de elementos.	Escala Likert
		Funcionalidad	Número de funciones implementadas y operativa.	Número de funciones.
		Interacción usuario-sistema	Retroalimentación y control de parámetros	Porcentaje de comandos exitosos (%)
Variable Dependiente	Proporción de mezclado de dos flujos.	Precisión de la mezcla.	Grado de exactitud en la proporción establecida entre los flujos.	Porcentaje (%)
		Eficiencia del control	Capacidad del sistema para mantener la proporción deseada.	Porcentaje (%) de aciertos en la proporción.
		Tiempo de ajuste.	Tiempo necesario para corregir desviaciones de la proporción.	Segundos (s) o minutos (min)

Nota: fuente propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1 A nivel internacional

(Alomia, Cruz, & Rodríguez, 2023) El propósito de éste proyecto de grado es diseñar, construir y probar un prototipo para mezclar y dosificar sustancias líquidas, para ello se hace uso de un sensor que permite medir el nivel del tanque del reactor con el fin de ajustar las variables de volumen para este tipo de producto. Creé un programa sobre un equipo de control lógico programable (PLC) marca Delta que permite gestionar el funcionamiento On-Off de los actuadores del sistema, incluyendo el motor, bombas dosificadoras y pilotos de señalización, con el fin de controlar las variables del sistema, tanto de salida y como, de entrada. Además, se creó una interfaz gráfica en la aplicación DOPSoft para la interacción del usuario con la máquina. Al conectar el conector USB tipo A a RS232, esta interfaz reproduce la pantalla del entorno de control visual (HMI) de un ordenador y permite el control y la visualización de las variables del PLC. Esta tesis pretende diseñar y simular un sistema que permita la mezcla de colores con el fin de abordar los problemas de mezcla de colores de la industria.

Para lograr esta meta se plantearon objetivos específicos como evaluar los pasos y dispositivos empleados durante la combinación de colores mediante simulación, desarrollar la programación en lenguaje de escalera (KOP) dentro de TIA Portal y crear una interfaz hombre - máquina (HMI) de fácil operación que permita, que permita el monitoreo y control efectivo de las variables del proceso y analizar modelos de simulación de mezcla de colores para seleccionar el modelo a desarrollar. El propósito de esta tesis es brindar una contribución al sector industrial, donde la producción de productos químicos, pinturas y tintas depende de la mezcla precisa de colores. La automatización de un proceso se demuestra mediante la emulación de un PLC junto con una interfaz HMI para la supervisión y manejo del sistema, lo que también ayuda a minimizar posibles errores que podrían ocurrir al mezclar colores. a emulación utilizando SIMATIC S7-PLC-SIM facilitará la evaluación de las diferentes etapas del proceso y de los equipos implicados, proporcionando información que permitirá analizar el sistema de manera simulada.

(Maldonado, 2022) El objetivo de este proyecto tecnológico es controlar el sistema de bombeo de agua potable del cantón El Limonal. Se utilizan tres bombas de refuerzo en la estación de bombeo para llenar un tanque elevado. Se utilizan sensores ultrasónicos para monitorear los niveles de los tanques. La estación también incluye un entorno visual de control (HMI) para gestionar el caudal, los niveles de los tanques y las bombas.

(Moreno F. , 2014) Este trabajo de fin de grado forma parte de unas prácticas en una planta embotelladora de refrescos. En esta planta operan simultáneamente once líneas de producción para diversos tipos de envases. La máquina que utiliza una combinación de productos químicos para crear la bebida final deseada se denomina máquina primaria y esencial en el proceso de producción.

Actualmente, esta máquina cuenta con un sistema de control automático completamente funcional. En cuanto a los conocimientos técnicos, la descripción que el fabricante hizo de esta mezcladora fue extremadamente ambigua. Con el fin de mejorar y ampliar la comprensión más clara de una maquina compleja frecuentemente asociada a restricciones funcionales, se llevó a cabo un análisis e investigación exhaustivos del mismo.

En esta asignatura, tendré la oportunidad de investigar un sistema real y todas sus implicaciones, profundizar en la teoría de control que aprendí en la universidad y completar mi proyecto final de grado en una organización mientras trabajo como becario profesional. Por consiguiente, la meta principal fue la implementación de un controlador PID en la maquina mezcladora de fluidos, orientado a mejorar el desempeño y la estabilidad del sistema en un entorno de forma continua, con el objetivo logrado se requiere un examen inicial del funcionamiento general de la máquina antes de profundizar en sus componentes y características.

Se desarrollará un sistema simulado que reproduzca el comportamiento del mezclador de manera similar. Utilizando todos los datos recopilados del estudio del sistema y los manuales del fabricante. Esto se debe a que, al tratarse de un sistema de producción continua, no se puede interrumpir la realización de pruebas con las modificaciones necesarias para el estudio. Además, no es viable probar otros sistemas, ya que la mezcla contiene componentes reales con precios similares, lo que resultaría en el desperdicio de estos componentes.

Utilizando el modelo teórico resultante, se implementará teóricamente un controlador PID en el sistema operativo real para conservar los valores reales a la vez que se ajusta a las restricciones de producción.

2.1.2 A nivel nacional

(Medina & Torre, 2024) Con el fin de crear un color con el tono correcto para automóviles pequeños en una planta de ensamblaje, esta presentación de tesis demuestra el diseño e instalación de un prototipo de proceso de mezcla y envasado de pintura con control automático. En la industria automotriz se emplearon sistemas mecánico-eléctricos y de control para incrementar la producción, cuidar a los trabajadores involucrados en el proceso de mezcla y satisfacer las demandas del mercado nacional y externo. El sistema se diseñó utilizando la metodología VDI-2221, que prioriza el diseño mecánico y mecatrónico. Los cálculos, la selección de componentes y el modelado relacionados con el diseño de la máquina también se presentan en este trabajo analítico. La implementación del proyecto se basó en el proyecto final obtenido mediante la metodología VDI-2221. Se hizo uso del software Tia Portal V17 Con fines de desarrollo de la programación, La creación y elección de componentes gráficos, como la HMI. De igual manera se realizó el modelado en el programa Inventor para la representación 3D de cada etapa.

(Delgado & Quinte, 2020) En este trabajo se detalla la planificación y realización de un módulo que emplea un enfoque de control de proporciones para gestionar la relación de mezcla entre dos flujos. Dos medidores de flujo de tipo turbina, dos reguladores de velocidad, Dos unidades de bombeo de agua, una válvula solenoide, Válvulas de manejo manual, dos depósitos para almacenar agua coloreada, un tanque de mezcla y Una tarjeta de adquisición de datos con

acondicionamiento constituye el módulo. De forma similar, Se hizo uso de una librería de control PI. en la programación con la versión demo de Labview. Además, se emplearon dos técnicas de ajuste: la primera fue el ajuste de Ziegler y Nichols mediante El procedimiento del límite de ganancia, Lo que generó una desviación de 1,28 LPM (litros por minuto) por debajo del caudal establecido como punto de consigna. Se empleó un enfoque de calibración mediante prueba y error para la segunda técnica, obteniéndose una respuesta más exacta con una desviación de ±0,5 LPM respecto al caudal de referencia. Por último, fue posible preservar La proporción de flujo frente a las variaciones o perturbaciones del proceso para los diversos factores de relación dados (factores de relación de 0,7, 0,5 y 0,3), Presentando errores de ±0,06, ±0,06 y ±0,1 en relación con los factores de proporción, de forma respectiva. Sumado a esto, se realizó una comparación visual mirando directamente el Contenedor de mezcla para confirmar que os dos líquidos, de diferentes colores, se encontraban combinados.

(Córdova, 2013) La finalidad de este estudio es desarrollar e implementar un sistema de supervisión y control para el proceso de dosificación y mezcla de líquidos de baja densidad, garantizando una operación eficiente y confiable. Que tiene sus características únicas de hardware y software que lo hacen muy adaptable, permitiendo que su estructura se cree y utilice según los requisitos del sistema y del usuario. Este trabajo se utilizará para la monitorización y el control de tres sistemas de dosificación basados en válvulas, lo que nos permitirá controlar la cantidad de líquido necesaria. Una vez finalizada la dosificación, procedemos al sistema de mezcla, compuesto por un motor y un agitador de paletas que controlan la homogeneidad del producto y la velocidad de mezclado. Para visualizar un sistema automatizado controlado por el PLC se puede utilizar un HMI, un simulador

gráfico que permite observar, monitorear y controlar el proceso en cuestión. Se ha determinado que los estudiantes del curso de control de procesos necesitan profundizar en los procesos de dosificación y mezcla, tan comunes tanto en el sector nacional como en el extranjero. Por ello, el proyecto propuesto ofrecerá una comprensión precisa y clara.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Los sistemas de visualización

(Rodríguez A. , 2013) En la década de 1960, la automatización se popularizó como una forma para que las empresas resolvieran sus propios problemas de control. Para resolver un problema de automatización, cualquiera creaba un componente electrónico especializado. Debido a su memoria generalmente limitada, estos dispositivos debían interactuar constantemente con sus sistemas de control central para transmitir datos. Solían utilizar lenguajes de programación relativamente desconocidos y contenían varias entradas y salidas fijas.

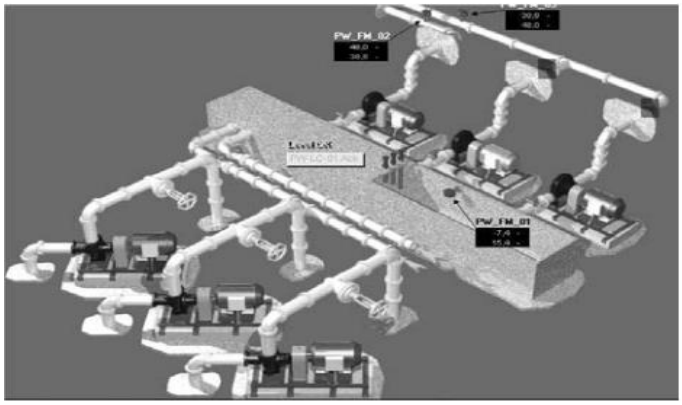
En la década de 1970 surgió una nueva generación de PLC de fabricantes de equipos eléctricos, incluidos Siemens, Square-D y Allen-Bradley. Utilizaban PLC que eran perfectos para sectores como la industria automotriz porque podían regular muchas entradas y salidas. Estos controladores eran enormes, pesados y costosos porque estaban hechos para soportar las circunstancias más duras en estos lugares hostiles.

La miniaturización de los componentes, que permitió reducir gradualmente el tamaño, el peso y el coste en todos los niveles de control industrial, fue otro efecto de la evolución de la electrónica. Como resultado, en la década de 1980 se introdujeron los mini PLC. Tuvieron un éxito inmediato en el sector industrial porque

proporcionaban sistemas de programación general (escalera o escalera) y permitían controles modulares que se podían ajustar a las necesidades del momento. A medida que los sistemas de control han evolucionado, también lo han hecho los componentes que proporcionan información al usuario.

Figura 1

Sinóptico sistema de bombeo (WinCC, Siemens)



Nota: Fuente internet

La necesidad de supervisar y controlar una máquina a distancia quedó patente en los primeros paneles de control, donde una gran cantidad de luces indicaban las diversas circunstancias previstas del funcionamiento de la máquina. Es posible que no haya suficiente espacio para la indicación y cualquier circunstancia imprevista o pasada por alto podría requerir que un electricista trabaje durante varias horas para llevar la señal olvidada al panel de control. Este tipo de control se hizo más fácil con el desarrollo de la tecnología informática. Cada vez que se tuviera que cambiar un temporizador en un sistema de control, ya no sería necesario contar con verdaderos especialistas en sistemas de automatización.

Los grandes paneles de control comenzaron a transformarse en monitores que podían mostrar los mismos datos, pero era más sencillo modificar la presentación. La visualización apareció en pantalla tras realizar algunos cambios

en el código de la aplicación. Tras comprender esta necesidad, varios fabricantes crearon programas de software que podían interactuar con los sistemas de control actuales, lo que permitía una flexibilidad hasta entonces impensable. Actualmente, existen numerosas posibilidades gracias al continuo crecimiento de esta tendencia.

Con la llegada de Internet en el Disciplina de las telecomunicaciones aplicadas a la industria, la tecnología Web-Server ha hecho posible conectarse a un sistema de control en cualquier región del mundo; basta con disponer de una computadora con un navegador y la dirección IP del sistema que necesitamos observar.

2.2.2 Las primeras interfaces hombre-máquina

Las máquinas de escribir, los teletipos y las tarjetas perforadas fueron sustituidas por el teclado y el tubo de rayos catódicos (TRC). Los primeros lenguajes de programación gráfica se modificaron para aprovechar las novedosas oportunidades que ofrecía esta tecnología. Por ejemplo, permitieron que cada una de las 2.000 celdas de una pantalla de computadora de 80x25 cambiara de color.

En la década de 1980, el sistema operativo Windows 3.11 marcó el siguiente gran avance. Cimplicity e Intellution eran los principales desarrolladores de soluciones de interfaz gráfica de usuario en aquel momento. El gobierno de EE. UU. fue el primer comisionado de Cimplicity. Era increíblemente difícil de usar y dependía del DOS.

Los gráficos del programa Dr. Halo, que eran más sencillos de utilizar, se utilizaron en Intellution, que también estaba basado en DOS. ¿Alguien recuerda haber utilizado imágenes formateadas con el editor de gráficos Dr. Halo con el programa Scada Mitor?

Una empresa llamada Wonderware ha estado utilizando Windows durante un tiempo para trabajar con un programa de visualización llamado InTouch, que debutó en 1989.

Todo parecía indicar que DOS sería el sistema universal que reemplazaría a Windows. Sin embargo, parece que a finales de los 80, una empresa quesera californiana lanzó al mercado un producto defectuoso con resultados desastrosos para algunos clientes debido a un error de composición provocado por las prisas y la falta de claridad en los controles del proceso (en un sistema basado en DOS, la información se presenta solo en forma de líneas escritas; es necesario leerlas).

En ese momento, Wonderware pudo demostrar a las autoridades competentes que los procedimientos que su software supervisaba eran seguros. Al estar basado en Windows, era fácil de documentar y los procedimientos podían mostrarse gráficamente, lo cual era más seguro y fácil de entender que simplemente obtener una cadena de líneas de texto (DOS). Esta fue la primera empresa en cumplir con las normas federales de EE. UU. Cabe destacar que los principales fabricantes de sistemas HMI ofrecen actualmente funcionalidades comparables.

A medida que Windows ganó popularidad, el desarrollo de controladores (utilidades para interactuar con aplicaciones basadas en Windows) también se benefició. A partir de entonces, todos los fabricantes utilizaron Windows y DDE para conectar los puntos.

Con la llegada de una versión de Visual Basic a mediados de la década de 1990, las utilidades pre configuradas simplificaron la creación de Elementos de control gráfico e interfaces interactivas. Solo era necesario hacer clic y arrastrar el botón prediseñado hasta la posición deseada en la pantalla.

2.2.3 Interface Hombre-Máquina (HMI, MMI)

Comprensión de los sistemas de visualización gráfica y los paneles de control. La función de un panel de control es lograr que el sistema bajo su gestión, como una fábrica, una red de distribución eléctrica o un sistema de suministro de agua, funcione de manera más eficiente. Inicialmente, los paneles sinópticos eran fijos y se instalaban en tableros de gran tamaño con luces e indicadores. Junto con el software, con el tiempo se han convertido en representaciones visuales en las pantallas de monitoreo (VDS, unidades de visualización). En los sistemas complejos, generalmente aparecen múltiples puntos de conexión o terminales, lo que permite la observación simultánea de múltiples sectores del sistema.

Sin embargo, hay situaciones en las que es mejor mantener el formato anterior del Panel Sinóptico ya que permite al usuario ver todo el sistema con mayor claridad y no se ve afectado por posibles cortes de energía en los componentes o en el controlador gráfico.

