



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN
CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA
PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS
TRIFÁSICOS**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FRANK PIERRE PAUCAR HUISA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN
CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA
PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS
TRIFÁSICOS**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FRANK PIERRE PAUCAR HUISA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

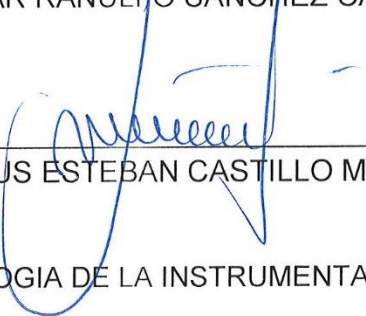
PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1061-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 12 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-7876 presentado por el (la) Bachiller: **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA** 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. **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS**, 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** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

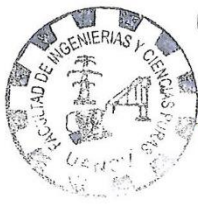
ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

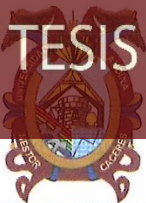
ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 18 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

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

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 948-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 29 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 6628, presentado por el señor (a) **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveedor del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1051-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1819-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1051-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1819-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

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

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, designado al señor (a): **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASF. MONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 38720UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2025
Interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1819-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 17064 por el señor (a): **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1424- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 013- 2024 del integrante del comité de investigación **EPIM** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS**, 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 Raullo 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° 013- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS**, 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): **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS** 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), Dr. **RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 4779UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1051-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 12579, presentado el señor (a) **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 938 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 029-2024 del integrante del comité de investigación **EPIM** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS**, 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 Raulfo 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° 029-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS**.

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 mérito 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): **FRANK PIERRE PAUCAR HUISA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

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

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

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

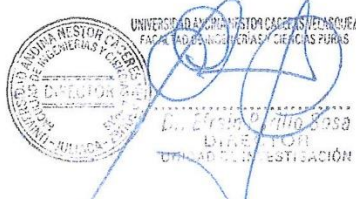
Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. EDUARDO TITO ROSA
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



15% 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

- 12%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

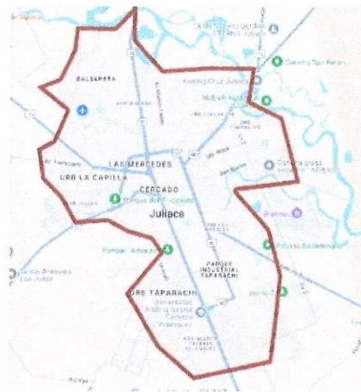
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



METADATOS COMPLEMENTARIOS

TÍTULO DE LA TESIS	
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	FRANK PIERRE PAUCAR HUISA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73351203
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-9926-9014
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02064066



Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACION - P21
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.500566 Longitud: -70.134663 URL Maps:  https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1QQ7e-99RG2TI6STNnJxg76neRR0oFjk&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2024 – Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería eléctrica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00 Sistema de Automatización https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁDIZ VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS BÁSICAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FRANK PIERRE PAUCAR HUISA, identificado con DNI

Nro. 73351203, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA MECATRÓNICA

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

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 09 de octubre del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mi madre Daria Huisa Calsina
por su apoyo en este trayecto.
Frank Pierre Paucar Huisa.



AGRADECIMIENTO

Siempre agradecido con mi madre Daria Huisa Calsina y mi Hermana Marjorie Danira Paucar Huisa por el apoyo y estar pendientes de mí, darme la voluntad que me guio a cumplir con todas mis metas. Darne los ánimos suficientes para seguir y no rendirme.

Frank Pierre Paucar Huisa.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1. 1. Descripción del problema	1
1. 2. Formulación del problema	2
1. 2. 1. Problema general	3
1. 2. 2. Problemas específicos	3
1. 3. Justificación	3
1. 4. Objetivos de la investigación	5
1. 4. 1. Objetivo general	5
1. 4. 2. Objetivos específicos	5
1. 5. Importancia.....	5
1. 6. Limitación de la investigación	6
1. 7. Hipótesis de la investigación	7



1. 7. 1. Hipótesis general.....	7
1. 7. 2. Hipótesis específicas.....	8
1. 8. Variables de investigación.....	8
1. 9. Operacionalización de variables.....	9

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2. 1. Antecedentes de la investigación	10
2. 1. 1. Antecedentes a nivel internacional.....	10
2. 1. 2. Antecedentes a nivel nacional.....	12
2. 2. Sistemas de control.....	14
2. 2. 1. Sistemas de control dinámico	15
2. 2. 2. Autómatas programables	17
2. 2. 3. Fuente de alimentación	19
2. 2. 4. Entradas – salidas.....	20
2. 2. 5. Variadores de velocidad.....	20
2. 2. 6. Sensores de temperatura.....	23
2. 2. 7. RTD	23
2. 2. 8. Termocuplas / termopares	24
2. 2. 9. Sensor de temperatura.....	25
2. 2. 10. Sensor de corriente CA	27
2. 3. Sistemas SCADA	27
2. 4. Labview	66



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. 1. Método de investigación.....	82
3. 2. Tipo de investigación.....	82
3. 3. Diseño de investigación.....	82
3. 4. Ámbito de la investigación.....	83
3. 5. Población y muestra.....	83
3. 6. Técnicas e instrumentos de recogida de información	83
3. 7. Recogida de datos	84

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADO Y DISCUSION

4. 1. Presentación	85
4. 1. 1. Programación de PLC S7 1200 CPU 1215	88
4. 1. 2. Control PID en TIA Portal.....	90
4. 1. 3. Análisis de los resultados obtenidos	107
4. 1. 4. Discusión de resultados	109
CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXOS	117



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de un sistema de control	15
Figura 2	Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto	15
Figura 3	Esquema de bloques del control de un cabezal de impresión.....	16
Figura 4	Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado	17
Figura 5	PLC Simatic S7-1200	18
Figura 6	Fuente de alimentación de 24V	19
Figura 7	Módulo de salida analógica SM 1232	20
Figura 8	Diagrama Electrónico del Variador de Velocidad.	21
Figura 9	Grafica Par - Velocidad.	22
Figura 10	variador de frecuencia Sinamics V20	22
Figura 11	Sensor De Temperatura Tipo Rtd.....	24
Figura 12	Curva característica pt 100.....	25
Figura 13	Sensor PT100.....	26
Figura 14	Transmisor de temperatura en carril.....	26
Figura 15	Sensor de corriente	27
Figura 16	Plataforma de Software Scada.....	36
Figura 17	Diagramas X-Y de visualización	43
Figura 18	Motor trifásico de jaula de ardilla	69
Figura 19	Curva de daño y energización de un motor	78
Figura 20	Curva de protección de un motor	79
Figura 21	Modulo de pruebas.....	86
Figura 22	Selección de controlador s7 1200 CPU 1215.....	88
Figura 23	Programación de control de motor de molino	89



Figura 24 programación del alimentador.	89
Figura 25 Creación de bloque para PID.	90
Figura 26 Creación de bloque PID compact.	90
Figura 27 Configuración de tipo de datos a controlar.	91
Figura 28 Entradas y salidas en datos reales.....	91
Figura 29 Asignar límite superior e inferior.	92
Figura 30 Parámetros de control PID en TIA PORTAL	92
Figura 31 Entrada analógico normalización y escalamiento.....	93
Figura 32 Descarga del software de LabVIEW SCADA	93
Figura 33 Administrador de paquetes de complementos.	94
Figura 34 Descarga de "Real time module".....	95
Figura 35 Descarga de supervisory control module.	95
Figura 36 Siemens nombre de la carpeta en OPC server.....	96
Figura 37 Nombre de la placa del procesador e IP	96
Figura 38 Asignación de IP en el módulo OPC	97
Figura 39 Creación de entradas y salidas digitales y analógicas en OPC.....	97
Figura 40 Creación de entradas y salidas digitales y analógicas en OPC.....	98
Figura 41 Creación de OPC cliente	98
Figura 42 Creación de marca digital en LabVIEW.....	99
Figura 43 Creando las variables analógicas.....	99
Figura 44 Sistema scada en labview.	100
Figura 45 Diagrama de bloques LabVIEW.	100
Figura 46 Corriente 0 y set point 0.5 amperios.....	101
Figura 47 Corriente de 1.6 y set 0.5 amperios.....	101
Figura 48 Corriente 0.49 y set point de 0.9 amperios.....	102



Figura 49 Medición de corriente	102
Figura 50 Corriente de 1.2 y set point de 0.7 amperios.....	103
Figura 51 Corriente de 1.2 y set point de 0.7 amperios.....	103
Figura 52 Temperatura de 56.6 y set point 38 grados.....	104
Figura 53 Temperatura de 29.2 y set point de 38 grados	104
Figura 54 Temperatura de 30 y set point de 23.329 grados	105
Figura 55 Temperatura de 30 y set point de 35.178 grados.	105
Figura 56 Realización de las pruebas por sensor de corriente y temperatura....	106
Figura 57 Prueba con el sensor de corriente.....	106
Figura 58 Verificación del sensor de temperatura y de la corriente que alimenta al motor	107



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	9
Tabla 2 Porcentaje máximo de ajuste para protección contra sobre corriente...	75
Tabla 3 Técnicas e instrumentos	83
Tabla 4 Parámetros de corriente.....	87
Tabla 5 Parámetro de sensor de temperatura	88
Tabla 6 Tablas de pruebas	108
Tabla 7 Comparación entre el sistema SCADA y el módulo IoT para monitoreo de motores eléctricos	110



RESUMEN

El presente trabajo de tesis desarrolla e implementación un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) orientado a la protección de motores eléctricos trifásicos utilizados en entornos industriales. La investigación tiene como objetivo principal diseñar un sistema capaz de monitorear en tiempo real parámetros eléctricos críticos como corriente, voltaje, temperatura y frecuencia, con el fin de prevenir fallos operativos, optimizar el rendimiento del motor y prolongar su vida útil.

Para ello, se emplearon sensores industriales conectados a un PLC (Controlador Lógico Programable), el cual procesa y envía los datos a una interfaz HMI (Interfaz Hombre-Máquina) desarrollada en un entorno SCADA. El sistema permite visualizar las variables eléctricas, generar alarmas ante condiciones anómalas, realizar paradas de emergencia automáticas y almacenar históricos de datos para su análisis posterior.

La implementación fue validada en un entorno de laboratorio con motores trifásicos bajo distintas condiciones de carga, demostrando una alta eficiencia en la detección de fallos como sobrecorriente, sobretensión y desequilibrio de fases. El sistema propuesto representa una herramienta efectiva para la gestión segura y automatizada de motores trifásicos, aportando beneficios en términos de mantenimiento preventivo y reducción de tiempos de inactividad.

Palabras Claves: Supervisión control y adquisición de datos, protección, motores eléctricos trifásicos.



ABSTRACT

This thesis presents the development and implementation of a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system aimed at protecting three-phase electric motors used in industrial environments. The primary objective of the research is to design a system capable of real-time monitoring of critical electrical parameters such as current, voltage, temperature, and frequency, in order to prevent operational failures, optimize motor performance, and extend its lifespan.

To achieve this, industrial sensors were connected to a Programmable Logic Controller (PLC), which processes and transmits the data to a Human-Machine Interface (HMI) developed in a SCADA environment. The system enables visualization of electrical variables, generates alarms in the presence of abnormal conditions, performs automatic emergency shutdowns, and stores historical data for further analysis.

The implementation was validated in a laboratory setting using three-phase motors under different load conditions, demonstrating high efficiency in detecting faults such as overcurrent, overheating, and phase imbalance. The proposed system represents an effective tool for the safe and automated management of three-phase motors, offering benefits in terms of preventive maintenance and reduced downtime.

Keywords: Supervisory Control and Data Acquisition, protection, three-phase electric motors.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los motores eléctricos trifásicos son en muchos casos un componente indispensable de los procesos industriales modernos debido a su alta eficiencia, fiabilidad y funcionamiento ininterrumpido en condiciones extremas. Sin embargo, al mismo tiempo, existen diversos riesgos y amenazas que pueden resultar en diversas fallas operativas, como sobrecargas y sobrecalentamiento, falla de una de las fases, desequilibrio eléctrico, entre otros. Si no se identifican y diagnostican a tiempo, estas fallas pueden causar daños catastróficos irreversibles, accidentes en el lugar de trabajo y detenciones no planificadas.

Por lo tanto, además de ampliar la vida útil de los motores, la protección de los motores implica mejorar su rendimiento ecológico y la seguridad de los trabajadores, y reducir los costos de mantenimiento correctivo. Por lo tanto, los sistemas SCADA, por ejemplo, son una de las formas más fáciles y prácticas de monitorear y controlar en tiempo real la mayoría de los parámetros mecánicos y eléctricos vitales del motor. El propósito de esta tesis es formular y ejecutar un sistema de monitoreo y control de recopilación de información, con especial énfasis de salvaguardar los motores eléctricos trifásicos. Para evitar daños mayores, el sistema puede identificar condiciones imprevistas en tiempo real a través de las lecturas de varios sensores, cálculos programados en un PLC, y una interfaz gráfica hecha en un SCADA system y alertas tempranas generadas por el mismo SCADA system, y teniendo la capacidad de realizar correcciones automáticas.

Esta tesis muestra un análisis teórico de los sistemas SCADA y motores de fasos trifásico, la formulación y la materialización del sistema sugerido, experimentaciones y resultados.



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1. 1. Descripción del problema

El motor eléctrico trifásico es uno de los componentes más importantes en cualquier operación de planta industrial, ya que es fundamental para el accionamiento de equipos críticos y operaciones. Varias circunstancias dañinas pueden afectar el rendimiento del motor, a pesar de su confiabilidad y eficiencia características. Estos incluyen sobrecarga, oscilación de tensión, desequilibrio de fase, cortocircuito y sobrecalentamiento extremo, entre otros. Estas problemáticas inesperadas pueden causar paradas no programadas, daños catastróficos e incluso riesgos de seguridad para los operadores, si no se corriese en su debido momento.

Los sistemas de protección instalados en la mayoría de la planta industrial do hoy no son capaces de detectar en tiempo real estas condiciones deficientes, lo que dificulta una respuesta temprana y precautoria para detener los problemas. La falta de un sistema de monitorización exhaustivo impide a los responsables de la toma de decisiones adoptar medidas de suelo sólido, disminuyendo la capacidad de ahorrar costes efectivos a través del mantenimiento predictivo, e incrementando los costes operativos y las pérdidas financieras.



Un sistema automatizado de monitoreo, control y recopilación de datos que permita la protección de refugios oportuna, la señalización de alarmas y el monitoreo continuo de las variables críticas del motor en funcionamiento son, por lo tanto, necesarios para diseñar sistemas efectivos capaces de superar el reto de lograr una implementación fiable. y software SCADA., adaptable a diferentes entornos industriales, pero también capaz de dar cuenta de tecnologías como sensores y controladores programables.

1. 2. Formulación del problema

Los motores eléctricos trifásicos son componentes importantes en los entornos industriales y los procesos de producción. A menudo, esos motores se enfrentan a condiciones de funcionamiento adversas, como variaciones de voltaje, sobrecargas y desbalanceo de fases, cortocircuito y recalentamiento, causando fallas graves, interrupciones no planificadas y, lo que es peor, altos costos de recuperación o reemplazo.

Aunque su importancia es vital en la mayoría de las organizaciones, la mayoría de las empresas aún utilizan métodos de protección centralizados y tradicionales que no pueden garantizar el monitoreo continuo de la información operacional y el acceso remoto. Por otro lado, esta restricción complica la toma de decisiones tempranas y la administración de programas de mantenimiento proactivo debido a la dificultad para identificar y responder a condiciones anormales.

La capacidad de dicho sistema para monitorear parámetros eléctricos importantes en tiempo real, generar alertas tempranas, registrar el historial de operación y ejecutar acciones de control automáticas mejoraría la eficiencia, la fiabilidad y la seguridad operativa.



Sin embargo, para instalar con éxito un sistema SCADA para este propósito, se deben superar una serie de obstáculos técnicos, incluida la selección adecuada de sensores, dispositivos de control, plataformas de comunicación y software de visualización, además de asegurar la compatibilidad con las condiciones específicas del entorno industrial donde se desea aplicar.

1. 2. 1. Problema general

¿Cómo implementar un sistema de control para el monitoreo en tiempo real de la temperatura y velocidad de motores eléctricos trifásicos y sistemas de transmisiones mecánicas, con el fin de optimizar su rendimiento y prevenir fallos?

1. 2. 2. Problemas específicos

PE1 ¿Cómo seleccionar los sensores de corriente y temperatura para la protección de motores eléctricos trifásicos?

PE2 ¿De qué manera se realiza la programación en el controlador lógico programable para la protección de motores eléctricos trifásicos?

PE3 ¿Cómo realizar el SCADA para la protección de motores eléctricos trifásicos?

1. 3. Justificación

Hay varias razones para que se necesite un sistema de gestión para monitorear la temperatura y la rapidez de motores eléctricos trifásicos, incluyendo razones operativas, de seguridad y financieras. La razón, sin duda, uno de los principales impulsores de la invención investigada, es la economía. Los motores eléctricos son conocidos por su capacidad para quedarse sin funcionar



repentinamente, a veces causando un detenimiento sin advertencia de parte de los mecánicos.

Las paradas imprevisibles pueden ser muy caras porque la productividad se ve inundada de paradas repentinas y retorno. El mantenimiento preventivo y predictivo se puede realizar tomando ventaja de un sistema de monitoreo que identificar irregularidades en tiempo real, evitando así caros desperdicios y extendiendo un activo vidas.

Desde una perspectiva operativa, monitorear constantemente la temperatura y la velocidad permite a los operadores cambiar el funcionamiento del motor al instante, reduciendo el desperdicio y la insatisfacción del cliente hacia el proceso. También les ayuda a maximizar la eficiencia del sistema y garantiza la calidad del producto terminado.

Además, en un entorno industrial, la seguridad es fundamental. La alta temperatura con la que puede funcionar un motor puede causar incendios o explosiones, algo que, a su vez, nos lleva a dos problemas de la cadena mencionados anteriormente. Sin embargo, el sistema de monitoreo puede ayudar a remediar ese problema y crear un lugar de trabajo seguro advirtiendo sobre trampas ocultas antes de que se conviertan en un problema real.

Por último, esta investigación también busca contribuir al progreso tecnológico en el ámbito de la ingeniería eléctrica. Además de ser pertinente para la industria actual, la incorporación de nuevas tecnologías de sensores y sistemas de control establece las bases para los próximos avances en automatización y monitoreo industrial.

1. 4. Objetivos de la investigación

1. 4. 1. *Objetivo general*

Implementar un sistema de supervisión, control y adquisición de datos para la protección de motores eléctricos trifásicos.

1. 4. 2. *Objetivos específicos*

OE1 - Seleccionar los sensores de corriente y temperatura para la protección de motores eléctricos trifásicos.

OE2 - Realizar la programación en el controlador lógico programable para la protección de motores eléctricos trifásicos.

OE3 - Realizar un SCADA para la protección de motores eléctricos trifásicos.

1. 5. Importancia

Dado que propone una solución tecnológica orientada a mejorar la eficiencia operativa, evitar averías y proteger activos vitales como los motores eléctricos trifásicos, esta investigación es de suma importancia tanto para el ámbito académico como para el industrial. La correcta protección de estos motores influye directamente en la productividad y la sostenibilidad de las operaciones, ya que los motores son ampliamente utilizados en los procesos y son críticos para el funcionamiento continuo de los sistemas industriales.

Algunos de ellos son monitoreados a través de un sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos, a través del cual se pueden llevar a cabo una serie de lecturas eléctricas en tiempo real y, en muchos de los casos, identificar condiciones anómalas con anticipación. Eso podría llevar a daños en los motores,



paradas no programadas y gastos inesperados de mantenimiento correctivo, lo que dificulta el proceso de toma de decisiones para el usuario.

Desde el punto de vista académico, esta tesis está en favor del conocimiento aplicado en el campo de la electrónica de potencia, las tecnologías de la información, automática industrial, e instrumentación. Asimismo, promueve el uso de sistemas de monitorización integrados como instrumentos imprescindibles para la transformación digital de la industria.

Visto en conjunto, este trabajo de investigación contribuye en gran medida a la mejora de la seguridad de la operación, la modernización de los procesos industriales, y la capacitación de los profesionales en soluciones técnicas del mañana.

1. 6. Limitación de la investigación

La instalación de un sistema de control supervisor y adquisición de datos para proteger motores eléctricos trifásicos es una monografía detallada de la propuesta de investigación. Las principales limitaciones son impuestas por la base de investigación y el entorno. En primer lugar, el sistema estará en desarrollo y pruebas en el entorno controlado o a escala.

Es probable que sean necesarias más pruebas y modificaciones para ejecutar el sistema en entornos industriales reales más complejos. Por lo tanto, en función de la actual limitación, los hallazgos no se pueden utilizar correctamente para extrapolar a los posibles entornos operativos industriales.

En segundo lugar, la elección de los componentes de hardware y software está restringida a limitaciones técnicas y financieras. Por lo tanto, el sistema se

desarrollará con un equipo de gama media económico común. Algunas funciones avanzadas de las soluciones comerciales de gama alta podrían estar ausentes debido a la limitación.

El segundo sería el énfasis del sistema en varios tipos comunes de defectos en motores, como el exceso de corriente, la sobre temperatura o el desequilibrio de fase. Por otro lado, no aborda problemas más complejos o menos utilizados que requieren sistemas de diagnóstico más sofisticados, como aquellos que están vinculados a los problemas mecánicos internos motor, el aislamiento degradado, etc.

Además afecta a la conexión del sistema la infraestructura de red del entorno de prueba. Calidad de la monitorización en tiempo real en las condiciones comunica a distancia o condiciones con condiciones electromagnéticas desfavorables.

Por último, el tiempo para implementar y evaluar el sistema también es limitado. Es difícil decir si nuestras pruebas serían suficientes para una evaluación completa de la adaptabilidad y fiabilidad si se llevan a cabo a largo plazo o en circunstancias operativas diversos.

1. 7. Hipótesis de la investigación

1. 7. 1. Hipótesis general

La protección de motores eléctricos trifásicos puede mejorarse considerablemente mediante la implementación de un sistema de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) basado en sensores de temperatura y corriente, programado en un controlador lógico programable (PLC). Este sistema permite la detección temprana de fallas y la ejecución automática de acciones correctivas.



1. 7. 2. Hipótesis específicas

HE1 - La correcta selección de sensores de corriente y temperatura permite detectar condiciones de riesgo en motores trifásicos de forma precisa y oportuna.

HE2 - La programación adecuada de un PLC permite ejecutar acciones de protección automática ante variaciones críticas de corriente y temperatura en motores eléctricos trifásicos.

HE3 - El desarrollo de un sistema SCADA facilita la supervisión remota, la visualización de datos en tiempo real y la toma de decisiones oportunas para la protección de motores eléctricos trifásicos.

1. 8. Variables de investigación

Variable Independiente

- Sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)

Variable Dependiente

- Protección de los motores eléctricos trifásicos

1. 9. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Variable Independiente	Sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)	Supervisión Control Adquisición de datos	Visualización de variables en tiempo real. Activación automática de protecciones. Registro histórico de variables	Sí / No (funcionalidad)
Variable Dependiente	Protección de los motores eléctricos trifásicos	Prevención de fallas	Tiempo de respuesta ante anomalías	Segundos

Nota. Elaboración propia



CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2. 1. Antecedentes de la investigación

2. 1. 1. *Antecedentes a nivel internacional*

(Cedillo & Samaniego, 2021) En el presente trabajo, se instaló un sistema basado en IoT para la monitorización, el control y la recopilación de los datos de las variables eléctricas en motores trifásicos. En el trabajo, se apoyan la toma de decisiones acerca de los mantenimientos de tipo correctivo y preventivo en el análisis en tiempo real del comportamiento de los motores que ofrece la herramienta y en la comparación de las variables que recibe en tiempo real con las variables nominales del motor. Los bus de campo se utilizaron para solucionar las desventajas del cableado en paralelo, permitiendo que el motor con variador de frecuencia procese más datos. Se integra un servidor OPC de National Instruments que trabajará de puente entre el PLC encargado de manejar a los actuadores en red y la información a ser enviada a la nube a través de Ubidots. Todo el SCADA fue realizado y se está ejecutando en el LabVIEW y cumpliendo los estándares del diseño de interfaz HMI para el ambiente industrial.



(Morocho, 2017) El objetivo de esta investigación de titulación fue el diseño e implementación de un sistema de control proporcional-integral-derivativo (PID) para regular la velocidad de un motor de inducción trifásico con rotor de tipo jaula de ardilla, utilizando una interfaz gráfica de programación desarrollada en LABVIEW. Este proyecto se realizó con la finalidad de promover el aprendizaje de los estudiantes en control y automatización industrial. La funcionalidad del sistema de control PID fue validada presentando una perturbación externa al sistema, generando una variación de la velocidad del motor mediante un sistema de frenado manual gradual. Los componentes de control, que incluyen sensores y actuadores, se integraron en LABVIEW y el software fue capaz de cumplir con las funciones necesarias para su correcto funcionamiento en tiempo real. Gracias a la implementación de una interfaz de usuario, se utilizó un control SCADA para monitorear la dinámica de velocidad del motor en respuesta a la perturbación aplicada, medida en revoluciones por minuto (rpm) y su correspondiente desplazamiento hacia su posición final en el punto de consigna de referencia. A fin de brindar apoyo adicional al estudiante y demostrar empíricamente los procesos de control y automatización del sistema, se entregó un Manual de laboratorio con ejercicios prácticos, que consideraban la utilización de un control PID de velocidad, la simulación de semáforos intermitentes de dos vías y el encendido de motores de inducción de jaula de ardilla. Se recomienda al estudiante realizar el análisis de los múltiples rangos de programación requeridos para manipular la salida analógica adecuadamente en relación con valor de consigna del motor. Estas salidas están escaladas de 0 a 27648 a través del software de programación TIA PORTAL del PLC en un rango de tensión de 0 a 10VDCazar.



(Anuar, 2012) Las empresas deben actualizar sus sistemas para mantenerse relevantes ante la rápida evolución de la tecnología. Además de facilitarles el aumento de la productividad, esta actualización ayuda a reducir los riesgos en diversos ámbitos operativos.

Implementar un sistema de supervisión y control para motores representa una solución eficaz para que las empresas inicien la adopción de tecnologías SCADA. Esta herramienta permite optimizar el control de los procesos donde se aplique, además, genera múltiples beneficios, no solo en la mejora operativa, sino también en aspectos clave como la seguridad, la eficiencia económica y la rentabilidad. El objetivo de este proyecto es desarrollar y poner en práctica un método para el monitoreo y control remoto de un motor de corriente alterna (CA) utilizando un instrumento virtual que agilice el proceso de medición de la velocidad de motores eléctricos que se encuentran lejos del lugar de trabajo.

2. 1. 2. Antecedentes a nivel nacional

(Huacho, 2022) En esta tesis titulada: «Diseño de módulo de control basado en plataforma IoT para monitoreo de motor de inducción de baja potencia. Huancayo – 2022» La finalidad del estudio radica en aplicar herramientas propias del Internet de las Cosas (IoT). Su objetivo principal es desarrollar un módulo de control sustentado en esta tecnología, con el fin de supervisar a distancia motores de inducción de baja potencia. Para ello, el sistema recoge información sobre el consumo de corriente y voltaje mediante el sensor PZEM-004T, y mide la temperatura a través de un termopar tipo K. El procesamiento de datos se lleva a cabo utilizando los microcontroladores ESP32 y Atmega 2560.



(Portella, 2020) Actualmente, muchas compañías vinculadas a procesos industriales utilizan sistemas SCADA para la supervisión y control de sus operaciones. A pesar de que estos sistemas, ofrecidos por fabricantes de renombre, son ampliamente confiables, su adopción representa una inversión considerable debido a los altos costos asociados a su instalación. Otro aspecto desfavorable de muchos sistemas SCADA convencionales es que sus funcionalidades suelen estar limitadas al manejo de datos provenientes exclusivamente de las unidades terminales remotas (RTUs), como es el caso de las interfaces gráficas, las alarmas o los registros históricos. Frente a esta limitación y al alto costo, la propuesta de esta tesis plantea una alternativa económica basada en el empleo de hardware accesible y software libre de licencias comerciales. Con el fin de superar la restricción de operar únicamente con datos de las RTUs, la solución propuesta en este proyecto se fundamenta en una arquitectura basada en el enfoque de programación orientada a objetos (POO), lo que posibilita su aplicación incluso con componentes que no sean exclusivamente electrónicos. La relevancia de esta iniciativa radica en que ofrece a empresas con recursos limitados una alternativa viable para implementar sistemas de monitoreo y control industrial a bajo costo, aprovechando herramientas tecnológicas basadas en plataformas web. Otra característica importante es que el sistema creado en este proyecto protege los datos gracias a su tecnología web, que ofrece medidas de seguridad contra ataques. El protocolo HTTPS destaca entre estas herramientas porque garantiza la transferencia segura de datos.

(Flores & Quispe, 2018) El motor de inducción trifásico es uno de los tipos de motores más utilizados en instalaciones industriales de todo el mundo. Considerable hambre de corriente cuando alimentado bajo carga debido al arranque directo es la



característica más común de este motor. De hecho, la sobrecorriente causada por la aplicación de corriente continua puede llevar a cortes de energía y daños a la mecánica. Por lo tanto, directamente relacionado con el objetivo principal del motor es monitorear efectivamente todas las etapas en el funcionamiento del motor, incluido, entre otros, control de par, control de velocidad, arranque y parada.