Figura 2

Panel, manejo con teclado/táctil



Nota: https://industriasgsl.com/collections

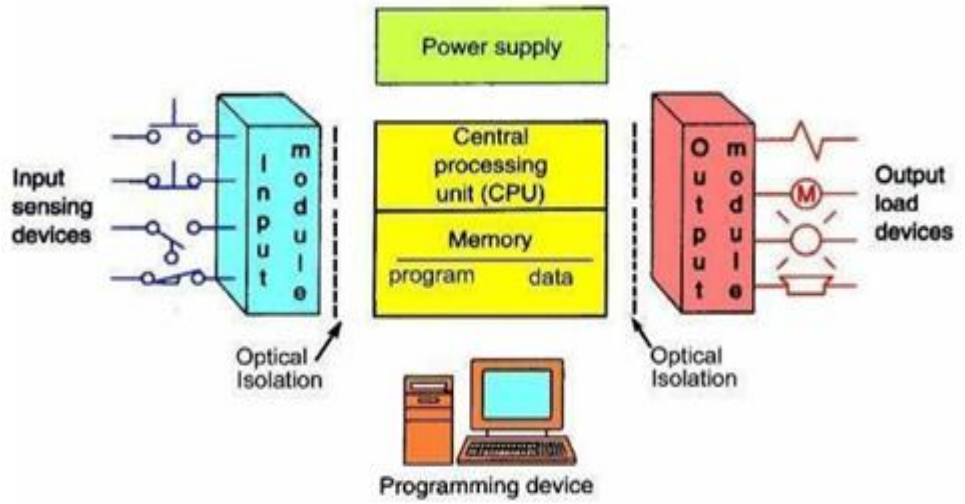
2.2.4 Control lógico programable

(Malekar, 2021) La teoría según la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) define al PLC como un equipo electrónico digital que emplea memoria programable para almacenar instrucciones de control y realizar tareas específicas, como conteo, secuenciación, temporización, lógica de control y funciones aritméticas para la gestión de maquinaria y procedimientos.

- El PLC integra distintos elementos lógicos digitales de estado sólido, concebidos para procesar decisiones lógicas y proporcionar resultados.
- El PLC establece la comunicación programable entre entradas de sensores y salidas de actuadores.

Figura 3

Memoria programable para almacenar comandos



Nota: *Fuente internet*

Todo el sistema PLC se puede dividir de la siguiente manera.

a) Unidad Central de Procesamiento

b) Módulos de Entrada

c) Módulos de Salida

d) Fuente de Alimentación

e) Sistema de Bus

2.2.5 Controlador lógico programable S7-1200

- El SIMATIC S7-1200 actúa como controlador para gestionar procesos en la construcción de equipos e instalaciones.
- Los pequeños controladores ofrecen una interacción perfecta con los paneles básicos y se programan con STEP 7 Basic en el TIA Portal.

Figura 4

Controlador lógico programable S7-1200



Nota: Fuente internet

2.2.6 Variadores de velocidad

Un lazo de control incluye el motor de accionamiento con velocidad variable. El primer paso en cualquier estudio de control de procesos es identificar las diversas definiciones de "proceso". Desde una perspectiva de producción, una línea de

producción se considera habitualmente como un sitio para llevar a cabo el procesamiento de materia y con frecuencia, se aplica energía para obtener un resultado específico o predefinido. Reactores, hornos, intercambiadores de calor y otros dispositivos son ejemplos de procesos de producción. Bajo el enfoque de control, un proceso corresponde al monitoreo continuo de un conjunto de variables de entrada y salida que requieran mantener los valores determinados. Es decir, para conservar inalterada la variable bajo control, es preciso actuar sobre una variable diferente, conocida como variable regulada. Para ejemplificar, manipular la velocidad de rotación de una bomba es un método para mantener su caudal controlado.

Por último, cabe señalar que se considera que hay dos objetivos que son los más cruciales al instalar un sistema compuesto por un motor y su variador de velocidad:

- Mayor estabilidad en el control.
- Ahorro de energía.

Sin analizar cada aspecto minuciosamente de la compra de este sistema, es evidente que, desde una perspectiva de control, los ahorros de energía se realizan con el tiempo y pueden llegar a ser grandes según el desempeño del equipo en relación con los parámetros para los que fue diseñado.

Podemos tomar como ejemplo de estabilidad a un productor de variadores de velocidad. Supongamos que viajamos por una autopista y necesitamos reducir la velocidad al llegar a una ciudad. Levantar el pie del acelerador es la mejor solución para esto: mejora la estabilidad y ahorra gasolina. Otro método es frenar

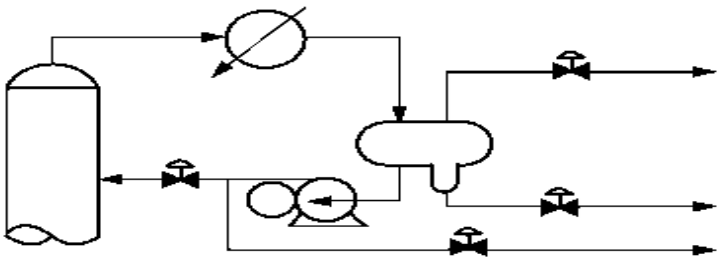
manteniendo el pie en el acelerador. Esta última opción provocará pérdida de estabilidad, mayor consumo de combustible y desgaste de los frenos.

2.2.7 Limitaciones del variador de velocidad

Aunque no pueden sustituir totalmente a las válvulas automáticas, los variadores de frecuencia se utilizan cada vez más en la industria. La razón principal es que su uso es limitado porque deben instalarse para poder operar un motor. Por ejemplo, las corrientes de impulsión de la bomba no convergen necesariamente en un solo destino o están en fase líquida, por lo tanto, ninguna de ellas puede controlarse ajustando una sola variable. Pero no todos los procesos requieren una bomba para su funcionamiento; con frecuencia, la presión de la fuente supera a la presión en el punto de destino, por lo que el producto se mueve directamente de un lugar a otro.

Figura 5

Circuito clásico de cabeza de una columna de destilación



Nota: Fuente internet

Las limitaciones mencionadas son visibles:

- Un flujo de gas se envía a un proceso diferente para su reutilización.

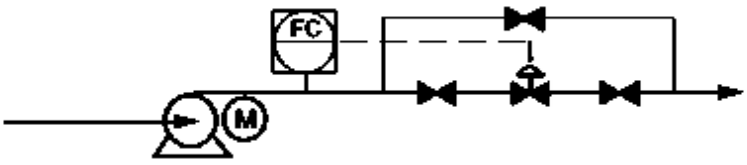
- La salida de la bomba se dirige al límite de la batería, en parte como destilado, y a la propia columna, en parte como reflujo.
- La propia presión del proceso extrae la corriente de agua.

Otro beneficio de Emplear variadores de velocidad permite conservar la operatividad del equipo en procesos que funcionan las 24 horas del día, los 365 días del año. Los variadores de frecuencia requieren una instalación redundante para mantener su disponibilidad, a diferencia de otras, las válvulas automáticas incluyen bloqueos en su construcción y derivaciones para que puedan desmontarse para su reparación.

La figura 04 se muestra un montaje estándar de bomba, usando controlador de flujo en la línea de descarga. La válvula reguladora automática cuenta con dos válvulas de cierre y una válvula de derivación, de modo que, en caso de fallo, el cierre de las válvulas de cierre permite controlar manualmente el caudal mediante la válvula de derivación sin detener la operación de producción. Posteriormente, se puede retirar la válvula operada automáticamente.

Figura 6

Bomba con un controlador de caudal e impulsión



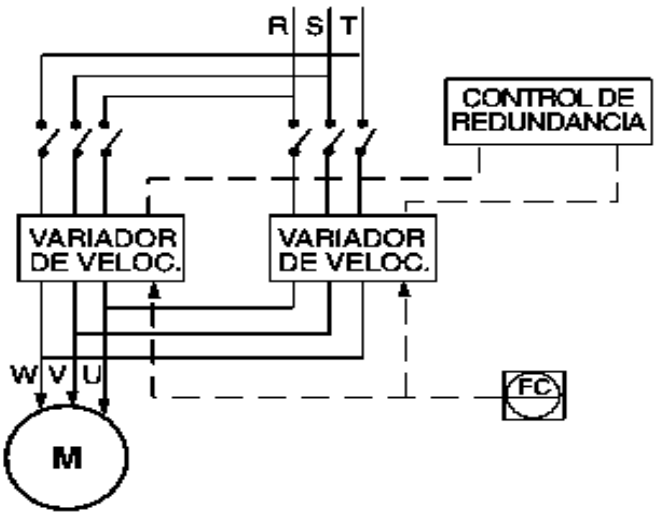
Nota: Fuente internet

Figura 07 presenta una estructura redundante en la que la señal de salida del sistema de control se transmite hacia dos variadores de velocidad. El motor

recibe la señal de control de uno de estos variadores, denominado variador principal. El otro variador se mantiene en reserva para tomar el relevo en caso de que falle el variador principal. En realidad, el motor pierde revoluciones a medida que el control se transfiere de un variador a otro, pero automáticamente recupera velocidad hasta alcanzar su velocidad previa al fallo.

Figura 7

Sistema de control de dos variadores de velocidad



Nota: Fuente internet

En resumen, el uso de variadores de velocidad presenta varias ventajas y desventajas, siendo las más significativas las siguientes:

a) ventajas:

1. Se consigue un manejo más óptimo del sistema
2. Se alcanza una eficiencia energética que puede ser notable.

b) desventajas:

1. No todos los procesos permiten usar variadores de velocidad en sustitución de válvulas.

- Se debe disponer de un motor, para poder montar un variador de velocidad. Algunos circuitos no lo tienen.
- En algunas líneas de producción, los productos se procesan en fase gaseosa.
- En ocasiones, el flujo de salida de una bomba puede dirigirse a múltiples ubicaciones.

2. El proyecto suele requerir una inversión considerable.

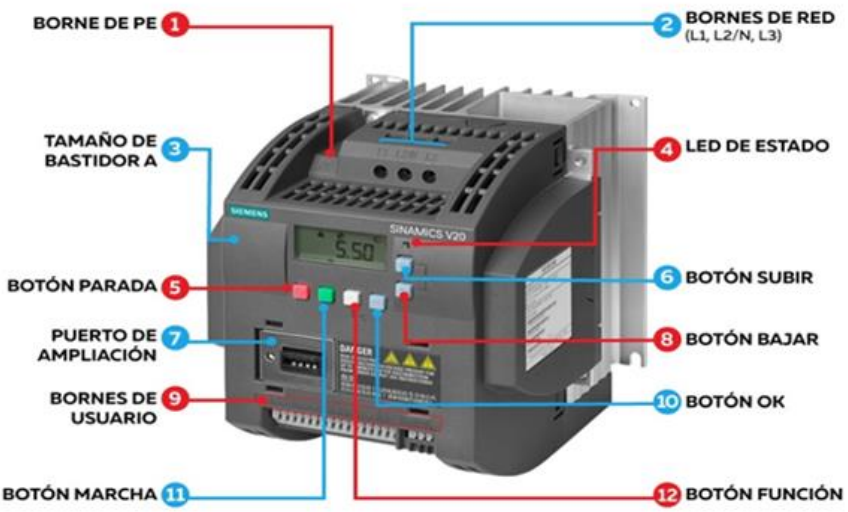
- Podría ser esencial realizar un estudio de viabilidad.
- El variador debe ser redundante en los procesos críticos.
- En algunos casos, el variador es más caro que el motor.

2.2.8 Variador de velocidad Sinamics V2

Ofrece una opción básica y rentable para este tipo de aplicaciones. Destaca por su rápido arranque, facilidad de uso, estabilidad y rendimiento económico. Su tamaño reducido la convierte en una solución adecuada para diversas aplicaciones, con variantes que admiten tensiones de alimentación monofásicas y trifásicas y con potencias que van desde 0,12 kW hasta 15 kW. SINAMICS V20 es la solución ideal para el creciente número de industrias de montaje de equipos e instalaciones que optan por automatizar procedimientos sencillos que requieren flexibilidad. (Página 15, Siemens, 2013)

Figura 08

Variador de velocidad Sinamics V20



Nota: Fuente internet

2.2.9 Bomba de Agua

(De las Heras, 2011) Una máquina de fluidos es un dispositivo mecánico que tiene la capacidad de transferir energía al fluido que contiene o transporta. Las máquinas de fluidos incluyen también sistemas mecánicos como bombas, turbinas hidráulicas, etc. Estas máquinas se construyen mediante ensayos experimentales y la creación de teorías y simulaciones que analizan el flujo tridimensional. Esto se debe a que, incluso bajo supuestos ideales, el flujo en estas máquinas es muy complejo, lo que convierte su estudio en un área de investigación continua.

Una bomba hidráulica, en su sentido más amplio, es un aparato que convierte la energía cinética en energía fluida al trabajar con un fluido incompresible.

Es un equipo capaz de transformar energía y aplicarla al movimiento del agua. Se empleó una bomba centrífuga de 0,5 HP para proveer agua al tanque de mezcla en el marco de esta tesis.

Figura 8

Bomba de agua



Nota: Fuente internet

2.2.10 Mezclado

La agitación y mezcla eficientes de los fluidos involucrados son cruciales para el rendimiento de muchos procesos industriales. El término "agitación" describe el movimiento inducido de una sustancia de una manera particular, por lo general, adopta un movimiento circular dentro del recipiente.

(McCabe, et al., 2007). De manera complementaria, Se entiende por mezcla una disposición de varias fases que originalmente estaban separadas; Puede entenderse como el proceso de mezclar distintos materiales para alcanzar el grado deseado de uniformidad en las propiedades físicas o químicas del producto final. En los procesos químicos y biológicos, los tanques agitadores y la acción unitaria de mezclado son esenciales. Se utilizan ampliamente en procesos de manufactura que requieren la mezcla y estandarización de diferentes fases (Holland et al., 1996). Casi todas las industrias dependen del mezclado como elemento básico en alguno de sus procesos (Treybal, 1980).

En términos prácticos, las operaciones de mezcla se utilizan para:

- Suspensión de sólidos.
- Mezcla de líquidos con intercambio de masa.
- Dispersión de fases gas-líquido con intercambio de masa entre ellas.
- Favorecer el intercambio de calor del líquido y un intercambiador tipo serpentín o encamisado.

2.2.11 Agitadores

La agitación se efectúa a través de energía mecánica o neumática. La agitación mecánica puede llevarse a cabo utilizando agitadores de tipo impulsor o rotor, equipos que promueven la distribución de sólidos, líquidos o gases en líquidos y optimizan la transferencia de materia durante la agitación. (Olddshue, 1983).

Se distinguen dos tipos principales de estos agitadores: de flujo axial, con corrientes que siguen el eje del agitador, y de flujo radial, con corrientes que se desplazan radial o tangencialmente respecto al eje. Cabe destacar tres tipos principales de agitadores para líquidos de viscosidad baja a moderada: hélices, turbinas y paletas.

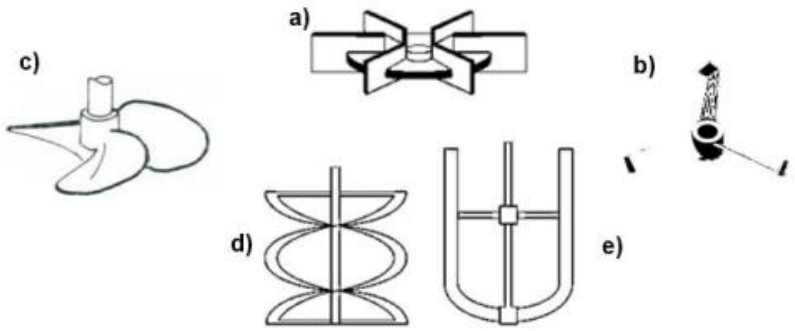
El modelo de turbina Rushton, ver figura 1 a), Este agitador, que pertenece a la clase de flujo radial, es el más popular y el más utilizado en entornos industriales y de investigación. Una de las variantes de las turbinas se conoce como turbina de alto rendimiento, ver figura 1 b), Esto facilita la formación de un patrón de flujo combinado, axial y radial, debido a la inclinación de sus paletas.

Los agitadores de diseño ancla (véase la Figura 1e), Que previenen la sedimentación mediante el impulso del líquido hacia fuera, en dirección radia, Se debe a que los agitadores de paletas son capaces de adaptarse a la configuración del tanque. Los líquidos de alta viscosidad se mezclan de manera eficiente utilizando agitadores de ancla o de cinta helicoidal (véase la Figura 1d).

Elegir el agitador adecuado requiere analizar las demandas del proceso, Tomando en cuenta también las características físicas del sistema. Mientras que los agitadores de flujo axial presentan de 3 a 4 álabes, los de flujo radial disponen de 6. El movimiento generado por el agitador permite estimar la potencia del sistema, que se ve alterada en función de varios factores, incluido el grado de viscosidad del fluido y la velocidad de rotación.

Figura 9

Tipos de agitadores



Nota: (McCabe, et al., 2007).

2.2.12 El motorreductor

(Ramos, 2023) Es un dispositivo compacto formado un motor eléctrico con un sistema de reducción de velocidad. constituyen una unidad conjunta, cuyo propósito principal es ajustar automáticamente la velocidad del equipo.

Figura 10

Motor reductor tornillo sin fin



Nota: (Ramos, 2023)

La velocidad de la máquina debe reducirse primero mediante el manorreductor según su funcionamiento. Si el motor es más potente que el equipo que acciona, la forma de aumentar el par nominal es mediante las cajas de engranajes.