Para aumentar las capacidades y la protección de los motores de inducción trifásica, el objetivo de esta tesis es investigar y analizar las corrientes de arranque en el respectivo motor. Para identificar cuál de esquemas es el más efectivo, se realizaron pruebas experimentales de varias técnicas de arranque con motor trifásico implementando normas de los manuales para adultos en el laboratorio. La siguiente etapa es la creación de un módulo didáctico centrado en temas de estudio de sistemas de control y diagnóstico de motores. At Last, s la factura será la adquisición de los dispositivos necesarios para la garantía de la continuidad del sistema. Todas las pruebas correspondientes se desarrollarán en los laboratorios de Máquinas Eléctricas II de la Universidad Nacional del Altiplano.

2. 2. Sistemas de control

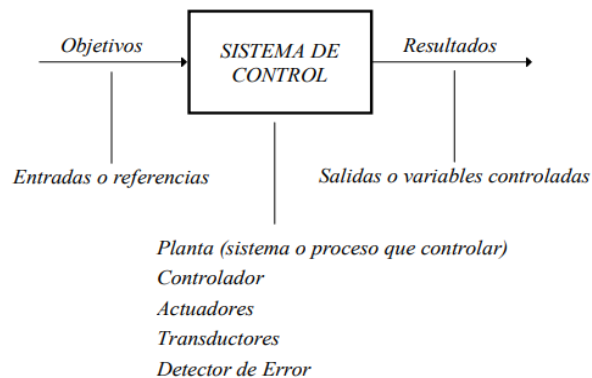
(Gomáriz y otros, 2000) Según los principios de la teoría de control, un sistema o proceso está conformado por múltiples componentes interrelacionados que actúan en conjunto para generar respuestas ante determinadas señales de entrada. Cabe destacar que para describir el comportamiento del sistema no es necesario comprender a fondo su estructura interna ni las complejas relaciones entre sus partes. Bastará con saber cómo se relacionan entre sí, las entradas y salidas del proceso (según el principio de caja negra). Conocer la dinámica de un

sistema, es decir, de qué manera reacciona la señal de salida a los cambios en la señal de ingreso, es el aspecto más crucial del mismo.

Con un entendimiento profundo de cómo se relacionan las entradas y salidas de un sistema, es posible anticipar su comportamiento y seleccionar la estrategia de control más adecuada para optimizar su desempeño. Así, el diseñador ajusta la acción de supervisión con el fin de alcanzar el resultado esperado, guiado por la dinámica prevista del proceso.

Figura 1

Diagrama de un sistema de control



Nota: Sistema de control Fuente: (Gomáriz y otros, 2000)

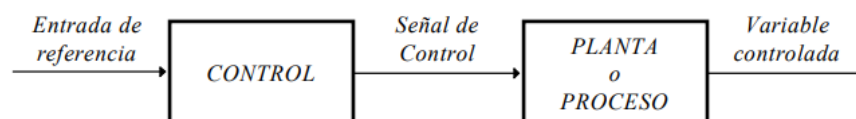
2. 2. 1. Sistemas de control dinámico

Sistemas en lazo abierto

(Gomáriz y otros, 2000) En este tipo de sistemas, la señal de salida no influye en absoluto sobre la acción de control ejercida.

Figura 2

Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto



Nota: (Gomáriz y otros, 2000)

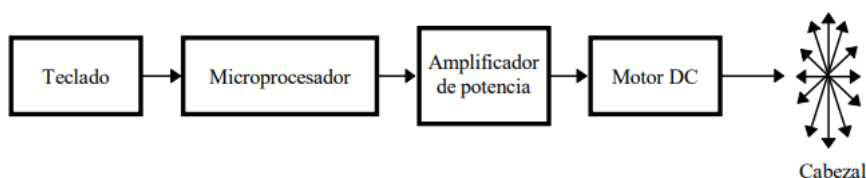
En los sistemas de lazo abierto, no existe una comparación entre la salida generada y la señal de referencia, lo que implica que cada entrada ejecuta un procedimiento previamente definido respecto a la salida esperada. Por tanto, la exactitud del sistema depende fuertemente de su calibración inicial, y cualquier interferencia o alteración en la cadena de señales puede impedir que el sistema cumpla adecuadamente con su función asignada.

Entender la conexión entre la entrada y la salida, además de garantizar la ausencia de interrupciones factores externos o modificaciones en los parámetros internos del sistema, son requisitos previos para tener en cuenta una arquitectura de bucle abierto. En la práctica, esto suele resultar complicado de alcanzar y, con frecuencia, requiere soluciones muy costosas.

La gestión de la cabeza de una máquina de escribir digital sirve como ilustración de esta topología. El teclado sirve como fuente de entrada para este sistema. Después de procesar la señal que genera, se produce una acción de control, que da como resultado que el cabezal gire a la posición correcta e imprima la letra deseada como salida.

Figura 3

Esquema de bloques del control de un cabezal de impresión.



Nota: (Gomáriz y otros, 2000)

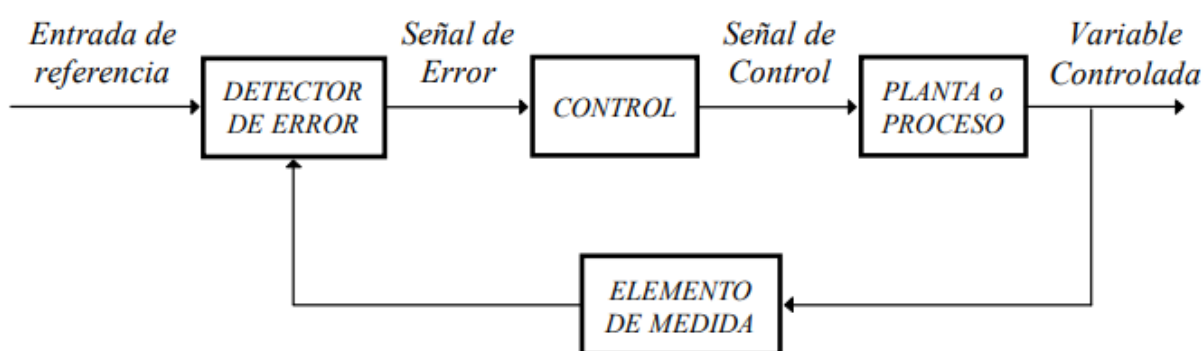
Tal como es previsible, una perturbación externa en cualquier punto del sistema puede distorsionar la señal, generando un resultado distinto al esperado.

Sistemas en lazo cerrado

(Gomáriz y otros, 2000) En los sistemas de control de lazo cerrado, la señal de salida afecta directamente la acción de control, fenómeno que se conoce como retroalimentación.

Figura 4

Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado



Nota: (Gomáriz y otros, 2000)

En los sistemas de lazo cerrado, la respuesta del sistema incide sobre la acción de control aplicada, lo cual se conoce como un proceso de retroalimentación.

2. 2. 2. Autómatas programables

Actualmente, es posible gestionar circuitos de automatización complejos mediante el uso de controladores lógicos programables (PLC). Estos dispositivos electrónicos reemplazan a los tradicionales circuitos de control y auxiliares en sistemas automatizados. El PLC se comunica directamente con sensores como pulsadores o interruptores de límite y actuadores, tales como bobinas de contactores, luces LED o pequeños receptores.

Fue hacia la década de 1960 cuando los PLC comenzaron a emplearse en entornos industriales, con el propósito principal de reducir los elevados costos

asociados a la sustitución de sistemas de control convencionales basados en contactores y relés.

En la década de 1980, General Motors promovió el uso del protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) con el objetivo de unificar los estándares de comunicación en la industria. Durante este periodo, los PLC experimentaron una evolución significativa, reduciendo su tamaño y dejando atrás los terminales de programación convencionales para dar paso a la programación simbólica desde computadoras personales. Actualmente, existen modelos de PLC tan compactos que su tamaño es comparable al de un relé estándar.

Si bien se actualizaron las capas físicas de los protocolos más utilizados que habían persistido desde la década de 1980, se observó que el número de nuevos protocolos emergentes disminuyó en la década de 1990. IEC 1131-3, el estándar más reciente, tiene como objetivo estandarizar todos los sistemas de programación de PLC según un único estándar mundial. Los Diagramas de bloques, listas de comandos y texto estructurado se pueden usar simultáneamente para programar PLC en este momento.

Figura 5

PLC Simatic S7-1200



Nota: Controlador lógico programable

2. 2. 3. Fuente de alimentación

Los voltajes necesarios para que funcionen Los diferentes circuitos del sistema son proporcionados por la fuente de suministro de energía. La electricidad alterna a 110/220 Vac o la corriente continua a 24 Vdc, un voltaje común en los cuadros eléctricos, pueden alimentar la CPU. En cualquier caso, la CPU es la encargada de proporcionar energía a las interfaces que están conectadas a través del bus interno. Sin embargo, dependiendo del tipo de sistema, los sistemas de entrada/salida (E/S) pueden suministrarse con corriente continua a 12/24/48 Vdc o corriente alterna a 48/110/220 Vac.

Con el fin de preservar estados internos específicas y el programa del usuario en la RAM en caso de pérdida de energía o apagado del controlador, la fuente de energía del controlador lógico programable puede incluir una batería de respaldo.

Figura 6

Fuente de alimentación de 24V



Nota: Modulo de alimentación de 202V - 24V

2. 2. 4. Entradas – salidas

La unidad de entradas, mediante su interfaz, transforma y codifica las señales provenientes de sensores u otros dispositivos de entrada, permitiendo así que la CPU las interprete correctamente. Las entradas vienen en dos variedades:

- Salidas digitales
- Salidas analógicas

Figura 7

Módulo de salida analógica SM 1232



Nota: Módulo para la adquisición de señales

2. 2. 5. Variadores de velocidad

El variador de frecuencia (VFD) es un equipo utilizado para controlar la velocidad de giro de un motor de corriente alterna, modificando la frecuencia de la energía eléctrica que se le suministra.

El variador de frecuencia representa una clase particular dentro de los variadores de velocidad. Estos dispositivos electrónicos permiten regular tanto la velocidad como el torque de motores trifásicos asíncronos, convirtiendo los valores fijos de voltaje y frecuencia provenientes de la red eléctrica en valores variables.

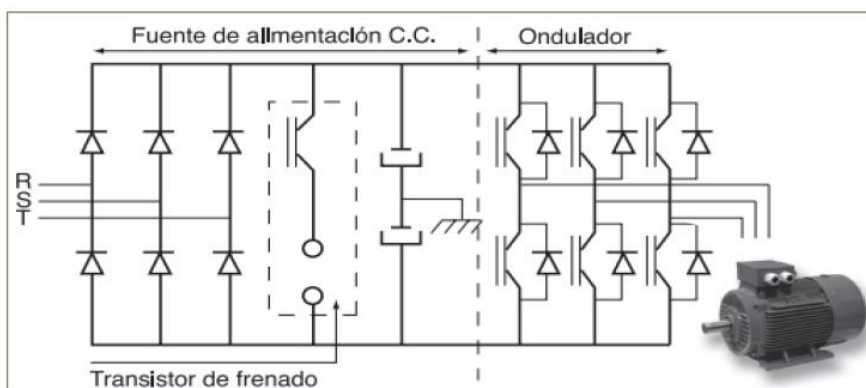
Los variadores de velocidad que convierten la corriente alterna proveniente de la red ya sea monofásica o trifásica emplean seis transistores operando mediante

modulación por ancho de pulsos (PWM), con el fin de producir una salida trifásica con frecuencia y voltaje ajustables. Adicionalmente, incorporan un transistor de frenado, cuya función es desviar hacia una resistencia externa la energía devuelta por el motor durante el proceso de frenado regenerativo.

Seguidamente, se muestra un esquema electrónico representativo del sistema.

Figura 8

Diagrama Electrónico del Variador de Velocidad.

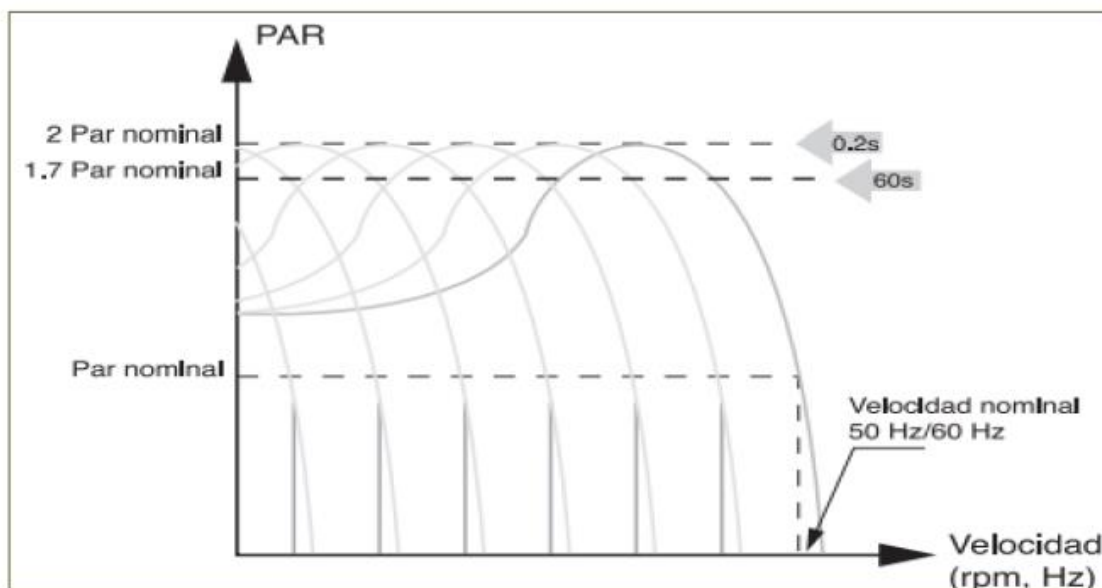


Nota: <http://www.schneider-electric.com.ar>

La activación de los transistores del inversor es gestionada por un microcontrolador que utiliza un algoritmo de control por flujo vectorial, diseñado para optimizar el desempeño del motor en todo su rango de velocidades. Este algoritmo permite regular con precisión el flujo magnético, manteniéndolo constante sin depender de la frecuencia operativa, gracias al seguimiento continuo de las condiciones del motor y variables como voltaje, corriente y frecuencia. Al conservar estable el flujo, se garantiza también la constancia del par generado por el motor.

Figura 9

Grafica Par - Velocidad.