Especificaciones de motor reductor trifásico:

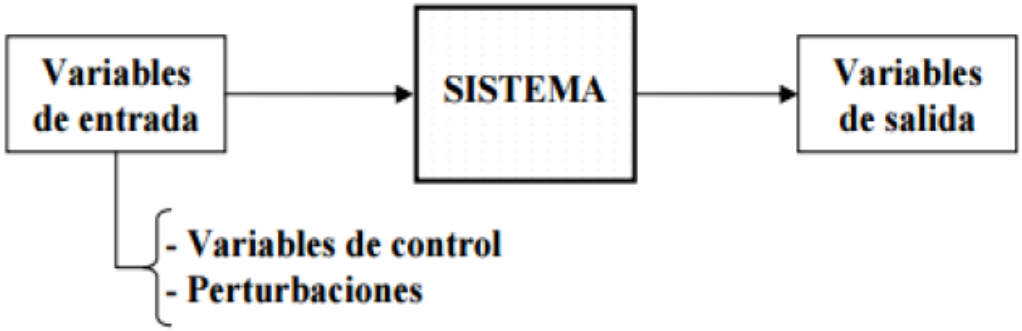
- Tensión: 220 VAC
- Potencia :0.37 kW
- Velocidad: 1750 RPM (N·m)
- Velocidad de la caja de cambios: 60 RPM (Nr).
- Par nominal (T): N·m
- Velocidad angular (ω): rad/s

2.2.13 Controladores

(Del Valle & Iturralde, 2017) El controlador automático compara el valor de referencia (valor deseado) con el valor de salida de la planta. Una vez detectada la discrepancia, genera una señal de control que reduce la variación a cero o a un valor muy pequeño.

Figura 11

Esquema general de un sistema



Nota: (Del Valle & Iturralde, 2017)

Modificar las variables de control es el objetivo de un sistema de control para que las variables de salida alcancen los valores deseados.

Sistema de control para que sea eficiente, es necesario cumplir con los siguientes requerimientos al lograr su objetivo:

1. Garantizar la estabilidad del sistema y, en particular, su capacidad de resistencia ante interrupciones y errores de modelado.

2. Alcanzar la máxima eficiencia posible conforme a un criterio previamente definido. Esta directriz generalmente implica permitir un control práctico sobre las variables de entrada, evitando al mismo tiempo cambios repentinos o poco prácticos.

3. Utilizando un ordenador ser simples de implementar y controlar en tiempo real.

Los siguientes son los componentes fundamentales de un sistema de control que se encargan de su funcionamiento:

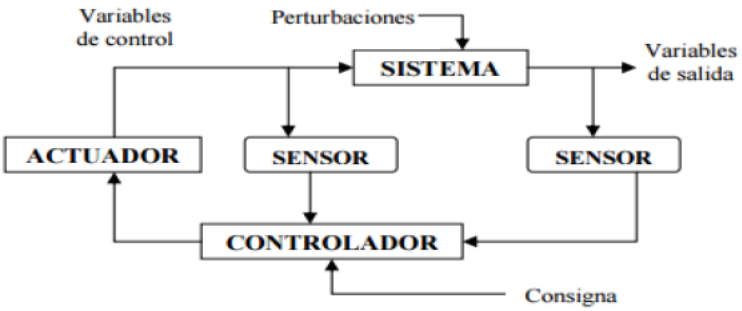
Sensores. – Las variables monitorizadas en el sistema facilitan la determinación de los valores

Controlador. - Identificar los pasos necesarios para modificar las variables de control utilizando un método determinado, teniendo en cuenta el valor objetivo y los valores medidos por los sensores.

Actuador. - Este mecanismo modifica las variables de control y lleva a cabo la intervención determinada por el controlador.

Figura 12

Diagrama de sistema de control



Nota: (Del Valle & Iturralde, 2017)

La estrategia de control define el vínculo entre las variables medidas o controladas y las variables de control.

Se distinguirán dos enfoques en función del tipo de datos utilizados para especificar la acción de control del sistema:

Sistemas de Control de Lazo Cerrado

(Del Valle & Iturralde, 2017) Los sistemas de circuito cerrado son aquellos en los que existe una correlación directa entre las variables reguladas y las variables de control.

Definición: Control retroalimentado

En caso de cualquier interrupción, se trata de la acción que tiene como objetivo disminuir la diferencia entre la salida del sistema y la señal de referencia.

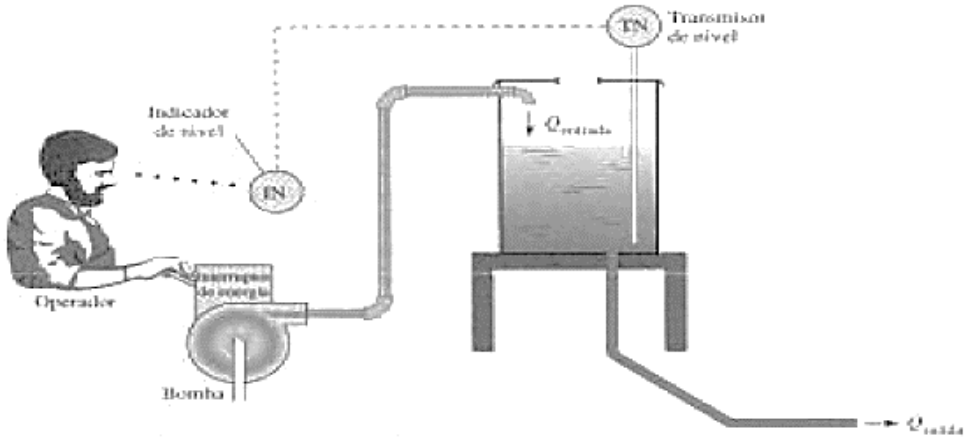
Para lograr esta disminución, se modifica una de las variables de entrada del sistema; la magnitud de esta acción está determinada por la diferencia entre la variable de referencia y la salida del sistema.

Clasificación de controladores

Manuales: operador humano.

Figura 13

Control manual de lazo cerrado del nivel del tanque



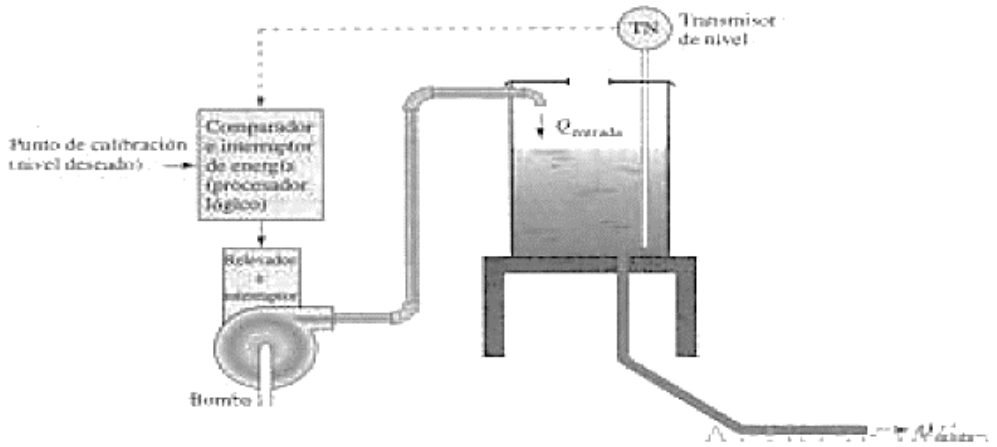
Nota: (Del Valle & Iturralde, 2017)

Automático: Controlador dispositivo.

Electrónico o digital, neumático, hidráulico, eléctrico, (microprocesador).

Figura 14

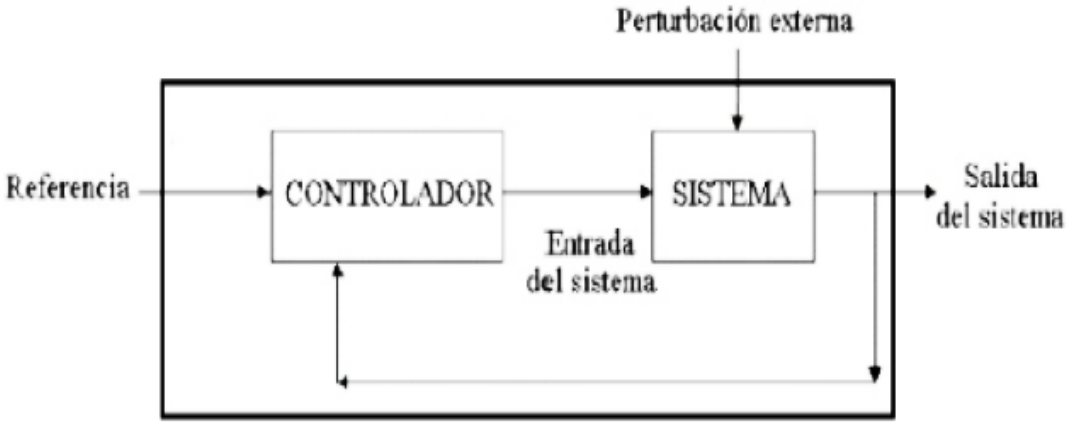
Control automático de lazo cerrado del nivel del tanque



Nota: (Del Valle & Iturralde, 2017)

Figura 15

Ejemplo de un sistema de control en lazo cerrado



Nota: (Del Valle & Iturralde, 2017)

Sistema de control de lazo abierto

(Del Valle & Iturralde, 2017) Se trata de escenarios en los que la salida del sistema no retroalimenta ni modifica el desarrollo de control.

Características:

- No se comparan la producción real y la producción prevista del sistema.

- Cada valor de referencia tiene un estado operativo específico.
- La corrección de la salida del sistema está directamente influenciada por la configuración del controlador.
- La operación de estos sistemas de control se ve afectada y no es correcta cuando hay interrupciones. Los sistemas que utilizan control secuencial, donde las actividades se realizan según un orden fijo y no mediante regulación variable, típicamente usan control de lazo abierto. Estas acciones pueden gestionarse basándose en intervalos de tiempo o en la ocurrencia de eventos.
- La programación se efectúa a través de PLC.

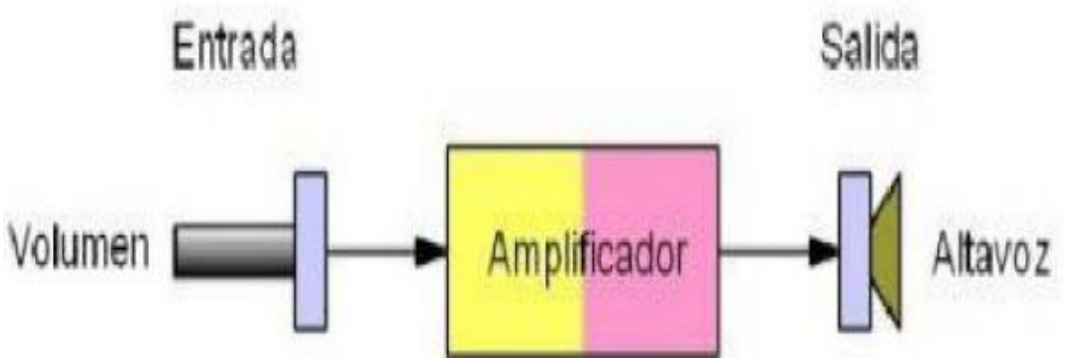
Ejemplo de una secuencia de control de lazo abierto

Utilizando un Amplificador.

Un caso demostrativo es el amplificador empleando en un equipo de sonido musical. Cuando variamos el volumen mediante el potenciómetro, varía la potencia entregada al altavoz, aunque el sistema no determina si el cambio si es preciso.

Figura 16

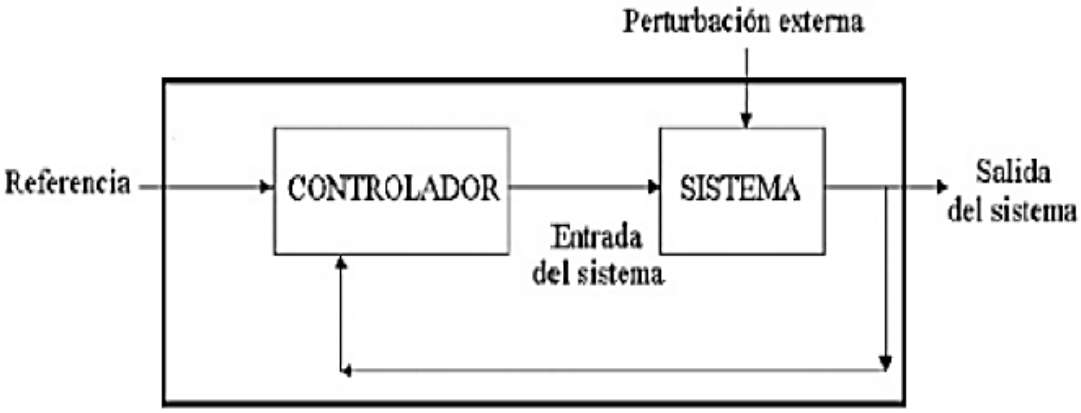
Sistema de control de un amplificador



Nota: (Del Valle & Iturralde, 2017)

Figura 17

Sistema de control en lazo abierto



Nota: (Del Valle & Iturralde, 2017)

2.2.14 Control de relación

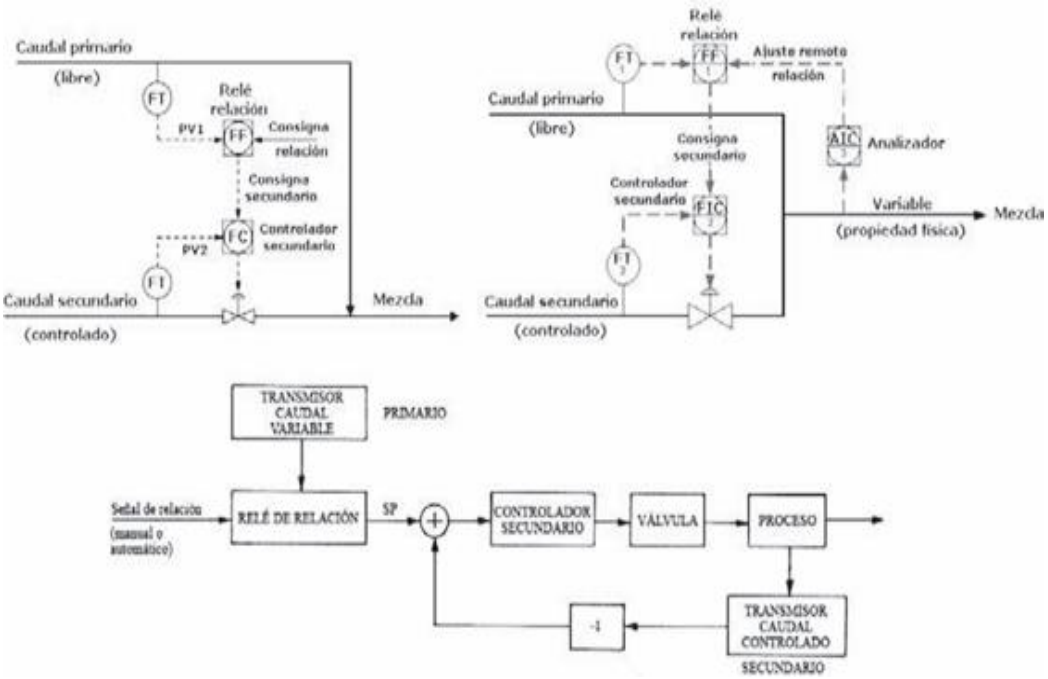
(Creus, 2011) Un sistema de control de proporción mantiene una variable de proceso en relación con otra variable del sistema. La importancia del control proporcional es gestionar la interacción entre dos variables. El control en cascada, en contraste con el control proporcional, es un método que busca perfeccionar la regulación de una sola variable. El relé de relación, representado en la Figura 9.56, Se comporta como un controlador que establece como referencia la relación entre dos señales, regulando la proporción entre ambas.

Conviene destacar que el ajuste del relé de relación se basa en los valores relativos de medición de los transmisores. Para lograr que el caudal controlado permanezca en una relación 1:2 respecto al caudal variable, y dado que el transmisor de caudal variable tiene un rango 1,5 veces mayor que el transmisor del caudal controlado, se debe colocar el dial del relé de relación en la posición especificada:

$$\frac{1}{2} \times \frac{1,5}{1} = 0,75$$

Figura 18

Control de relación



Nota: (Creus, 2011)

Es importante que los transmisores utilicen unidades de medida consistentes, y que se verifiquen cuidadosamente sus campos de control, lo anterior influirá directamente en la precisión de la relación entre ambas variables. La precisión del controlador se ve comprometida si el caudal primario disminuye a menos del 0,25 % de su rango, siendo los transmisores cuadráticos con rangeabilidad 4:1 y con una relación objetivo de 0,75. Asimismo, como el dispositivo intenta conservar su punto de consigna, la precisión se pierde si el caudal secundario se encuentra por debajo del 33 % de su rango.

$$0,75 = \frac{caudal\ primario}{caudal\ secundario}$$

La señal del transmisor primario al 25 % representa 33,3 % de la señal del transmisor secundario, según la relación 25/0,75.

Los controladores de relación se utilizan habitualmente para mantener la proporción correcta entre el caudal de aire y combustible durante la combustión en calderas de vapor.

2.2.15 Ventajas y Desventajas

Cuando se mantiene una relación entre dos caudales, el control de la relación tiene ciertas ventajas y desventajas.

Ventajas

Permite al usuario crear y conservar una relación específica entre transmisiones conectando dos flujos:

- fácil de usar
- No requiere un modelo complejo

Desventajas

Comúnmente, cuando uno de los caudales no se mide, el controlador considera que la proporción es correcta basándose en el flujo registrado.

- La relación entre las variables involucradas debe permanecer constante.
- Su aplicación es limitada en variables que no sean flujos.

2.3. Definición de Términos

2.3.1 Control de Relación

Un enfoque de control automático que mantiene una relación fija entre dos variables de proceso, generalmente dos flujos. Su objetivo es garantizar que,

incluso si uno de los flujos cambia, la combinación final conserve una proporción determinada.

2.3.2 Mezclado de dos flujos

Proceso en el que se combinan dos corrientes de material (líquido, gas o sólido) para formar una mezcla con características determinadas, como concentración, caudal total o composición.

2.3.3 Flujo

La cantidad de material que pasa por un canal o línea en un tiempo determinado. Se puede medir en caudal volumétrico (L/min, m^3/h) o caudal másico (kg/s).

2.3.4 Interfaz gráfica (GUI)

Un medio visual que utiliza componentes gráficos, como botones, gráficos, cuadros de texto y menús, para proporcionar la interacción del usuario con el sistema. Sin necesidad de intervención directa del código, facilita la supervisión y el control de procesos.

2.3.5 Sistema de control

Un sistema de dispositivos, algoritmos y equipos que regulan las variables del proceso para mantenerlas dentro de los valores deseados. En este contexto, se refiere al mecanismo encargado de controlar la proporción de mezcla entre dos flujos.

2.3.6 Variable de proceso

Medición y control de una cantidad física (como caudal, presión, temperatura, concentración o nivel) con la ayuda de un sistema industrial.

2.3.7 Actuador

Componente del sistema que realiza una función de control. Las válvulas, bombas o variadores de velocidad se utilizan con frecuencia en procesos de mezcla para controlar el caudal.

2.3.8 Controlador

Un algoritmo o dispositivo que determina la señal de control es esencial para continuar el proceso dentro del rango previsto. Se puede implementar mediante un PLC, un controlador PID u otro sistema de control.

2.3.9 Relación de Mezcla

Relación entre el caudal del flujo primario y el caudal del flujo secundario. Su símbolo es A/B.

A/B o como porcentaje relativo.

2.3.10 PLC (Controlador Lógico Programable)

Equipo de control industrial programable encargado de ejecutar lógicas de control, procesamiento de señales, comunicación con sensores/actuadores y supervisión del proceso.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de Investigación

El enfoque metodológico utilizado en esta investigación corresponde aplicar en base a la teoría, porque la implementación de la interfaz gráfica es necesaria la manipulación de variables tecnológicas (señales de sensores, actuadores, parámetros de control, respuesta del sistema) con el fin de evaluar su funcionamiento y desempeño.

Este método permite observar cambios en el comportamiento del sistema al introducir modificaciones en la programación, calibración en lo que es entorno del sistema de control de mezcla y control visual.

3.2. Tipo de Investigación

Esta investigación aplicada tiene como finalidad resolver problemas tecnológicos específico: es necesaria una interfaz gráfica usuaria que facilite supervisar, controlar y regular la relación de mezcla entre dos flujos en un sistema industrial o de laboratorio.

Asimismo, se sigue un enfoque cuantitativo al analizar los datos numéricos registrados por los sensores., parámetros de operación y pruebas de funcionamiento.

3.3. Diseño de la Investigación

El objetivo principal del control proporcional es controlar la interacción entre dos variables. A diferencia del control proporcional, el control en cascada busca ajustar con precisión la regulación de una sola variable.

Se ejecutan pruebas sistemáticas en las que se modifica la proporción de mezcla, se ajustan las variables de control y se evalúa la respuesta del sistema con y sin la interfaz gráfica.

También se utiliza un diseño pre-experimental tipo prueba antes y después para comparar el comportamiento del sistema sin la interfaz y con la interfaz implementada.

3.4. Ámbito de la Investigación

Este trabajo se centra en los campos de la tecnología a nivel de ingeniería, específicamente en las siguientes áreas:

- Control de procesos y automatización.
- Interfaces hombre-máquina (HMI).
- Instrumentación electrónica.
- Sistemas de monitoreo mediante software.

El estudio se realiza en un laboratorio o área de pruebas donde se cuenta con los equipos de medición, sensores, actuadores y computador para ejecutar la interfaz gráfica.

3.5. Población y Muestra

El estudio de la población está conformado por:

Cada valor en el que opera el sistema de mezcla (caudales, proporciones, señales de sensores) asociados al control de dos flujos.

Todas las posibles condiciones de funcionamiento del sistema de control.

3.5.1 Muestra

La muestra está formada por:

Los datos y condiciones operativas obtenidas durante las pruebas experimentales programadas.

Un conjunto representativo de escenarios de mezclado (por ejemplo: 20%-80%, 40%-60%, 50%-50%, etc.).

La muestra se selecciona de manera no probabilística y con un criterio intencional, ya que se eligen las condiciones que permiten validar adecuadamente el funcionamiento de la interfaz.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recogida de Información

3.6.1. Técnica:

Observación directa: para evaluar el comportamiento visual y funcional del sistema con la interfaz.

Pruebas experimentales: para determinar la reacción del sistema frente a modificaciones en las variables de mezcla.

Registro de datos automatizado: recopilación de datos generados por sensores y por la interfaz.

Instrumentos:

Variador de frecuencia.

Controlador o módulo de adquisición (PLC).

Computador con el software donde se desarrolla la interfaz (TIA PORTAL)

Tabla 02

Técnicas e instrumentos de recogida de información

1. TÉCNICAS	2. INSTRUMENTO	3. VALIDACIÓN
Observación: Se observará el sistema en funcionamiento para registrar su uso, evaluar su rendimiento y verificar la exactitud de las mediciones obtenidas. **Experimentos:** Para evaluar el correcto funcionamiento y el rendimiento del sistema de control de relación, se llevaron a cabo experimentos controlados.	Ficha de Observación Variador de frecuencia	Por asesor Especialista

Nota. Elaboración propia

3.7. Recogida de Datos

Los datos se recopilaron durante las pruebas de funcionamiento del sistema de control de la relación de mezcla de dos flujos. El sistema estuvo conformado por

un PLC encargado del control central, un HMI Empleado para la monitorización y regulación de los parámetros operativos, dos bombas hidráulicas de medio caballo de fuerza y dos variadores de frecuencia mediante los cuales fue posible modificar la velocidad de operación de cada bomba y, por tanto, la proporción de mezcla entre los dos flujos.

Con el objetivo de recolectar los datos necesarios, se establecieron tres relaciones de operación distintas tras configurar el sistema, ajustando la frecuencia de los variadores para representar tres escenarios de mezcla: 20%–80%, 70%–30% y 50%–50%. En cada caso, se puso en funcionamiento el sistema hasta alcanzar un estado de operación estable, momento a partir del cual se registraron las variables relevantes mostradas en la pantalla HMI y los valores capturados por el PLC. Entre los datos obtenidos se incluyeron los porcentajes de funcionamiento de cada bomba, la frecuencia aplicada por cada variador, y las lecturas de los sensores de caudal o presión asociados al sistema

Toda la información fue registrada de manera continua tanto por el PLC como por la interfaz gráfica, y complementada con anotaciones de observación directa en una bitácora técnica. Posteriormente, la información recopilada se organizó en hojas de cálculo y tablas para facilitar el análisis y permitir la comparación entre las proporciones de mezcla establecidas y las realmente obtenidas. Este proceso hizo posible evaluar el comportamiento del sistema bajo cada condición experimental y verificar la eficacia de la interfaz gráfica en el control de la relación de mezcla entre ambos flujos.

Tabla 03

Recogida de datos

Variable	Instrumento	Frecuencia de recogida	Método
Variable Independiente: Interfaz gráfica para el sistema de control. Variable dependiente: Proporción de mezclado de dos flujos.	Observación directa del uso de la interfaz Software de monitoreo del sistema.	Durante sesiones de prueba. Continuo o al final de cada ciclo proporción de mezclado.	Observación de operación frente a la interfaz. Registro automático.

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Para evaluar el sistema finalizado, se realizaron pruebas para verificar la funcionalidad y la eficacia de la interfaz gráfica de usuario para regular la proporción de mezcla de los dos flujos.

Durante los ensayos realizados, se configuraron diferentes proporciones de mezcla, observando en tiempo real los cambios en los flujos y comparándolos con los valores deseados. La interfaz permitió ajustar los parámetros de manera precisa y rápida, mostrando claramente el comportamiento de cada flujo.

Figura 19

Modulo Completo



Nota: Elaboración Propia

4.1.1. Selección de componentes

1. Datos de la bomba

- 0,75 kW de potencia nominal.
- Motor trifásico
- Tensión de alimentación: puede ser 220 V o 380 V, según tu instalación

Tabla 4

Selección del variador parámetros

Alimentación motor	Potencia motor	Variador V20 recomendado
1~ 220 V	0,75 kW	V20 1~230V 0,75 kW
3~ 230 V	0,75 kW	V20 3~230V 0,75 kW
3~ 400 V	0,75 kW	V20 3~400V 0,75 kW

Nota: Elaboración Propia

Para asegurar la regulación independiente de los caudales y posibilitar que la proporción de mezcla se regule con precisión, se usaron dos electrobombas de 1 HP, una para cada flujo. La selección de bombas con la misma potencia ayuda a estabilizar el sistema, mejora la ejecución del sistema de control en el módulo experimental implementado y hace más fácil la modelización.

Para el presente proyecto de mezcla controlada por PLC:

Entrada analógica 0–10 V desde el PLC → La configuración de velocidad de la bomba depende de la proporción deseada.

Entrada digital → para arranque/parada de la bomba.

Configura rampa de aceleración/desaceleración de 2–3 seg. para evitar golpes de presión

Criterios para seleccionar el modelo S7-1200

a) Entradas y salidas

Se utilizó las Salidas analógicas: al menos 2 (una para cada V20).

Entradas digitales: opcionales para arranque/parada de bombas o alarmas.

Comunicación: Ethernet para HMI y posible integración futura con otros sistemas.

Tabla 5

Selección del PLC

Componente	Modelo / Tipo	Cantidad	Función en el proyecto	Comentarios
PLC Siemens S7-1200	CPU 1214C DC/DC/AC	1	Control central del sistema de mezcla, cálculo de proporciones, comunicación con HMI y control de variadores	CPU con capacidad de 4 entradas analógicas integradas y múltiples entradas/salidas digitales; escalable para futuras expansiones
Salidas analógicas (AO)	Integradas 0–10 V	2	Control de velocidad de los variadores V20 de cada bomba	Señal de control proporcional a la proporción de mezcla deseada

Entradas digitales (DI)	Integradas	Opcional 2–4	Arranque/parada de bombas, señales de alarma o seguridad	Permite control manual o eventos de seguridad
Comunicación	Ethernet / Profinet	1	Conexión con HMI y registro de datos	Compatible con HMI Siemens KTP 700 y módulos adicionales de expansión

Nota: Elaboración propia

4.1.2. Seleccionar el sensor de caudal

La selección del medidor de flujo tipo, se basa en analizar la aplicación y verificar que sus características técnicas sean compatibles con el proceso. Este dispositivo se emplea para determinar el flujo de líquidos limpios con baja resistencia al desplazamiento, mediante una turbina interna cuya velocidad de giro es proporcional al flujo; la medición se transmite como señal analógica 4–20 mA a sistemas de control.

Figura 20

Sensor de flujo de turbina para



Nota: Fuente internet

Tabla 6

Características del sensor

Características	**Parámetros**
Tamaño (DN)	25.4 mm
Rango de flujo	1-10m3/h, 16.7 – 166.7L/min
Precisión	±0,5 %
Señal de salida	4-20 mA DC
Alimentación	24 V DC
Temperatura/Presión	Compatibles con condiciones de operación
Material	Acero inoxidable

Nota. Elaboración propia

Se utilizó un sensor de flujo de tipo turbina, ya que permite medir con precisión el flujo del agua (líquido limpio y de baja viscosidad) y dispone de una salida analógica de 4-20 mA compatible con el sistema de control.

4.1.3. Escalamiento del sensor de flujo

Se realizó estableciendo una relación lineal entre la señal de corriente de 4 a 20 mA y el caudal medido en L/min. Este proceso permite convertir la señal analógica en una variable física interpretable, siendo fundamental para la adquisición y procesamiento de datos en el sistema de control. Posteriormente, el valor de caudal obtenido es utilizado por el controlador para generar la señal de actuación correspondiente.

Figura 21

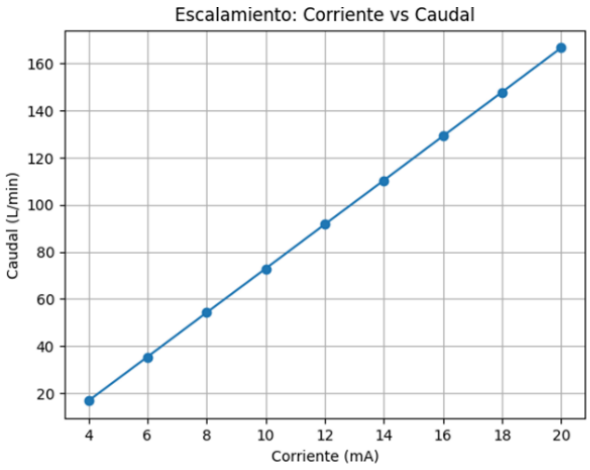
Tabla de escalamiento

Corriente (mA)	Caudal (L/min)	Frecuencia (Hz)
4	16.7	0
6	35.4	7.5
8	54.2	15
10	72.9	22.5
12	91.7	30
14	110.4	37.5
16	129.2	45
18	147.9	52.5
20	166.7	60