Nota: <http://www.schneider-electric.com.ar>

Según el gráfico, el motor puede funcionar continuamente entre 1 Hz y 50 Hz con su par nominal. Además, puede alcanzar hasta el 200% del par especificado durante un breve período de 0.2 segundos y hasta el 170% del par durante un máximo de 60 segundos.

Figura 10

Variador de frecuencia Sinamics V20



Nota: Regulador de frecuencia

2. 2. 6. Sensores de temperatura

(Del Valle Gutiérrez & Iturralde, 2017) La temperatura, comúnmente relacionada con las sensaciones de calor o frío, puede ser medida utilizando un termómetro. Desde el punto de vista de la física y según el primer principio de la termodinámica, esta magnitud se interpreta como una variable escalar vinculada con la energía interna de un sistema termodinámico. En específico, la temperatura se relaciona con la energía interna del sistema, la cual equivale a la energía cinética asociada al movimiento de sus partículas, ya sea en forma de vibración, rotación o traslación lineal.

A medida que la energía cinética de un sistema se incrementa, este tiende a elevar su temperatura. Los principales factores que condicionan las limitaciones de un sistema de medición térmica incluyen la precisión, la rapidez con la que se registra la temperatura, la distancia entre el sensor y el dispositivo receptor, así como el tipo de instrumento utilizado para la indicación, registro o control según la aplicación.

2. 2. 7. RTD

El sensor RTD (Detector de Temperatura por Resistencia) funciona midiendo los cambios de resistencia eléctrica en un conductor cuando varía su temperatura. Este dispositivo está fabricado con una aleación metálica compuesta por elementos como platino, cobre, níquel y molibdeno. Su principio de operación se basa en que, al aumentar la temperatura, se incrementa la agitación térmica en el metal, lo que provoca una mayor dispersión de electrones, disminuyendo su velocidad media y, como resultado, elevando la resistencia eléctrica. En resumen, tanto la agitación térmica como la resistencia aumentan proporcionalmente con la temperatura.

Figura 11*Sensor De Temperatura Tipo Rtd**Nota: Sensor de temperatura*

2. 2. 8. Termocuplas / termopares

Estos sensores eléctricos, frecuentes en entornos industriales, funcionan uniendo dos conductores metálicos distintos en un punto. Al aplicar calor a esta unión, se produce una pequeña señal de voltaje (medida en milivoltios) que aumenta proporcionalmente a la temperatura.

Están protegidos contra condiciones ambientales adversas.

La integridad de la señal que producen estos sensores puede verse afectada por la longitud del cable.

Es necesario utilizar cables compensados adecuados para garantizar una transmisión estable y sin pérdidas.

TIPOS

Tipo K: (Cromo/Aluminio) se utiliza frecuentemente en una amplia gama de aplicaciones y produce una señal de bajo voltaje, de aproximadamente $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Tipo E: (Cromo/Constantán) carece de características magnéticas y tiene una alta sensibilidad de aproximadamente $68 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, lo que lo hace ideal para temperaturas frías.

Tipo J (Hierro/Constantán) opera solo en el rango de temperatura de -40°C a 750°C .

Nisil/Nicrosil, tipo N. Es útil para aplicaciones con altas exigencias térmicas debido a su estabilidad y resistencia a la oxidación a altas temperaturas, así como a su sensibilidad de aproximadamente $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Tipo B: Diseñado para funcionar a temperaturas superiores a 1800°C .

Tipo R: (Rodio/Platino) Aunque su sensibilidad es baja, cerca de $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, puede operar en condiciones de hasta 1.600°C .

Tipo S: (Rodio/Platino) También con una sensibilidad aproximada de $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, ofrece gran estabilidad, lo que lo convierte en una opción confiable para temperaturas de hasta 1.600°C .

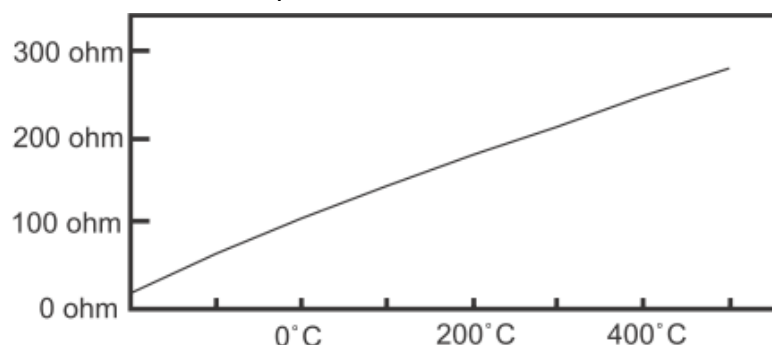
2. 2. 9. Sensor de temperatura

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0°C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde

Figura 12

Curva característica pt 100



Nota: Comportamiento del sensor PT100

Figura 13*Sensor PT100**Nota: Sensor PT100 de 3 hilos*

Transmisor de temperatura en carril PT100

Un transmisor de temperatura en carril DIN para sensor PT100 es un dispositivo electrónico que convierte la señal de un sensor de temperatura tipo PT100 (resistencia de platino) en una señal estándar de salida, como 4-20 mA o 0-10 V, que puede ser fácilmente leída por un sistema de control o automatización (PLC, DCS, etc.). Se monta en un carril DIN, que es un estándar de riel metálico utilizado para fijar dispositivos en tableros eléctricos.

Figura 14*Transmisor de temperatura en carril**Nota: Transmisor entre el sensor de temperatura y el modulo analogico.*

2. 2. 10. Sensor de corriente CA

En un sistema monofásico, es un dispositivo electrónico que mide y transmite señales eléctricas que corresponden a corriente continua (CC) o corriente alterna (CA).

Figura 15

Sensor de corriente



Nota: Sensor de lectura de corriente de 0 a 100Amp

2. 3. Sistemas SCADA

El nombre SCADA viene del término en inglés "Supervisory control and data acquisition" que se refiere al controlador y adquisición de datos a un nivel de supervisión. Estos sistemas automatizan la recopilación y el control de la monitorización de una amplia gama de procesos industriales a través de computadoras y tecnología de la comunicación. Dado que recopilan rápidamente datos de diversas fuentes y permiten presentarlos de una manera comprensible al operador, los sistemas SCADA son un componente vital de los procesos industriales en los casos de fábricas complejas y geográficamente distribuidas. Proporcionan datos precisos en tiempo real para una toma de decisiones operativas adecuada y mejoran significativamente la eficacia de las actividades de vigilancia. Inicialmente, los sistemas SCADA se utilizaban como una plataforma de telemetría básica que transmitía informes regulares sobre el estado de la señal para los puntos lejanos.



En los sistemas iniciales, el operador debía interpretar el estado del proceso y en la ventana de organización tenía un panel de luces, contadores e indicadores. Dado el avance tecnológico, la tarea de control y el monitoreo de datos y comandante se vio, las computadoras tomaron la tarea de recopilar datos, comandar control y enmarcar en pantallas cátodo. TRANSFORMACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO.

Las aplicaciones creadas especialmente para abordar los requisitos únicos de cada proyecto modificaron significativamente las primeras versiones automatizadas de los sistemas SCADA.

Dado que ingenieros de diversas áreas participaron en el diseño de estos sistemas, la concepción del SCADA fue influenciada por las particularidades de cada sector industrial. Los proveedores de software SCADA, con el objetivo de aprovechar desarrollos anteriores en nuevos proyectos, reforzaron esta orientación específica hacia industrias concretas, basándose en su experiencia con ciertos entornos de control. No fue sino hasta que surgieron proyectos con demandas más amplias de funcionalidades y aplicaciones, que los desarrolladores de sistemas SCADA comenzaron a adquirir experiencia en sectores industriales distintos a los habituales.

En la actualidad, los fabricantes de sistemas SCADA desarrollan soluciones orientadas a cubrir las demandas de múltiples sectores, ofreciendo módulos de software específicos para cada industria que incluyen las funciones más comúnmente requeridas. Es frecuente encontrar aplicaciones SCADA comerciales adaptadas a áreas como el procesamiento de papel y celulosa, la industria del



petróleo y gas, centrales hidroeléctricas, gestión de agua, y control de fluidos, entre otras.

Dado que muchos proveedores de SCADA aún mantienen una inclinación hacia ciertos sectores industriales, los clientes suelen confiar en ellos para obtener una solución integral que satisfaga sus requerimientos. Por ello, es común que se priorice la elección de un proveedor capaz de ofrecer un producto estándar que se adapte específicamente a las necesidades del usuario final. En caso de optar por un proveedor con poca experiencia en el sector del comprador, este último deberá estar dispuesto a colaborar activamente en el proceso de desarrollo, aportando el conocimiento técnico específico que el proveedor necesita adquirir para lograr una implementación exitosa del sistema.

En la actualidad, la mayoría de los sistemas SCADA implementados se incorporan como partes críticas del sistema de gestión de la información empresarial en la que se encuentran. Por lo tanto, se utilizan como valiosos recursos de información para la toma de decisiones de la empresa y no solo como herramientas operativas. En este nuevo papel, un sistema SCADA sigue siendo la base de toda la gestión operativa, pero también proporciona datos críticos a los usuarios y a otros sistemas fuera del centro de control que necesitan información actualizada para llevar a cabo sus decisiones financieras diarias. Los proveedores líderes de sistemas SCADA han identificado esta tendencia y la han abordado mediante soluciones eficientes que permiten el intercambio de información sin comprometer la seguridad ni la funcionalidad del sistema.

Por otro lado, diversos escenarios de control, como las redes de distribución de gas y oleoductos, son fusionados mediante arquitecturas modernas en un centro



de monitoreo común. En general, un sistema SCADA también tiene una unidad de respaldo en una ubicación remota y equipos de computadora redundantes que funcionan a la vez para garantizar una tolerancia a fallas adecuada.

Esta configuración permite transferir instantáneamente el control a un sistema de respaldo en línea en caso de que uno de los equipos principales quede fuera de servicio por cualquier motivo, garantizando la continuidad operativa sin interrupciones significativas.

También es posible la consolidación y la representación visual de los datos procesados por el ordenador. Es habitual el uso de gráficos de tendencias para analizar cómo varían los valores analógicos a lo largo del tiempo. Además, recopilar esta información y generar reportes dirigidos tanto a operadores como a la gerencia es una funcionalidad estándar en los sistemas SCADA.

En general, los datos gestionados por un sistema SCADA se dividen en tres categorías principales:

- Valores analógicos, como números reales, que suelen mostrarse mediante gráficos.
- Señales digitales tipo encendido/apagado, a las cuales pueden asociarse alarmas según su estado.
- Datos de pulsos, como el conteo de vueltas de un medidor, que usualmente se registran o acumulan.

El operador interactúa principalmente a través de una pantalla que presenta una representación gráfica de la planta o del equipo. En esta interfaz, los



dispositivos en tiempo real se visualizan mediante iconos o esquemas superpuestos en un fondo estático.

A medida que la información del campo se modifica, los elementos visibles en primer plano se actualizan en consecuencia; por ejemplo, una válvula puede representarse como abierta o cerrada. Los valores analógicos pueden visualizarse tanto en formato numérico como mediante representaciones gráficas, como el nivel de líquido mostrado en el esquema de un tanque. El sistema puede contar con múltiples pantallas de visualización, permitiendo al operador elegir en todo momento aquellas que sean más pertinentes para la supervisión de la operación.

2. 3. 1. Prestaciones, Requisitos y módulos de un SCADA

Un sistema SCADA debe ser capaz de proporcionar ciertas funcionalidades clave, entre ellas la creación de paneles de alarma que requieran la intervención del operador para confirmar eventos como paradas o condiciones anómalas, dejando constancia de cada incidencia registrada.

Debe permitir la creación de registros históricos de las señales del proceso, los cuales pueden exportarse para su análisis en herramientas como hojas de cálculo.

También debe ser capaz de ejecutar programas que permitan ajustar la lógica de control o incluso desactivar o modificar funciones asignadas al autómatas, según condiciones específicas del sistema.

Para realizar operaciones aritméticas de alta precisión directamente en la CPU del sistema, este debe incluir capacidades de programación numérica.



La característica más destacada del sistema SCADA es su funcionalidad. Todas sus propiedades, expresadas a través de las posibilidades de configuración del software, nos permiten hablar de ello. La configuración del software del sistema SCADA permite obtener programas con funciones como la recopilación de datos, el análisis de señales, la visualización de resultados en pantalla o informes que posteriormente pueden imprimirse o almacenarse en disco.

Este sistema posee una considerable capacidad y flexibilidad, ya que permite el uso de todas estas funciones mediante un conjunto de herramientas que incluye zonas de programación diseñadas para trabajar con lenguajes de programación generales, como C, Pascal y Basic, e incluso bibliotecas y herramientas de soporte. Por lo tanto, las configuraciones de software de los sistemas SCADA los hacen universales en su ámbito de aplicación.

Requisitos:

Para que la implementación de un sistema SCADA sea realmente eficiente, se deben cumplir ciertas condiciones esenciales. Una de las más importantes es el diseño abierto: un sistema debería estar en constante crecimiento o pueda modificarse abiertamente para adaptarlo a cualquier cambio en las necesidades del negocio.

En cuanto al manejo diario, debería integrarse sin problemas con sus sistemas de gestión corporativa y redes internas o con cualquier equipo en la planta con el que necesite interactuar; el software debería ser fácil de usar y navegar, no costar una fortuna y funcionar en computadoras de oficina sin demandar tarjetas gráficas de alta tecnología.

2. 3. 2. Módulos en un SCADA

Los siguientes elementos de software se utilizan para llevar a cabo las funciones de adquisición, monitorización y control:

Configuración: Permite al usuario modificar el entorno operativo del sistema SCADA para adaptarlo a los requisitos particulares de la aplicación que se utilizará.

Interfaz gráfico del operador: Brinda al operador las herramientas necesarias para ejercer el control y la supervisión de la planta. El proceso se visualiza mediante diagramas sinópticos gráficos, los cuales se almacenan en el computador de control y pueden ser creados directamente con el editor integrado en el SCADA o importados desde otras aplicaciones durante la fase de configuración. Módulo de proceso: se encarga de llevar a cabo las órdenes de control previamente programadas, basándose en los valores actuales de las variables monitorizadas.

Gestión y almacenamiento de datos: su función es organizar y guardar los datos recolectados, permitiendo que otros sistemas o dispositivos puedan acceder a esta información de manera estructurada.

Comunicaciones: gestiona el intercambio de datos entre la planta y la infraestructura de hardware del sistema SCADA, así como la conexión con los demás componentes informáticos encargados de la gestión empresarial.

2. 3. 3. Conceptos asociados a sistemas SCADA

La MTU - Master Terminal Unit

Funciones

El elemento más destacado en un sistema SCADA es la unidad terminal maestra (MTU), que actúa como el núcleo operativo del sistema. Es desde esta



estación central que el personal encargado puede visualizar la mayor parte de la planta. En algunos casos, la MTU también se conoce como HMI (Interfaz Hombre-Máquina).

Las funciones principales que cumple una MTU dentro de un sistema SCADA incluyen:

Recolección de datos: captura información proveniente de las unidades remotas (RTU).

Trending. Almacena los datos en una base de datos y los presenta a los operadores mediante gráficos.

Procesamiento de Alarmas. Examina la información recibida de las RTU para detectar condiciones anómalas y notificar al personal responsable.

Control. Permite ejecutar acciones en lazo cerrado o mediante intervención directa del operador.

Visualizaciones. Representa gráficamente los equipos y actualiza los datos de campo en tiempo real.

Informes.

Generación de informes: usualmente, los sistemas SCADA disponen de una computadora específica para elaborar reportes, la cual se encuentra conectada al sistema central mediante una red local (LAN) u otro medio de comunicación similar.

Sistema espejo (Mirror): se mantiene una copia idéntica del sistema principal, preparada para tomar el control de forma inmediata en caso de que este falle.

Integración con sistemas externos: se posibilita el envío y recepción de datos desde otras plataformas corporativas, como aquellas dedicadas a la gestión de órdenes de trabajo, compras o mantenimiento de bases de datos.



Gestión de accesos: se establecen mecanismos de control que limitan el acceso a los distintos módulos del sistema, garantizando la seguridad operativa.

Supervisión de la red: se monitorea el estado de la infraestructura de comunicaciones sobre la cual opera el SCADA.

Manejo de base de datos: se permite la incorporación y configuración de nuevos elementos como estaciones, variables, gráficos y parámetros de alarmas, entre otros.

Funciones especializadas: la mayoría de los SCADA incluyen software adicional diseñado para tareas específicas de control o monitoreo dentro de la planta.

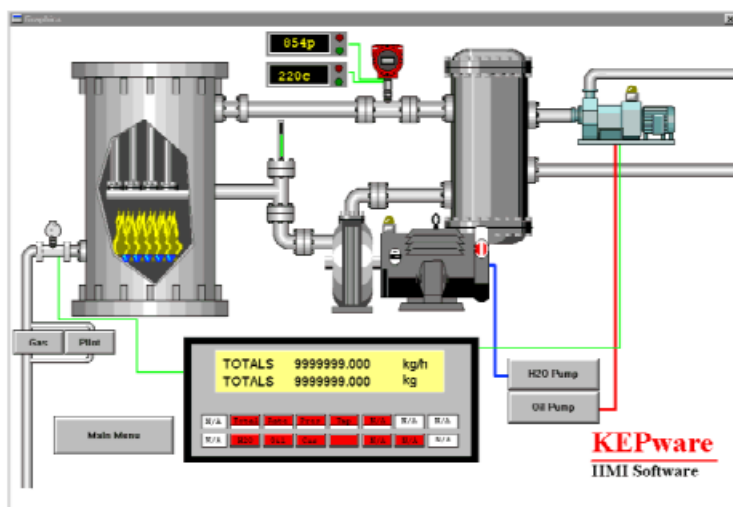
Modelado y sistemas inteligentes: las versiones más avanzadas pueden incorporar herramientas de simulación o sistemas expertos capaces de apoyar en la toma de decisiones complejas.

3.2.2) Hardware y software

La unidad central (MTU) de un sistema SCADA puede ejecutarse sobre diversas plataformas. Históricamente, estos sistemas solían ser altamente especializados y de carácter propietario, y cuando se empleaban sistemas operativos de propósito general, estos eran comúnmente modificados de forma considerable para adaptarse a las necesidades específicas del entorno SCADA.

Esto se debía a que las exigencias funcionales de los sistemas SCADA superaban las capacidades tecnológicas disponibles en ese momento. Por ello, se optaba por desarrollar entornos gráficos personalizados, emplear bases de datos en tiempo real mayormente alojadas en memoria y, en muchos casos, adaptar el hardware específicamente para cumplir con dichos requerimientos.

Figura 16

Plataforma de Software Scada*Nota: Grafico de visualización de un sistema SCADA*

Durante la década de 1970 y los primeros años de los 80, una de las plataformas más utilizadas para implementar sistemas SCADA fue la serie PDP11 de Digital Equipment Corporation, junto con el sistema operativo RSX11M. Más adelante, Unix se convirtió en la opción preferida para este tipo de aplicaciones. Con el incremento del rendimiento de las computadoras personales, las plataformas basadas en procesadores Intel se volvieron ampliamente utilizadas en sistemas SCADA, aunque equipos de alto nivel como las estaciones DEC Alpha y otras siguen empleándose en ciertas aplicaciones. En tiempos más recientes, Windows NT ha ganado gran aceptación dentro del ámbito SCADA; sin embargo, en sistemas de gran envergadura aún prevalecen las estaciones de trabajo Unix, como QNX o Solaris, debido a su mayor velocidad de respuesta.

En la actualidad, el sector industrial muestra una clara tendencia hacia la adopción de estándares abiertos.

Entre los estándares abiertos adoptados por la industria se encuentran tecnologías como ODBC, computadoras basadas en procesadores Intel, sistemas



gráficos estándar y una mayor interoperabilidad con plataformas informáticas convencionales. En los últimos años, han surgido numerosos sistemas SCADA desarrollados sobre plataformas Intel PC, impulsados por el notable incremento en su capacidad y rendimiento. Algunos ejemplos destacados incluyen Citect, FIX de Intellution, KEPware y Wonderware.

Lo cierto es que funciones como el control automatizado, la visualización y el procesamiento de datos pueden ser ejecutadas de manera más eficiente mediante PLCs conectados en red a través de los módulos apropiados, en comparación con sistemas de control exclusivos basados en PC. La mejor opción, sin embargo dependerá de una serie de variables que deberán evaluarse individualmente en función de las necesidades particulares de cada proyecto de automatización.

Una de las principales ventajas de los PLC —la capacidad de ejecutar tareas en tiempo real mediante sistemas operativos especializados— se ha visto reforzada por su continuo desarrollo. Los PLC suelen diseñarse para funcionar en entornos industriales exigentes. Por esta razón, siguen siendo la opción preferida para controlar procesos críticos o de alta exigencia, ya que ofrecen un rendimiento confiable y una estructura simple. En contraste, un PC podría verse sobrecargado al tener que gestionar simultáneamente tareas como visualización, acceso a periféricos o manejo de bases de datos.

En caso de que, además del control de procesos, se requieran funciones como procesamiento de datos, trabajo en red o visualización —como ocurre en aplicaciones SCADA, entonces resulta conveniente considerar una solución basada en PC.



A diferencia de los sistemas operativos utilizados por los PLC, Windows NT no se ajusta estrictamente a la definición de un sistema de tiempo real. Sin embargo, gracias a su arquitectura basada en micronúcleo, puede proporcionar un rendimiento suficientemente flexible para escenarios de tiempo real flexibles o aplicaciones que no requieren tiempos de respuesta críticos.

2. 3. 4. Adquisición de datos

La adquisición de datos es una de las tareas más importantes en un sistema SCADA. La eficacia y el rendimiento de este método están determinados por una serie de características básicas.

El sondeo, los informes de excepciones y las transmisiones iniciadas por RTU son algunas de las técnicas de recopilación de datos utilizadas en SCADA. Dado que las RTU eran dispositivos pasivos en sus primeras iteraciones, el sistema maestro debía recopilar datos mediante sondeo. Con este diseño, toda la comunicación era gestionada por el controlador principal, y una RTU simplemente respondía a preguntas específicas. Como resultado, el maestro contactaba a cada RTU por turnos para solicitar sus datos.

La RTU se encargaba de obtener los datos más recientes desde sus instrumentos incluyendo la conversión de señales analógicas a digitales y luego respondía a la solicitud del sistema maestro. Dado que toda la comunicación era gestionada por el Master, los datos se registraban con la hora en que eran recibidos, la cual frecuentemente no coincidía con el momento exacto en que fueron capturados por la RTU.

Para incrementar la eficiencia en las comunicaciones, se implementaron ciertas modificaciones al esquema original. Por ejemplo, el sistema maestro podía



solicitar únicamente los datos más relevantes de una RTU durante la consulta principal, dejando los datos secundarios para una segunda interrogación realizada con menor frecuencia.

Con la incorporación de RTUs más avanzadas, fue posible que estas unidades monitorearan sus entradas de forma continua e incluso organizaran los datos por intervalos horarios. En este esquema, el sistema maestro consultaba si había novedades; si no se había producido ningún cambio desde la última vez, la RTU respondía sin novedades y el maestro pasaba a la siguiente. Para garantizar que ningún evento relevante pasara desapercibido, el Master realizaba de forma periódica una consulta completa como verificación de integridad del sistema.

En el caso de entradas digitales, resulta evidente cuándo ocurre un cambio de estado. Sin embargo, al aplicar el concepto de informe por excepción a datos analógicos, es necesario establecer un umbral específico generalmente entre el 1 % y el 2 %, de modo que solo se considere relevante y se reporte un cambio cuando ese límite sea superado.

Cuando las variables a vigilar cambian lentamente o rara vez, la entrega de informes de excepciones reduce drásticamente la cantidad de datos. Pero tal táctica significa más tráfico de datos y, por lo tanto, si los parámetros eran muy erráticos o cambiaban rápidamente. En tales situaciones tiene sentido incluir tales criterios en las encuestas periódicas: se permitirá una menor precisión temporal en los registros a cambio de un mejor control sobre el ancho de banda.

El enfoque más sofisticado es permitir que la RTU "comunique datos como excepción" sin que el sistema maestro la consulte previamente. En consecuencia, el canal de comunicación no se utiliza innecesariamente para las encuestas

repetitivas que normalmente no generan información nueva. Al gestionar RTU en un sistema que mantiene este enfoque, permite aumentar la proporción de RTU que un solo sistema puede gestionar con los mismos recursos de comunicación. Puede ser crucial pero seguir en segundo plano la monitorización del estado, ya que hay problemas con variables muy inestables. Si el sistema no captura el estado rápidamente, una RTU seguirá inactiva.

Para poder hacer esto, el protocolo de comunicaciones debe ser capaz de identificar las direcciones de origen y destino. Adicionalmente a esto, es posible que al menos dos RTU intenten transmitir al mismo tiempo y se interfieran en la comunicación. Usualmente, si un SCADA no recibe confirmación en un tiempo predefinido, reintenta enviar de nuevo. En el caso presentado, chocarían nuevamente si las dos RTU, en efecto, tienen el mismo tiempo de reintento. Por eso, las retransmisiones son dispersadas aleatoriamente y en intervalos frecuentes para evitarlo.

Sin embargo, los tiempos dispersos aleatorios pueden no ser suficiente para detener la congestión en circunstancias como un corte de energía; en un caso así, el volumen de tráfico es tan alto que una de las RTU no puede terminar de transmitir, incluso con reintentos dispersos aleatoriamente. Por eso, se propone subir el tiempo de reintento a, por ejemplo, un minuto, después de cinco intentos fallidos.

- Manejo de fallas de comunicaciones

Un requisito vital para los sistemas SCAD es la fiabilidad. Incluso bajo circunstancias difíciles, sus rutas de comunicación funcionan de manera constante. Una débil es la integridad de los datos, que a menudo es necesaria para asegurar la compatibilidad de los datos confiables en su transmisión a través de la red, tal



como lo atestiguan la comprobación de paridad, la suma de verificación polinómica, el código de Hamming, y otros.

Sin embargo, no se basan en éstos solos. Prácticamente, para garantizar una recepción precisa, cada transmisión será apoyada por un archivo de caso. Los sistemas SCAD también incorporan funciones de seguridad en el mecanismo de interrogación que aseguran la monitorización periódica de cada estación remota y su respuesta. Una vez que una RTU no responda, se realizará un número predeterminado de intentos de verificación. Si el problema persiste, dicha RTU ya no formará parte del "servicio". Dado que una interrupción en la comunicación en el tipo escrito del sistema es excepcional, consume una gran cantidad de tiempo de red siempre que se produce. Dado que se sabe que el problema ha sido capturado, se evitan esfuerzos innecesarios.

En los sistemas SCADA, la precisión de la transmisión de datos ha sido tradicionalmente tan importante que la propia aplicación asumió esta tarea. Esto contrasta con los protocolos de comunicación más genéricos, donde esa función recae sobre el propio protocolo. Sin embargo, a medida que se incorporan protocolos más avanzados y los proveedores de SCADA adquieren mayor confianza en ellos, la gestión de errores tiende a delegarse progresivamente al nivel del protocolo de comunicación.

- Los protocolos de comunicación

Se han desarrollado técnicas para la transmisión confiable sobre medios pobres, y es así que muchas compañías alcanzaron una ventaja competitiva respecto de sus competidoras simplemente debido al mérito técnico de sus



protocolos. Estos protocolos por lo tanto tendieron a ser propietarios, y celosamente guardados.

Esto no representaba un problema al instalar el sistema, aunque sí cuando eran requeridas extensiones. Lo obvio y casi absolutamente necesario era acudir de nuevo al proveedor original. No era generalmente factible considerar el uso de un protocolo distinto, pues eran generalmente mutuamente excluyentes. Los progresos recientes han considerado la aparición de un número apreciable de protocolos "abiertos". IEC870/5, DNP3, MMS son algunos de éstos.

Los mejores de estos protocolos son la multicapa completamente "encapsulados", y los sistemas SCADA que utilizan éstos pueden confiar en ellos para garantizar la salida de un mensaje y el arribo a destino. Un número de compañías ofrece los códigos fuente de estos protocolos, y otras ofrecen conjuntos de datos de prueba para testear la implementación del mismo. Por medio de estos progresos está llegando a ser factible, por lo menos a este nivel, considerar la interoperabilidad del equipamiento de diversos fabricantes.

- Trending - Graficación de tendencias

La funcionalidad de trending constituye una característica fundamental en todo sistema SCADA. Esta permite a la computadora sintetizar y mostrar la información que está siendo procesada. Es común representar mediante gráficos la evolución temporal de variables analógicas, y tanto la recopilación como el resumen de estos datos en reportes dirigidos a operadores y directivos forman parte habitual de las capacidades de estos sistemas.