Nota: Fuente internet

Figura 22

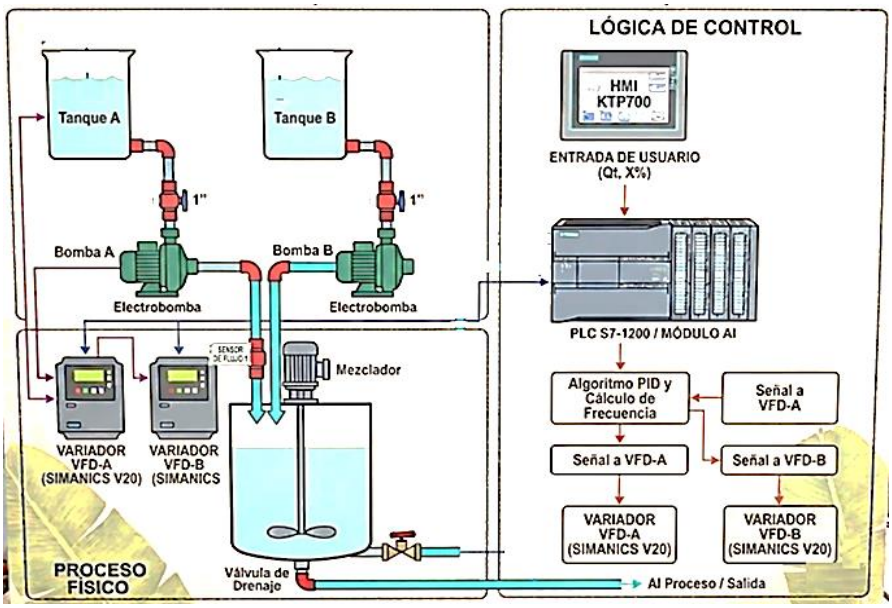
Curva característica de escalamiento



Nota: Fuente internet

Figura 23

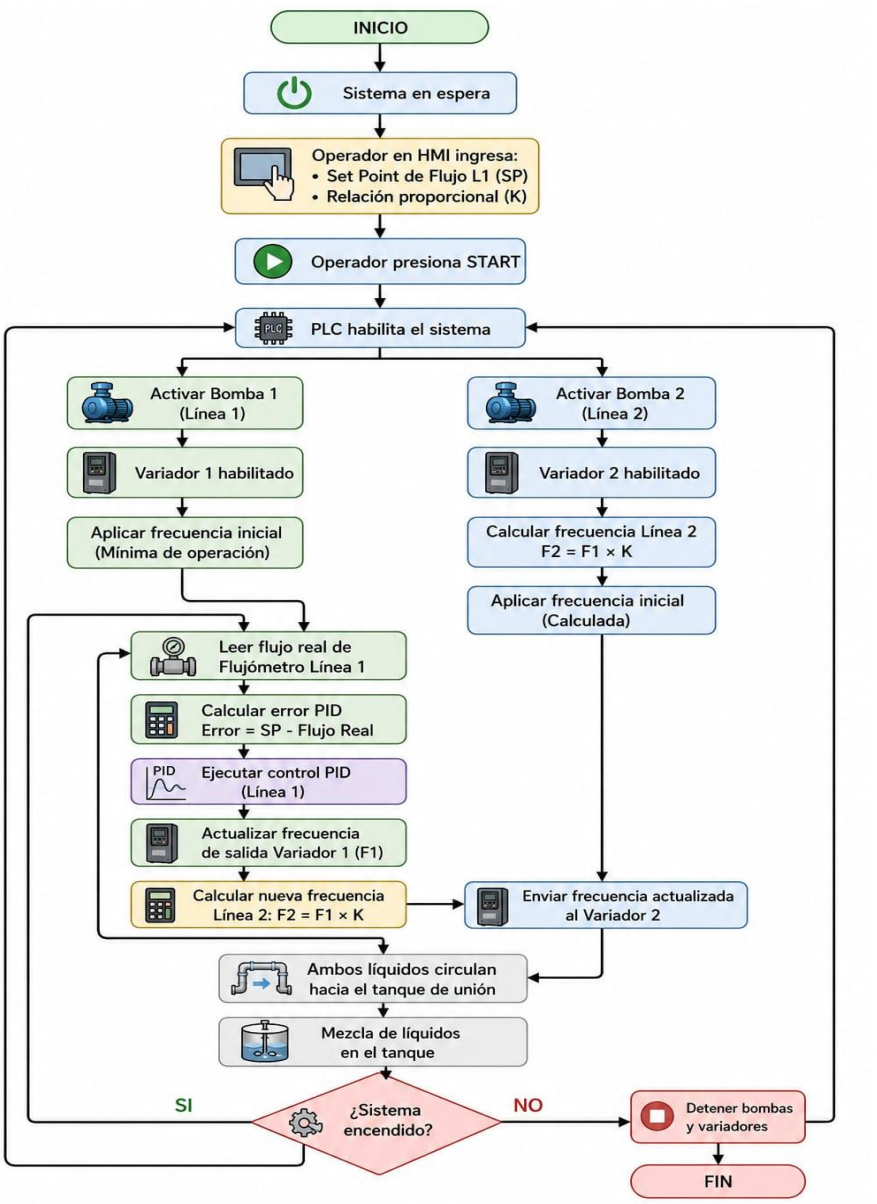
Diagrama de bloque



Nota: Fuente internet

Figura 24

Diagrama de flujo

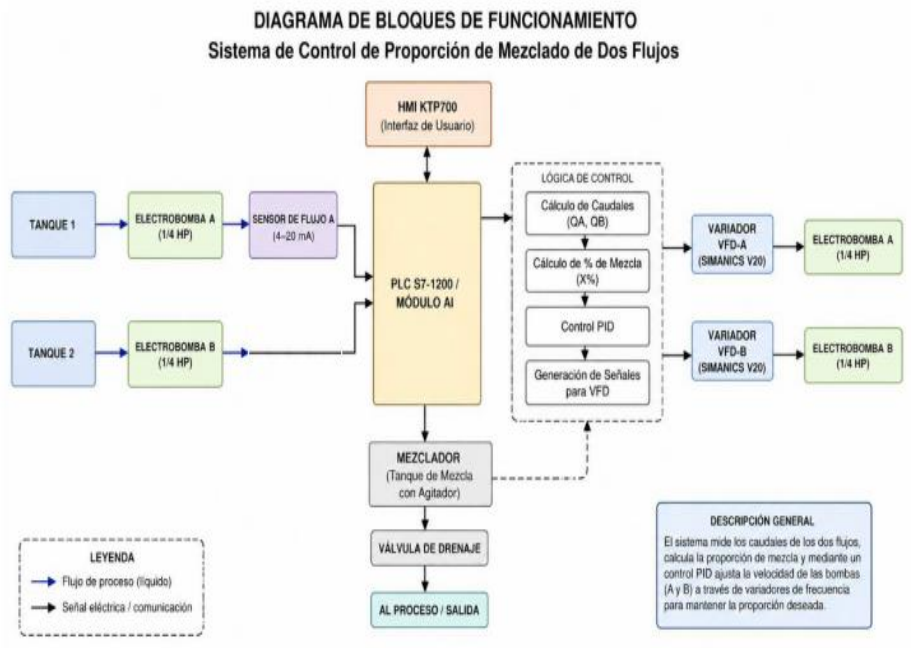


Nota: Fuente propio

Mientras que el diagrama de flujo representa el algoritmo del proceso o el orden lógico de las operaciones, el diagrama de bloques explica la composición y las relaciones de los componentes del sistema de control.

Figura 25

Diagrama de bloques de funcionamiento



Nota: Fuente internet

4.1.4. Desarrollo de la programación

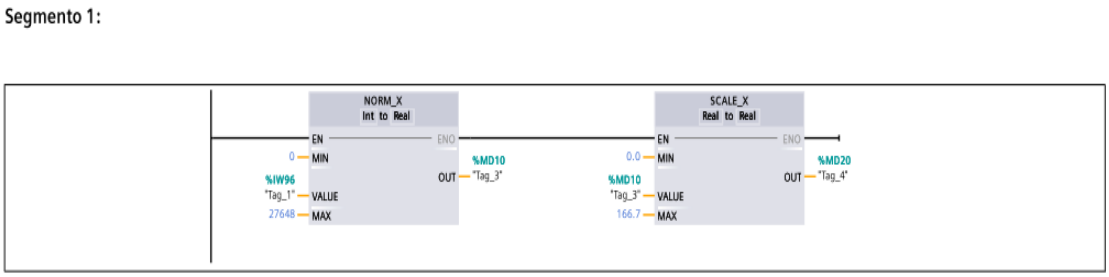
Este segmento realiza la conversión de una señal analógica cruda proveniente de un módulo de entradas del PLC a un valor en unidades de ingeniería.

Inicialmente, el bloque NORM_X toma el valor entero de la entrada analógica (%IW96), el cual se encuentra dentro de un rango típico de 0 a 27648, y lo normaliza a un valor decimal comprendido entre 0.0 y 1.0. Esta normalización permite trabajar con una escala estándar independiente del hardware.

Posteriormente, el bloque SCALE_X convierte este valor normalizado a un rango de trabajo en unidades reales, definido por los límites de ingeniería del proceso.

Figura 26

Escalamiento de entrada analógica a valor de ingeniería (INT → REAL)



Nota: Elaboración propia

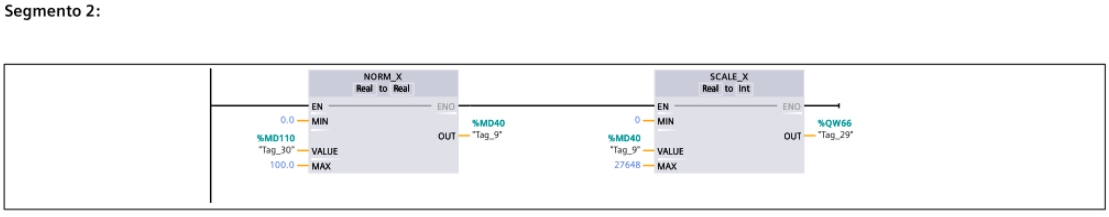
En este segmento 2 se realiza el proceso inverso, es decir, se transforma un valor en unidades de ingeniería a una señal analógica que puede ser enviada a un actuador.

Primero, el bloque NORM_X toma un valor REAL (por ejemplo, entre 0.0 y 100.0) y lo normaliza a un rango de 0.0 a 1.0. Este valor representa la proporción dentro del rango de operación.

Luego, el bloque SCALE_X convierte el valor normalizado a un rango entero típico de salidas analógicas del PLC (0 a 27648). Este valor entero es adecuado para ser interpretado por el módulo de salida analógica.

Figura 27

Conversión de valor de ingeniería a salida analógica



Nota: Elaboración propia

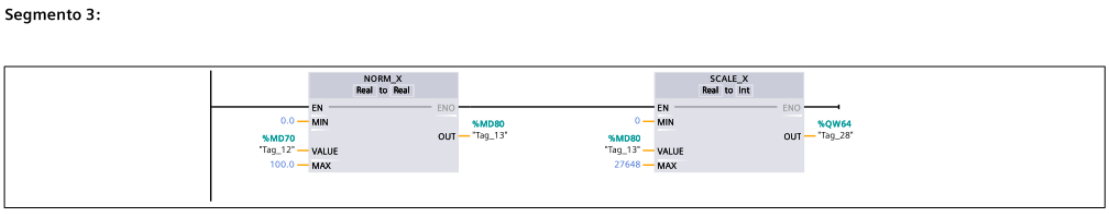
Este segmento realiza una función similar al Segmento 2, pero aplicada a una segunda variable de proceso.

El valor REAL de entrada (también dentro de un rango definido, como 0.0 a 100.0) es primero normalizado mediante el bloque NORM_X a un rango de 0.0 a 1.0.

A continuación, el bloque SCALE_X transforma este valor en un número entero dentro del rango de 0 a 27648, adecuado para una salida analógica del PLC.

Figura 28

Escalamiento de segunda salida analógica



Nota: Elaboración propia

En este segmento 4 se implementa un controlador PID (Proporcional–Integral–Derivativo) utilizando el bloque PID_Compact.

El controlador se habilita mediante una señal de activación (%Q0.0). Una vez activo, el bloque recibe como entradas principales:

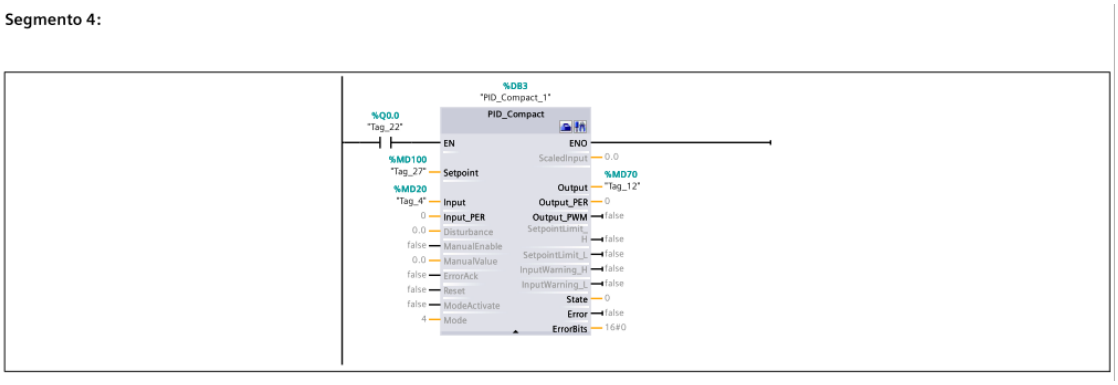
Setpoint: valor de referencia (%MD100), que corresponde al valor deseado de la variable de proceso.

Input: valor medido (%MD20), proveniente del escalamiento realizado previamente (Segmento 1).

El bloque PID compara continuamente el valor real con el valor de consigna y calcula una salida de control (Output), la cual se almacena en %MD70. Esta salida representa la acción de control necesaria para minimizar el error entre el valor medido y el deseado.

Figura 29

Control PID de la variable de proceso



***Nota**: Elaboración propia*

Este segmento 5 se implementa una lógica combinacional tipo enclavamiento (auto-retención) para el control de salidas digitales.

Se utilizan señales internas (%M0.0 y %M0.1) junto con una salida (%Q0.0) que actúa como condición de activación del sistema.

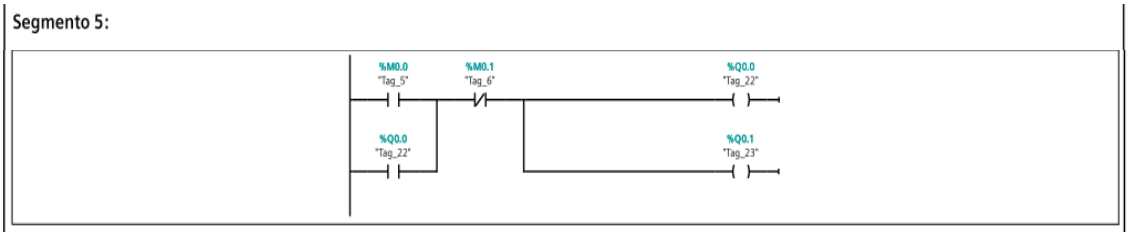
Cuando se cumplen las condiciones de entrada, se activa la salida %Q0.0.

Existe una rama en paralelo que permite mantener (retener) el estado activado incluso si la condición inicial desaparece, siempre que no se cumpla la condición de paro.

También se controla una segunda salida (%Q0.1), que depende de la misma lógica de activación.

Figura 30

Lógica de enclavamiento y control de salidas digitales



Nota: Elaboración propia

En este segmento 6 se realiza una operación matemática para generar una señal de salida secundaria (esclava). Se utiliza un bloque de multiplicación (MUL) en formato REAL, el cual toma:

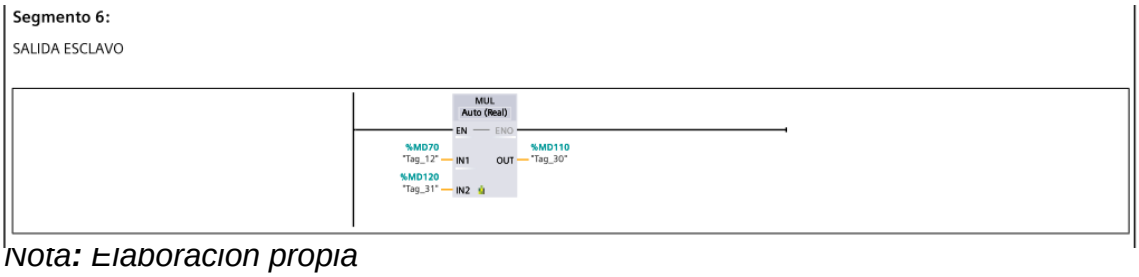
IN1: la salida del controlador PID (%MD70), que representa la variable de control principal.

IN2: un factor de escala o ganancia (%MD120).

El resultado de esta multiplicación se almacena en %MD110, generando así una nueva variable proporcional a la salida del PID.

Figura 31

Cálculo de salida esclava mediante multiplicación



Nota: Elaboración propia

En este segmento se genera el valor de consigna (setpoint) para un sistema esclavo a partir de una variable principal.

Se utiliza un bloque de multiplicación (MUL) en formato REAL, donde:

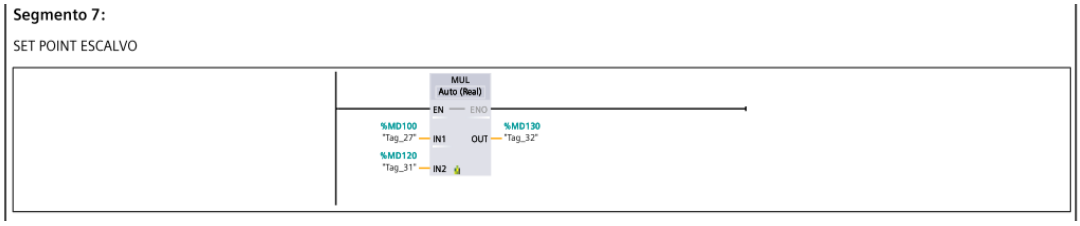
IN1 (%MD100): corresponde al setpoint del sistema principal.

IN2 (%MD120): representa un factor de ajuste o proporción.

El resultado de esta operación se almacena en %MD130, generando así el setpoint del sistema esclavo, el cual depende directamente del setpoint maestro modificado por un factor de escala.

Figura 32

Cálculo del setpoint para el sistema esclavo



Nota: Elaboración propia

En este segmento se calcula una variable asociada al flujo de una bomba esclava mediante una operación matemática.