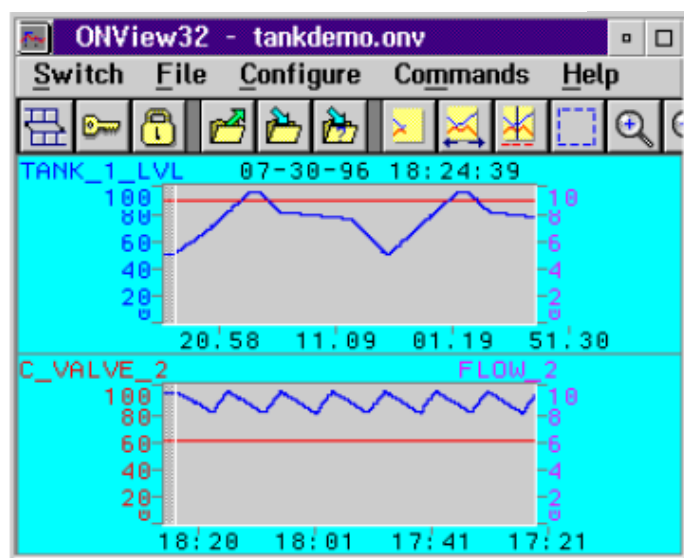
Características

La herramienta de trending ofrece diversas funcionalidades, entre ellas la visualización de diagramas X-Y, la posibilidad de ajustar la escala de los gráficos en tiempo real, y la opción de identificar coordenadas específicas dentro de la tendencia para examinar los valores correspondientes. También permite representar histogramas, mostrar múltiples variables independientes en un mismo gráfico y desplegar información relacionada con estados del sistema.

El sistema de trending generalmente opera generando un archivo individual por cada tendencia, donde se crean espacios específicos para registrar los valores de datos, actualizados con una frecuencia definida (es decir, según una tasa máxima de muestreo). A medida que se capturan los datos desde el campo, estos se almacenan en dichos archivos, quedando disponibles para su análisis posterior. Por lo general, existe un límite en la cantidad de información que puede conservarse, como por ejemplo un máximo de un año de datos.

Figura 17

Diagramas X-Y de visualización



Nota: Visualización de gráficos

- Particularidades del Almacenaje de datos

La implementación de archivos de tendencia estructurados en casillas que se actualizan a intervalos definidos puede presentar complicaciones cuando se emplea la función de reporte por excepción. Debido a la posibilidad de interrupciones en la comunicación, estos problemas se agravan si el sistema utiliza RTU de acceso telefónico. El sistema SCADA debe ser capaz de completar con precisión los archivos de tendencias en estas situaciones. Para garantizar que esta función se ejecute correctamente, es crucial definir cuidadosamente las opciones de tendencias, ya que no todos los sistemas están diseñados para realizar esta operación automáticamente.

En ciertos sistemas, no todas las variables se pueden añadir al módulo de tendencias inmediatamente. Es necesario introducir en el sistema de recopilación de datos una variable no configurada previamente para este fin antes de poder ver su evolución. Después, hay que esperar a que se acumulen suficientes datos para generar un gráfico útil. Al intentar diagnosticar fallos del sistema, este retraso puede ser especialmente molesto.

Qué incluir

Al configurar el registro de tendencias, se suelen utilizar los siguientes criterios.

Las variables en tiempo real, los registros históricos, las señales analógicas y las señales de estado deben tener habilitada la función de tendencias para que puedan representarse a lo largo del tiempo y mediante gráficos comparativos entre diversas variables (por ejemplo, correlacionar las lecturas de presión con el caudal para evaluar el rendimiento de la bomba).



El intervalo de muestreo de cada tendencia debe ser modificable, lo que permite configuraciones que van desde una lectura por minuto hasta una por semana, o cualquier otro valor determinado por los requisitos del sistema.

Debe haber diversas representaciones gráficas disponibles, incluyendo gráficos de barras, histogramas, gráficos X-Y y gráficos Y-T.

Cada pantalla de visualización de tendencias debe permitir configurar al menos cuatro variables independientes para su monitoreo simultáneo.

El sistema deberá permitir, mediante un cursor o línea guía, seleccionar una muestra específica y mostrar su valor asociado.

Se deberá habilitar la opción de ajustar la escala vertical para cada variable, tanto durante la configuración como en la visualización, permitiendo enfoques más detallados (por ejemplo, hacer zoom de un rango general de 0–100 % a un intervalo más específico como 20–50 %).

Será posible modificar el rango temporal mostrado en las gráficas de tendencia, ya sea ampliándolo o reduciéndolo según necesidad.

La configuración del trending, que incluye la asignación de variables y la selección de periodos de visualización, estará disponible a través de menús del sistema.

En casos en los que se presenten demoras en la recuperación de datos de campo ya sea por fallos en la comunicación o por el uso de reportes por excepción el sistema deberá ser capaz de registrar los datos de forma retrospectiva en los archivos de tendencia.

Métodos de adquisición como la interrogación, el reporte por excepción y las transmisiones iniciadas directamente por las RTU.

Evidentemente, los datos no pueden registrarse en los archivos de tendencia con mayor precisión o frecuencia que la que permite su adquisición desde el campo. En un sistema basado en interrogación directa, el almacenamiento de datos depende estrictamente del ritmo de consulta establecido. Sin embargo, actualmente es más común que se empleen técnicas de reporte por excepción, en las cuales los datos solo se transmiten cuando ocurre una variación significativa. En el caso de señales analógicas, este umbral puede definirse como un porcentaje del valor total de escala. Como resultado, es posible que la gráfica muestre una línea constante, aunque haya ocurrido un cambio menor no reportado.

En los sistemas donde las RTU son las que inician la transmisión tras detectar un cambio relevante, el comportamiento es similar al del reporte por excepción. En configuraciones con RTU conectadas por línea telefónica (dial-up), es común que los datos se transmitan solo una vez al día, y que las RTU envíen información únicamente ante una condición de alarma. En estos casos, el sistema debe ser capaz de completar los datos faltantes. Una situación comparable ocurre cuando se interrumpe la comunicación con una RTU conectada vía radio; al restablecerse el enlace, se recibe un conjunto acumulado de datos, que también debe ser registrado adecuadamente.

- **Tiempo real**

La capacidad de operar en tiempo real implica que el sistema informático, al ejecutar programas de procesamiento de datos, debe estar preparado para responder y generar resultados dentro de un intervalo temporal previamente



definido. En este sentido, cuando se habla de un sistema “estrictamente en tiempo real”, se hace referencia a aquel que responde a los eventos externos siempre dentro del límite de tiempo establecido, cumpliendo con ello en el 100 % de los casos.

Asimismo, cuando se hace referencia al concepto de “tiempo real”, se espera que el sistema responda dentro de plazos estrictamente definidos en la totalidad de los casos. No obstante, si existe la posibilidad de que esos tiempos de reacción se vean superados ocasionalmente como ocurre en aplicaciones no críticas, entonces se clasifica como un sistema de “tiempo real suave”.

- **Procesamiento de alarmas**

El procesamiento de alarmas ha estado tradicionalmente vinculado a las funciones de supervisión dentro de las áreas de control de planta. El sistema informático analiza los datos provenientes del campo para determinar si alguna variable ha alcanzado una condición de alarma. En el caso de señales digitales, uno de los estados ya sea 0 o 1 puede definirse como indicativo de alarma. Para variables analógicas, lo habitual es establecer rangos de tolerancia, considerando una condición de alarma cuando los valores se sitúan fuera de esos límites.

Normalmente, las alarmas se organizan en varios niveles de prioridad, reservando los niveles más altos para circunstancias relacionadas con la seguridad. Gracias a esta clasificación, el operador puede concentrarse en una lista filtrada de las alarmas más relevantes o importantes.

- La saturación de alarmas es un problema frecuente en los sistemas SCADA. Una alarma suele desencadenar varias cuando se produce una interrupción importante del proceso. Incluso para variables poco importantes, los

umbrales de alerta suelen ser excesivamente estrictos en la configuración inicial.

- **Características**

Las funciones avanzadas del sistema de alarmas permiten identificar al operador mediante su inicio de sesión y mostrar únicamente aquellas alertas que correspondan a su área de responsabilidad. También es posible suprimir ciertas alarmas, por ejemplo, durante tareas de mantenimiento en la planta. Algunos sistemas más desarrollados ofrecen mecanismos para gestionar la sobrecarga de alarmas, reconociendo patrones de causa y efecto entre eventos.

En los sistemas SCADA que no realizan interrogaciones periódicas a todas las estaciones, y en su lugar dependen de que las RTU inicien la transmisión tras un evento significativo, existe el riesgo de que un fallo en la RTU o en el canal de comunicación impida detectar una condición de error o un cambio importante, haciendo que el evento pase inadvertido. Para mitigar este riesgo, se implementa un "chequeo de salud" en segundo plano, mediante el cual cada RTU es consultada de forma periódica, según un intervalo definido como prudente para asegurar que ninguna condición de alarma pase desapercibida.

2. 3. 5. Comunicaciones y tarjetas de expansión

- **Comunicaciones**

Una de las principales cualidades que distingue a los sistemas SCADA es su capacidad de comunicación. Los sistemas SCADA están diseñados para cubrir amplias áreas geográficas y funcionan con diversos métodos de comunicación, que no siempre son completamente fiables, a diferencia de los sistemas de control

distribuido (DCS), que suelen emplearse en un contexto restringido como una planta o una fábrica. La capacidad del sistema SCADA para proporcionar una transferencia de datos fiable, incluso al emplear medios de comunicación menos fiables, es un componente crucial. Estos sistemas utilizaban enlaces de baja velocidad en sus primeras iteraciones, lo que requería cálculos minuciosos para determinar el volumen de datos previsto y garantizar que la red de comunicación pudiera soportar la carga operativa.

- **Tarjetas de expansión**

Un enfoque viable es utilizar tarjetas de expansión de hardware (como tarjetas de PC adicionales) para gestionar las actividades esenciales, mientras que el software puede gestionar las funciones restantes, ya que el sistema operativo solo puede ofrecer un rendimiento limitado en aplicaciones en tiempo real. Este enfoque es totalmente viable hoy en día y mantiene la compatibilidad con las próximas versiones de sistemas operativos. Estas tarjetas especializadas, equipadas con microcontroladores o DSP (procesadores de señal digital), reducen la carga de trabajo del PC al gestionar tareas en tiempo real que no puede realizar eficazmente por sí solo.

2. 3. 6. La estructura abierta

Actualmente no existe un estándar común que garantice la compatibilidad de los sistemas operativos con extensiones en tiempo real. Una de las principales ventajas de los sistemas basados en PC —su arquitectura abierta— puede, en algunas situaciones, convertirse en una desventaja, ya que, en sentido estricto, los sistemas operativos tradicionales requieren modificaciones significativas para

cumplir estos criterios. Sin embargo, gracias a esta arquitectura abierta, las empresas y los desarrolladores tienen mayor libertad para elegir las mejores herramientas para el análisis, diseño y programación de sistemas SCADA. Sin embargo, esto también implica que cada fabricante ofrece una solución diferente, lo que dificulta la migración o adaptación a futuras versiones del sistema operativo y tiende a reintroducir métodos propietarios.

2. 3. 7. Diferentes sistemas SCADA.

PROVEEDOR: USDATA

Producto: Factory Link 7

Esta plataforma SCADA, diseñada específicamente para ejecutarse en MS Windows 2000 y basada en la arquitectura multicapa DNA, se creó para recopilar datos cruciales sobre las operaciones de la planta.

Utiliza tecnologías comunes basadas en objetos para facilitar la integración de datos externos, lo que reduce los gastos de propiedad y mantenimiento del sistema.

Los usuarios pueden crear aplicaciones rápidamente con la amplia biblioteca de este sistema, que combina funcionalidades predefinidas comunes en entornos de fabricación. La tecnología OPC es una de las soluciones de automatización en tiempo real más abiertas y adaptables, ya que controla la recopilación e intercambio de datos en modo cliente-servidor. Cabe mencionar que Schneider Electric distribuye este producto para su uso con sus controladores automatizados.

PROVEEDOR: Advantech

Producto: Paradym-31



Proporciona un entorno de programación gráfica compatible con MS Windows que permite crear programas de control en tiempo real comparables a los que funcionan con controladores lógicos programables (PLC) tradicionales.

Este software permite construir una solución de automatización completa al utilizarse con el módulo de control ADAM-5510. Su conformidad con la norma IEC 1131-3 facilita la formación y la programación, lo que reduce drásticamente los gastos relacionados. Además, permite a los usuarios crear funciones lógicas personalizadas y generar informes automatizados adaptados a sus necesidades específicas.

PROVEEDOR: AlterSys Inc.

Producto: Virgo 2000

Este software de control modular emula un PLC virtual en una computadora personal y está diseñado para ser confiable y flexible. Se pueden operar múltiples controladores virtuales en una sola computadora, ya que las PC tienen mayor capacidad de procesamiento que los PLC tradicionales. Este sistema utiliza Windows NT para el entorno de desarrollo y la interfaz de usuario, a la vez que aprovecha las ventajas del sistema operativo QNX para las actividades en tiempo real.

Para aplicaciones de control en entornos de misión crítica, ofrece capacidades de tolerancia a fallos. Su arquitectura incorpora componentes de sistemas de control distribuido (DCS), plataformas SCADA para la recopilación y monitorización de datos, y funciones de sistemas PLC.



PROVEEDOR: eMation

Producto: WizFactory

El control discreto y continuo se combinan con tecnologías SCADA e internet en esta solución integral de gestión y automatización de la información. Wizcon para Windows y entornos online, una potente herramienta que permite la canalización de datos históricos y en tiempo real de la planta, es uno de sus elementos esenciales. Además, ofrece funciones completas de SCADA y HMI accesibles desde navegadores web convencionales.

Se conecta con sistemas ERP populares como SAP y es compatible con bases de datos como Access, SQL Server y Oracle. Además, incluye herramientas de visualización que permiten a los usuarios aprovechar las ventajas del entorno web en las intranets corporativas e internet.

PROVEEDOR: Iconics

Producto: Genesis32

Este sistema fue creado desde cero para utilizar las más nuevas tecnologías orientadas a objetos, incluida la arquitectura DNA de Microsoft (versiones 95/98/2000), que incorpora ActiveX, VBA, COM y DCOM. En su núcleo, incorpora la tecnología OPC como base fundamental. Destaca por su alto rendimiento en el desarrollo de aplicaciones de control y automatización que requieren funciones de visualización, supervisión, adquisición de datos, gestión avanzada de alarmas, control estadístico de procesos y calidad (SPC/SQC), generación de reportes y manejo de recetas en procesos por lotes.



Las aplicaciones desarrolladas con este producto se integran fácilmente con otros sistemas de nivel superior, tales como MES (sistemas de ejecución para manufactura) y MRP (planeación de materiales). Asimismo, gracias a OPC, es muy sencillo establecer interfases con aplicaciones de escritorio y de bases de datos, como MS Office, MS SQL, Oracle, MS

PROVEEDOR: Intellution

Producto: Intellution Dynamics

Se trata de una familia de software orientada a la automatización industrial, reconocida como una de las soluciones más potentes del sector. Está compuesta por múltiples módulos de alto rendimiento, diseñados para cubrir funciones como interfaces hombre-máquina (HMI), sistemas SCADA, control de procesos por lotes, emulación de PLCs y aplicaciones basadas en internet.