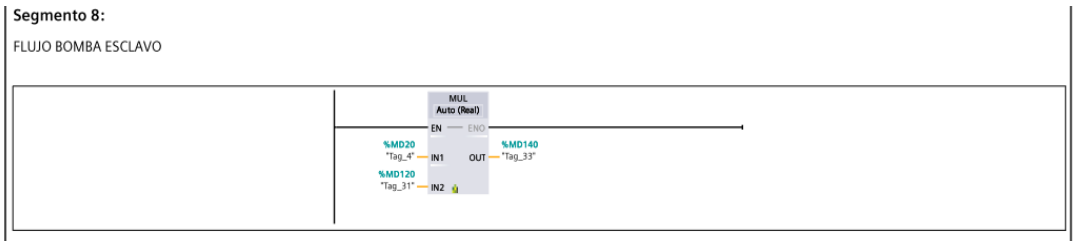
El bloque MUL realiza la multiplicación de:

- IN1 (%MD20): valor de proceso medido (por ejemplo, flujo o nivel escalado).

- IN2 (%MD120): factor de proporcionalidad o ajuste.

El resultado se almacena en %MD140, generando una señal proporcional que puede representar el flujo requerido o estimado para la bomba esclava.

Figura 33 *Cálculo del flujo de la bomba esclava*



Nota: Elaboración propia

Este segmento implementa una lógica de control digital con auto-retención (enclavamiento) para activar una salida.

Se observan las siguientes condiciones:

- %M0.2: señal de habilitación o arranque.

- %M0.3: condición de paro o bloqueo (contacto normalmente cerrado).

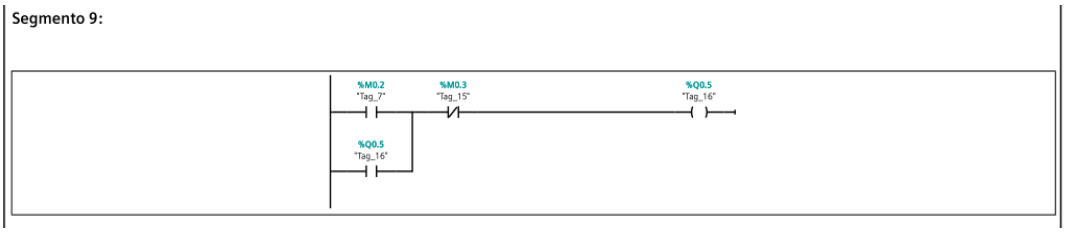
- %Q0.5: salida controlada.

Cuando la condición de arranque (%M0.2) está activa y no existe condición de paro (%M0.3), se energiza la salida %Q0.5.

Además, se incluye una rama en paralelo con la propia salida %Q0.5, lo que permite mantenerla activada (enclavada) aunque la señal de arranque desaparezca, hasta que se active la condición de paro.

Figura 34

Lógica de activación con enclavamiento de salida digital

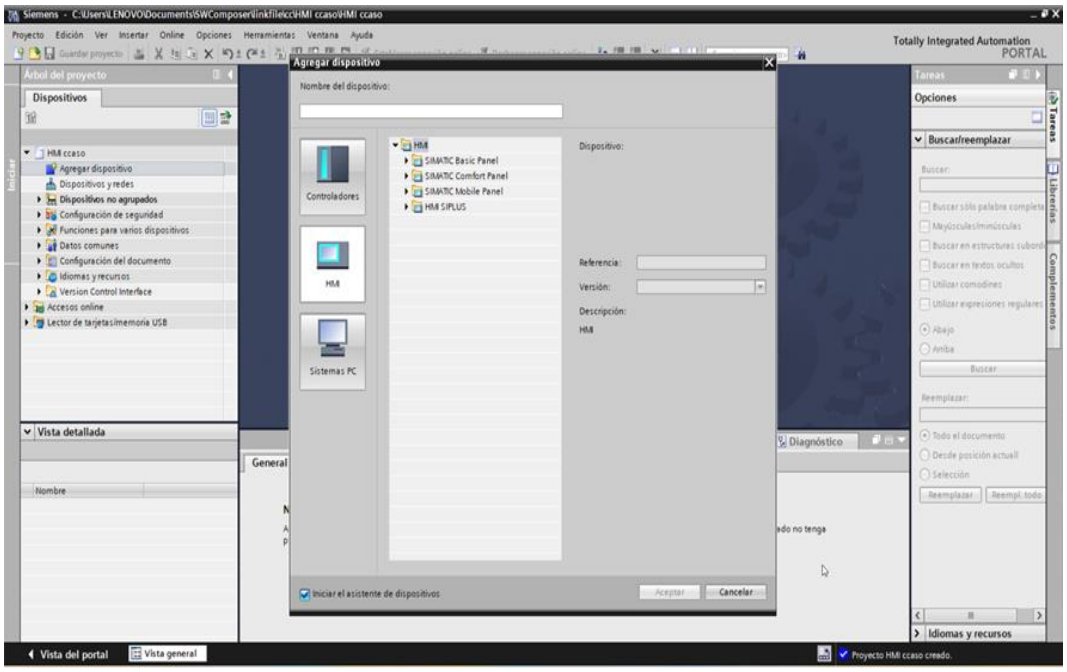


Nota: Elaboración propia

4.1.5. Desarrollo de la interfaz gráfica Hombre - Maquina

Figura 35

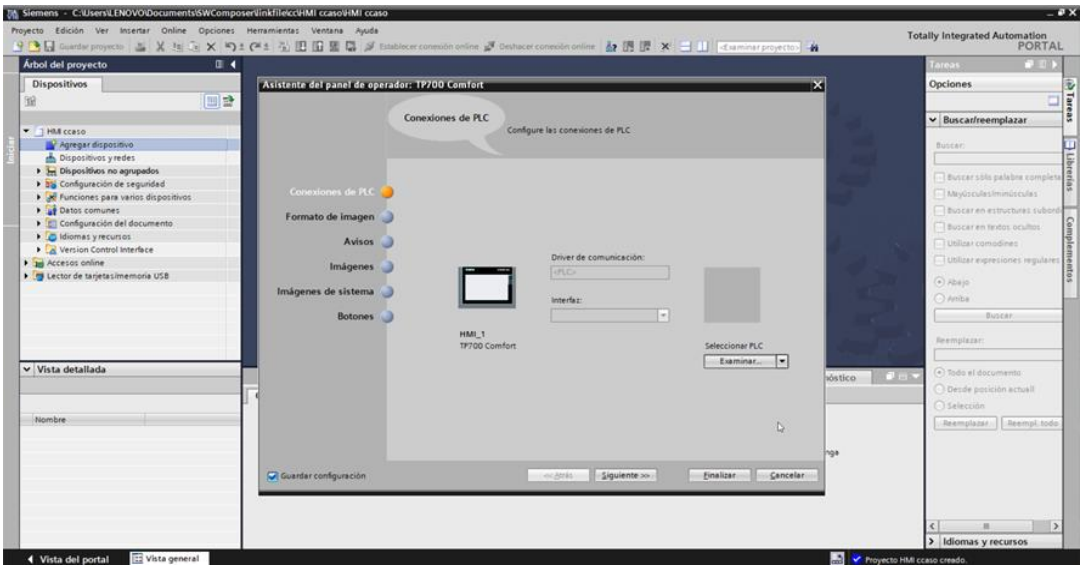
Primero se selecciona el HMI que se va a utilizar en el proyecto



Nota: Elaboración propia

Figura 36

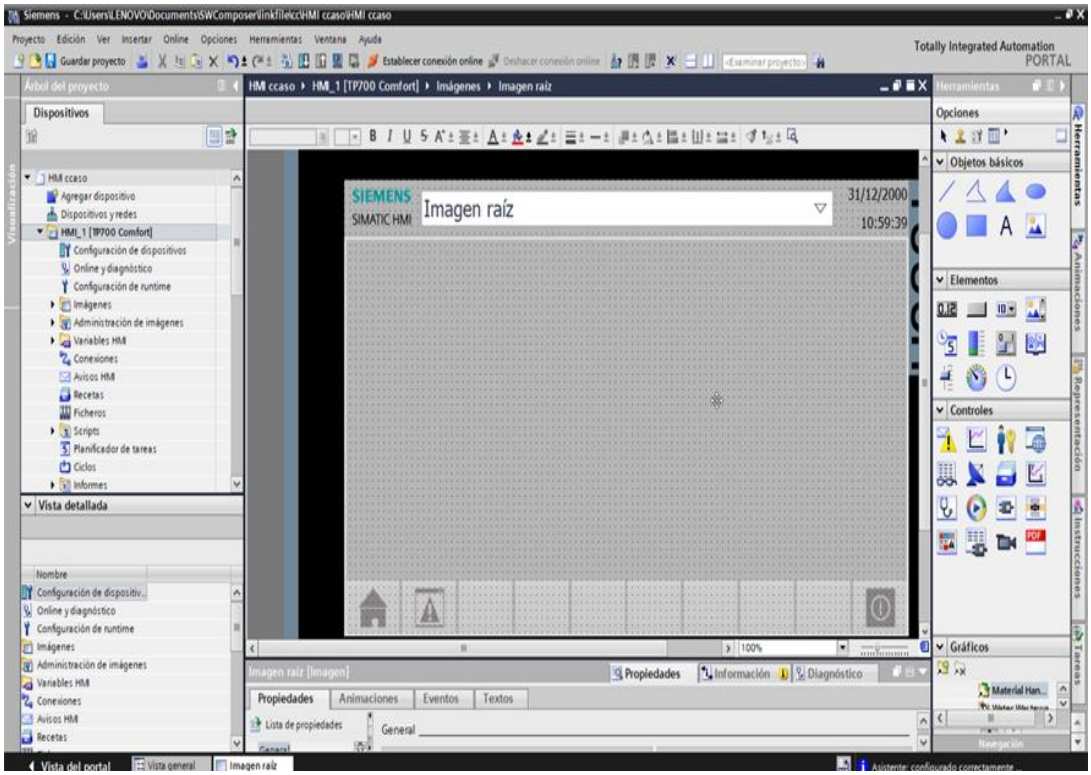
Conectamos con el PLC que estamos utilizando



Nota: Elaboración propia

Figura 37

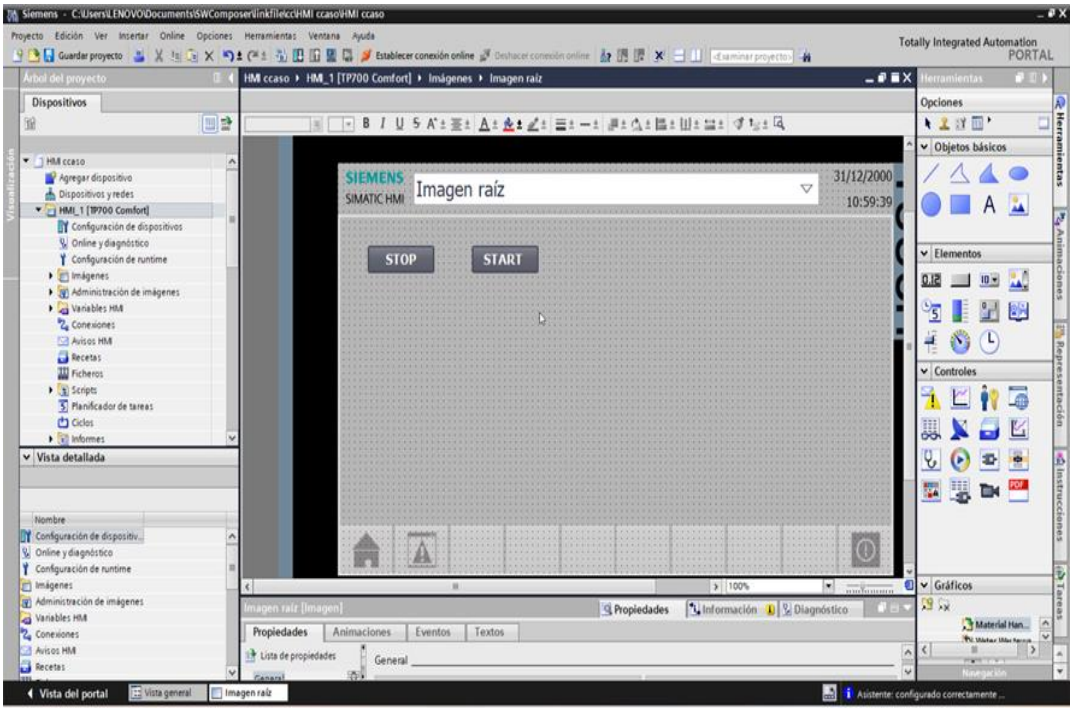
Una vez tengamos la imagen raíz ya podemos programar el HMI para nuestro proyecto