IFIX es una plataforma diseñada para funciones de interfaz hombre-máquina (MMI) y SCADA, que permite una supervisión detallada del proceso, además de gestionar y almacenar datos operativos. IBatch está orientado al manejo de procesos por lotes, habituales en sectores como el químico, farmacéutico, alimenticio y de bebidas. Por su parte, IWebServer permite utilizar una conexión web para monitorizar operaciones de forma remota.

PROVEEDOR: National Instruments

Producto: LabView

Para ingenieros y científicos, ofrece un entorno de desarrollo gráfico con un enfoque fácilmente accesible y comprensible. Sin necesidad de escribir código de



programación directamente, esta herramienta permite la creación de interfaces de usuario para sistemas de instrumentación virtual.

La definición de funciones se realiza simplemente mediante la creación de diagramas de bloques. El entorno incluye una paleta de controles desde la cual es posible seleccionar elementos como indicadores numéricos, medidores, termómetros, tanques o gráficos, los cuales pueden integrarse fácilmente en cualquier proyecto de control en desarrollo.

Utiliza un enfoque de programación por flujo de datos conocido como lenguaje G, el cual permite trabajar de manera más flexible que los entornos basados en texto tradicional. Según lo indica National Instruments, se trata del único sistema de programación gráfica que incorpora un compilador capaz de producir código optimizado, con velocidades de ejecución similares a las obtenidas mediante el lenguaje C. Los desarrollos realizados con esta herramienta son totalmente compatibles con estándares como VISA, GPIB, VXI y con la especificación VXI Plug & Play. Para simplificar aún más su uso, se incorpora un asistente que detecta automáticamente los instrumentos conectados al equipo, instala los controladores correspondientes y facilita la configuración. Además, el sistema incluye módulos adicionales como WizPLC, que simula en una PC el funcionamiento lógico de un PLC; WizDCS, que replica el comportamiento de un sistema de control distribuido (DCS); y WizReport, orientado a la elaboración de reportes a partir de los datos generados por todas estas aplicaciones.

PROVEEDOR: GE Fanuc

Producto: Cimplicity



Este sistema entrega datos precisos y actualizados en tiempo real sobre los distintos procesos de producción y manufactura dentro de la planta. Integra tecnologías avanzadas como ODBC, OPC, ActiveX, OLE, COM y DCOM. General Electric lo ha adoptado globalmente como estándar corporativo para supervisar iniciativas de mejora continua bajo la metodología Six Sigma. Además, incorpora funcionalidades sofisticadas tanto para interfaces hombre-máquina (MMI) como para sistemas SCADA.

Esta plataforma saca provecho de todas las capacidades cliente-servidor integradas en la tecnología Microsoft Windows. Emplea un enfoque de programación orientado a objetos, con una sintaxis similar a la de Visual Basic Scripting. Permite crear, gestionar y ejecutar procesos por lotes (recetas) conforme a la norma ISA S88.01. A través de esta solución, es posible vincular la información generada en planta con los sistemas corporativos responsables de la toma de decisiones. Asimismo, ofrece herramientas para conectarse a bases de datos relacionales, como Microsoft SQL Server.

Es compatible con bases de datos como Access, SQL Server y Oracle, y permite integrarse con sistemas ERP ampliamente utilizados, como SAP. Además, cuenta con utilidades de visualización que permiten aprovechar las ventajas del entorno web, ya sea a través de internet o de redes internas (intranet).

PROVEEDOR: Iconics

Producto: Genesis32

Desde su concepción, esta herramienta fue diseñada para aprovechar las ventajas de las tecnologías orientadas a objetos más recientes, como la arquitectura DNA de Microsoft en sus versiones 95/98/2000, que incorpora elementos como



VBA, COM, DCOM y ActiveX. En su núcleo se encuentra la tecnología OPC, lo que le permite destacarse por su alto desempeño. Funciona especialmente bien para crear aplicaciones de automatización y control que requieren gestión avanzada de alarmas, recopilación de datos, monitorización, supervisión, control estadístico de procesos y de calidad (SPC/SQC), generación de informes y gestión de recetas en operaciones por lotes.

Los sistemas de gestión de alto nivel, como los sistemas MES (Sistemas de Ejecución de Manufactura) y MRP (Planificación de Recursos Materiales), se pueden conectar fácilmente con las soluciones desarrolladas con esta plataforma. Además, la compatibilidad con OPC facilita enormemente la conexión con programas y bases de datos ofimáticos, como Microsoft Office, Microsoft SQL, Oracle, Access, Excel e incluso plataformas web.

PROVEEDOR: Intellution

Producto: Intellution Dynamics

Esta suite de software es una de las más potentes del mercado y está diseñada para la automatización industrial. Interfaces hombre-máquina (HMI), sistemas SCADA, control de procesos por lotes, emulación de PLC y aplicaciones basadas en internet son solo algunos de sus componentes de alto rendimiento. Entre sus componentes, iFix destaca como una plataforma MMI y SCADA que permite el control a nivel de supervisión, la gestión y el respaldo de datos operativos, y la visualización exhaustiva de procesos. Las operaciones por lotes, habituales en industrias como la química, la farmacéutica, la alimentaria y la de bebidas, se pueden gestionar con iBatch. Por otro lado, IWebServer permite el monitoreo remoto de dichos procesos a través de una conexión a internet.



PROVEEDOR: National Instruments

Producto: LabView

Proporciona un entorno gráfico de desarrollo que resulta intuitivo y accesible para profesionales de ingeniería y ciencias. Esta herramienta permite construir interfaces de usuario orientadas a la instrumentación virtual sin requerir la escritura de código de forma explícita.

La definición de funciones se realiza mediante la construcción de diagramas de bloques. El entorno de trabajo incluye una paleta de controles desde la cual se pueden seleccionar elementos como indicadores numéricos, medidores, termómetros, tanques y gráficos, los cuales pueden incorporarse en los distintos proyectos de control que se estén desarrollando

Utiliza un enfoque de programación por flujo de datos conocido como lenguaje G, el cual permite una mayor flexibilidad frente a los entornos tradicionales basados en texto. Según National Instruments, es el único sistema de programación gráfica que incorpora un compilador capaz de generar código optimizado, alcanzando velocidades de ejecución similares a las del lenguaje C. Las aplicaciones desarrolladas son completamente compatibles con los estándares VISA, GPIB, VXI y con la especificación VXI Plug & Play. Además, incorpora una herramienta asistente que simplifica su uso al detectar de forma automática los dispositivos conectados al equipo, instalar los controladores necesarios y establecer de inmediato la comunicación con el instrumento correspondiente.

Si bien originalmente fue concebido para el diseño de instrumentos virtuales como osciloscopios, generadores de funciones o voltímetros, la disponibilidad de diversas tarjetas de adquisición de datos y la sencillez del entorno gráfico han



permitido que sus versiones más recientes se empleen ampliamente en el desarrollo de aplicaciones orientadas al control de procesos. De forma reciente, National Instruments lanzó LabView 6i, una versión que integra las funcionalidades clásicas del software junto con nuevas herramientas orientadas al entorno web. Entre ellas se destaca LabView Player, un complemento que permite ejecutar aplicaciones a través de internet sin requerir la instalación completa del programa LabView.

Producto: Lookout 4.5

Ofrece soporte para controles ActiveX en entornos industriales, lo que permite a los usuarios integrar fácilmente cualquier componente ActiveX disponible, ya sea desarrollado por National Instruments o por otros proveedores, en sus aplicaciones.

La versión más reciente del software HMI/SCADA funciona como un contenedor ActiveX que facilita la integración y la gestión de objetos, lo que permite un rápido desarrollo de aplicaciones. Se basa en una arquitectura orientada a objetos y presenta un enfoque intuitivo. Su completa integración con funcionalidades web, como la capacidad de generar informes en formato HTML, enviar correos electrónicos automáticamente y exportar procesos a internet para control y monitorización remotos, es una de sus principales características.

PROVEEDOR: Nematron

Producto: HMI/SCADA Paragon

Es una tecnología potente y adaptable que permite crear aplicaciones enfocadas a la visualización completa del operador, como adquisición de datos en



sistemas SCADA, monitoreo de procesos y funcionalidades de interfaz hombre-máquina (MMI).

Todos estos componentes comparten una única base de datos, ya que los módulos de control, así como los módulos HMI y SCADA, cuentan con funciones integradas de detección y corrección de errores. Como resultado, la programación y la resolución de problemas se simplifican enormemente. Para gestionar la adquisición de datos, crear pantallas de operador, configurar entradas y salidas, y dar soporte a otras funciones del sistema, esta base de datos se utiliza de forma unificada. El entorno de programación integra la lógica de escalera, de uso frecuente en automatización, con diagramas de flujo sencillos y útiles. Funciona con estándares abiertos como COM/DCOM, ActiveX y OPC. También cuenta con sofisticadas herramientas de diagnóstico que facilitan las tareas de mantenimiento y la formación del personal técnico.

PROVEEDOR: Opto 22

Producto: FactoryFloor Software

Se trata de un conjunto completo de herramientas de software diseñado para satisfacer todas las necesidades de automatización en entornos industriales. Una de las características más destacadas de esta suite es OptoControl, un entorno de programación gráfica intuitivo que facilita la gestión de funciones de control digitales y analógicas, así como el establecimiento de comunicaciones mediante interfaces serie y redes. OptoDisplay ofrece un conjunto completo de tecnologías, incluyendo compatibilidad multimedia, para implementar interfaces hombre-máquina (HMI). En plataformas Microsoft Windows, OptoServer funciona como servidor de datos interoperable con clientes OPC y DDE. Por último, con interfaz directa a bases de



datos como Microsoft SQL Server y Access, OptoConnect facilita la comunicación bidireccional entre los sistemas de control y de gestión de datos.

PROVEEDOR: Rockwell Automation

Producto: RSView32

Este sistema MMI fue creado para operar en entornos MS Windows 2000 y cuenta con soporte en español. Su propósito es supervisar y controlar procesos y equipos automatizados. Se integra fácilmente con controles de terceros gracias a su total compatibilidad con contenedores OLE para componentes ActiveX. Además, incorpora Visual Basic para Aplicaciones (VBA), que ofrece una amplia gama de opciones de personalización de proyectos.

Este software puede funcionar con diversos dispositivos de hardware gracias a su compatibilidad con la tecnología cliente/servidor OPC. Se complementa con RSView32 WebServer, que permite a los usuarios autorizados acceder a gráficos, variables y alertas a través de un navegador web estándar, y RSView32 Active Display System, que permite la supervisión y el control remotos de proyectos RSView32.

Producto: RSBatch

Al combinar datos de producción y acciones de control con otros módulos de software complementarios, este programa permite la creación de modelos procedimentales para ejecutar secuencias de control de lotes.

Es compatible con la norma internacional ISA S88.01 y puede trabajar con una amplia gama de dispositivos de control de distintos fabricantes, entre ellos los SLC, PLC-5 y ControlLogix de Allen-Bradley. Su diseño de arquitectura abierta



facilita la integración con múltiples sistemas HMI, ERP y MRP. Gracias a sus capacidades para gestionar procesos por lotes, permite reutilizar código, recetas y lógica en procesos que comparten estructuras o procedimientos similares.

PROVEEDOR: Siemens

Producto: HYBEX (Hybrid Expert System)

Es una herramienta de simulación diseñada para aplicar modificaciones virtuales en una planta y analizar sus efectos sin comprometer la seguridad operativa. Está enfocada principalmente en procesos de laminación dentro del sector siderúrgico, y puede emplearse en cualquier fase del ciclo de vida de la instalación, ya sea en nuevos proyectos, procesos de modernización o mejoras operativas.

Producto: WinCC HMI Ver. 5.0

La integración de software en entornos de manufactura requiere del uso de estándares abiertos que permitan una conexión sólida entre la información operativa del piso de planta y los sistemas empresariales. WinCC HMI, un software de 32 bits totalmente compatible con Microsoft Windows NT, incorpora tanto funciones básicas como gráficos, alarmas y gestión de recetas, como herramientas avanzadas, tales como generación de informes, vínculos entre proyectos, diagnóstico de procesos, soporte multilenguaje y sistemas redundantes. Asimismo, amplía sus capacidades mediante la integración con bases de datos, sistemas MES/ERP, entornos web y tecnologías de cliente liviano.

Producto: Web Control Center (webCC)



Facilita la gestión corporativa, así como el control y la monitorización de los procesos de producción, al permitir la visualización unificada de una amplia variedad de información de diversas regiones de la planta en una única interfaz de usuario. Los usuarios pueden acceder simultáneamente a múltiples sistemas de control centralizados, como SiiX-IS, WinCC, Sicalis PMC y Simatic PCS 7, a través de un navegador web basado en Java. Además, permite el envío de correo electrónico en tiempo real y la integración de bases de datos e información multimedia de la red. La idea de una empresa virtual también se materializa al permitir el acceso remoto a datos maestros desde sistemas como SAP.

Producto: SIMATIC WinAC ODK (Open Developer Kit)

Es un programa que ofrece varias interfaces rápidas y abiertas para integrar datos de procesos en tiempo real con otras aplicaciones y ampliar así las posibilidades de WinAC. Estas interfaces, como OPC y ActiveX, permiten a los programas de usuario acceder a la información del proceso de forma asíncrona. Además, permite la ejecución de programas de terceros y código escrito en lenguajes como C, C++, Visual Basic o Java como parte del ciclo de escaneo del entorno WinAC.

Producto: SIMATIC WinAC (Windows Automation Center)

Con esta solución integral, podrá replicar fácilmente el comportamiento de un PLC desde una PC combinando control, HMI, conectividad de red y funcionalidades de procesamiento de datos en una única plataforma. El entorno de desarrollo estándar para PLC Siemens, Simatic Step 7, se utiliza para la configuración, programación y mantenimiento. Mediante herramientas populares como Microsoft Excel, Visual Basic u otros entornos HMI estándar, las capacidades de visualización



y computación proporcionan todas las interfaces necesarias para la monitorización y modificación de procesos.

Producto: SIMATIC PLCSim

Es un software que permite que los programas informáticos creados en Simatic Step 7 funcionen directamente. Esto agiliza la puesta en marcha de los sistemas de automatización, permitiendo pruebas y depuraciones más eficaces antes de migrarlos a los PLC. Además, es compatible con entornos Simatic WinCC, lo que permite la prevalidación de aplicaciones HMI.

Producto: SIMATIC Protool

Es un software que facilita a los operadores el uso de una interfaz hombre-máquina (MMI) para observar y operar equipos. Es compatible con las consolas de operador de la serie SIMATIC y utiliza un entorno de configuración uniforme que permite la transferencia de aplicaciones entre diferentes plataformas de hardware, como Windows CE, Windows 95/98 y NT.