Nota: Elaboración propia

Figura 38

Sacamos 2 botones para el inicio y parada de nuestro sistema



Nota: Elaboración propia

Figura 39

Pantalla HMI del módulo de control



Nota: Elaboración propia

Figura 40

Introducimos los tanques para cada nivel



Nota: Elaboración propia

Pruebas Realizadas

Figura 41

Tanques de almacenamiento de proporción



Nota: Elaboración propia

Figura 42

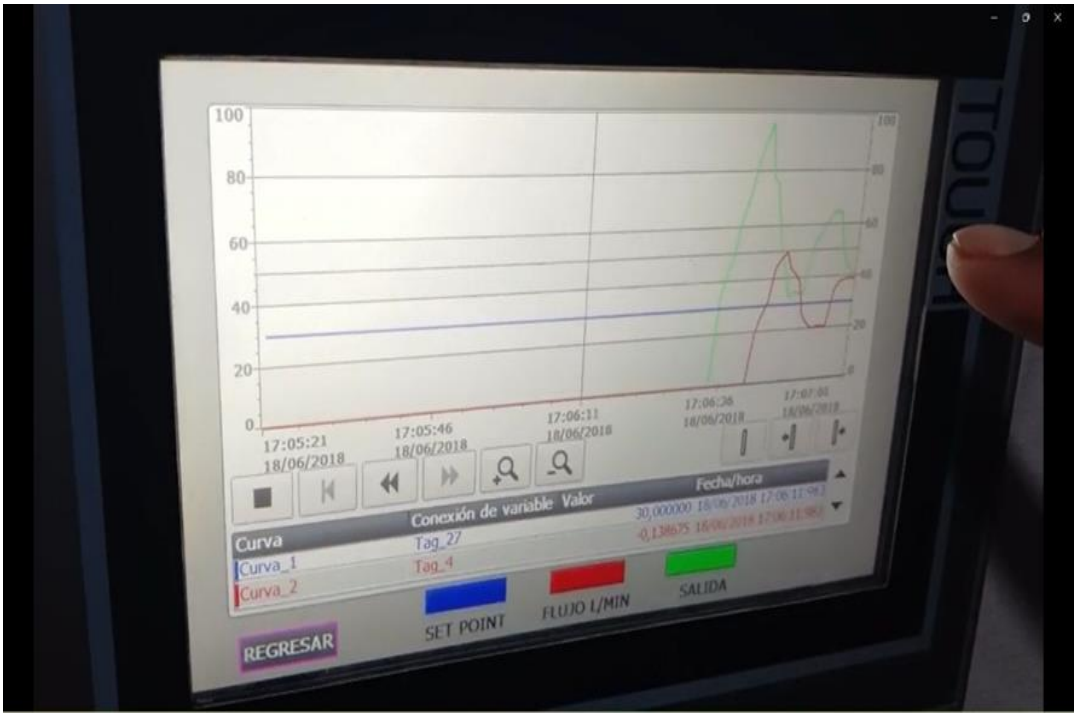
Ubicación del sensor de caudal



Nota: Elaboración propia

Figura 43

Control PID de la bomba maestra



Nota: Elaboración propia

Segunda Prueba

Figura 44

Segunda prueba 35 l/min



Nota: Elaboración propia

Figura 45

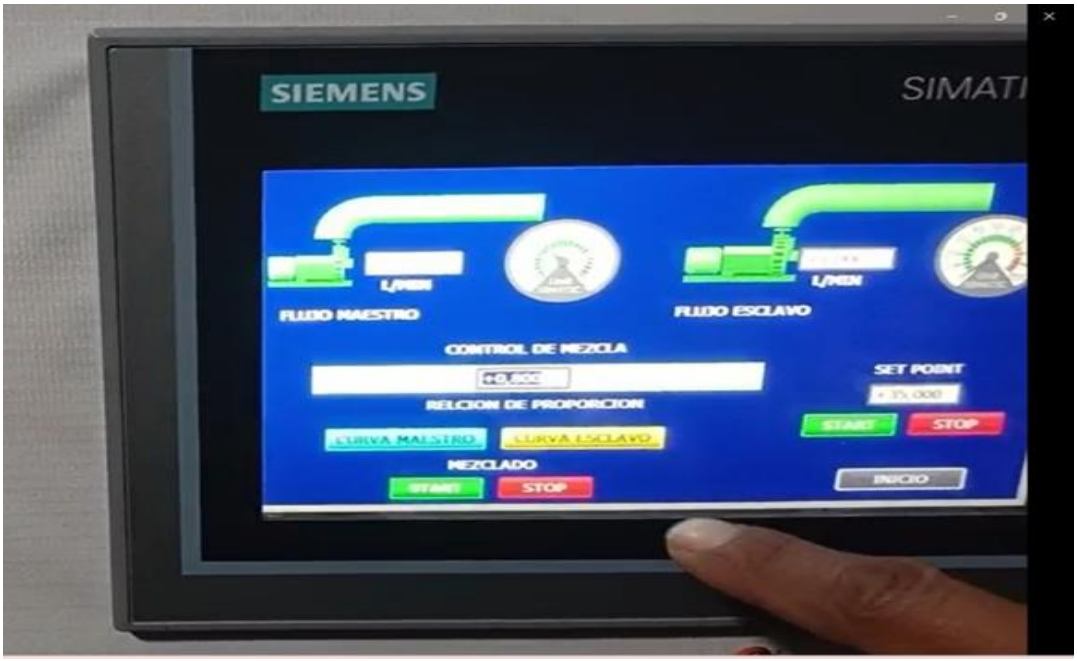
Control PID del flujo maestro



Nota: Elaboración propia

Figura 46

Control de proporción 0.8



Nota: Elaboración propia

Figura 47

Curva del flujo esclavo



Nota: Elaboración propia

Figura 48

Proporción de los dos fluidos maestro esclavo y mesclado

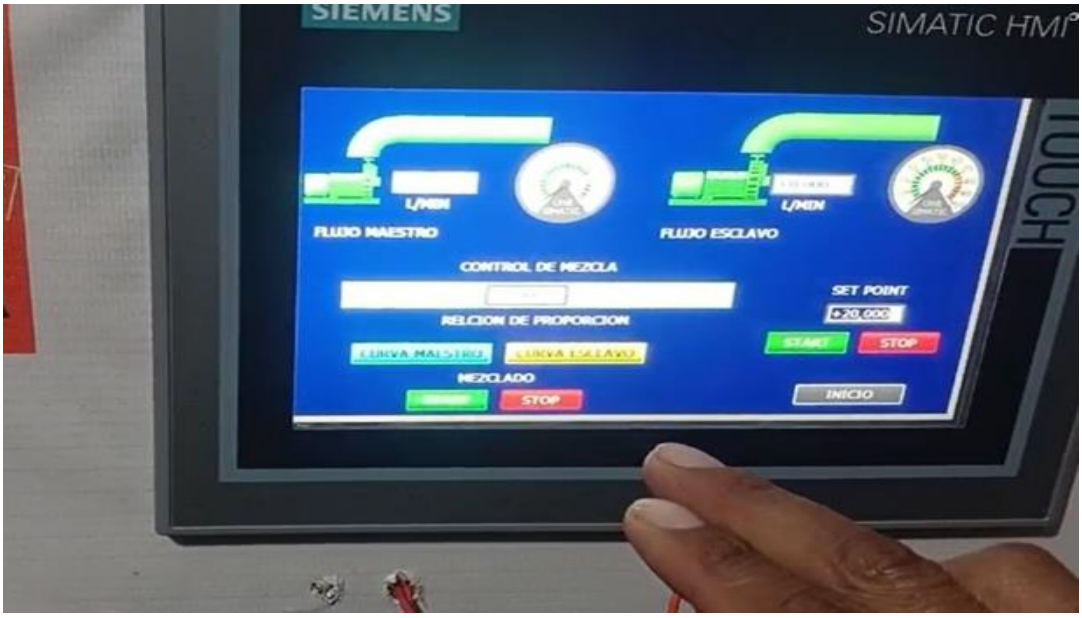


Nota: Elaboración propia

Tercera Prueba

Figura 49

Tercera prueba 20 l/min



Nota: Elaboración propia

Figura 50

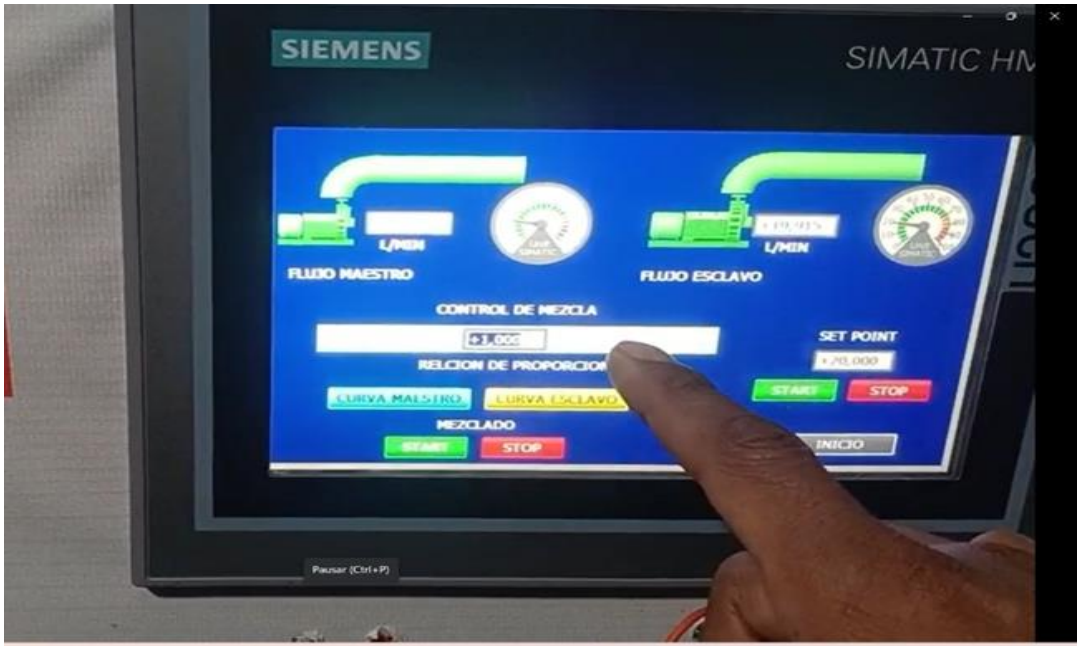
Flujo maestro PID



Nota: Elaboración propia

Figura 51

Proporción de 1de prueba tres



Nota: Elaboración propia

Figura 52

Curva de control del esclavo de la prueba tres



Nota: Elaboración propia

Figura 53

Proporción de dos flujos maestro y esclavo



Nota: Elaboración propia

4.2. Análisis de Resultados

En base a las pruebas realizadas al sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos, se observa que el controlador PID mantiene el flujo principal (maestro) en el valor de referencia (set point) en cada uno de los ensayos. Cabe destacar que todas las pruebas se llevaron a cabo bajo condiciones constantes de operación, con un tiempo de mezclado de 2 minutos y una frecuencia de rotación de 20 rpm, lo que garantiza uniformidad en el proceso de mezcla.

En la primera prueba, con un set point de 30 L/min, el sistema regula adecuadamente el flujo alcanzando dicho valor, mientras que el control de proporción establecido en 0.5 genera un flujo esclavo de 15 L/min. Durante los 2 minutos de mezclado, se logró una combinación homogénea de los fluidos, evidenciando la estabilidad del sistema.

En la segunda prueba, al incrementar el set point a 35 L/min y establecer una proporción de 0.8, el sistema responde correctamente, obteniendo un flujo esclavo de 28 L/min. Bajo las mismas condiciones de mezclado (2 minutos a 20 rpm), se mantiene la relación proporcional esperada, sin presentar desviaciones apreciables.

En la tercera prueba, con un set point de 20 L/min y una proporción de 1, ambos flujos coinciden en 20 L/min. Esto confirma el correcto funcionamiento del control de proporción cuando se requiere igualdad entre caudales, logrando igualmente una mezcla uniforme durante el tiempo establecido.

De manera global, los resultados obtenidos muestran que la interfaz gráfica implementada permite configurar, monitorear y mantener las condiciones del sistema en tiempo real, evidenciando un comportamiento estable del controlador

PID y una adecuada respuesta del sistema de control de proporción, incluso bajo condiciones constantes de operación del mezclado.

Tabla 7

Resumen de las pruebas realizadas

PRUEBAS	SET POINT	Primera prueba (PID)	Control de proporción	Flujo esclavo
Primera prueba	30 L/min	30 L/min	0.5	15 L/min
Segunda prueba	35 L/min	35 L/min	0.8	28 L/min
Tercera prueba	20 L/min	20 L/min	1	20 L/min

Nota: Elaboración propia

4.3. Discusión de resultados

La discusión de los resultados obtenidos demuestra que la implementación de la interfaz gráfica (HMI) marca una evolución significativa respecto a los sistemas convencionales de líquidos. Mientras que la literatura de referencia se limita a la ejecución autónoma de algoritmos de dosificación, este proyecto logra integrar el factor humano en el lazo de control, transformando un proceso rígido en un sistema de supervisión industrial avanzada.

Los hallazgos principales se resumen en tres pilares descriptivos:

Superioridad en la Gestión Operativa: A diferencia de la microautomatización básica, donde el control es "ciego" para el operario, el uso de la pantalla SIMATIC HMI proporciona transparencia total del proceso. La capacidad de las electrobombas elimina la incertidumbre y permite una respuesta inmediata ante

anomalías, superando la eficiencia de sistemas basados únicamente en hardware de control.

Flexibilidad Dinámica del Proceso: Las pruebas experimentales validaron que el sistema permite transicionar entre diferentes proporciones de mezcla (como 30, 35 y 20 l/min). Esta interacción táctil para el ajuste de Set Points representa una ventaja competitiva frente a sistemas de dosificación de líquidos de baja densidad, los cuales suelen ser estáticos y dependen de la reprogramación del PLC para cualquier cambio en la receta de mezcla.

Optimización del Mezclado y Control: Finalmente, la integración del mezclador desde la interfaz garantiza no solo la precisión en la llegada de los flujos, sino la homogeneidad del producto final. Se concluye que el valor agregado de esta tesis no reside solo en la mezcla técnica de los fluidos, sino en la creación de un entorno de trabajo intuitivo que reduce el error humano.

Tabla 8

Comparativa de Enfoques de Control y Monitoreo

CRITERIO DE COMPARACIÓN	SISTEMA DE MICROAUTOMATIZACIÓN (REFERENCIA)	IMPLEMENTACIÓN CON INTERFAZ GRÁFICA
PLATAFORMA BASE	Micro-PLC (Ej. Siemens LOGO!) enfocado a tareas simples.	PLC Industrial (Ej. S7-1200) con Panel SIMATIC HMI.
INTERACCIÓN HUMANA	Limitada. Basada en botones físicos, luces piloto o pantallas de texto de pocas líneas.	**Intuitiva y táctil.** Control total mediante objetos gráficos, botones virtuales y campos de entrada.

GESTIÓN DE PROPORCIONES	Estática. Generalmente requiere modificar el código para cambiar las recetas de mezcla.	**Dinámica.** El usuario introduce el porcentaje de mezcla (Set Point) directamente en la pantalla.
VISUALIZACIÓN DE ACTUADORES	No disponible o mediante LEDs externos.	**Gráfica y en tiempo real.** Se visualiza el estado de bombas, el agitador.
PRECISIÓN DE FLUJO	Basada en tiempos de llenado o sensores básicos de baja densidad.	Control proporcional mediante **servoválvulas** reguladas desde la interfaz.
MONITOREO DE PROCESOS	Supervisión local limitada a parámetros de control.	Supervisión integral (Estado del sistema, alarmas y niveles de tanques visibles).
ESCALABILIDAD	Baja. El sistema es rígido para cambios complejos de volumen.	**Alta.** Permite añadir más flujos o variables sin alterar la infraestructura física.

Nota: Elaboración propia

CONCLUSIONES

PRIMERA: El sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos implementado demostró un comportamiento estable y preciso, logrando alcanzar los valores de referencia establecidos en las diferentes pruebas. La integración del sensor de flujo, el controlador PID, el PLC S7-1200, la interfaz HMI KTP700 y el variador de velocidad permitió desarrollar un sistema automatizado eficiente, capaz de regular el caudal y mantener la proporción deseada entre los flujos.

SEGUNDA: Se seleccionó un sensor de flujo tipo turbina con salida de 4 a 20 mA, adecuado para el rango de operación del sistema (16.7 a 166.7 L/min). Los resultados obtenidos evidencian que el sensor proporciona mediciones estables y coherentes con los valores de referencia, permitiendo una adecuada adquisición de la variable de caudal para su posterior procesamiento en el sistema de control.

TERCERA: Se configuró y programó la estrategia de control en TIA Portal utilizando un PLC S7-1200, implementando un controlador PID mediante el bloque PID_Compact. Los ensayos efectuados evidencian sistema sigue adecuadamente las consignas programadas (30, 35 y 20 L/min) con precisión, evidenciando un correcto desempeño del controlador. Asimismo, el control de proporción permitió regular el flujo esclavo en función del flujo principal, obteniendo valores proporcionales coherentes (15, 28 y 20 L/min), lo cual valida la lógica de control implementada.

CUARTA: Se utilizó una pantalla HMI KTP700 para integrar con éxito la interfaz gráfica con el sistema de control, lo que permitió visualizar y monitorizar las variables del proceso en tiempo real. Además, se desarrolló la comunicación entre el PLC y la HMI se realizó de manera eficiente, garantizando el intercambio correcto de datos como setpoint, caudal medido y proporción de mezcla.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda optimizar la sintonización del controlador PID, mejorar la supervisión en la HMI mediante alarmas y tendencias, y evaluar el sistema en condiciones reales para validar su aplicación industrial.

SEGUNDA: Se recomienda evaluar el uso de sensores de mayor precisión o realizar calibraciones periódicas para mejorar la exactitud de la medición del caudal en el sistema.

TERCERA: Se recomienda optimizar la sintonización del controlador PID y evaluar el sistema bajo diferentes condiciones de operación para mejorar su desempeño y robustez en el control de proporción.

CUARTA: Se propone ampliar el sistema de monitoreo incorporando registro de datos y alarmas mediante HMI con el fin de facilitar el análisis del comportamiento del sistema y la toma de decisiones operativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, E., Proaño, R., & Vera, C. (2015). Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable. *Pre grado.* Universidad Politécnica Salesiana, Exuador. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10245

Álvarez, M. (2004). *Controladores Logicos.* Barcelona, España: Marcombo. Obtenido de https://books.google.hn/books?id=uR19LQiBpDgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

Alvaro, F., & Caceres, E. (2017). Análisis del comportamiento de un ventilador centrífugo mediante el diseño y construcción de un módulo de laboratorio de ventiladores para la EPIME. *Pre grado.* Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Peru. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4054

Aragón, N., & Suan, A. (2019). Diseño de un módulo didáctico para la medición y control de nivel, presión y caudal para un laboratorio de automatización. *Pre grado.* Fundación Universidad de América, Bogota, Colombia. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.11839/7563

Arango, S., & Idárraga, J. (2013). Freno electromagnético : prototipo para experimentación. *Pre grado.* Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.11912/1131

Ávila, Ó. (2021). Diseño de sistema automatizado de suministro de aire comprimido. *Pre grado.* Escuela Superior Politécnica del Litoral, Quito, Ecuador. Obtenido de http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52770

Barbado, J., Sierra, J., & Bravo, J. (2013). *Automatismos Industriales.* México, México: Alfaomega Grupo Editor S.A. Obtenido de https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=38545

Bustos, B. B., & Cares, F. (2021). Implementación de PLC S7-1200 con pantalla HMI KTP700. *Pre grado.* Universidad Técnica Federico Santa Maria, Concepción, Chile . Obtenido de https://hdl.handle.net/11673/54003Downloaded

Camizán, K., & García, M. (2018). Diseño e implementación de un prototipo de sistema Scada para una planta de nivel, presión y flujo utilizando PLC Allen Bradley en el laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. *Pre grado.* Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Peru. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12893/2094

Casa, M., & Ortiz, J. (2017). Implementación de un módulo didáctico con control PID y lógica difusa para manejar las variables nivel y caudal. *Pre grado.* Escuela Politecnica Nacional, Quito, Ecuador. Obtenido de http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18768

Casas, D. (2018). Análisis energético del comportamiento de los ventiladores en un sistema regulado mediante la variación de frecuencia. *Pre grado.* Universidad Nacional de San Agustín, Arequipá, Peru. Obtenido de http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8307

Coronado, F. (2024). Diseño de un módulo didáctico de control de caudal y nivel como soporte educativo para las materias de control y automatización industrial en la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. *Pre grado.*

Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque, Peru. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12893/13195

Coronel, C. (2012). Fabricación de tanques para aire comprimido, tipó vertical autosoportado con tapas semielípticas - Masprod. *Pre grado.* Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Peru. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12894/175

Creus, A. (2007). *Neumática e Hidráulica.* España : Marcombo, S.A. Obtenido de https://www.academia.edu/37145190/Neum%C3%A1tica_e_Hidr%C3%A1ulica_Antonio_Creus_Sol%C3%A9_LIBROSVIRTUAL

Cruz, F. (2019). Banco didáctico para prueba de motores eléctricos bifásicos y trifásicos en laboratorio de electrónica de la Universidad Católica de Colombia. *Pre grado.* Universidad Católica de Colombia, Colombia. Obtenido de https://hdl.handle.net/10983/24037

Daneri, P. (2008). *PLC. Automatización y control industrial.* Buenos Aires -, Argentina : Editorial Hispano Americana S.A. - H.A.S.A. Obtenido de https://libros.ep-electropc.com/2018/06/plc-automatizacion-y-control-industrial.html?m=1

Diaz, L., & Rincon, J. (2010). Accionamiento de motores eléctricos basado en lógica programada : diseño y construcción de bancos didácticos. *Pre grado.* Universidad Industrial de Santander, Colonbia. Obtenido de https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/24344

Díaz, Y. (2023). Implementación de un sistema de control neumático eficiente para la máquina de pintado de balones de gas de 10 kg. en la planta Repsol. *Pre Grado.* Universidad Tecnológica del Perú, Lima , Perú. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12867/7905

Espejo, R., & Villena, G. (2020). Diseño e implementación de un sistema de control de presión neumática basado en algoritmo de colonia de hormigas (ACO). *Pre grado.* Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Peru. Obtenido de https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9824

Farnell. (10 de julio de 2025). *Transmisor de presión*. Obtenido de https://es.farnell.com/telemecanique-sensors/xmlp400bd71f/transm-presi-n-0-400bar/dp/2822689

Festo. (2022). *Válvulas distribuidoras proporcionales MPYE*. Obtenido de https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/MPYE_ES.PDF

Garcia, N., & Rosero , C. (2020). Diseño de una planta didáctica de control de flujo para el laboratorio de control automático FIEC – MACI. *Pre grado.* Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/57207

Gómez, J. (2013). Diseño e implementación de un variador de velocidad de bajo costo para un motor trifásico de inducción de 4HP. *Pre grado.* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12404/4890

Hoyos, V., & Ortiz, G. (2018). Desarrollo de Módulos de Control Electrónico para Máquinas Rotativas Eléctricas, Utilizando el PLC Micrologix Logo Siemens, en el Laboratorio de Automatización y Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacn. *Pre grado.* Universidad Privada de Tacna, Tacna, Lima. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12969/607

Huamán, L. (2020). Elección óptima de arranque de motores eléctricos trifásicos asíncronos según su uso en la industria. *Pre grado.* Universidad Continental, Peru. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12394/10047

Jaramillo, C., & Peña, R. (2018). Simulación y automatización de los sistemas de frenado para motores trifásicos de corriente alterna. *Pre grado.* Universidad Politécnica Salesiana , Guayaqui{, Ecuador. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15348

Jose, V. (10 de setiembre de 2009). Sensores en un PLC al detalle. Lima , Lima , Peru.

Moreno, A., & Núñez, W. (2024). Diseño y construcción de un módulo de control automático para detección de fallas en sistemas de arranque de motores en cascada para el laboratorio de mantenimiento correctivo Facultad de Mecánica. *Pre grado.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/23225

Peralta, J. (2017). Análisis de la influencia de la variación de la frecuencia en los parámetros de funcionamiento de un ventilador aplicado en sistemas de ventilación. *Pre grado.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru. Obtenido de http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3059

Piedrafita, R. (2004). *Ingeniería de la Automatización Industrial* (Segunda ed.). México : Alfaomega. Obtenido de https://es.scribd.com/document/596377245/pdfcoffee-com-375800189-ingenieria-de-la-automatizacion-industrial-2-ed-pedro-piedrafitapdf-5-pdf-free

Quirita, F. (2024). Diseño e implementación de un sistema basado en internet industrial de las cosas para el control y supervisión de variables de un sistema de control de posición y velocidad de un motor trifásico. *Pre grado.* Universidad Nacional de San Agustín, Awquipa, Lima. Obtenido de https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03

Quirita, F. (2024). Diseño e implementación de un sistema basado en internet industrial de las cosas para el control y supervisión de variables de un sistema de control de posición y velocidad de un motor trifásico. *Pre grado.* Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Peru. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12773/18150

Ramos, I. (2023). Diseño de un sistema de transmisión con motorreductor trifásico para disminuir los costos operativos en trimovil de pasajeros. *Pre grado.* Universidad César Vallejo, Chiclayo, Peru. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/141136

Ricardo, H. (2010). *Introducción a los sistemas de control.* México, México: Prentice Hall . Obtenido de http://lcr.uns.edu.ar/fcr/images/Introduccion%20a%20Los%20Sistemas%20de%20Control.pdf

Rodríguez , P., & Salazar, S. (2009). Diseño y construcción de un módulo didáctico para el control de presión. *Pre gardo.* Escuela Politécina Nacional, Quito,, Ecuador. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/48227733_Diseno_y_construccion_de_un_modulo_didactico_para_el_control_de_presion

Ruíz, J. (2019). Diseño e implementación de un prototipo de modulo didáctico de caudal para medir su influencia en el aprendizaje de la instrumentación y

control industrial. *Pre grado.* Universidad Tecnológica del Per, Lima, Peru. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12867/2262

Serrano, A. (2009). *Neumática Práctica.* Madrid: Paraninfo. Obtenido de https://pdfcoffee.com/neumatica-practica-a-nicolas-serrano-4-pdf-free.html

Tapia, J. (2006). *Control de Motores Con Logica Programada.* Morelia, Mexico: Instituto Tecnológico de Morelia. Obtenido de https://pdfcoffee.com/control-de-motores-con-logica-programada-pdf-5-pdf-free.html

Valencia, M. (2024). Caudalímetro mecánico de turbinas. España. Obtenido de Mecanicos Valencia

Villegas, M. (2015). Sistema de control de presión de vacío y aire comprimido. *Pre grado.* Universidad Técnica Federico Santa Maria, Viña del Mar, Chile. Obtenido de https://repositorio.usm.cl/handle/123456789/59413

ANEXOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS

AUTOR: GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOSTESIS	VARIABLES E INDICADORES		
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo se puede implementar una interfaz gráfica para el sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos? Problemas específicos ¿Cómo se puede elegir los sensores y actuadores requeridos para interfaz gráfica para el sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos? ¿Cómo se puede desarrollar la programación del sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos en el entorno TIA Portal, poniendo en práctica la lógica de control del PLC? ¿Cómo integrar la interfaz gráfica con el control de proporción, garantizando el intercambio correcto de datos en tiempo real entre la interfaz y los controladores PLC, sensores y actuadores?	OBJETIVOS GENERAL Implementar una interfaz gráfica para el sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos. Objetivos específicos OE1. Seleccionar el sensor de caudal para el control de proporción de mezclado de dos flujos. OE2. Desarrollar la programación del sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos en el entorno TIA Portal. OE3. Integrar la interfaz gráfica con el sistema de control de proporción, asegurando el intercambio correcto de datos en tiempo real entre la interfaz y los controladores PLC.	HIPOSTESIS GENERAL Una interfaz gráfica implementada para el sistema de control de proporción de mezclado de dos flujos permitirá mejorar la supervisión, el control y la precisión del proceso, permitiendo la interacción entre el usuario y el sistema automatizado. Hipótesis especificas HE1: Si se efectúa una selección correcta los dispositivos de medición, control y actuación con base en las necesidades del sistema de mezclado, entonces se garantizará la precisión y estabilidad del control de proporción entre los dos flujos. HE2: Si se desarrolla una programación adecuada en el entorno TIA Portal, implementando una lógica de control proporcional precisa, entonces el PLC podrá regular de forma eficiente el equilibrio de mezcla entre los dos flujos, manteniendo los valores deseados dentro de los márgenes establecidos. HE3: Una programación adecuada del sistema de control de proporción permitirá supervisar y ajustar el proceso en tiempo real, mejorando la usabilidad y la eficiencia operativa	Variable Independiente Variable Independiente: Interfaz gráfica para el sistema de control. Variable dependiente: Proporción de mezclado de dos flujos.	Dimensiones Diseño de la interfaz Funcionalidad Interacción usuario-sistema Estabilidad de la presión Precisión de la mezcla. Eficiencia del control Tiempo de ajuste.	Indicador Escala Likert Número de funciones. Porcentaje de comandos exitosos (%) Grado de exactitud en la proporción establecida entre los flujos. Capacidad del sistema para mantener la proporción deseada. Tiempo necesario para corregir desviaciones de la proporción

Apéndice 2: Instrumentos.

I.- DATOS DEL EXPERTO:

1.- APELLIDOS Y NOMBRES: NESTOR GONZALES CUTIPA

2.- CARGO E INSTITUCIÓN DONDE LABORA: INDEPENDIENTE

Se realizan una lista de instrumentos electrónicos que se utilizaron para el proyecto "IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS PUNO – 2025." en donde se utilizaron los instrumentos de investigación de Observación directa y experimentación.

Tabla de instrumentos electrónicos.

INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS	DESCRIPCIÓN
Multímetro.	Voltaje DC,AC y Amp.
Pantalla HMI Siemens	Voltaje DC
Controlador Lógico Programable S7 1200 Siemens.	Voltaje DC
Variador de Velocidad Siemens.	Voltaje DC
Sensor flujo.	Voltaje DC
Electro bomba.	Resistencia, voltaje y Amp.

Nota: Instrumentos electrónicos en la experimentación.

Nestor Gonzales Cutipa
INGENIERO MECATRONICO
CIP. 331487

Apéndice 3: Validación de instrumentos.

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

Validación de instrumentos Electrónicos

INSTRUMENTOS	VALIDACIÓN
Multímetro Uni - T	CERTIFICADO
Pantalla HMI Siemens	Software de diagnóstico / PC
Controlador Lógico Programable S7 1200 Siemens	Simulador de señales / Multímetro
Variador de Velocidad Siemens	Tacómetro
Sensor de flujo	Multímetro DC
Electro bomba.	Multímetro y Pinza Amperimétrica

Nota: Se valida datos con instrumentos tecnológicos

Nestor Gonzales Cutipa
INGENIERO MECATRONICO
CIP 331487

Apéndice 4: Tratamiento de Datos.

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

INSTR. DE ESTUDIO	INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS	PARÁMETROS	DATOS	VALIDACIÓN
Observación directa	Multímetro Uni - T	Voltaje(V)	AC/DC	Certificado
	Pantalla HMI Siemens	Voltaje 0 a 10V	DC 24V	Comparación ajuste y certificación
	PLC S7 1200 Siemens	Voltaje 0 a 10V	Lecturas en V, A, Ω 0 a 27648 bits	Estados lógicos, ms
	Variador de Velocidad Siemens	Tacómetro rpm	RPM, Hz, V, A, 0 a 60vHz	Multímetro
	Sensor de flujo	4-20 mA DC	L/min.	Multímetro
	Electro bomba.	HP, 220v,60Hz	L/min, Rpm,220V AC	Multímetro/Pinza Amp.

Nota: El estudio y la validación de datos obtenidos.

Nestor Gonzales Cutipa
INGENIERO MECATRONICO
CIP 331487

Anexo 5: 01 HMI HTP 700 Siemens

SIEMENS

Data sheet **6AV2123-2GA03-0AX0**

SIMATIC HMI, KTP700 BASIC DP, BASIC PANEL, KEY AND TOUCH OPERATION, 7" TFT DISPLAY, 65536 COLORS, PROFIBUS INTERFACE, CONFIGURATION FROM WINCC BASIC V13/ STEP7 BASIC V13, CONTAINS OPEN SOURCE SW WHICH IS PROVIDED FREE OF CHARGE FOR DETAILS SEE CD



Product type designation	
Display	
Design of display	TFT widescreen display, LED backlighting
Screen diagonal	7 in
Display width	154.1 mm
Display height	85.9 mm
Number of colors	65 536
Resolution (pixels)	
• Horizontal image resolution	800
• Vertical image resolution	480
Backlighting	
• MTBF backlighting (at 25 °C)	20 000 h
• Dimmable backlight	Yes
Control elements	
Keyboard	
• Function keys	
— Number of function keys	8
• Keys with LED	No
• System keys	No
• Numeric/alphabetical input	
— Numeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
— Alphanumeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
Touch operation	
• Design as touch screen	Yes

Changes preserved
© Copyright Siemens AG

Anexo 6: 02 PLC S7 1200 Siemen

SIEMENS

Hoja de datos **6ES7215-1BG40-0XB0**



SIMATIC S7-1200, CPU 1215C, CPU compacta, AC/DC/relé, 2 puertos PROFINET, E/S integradas: 14 DI 24 V DC; 10 DO, relé 2 A, 2 AI 0-10 V DC, 2 AO 0-20 mA DC, alimentación: AC 85-264 V AC con 47-63 Hz, memoria de programas/datos 200 kB

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1215C AC/DC/Relais
Versión de firmware	V4.6
Ingeniería con	
• Paquete de programación	STEP 7 V18 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	
• 120 V AC	Sí
• 230 V AC	Sí
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	265 V
Frecuencia de red	
• Rango admisible, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible, límite superior	63 Hz
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC
Consumo, máx.	300 mA con 120 V AC; 150 mA con 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
I^2t	0,8 $A^2 \cdot s$
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	20,4 a 28,8 V
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	14 W
Memoria	
Memoria de trabajo	
• integrada	200 kbyte
Memoria de carga	
• integrada	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
• existente	Sí
• libre de mantenimiento	Sí
• sin pila	Sí
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, típ.	0,08 µs; /instrucción
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs; /instrucción
para artitmética de coma flotante, típ.	2,3 µs; /instrucción

Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Anexo 7: Variador De Velocidad Siemens

SIEMENS

SINAMICS V20: datos técnicos

0,12 a 15 kW



SINAMICS V20	
Tensión de red/ frecuencia de red	1AC 200 a 240 V (+/–10 %); 3AC 380 a 480 V (–15 % ...+10 %) con 50/60 Hz
Potencia asignada/tamaños	0,12 a 15 kW/4 tamaños
Tipo de configuración	Variador compacto que reúne en un equipo las unidades funcionales Control Unit (CU) y Power Module (PM) + accesorios opcionales
Grado de protección	IP20/UL open type
Temperatura de servicio	Hasta 60 °C sin reducción de potencia/40 a 60 °C con reducción de potencia
Humedad ambiental, máx.	95% (no condensada)
Capacidad de sobrecarga	Sobrecarga: 150% durante 60 s dentro de un ciclo de carga de 300 s
Interfaces de comunicación integradas	USS/Modbus RTU
Entradas/salidas de señal (I/Os)	4 DI/2 DO/2 AI/1 AO
Tipos de control y regulación	U/f (lineal, cuadrático, FCC, ECO)
Safety Integrated	–
Frenado	Chopper de freno opcional para FSA, FSB, FSC (0,37 a 5,5 kW); chopper de freno integrado para FSD (7,5 a 15 kW)
Interfaces de herramienta	Tarjeta de memoria: Tarjeta SD SINAMICS, panel de mando: Parameter Loader con V20 BOP
Normas	CE, CULus, C-tick, KC
Compatibilidad electromagnética (CEM)	Para más detalles, véase el capítulo 4: Más información
Longitudes del cable de motor	Cable sin apantallar: 50 m; cable apantallado: 25 m, 10 m para FSA; son posibles cables de motor más largos con bobina de salida: 3AC 400 V: cable apantallado/sin apantallar 150 m 1AC 230 V: cable apantallado/sin apantallar 200 m
Funciones de energía	Modo ECO (reducción automática de flujo), modo de ahorro de energía en Standby, calculadora de consumo energético
Funciones	Consigna de velocidad fija, regulador PID

Encontrará la documentación técnica de SINAMICS V20 en:
siemens.com/sinamics-v20/documentation

2_09

Anexo 8: Motor eléctrico trifásico de 380/220 V



TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X] Fecha de entrega: 15/06/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: GABRIEL PASTOR CCASO ANAHUA
Dirección: jr. Cañete 146- puno
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 43575356
Teléfono: 925 975 022 email: Gabriellccaso@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECATRÓNICA
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECATRÓNICO
Asesor: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]
Título: IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROPORCIÓN DE MEZCLADO DE DOS FLUJOS PUNO - 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Flujo, sensores, actuadores, sistema de control, TIA Portal, PLC, proporción de mezcla, automatización industrial e interfaz hombre-máquina (HMI).
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1, 2]?

1

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

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

2. Referencia de tesis:

[ ] Bachiller [X] Titulo [ ] 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)

[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 comérciales 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.

[X] 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.

[X] Internacional

[ ] Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21



Firma de Autor	huella digital	15 de JUNIO del 2026
		Fecha