PROVEEDOR: TA-Engineering Products

Producto: Aimax

Este programa, que opera en la plataforma Microsoft Windows, es reconocido por su durabilidad y excelente rendimiento en el campo de las interfaces hombre-máquina (HMI). Gracias a su compatibilidad con una amplia gama de PLC, controladores y dispositivos de E/S, puede recopilar e integrar datos de diversas fuentes. La recopilación de datos, la gestión de alarmas, la creación de gráficos y la administración de archivos históricos son algunas de sus principales funciones.



Al utilizar interfaces convencionales de Microsoft Windows, basadas en la API Win32 y tecnologías de componentes como COM, MFC y OPC, su configuración es sencilla. Además, cuenta con una extensa biblioteca con cientos de símbolos predefinidos, lo que facilita la creación de imágenes dinámicas.

Sigue siendo altamente compatible con los principales fabricantes de PLC, como Siemens, Modicon y Allen-Bradley. Además, integra su propia base de datos relacional, lo que mejora considerablemente el rendimiento y ofrece una excepcional versatilidad en la gestión de la información.

PROVEEDOR: Wonderware

Producto: FactorySuite 2000

Esta colección de programas de software industrial fue creada específicamente para el control y la configuración de la interfaz hombre-máquina (HMI). Entre sus principales elementos se encuentran:

Ingenieros, operadores, supervisores y gerentes pueden acceder a representaciones gráficas de procesos para facilitar la supervisión y la interacción gracias a InTouch, que ofrece una vista única de todos los sistemas de control e información de la planta.

IndustrialSQL Server, una base de datos de alto rendimiento creada específicamente para la operación en tiempo real, se utiliza para almacenar todos los datos generados por las operaciones de la planta. Facilita la integración de los datos operativos con los sistemas de gestión empresarial al combinar la solidez y la adaptabilidad de una base de datos relacional convencional con las características de un entorno en tiempo real.



InControl es una plataforma de control de arquitectura abierta que permite a los usuarios crear, modelar y ejecutar aplicaciones de control de procesos. Con esta herramienta, se pueden implementar soluciones automatizadas utilizando diversos lenguajes textuales y gráficos. Además, es compatible con diversas interfaces para motores, sensores, dispositivos de entrada/salida y otros equipos comunes en entornos industriales.

InTrack: Proporciona a los ingenieros las herramientas necesarias para modelar y supervisar recursos importantes de la planta, como órdenes de producción, materiales, especificaciones de producto, instrucciones de operación, equipos, personal y datos de proceso, con sus correspondientes análisis. Con este enfoque, se pueden implementar aplicaciones cliente/servidor que permiten un control y una optimización eficaces de las operaciones de fabricación.

InBatch: Esta solución de gestión de procesos por lotes crea un historial completo de cada operación y automatiza la ejecución de los procesos. Cumple con la norma ISA S88.01, lo que facilita y agiliza la creación de recetas replicables mediante un modelo de proceso sin necesidad de programación.

Producto: SuiteVoyager 1.0

Este programa es un componente del enfoque ACT recientemente implementado por Wonderware. Bajo este enfoque, la empresa se compromete a ofrecer soluciones que faciliten la integración de los datos generados en tiempo real durante los procesos de manufactura con los sistemas de gestión empresarial de la organización.

SuiteVoyager 1.0 brinda a los usuarios la posibilidad de construir un portal que les permita visualizar información de planta generada por los módulos InTouch,



I/O Servers e IndustrialSQL, utilizando únicamente una conexión a internet y un navegador estándar como Internet Explorer. Además, esta herramienta ofrece acceso en línea a documentos técnicos y de mantenimiento, y es compatible con la tecnología XML, recientemente adoptada en entornos webML.

2. 4. Labview

LabVIEW fue una plataforma creada específicamente para monitorizar, controlar, automatizar y realizar un procesamiento sofisticado de señales analógicas y digitales. Para obtener estas señales, se utilizan buses GPIB (Bus de Interfaz de Propósito General), interfaces de comunicación serie y dispositivos de recopilación de datos.

Es un lenguaje de programación de propósito general, comparable a C o Basic, pero completamente gráfico, lo que facilita su comprensión y uso por parte de los desarrolladores y programadores de aplicaciones SCADA.

Cuenta con bibliotecas integradas para comunicación GPIB y puerto serie, así como para la recopilación, procesamiento, visualización y almacenamiento de datos. También ofrece otras características, como la compatibilidad con otros programas, especialmente aquellos centrados en la computación, como MATLAB.

La programación modular, que facilita la creación de tareas complejas a partir de bloques o subrutinas más simples, es la base de su estructura. La reutilización de estos módulos en otros proyectos hace que la programación sea más eficaz y flexible.

La capacidad de depurar cualquier parte del programa es otra ventaja. Esto permite crear puntos de interrupción, ejecutar el código paso a paso o hasta una parte determinada y ver en tiempo real cómo cambian los valores de las variables



durante la ejecución. Además, cuenta con generadores de señales que permiten crear simulaciones en el entorno de desarrollo.

La idea de LabVIEW

Dado que LabVIEW es un lenguaje completamente gráfico, parece un instrumento físico. Por ello, cualquier módulo creado en este entorno se denomina instrumento virtual o VI.

El Panel Frontal y el Diagrama de Bloques son dos componentes esenciales de LabVIEW. Como interfaz visual del usuario, el Panel Frontal imita con precisión el instrumento utilizado para recopilar los datos, lo que permite la monitorización en tiempo real del estado del sistema y los valores de las señales observadas. Por otro lado, el Diagrama de Bloques, que se asemeja a un esquema eléctrico del instrumento, muestra la conexión lógica entre los controles y las variables.

El énfasis en la descomposición modular en LabVIEW, que permite convertir cualquier VI generado en un submódulo reutilizable dentro de otro VI, es una de sus características más destacadas. Esta característica es similar al uso de funciones o procedimientos en lenguajes de programación estructurada.

Dado que permite a los fabricantes de tarjetas o instrumentos de adquisición de datos proporcionar controladores con formato VI que se integran directamente en su entorno, LabVIEW se considera un sistema abierto. Los sub-VI, que funcionan de forma similar a los VI nativos y solo difieren en el lenguaje en el que se crearon, también pueden desarrollarse en lenguajes como C o C++. Estos sub-VI son especialmente útiles para realizar cálculos numéricos complejos que no son compatibles con las bibliotecas habituales de LabVIEW.

2. 4. 1. Motores de inducción trifásicos

(Rockwell Automation, 2010) El motor eléctrico más comúnmente utilizado en el ámbito industrial es el motor de inducción trifásico, también conocido como motor asíncrono. Esta afirmación cobra especial relevancia cuando se hace referencia al modelo con rotor en jaula de ardilla.

- Principios operativos

Un motor de inducción trifásico está compuesto por un estator fijo, un devanado trifásico alimentado por una red trifásica y un rotor giratorio. No existe una conexión eléctrica directa entre el estator y el rotor; en su lugar, el estator genera corrientes inducidas en el rotor a través del entrehierro. Tanto el estator como el rotor están contruidos con láminas de un material con alta permeabilidad magnética, lo cual permite minimizar las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas de Foucault.

- Estator

El devanado del estator está constituido por tres bobinas independientes, dispuestas de forma superpuesta y separadas entre sí por un ángulo eléctrico de 120° . Al ser alimentado con corriente, el estator se magnetiza inicialmente, generando un campo magnético giratorio que se desplaza a la velocidad sincrónica.

- El rotor

En los motores de inducción con rotor tipo jaula de ardilla, el rotor se compone de un núcleo cilíndrico ranurado formado por láminas. En estas ranuras se insertan barras de aluminio, las cuales están conectadas en sus extremos mediante anillos conductores, formando así una estructura de jaula cerrada.

El En los motores de inducción trifásicos, el rotor suele ser referido simplemente como "rotor". Este término proviene del diseño similar a un ancla que presentaban los primeros dispositivos eléctricos. Mientras que en otros equipos eléctricos el campo magnético induce corriente en el devanado del rotor, en los motores trifásicos es el rotor quien cumple esta función mediante la interacción con el campo giratorio del estator.

Figura 18

Motor trifásico de jaula de ardilla



Nota: Motor Eléctrico trifásico

2. 4. 2. Protección de motores

- Tipos de fallas

Tanto en la etapa de arranque como durante el funcionamiento, el motor puede enfrentar diversas dificultades, ya sea porque el par de carga supera al par que el motor puede generar o debido a un suministro de voltaje fuera del rango adecuado. En el entorno industrial, la amplia gama de motores con distintas especificaciones hace imprescindible una correcta selección de los dispositivos de protección.



Pueden presentarse dos tipos de fallas en un motor:

1. Fallas mecánicas
2. Fallas eléctricas

2. 4. 3. Fallas mecánicas

Este tipo de averías puede generar daños tan severos como los causados por fallas eléctricas. Un ejemplo común son los cojinetes o rodamientos ubicados en los ejes del motor, los cuales representan una de las principales causas de fallas mecánicas. Con el paso del tiempo, estos elementos pierden sus propiedades funcionales, lo que incrementa el contra-par ejercido sobre el motor y afecta su rendimiento.

Asimismo, cuando el par de carga supera el valor nominal del motor, puede generarse un desbalance en el eje que se manifiesta en vibraciones mecánicas, capaces de causar daños permanentes al equipo. Esta condición reduce la velocidad de operación, ya que parte de la energía se disipa en los cojinetes o rodamientos, provocando un aumento significativo de la temperatura.

2. 4. 4. Fallas eléctricas

Entre los problemas más frecuentes que pueden presentarse en un motor se encuentran:

- a. Deterioro del aislamiento en los devanados tanto del estator como del rotor.
- b. Sobrecarga en el sistema
- c. Caídas o interrupciones en el suministro de voltaje.



- d. Inversión en el orden de las fases.
- e. Desequilibrio entre fases.
- f. Ausencia de una fase.
- g. Pérdida de la excitación en motores síncronos.

Hoy en día, la electrónica desempeña un papel esencial en el diseño de sistemas de protección eléctrica, ya que permite reducir costos, disminuir el tamaño de los dispositivos y aumentar significativamente su fiabilidad.

2. 4. 5. Tipos de protecciones

Hay una amplia variedad de dispositivos de protección, los cuales se distinguen principalmente por su principio de operación y el tiempo que tardan en actuar. La elección del tipo adecuado dependerá del uso específico que se le dará. Por ello, es necesario establecer una clasificación de los sistemas de protección disponibles para motores eléctricos basados en relés, la cual puede agruparse esencialmente en tres categorías:

1.- Protecciones térmicas:

Exceso de carga

Rotor inmovilizado

2.- Protecciones ante fallas:

Cortocircuito entre fases

Contacto a tierra

3.- Condiciones de operación anormal:



Tensión insuficiente

Descompensación en los niveles de voltaje

- Alteración en el orden de fases
- Ausencia de excitación
- Arranques sucesivos

La aplicación de cada sistema de protección varía según el tipo de motor que se emplee, razón por la cual se han establecido esquemas específicos de protección divididos en tres grupos:

- a. Dispositivos protectores para motores de baja potencia.
- b. Sistemas de protección para motores de alta potencia.
- c. Protecciones complementarias destinadas a motores síncronos.

Protecciones para motores menores de baja capacidad.

Para motores de menor capacidad, se sugiere implementar las siguientes medidas de protección:

- a. Protección térmica contra sobrecargas.
- b. Protección ante bloqueo del rotor.
- c. Detección de interrupción de fases.
- d. Resguardo frente a condiciones operativas anómalas.

Es importante señalar que los arranques frecuentes generan un incremento considerable de temperatura en el estator, lo que puede deteriorar el aislamiento.

Asimismo, las interrupciones breves en el suministro eléctrico ocasionan esfuerzos mecánicos y daños en el eje, reduciendo significativamente la vida útil del motor.

2. 4. 5. 1. Contra falla de fase

Es posible utilizar relevadores de sobrecorriente instantáneos y no direccionales para este tipo de error. En términos generales, estos errores ofrecen una corriente más alta que un rotor bloqueado.

Un componente extremadamente importante de una red eléctrica es el motor, que se puede utilizar con un tipo de relevador instantáneo que no indica un problema de coordinación.

La contribución del motor al circuito es bastante pequeña y disminuye rápidamente en un número de ciclos, ya que se pueden aplicar relevantes sin dirección. Los TCs que suministran energía a estos relevadores deben ser elegidos de manera que la corriente máxima del motor secundario oscile entre 4 y 5 A. Los relevadores instantáneos de fase deben ajustarse por encima de la corriente simétrica bloqueada del rotor y por debajo de la corriente mínima de caída.

2. 4. 5. 2. Sobrecorriente instantánea de fase

El objetivo de esta protección es identificar las condiciones de fallo sin ninguna demora. Los siguientes puntos son la consecuencia de esta rápida interrupción del fallo:

- Limita el número de lesiones en el punto de fallo
- la longitud de la variación de tensión que acompaña al fallo
- probabilidad de que el fallo pueda prolongar la presencia de fuego, daño o explosión.



Esta protección se logrará mediante el uso de relevadores de fase instantánea de sobrecorriente.

2. 4. 5. 3. Sobrecorriente de fase con retardo de tiempo.

El objetivo de esta protección es identificar:

- Las caídas para acelerar a una velocidad nominal en un intervalo de arranque regular.
- Condiciones de reposo del motor
- Condiciones de caída de baja magnitud

Se puede utilizar para identificar errores de aceleración o variaciones de velocidad durante el arranque, o cuando el motor experimenta condiciones de frenado repentino. Para prevenir este tipo de errores, se utilizan relevadores con retardo de tiempo.

2. 4. 5. 4. Sobrecarga

motores de trabajo continuo con menos de 1 caballo de fuerza. En este caso, se aplica un factor no superior al 125% de la carga total a los motores con un factor de servicio no inferior a 1.15 y elevaciones de temperatura de no más de 40 °C.

Para todos los demás motores, se aplica un factor no mayor al 115% del par completo. Si los valores mencionados anteriormente son insuficientes para arrancar el motor o mover su carga, es aceptable utilizar los valores inmediatamente superiores sin exceder los límites siguientes.

El factor es del 140% de la corriente de carga completa para motores con un factor de servicio de al menos 1.15 y aumentos de temperatura de no más de 40 °C, y del 130% para los demás motores.

Motores para servicio intermitente. Si los dispositivos de protección contra cortocircuitos no coinciden con los valores mencionados anteriormente, estos motores se consideran protegidos contra sobrecargas. La protección contra sobrecargas debe tener un ajuste temporal adecuado para permitir que fluya la corriente de arranque del motor, mientras que aún permite que funcione en caso de que se alcance el tiempo máximo permitido de atascamiento del rotor.

Los ajustes máximos que se pueden realizar en los dispositivos anti-sobre carga se muestran en la siguiente tabla, que también muestra el porcentaje de ajuste que ocurre cuando el par del motor está completamente cargado.

Tabla 2

Porcentaje máximo de ajuste para protección contra sobre

Sobrecarga en motoras	
Consideraciones	Máximo ajuste (%)
Si $FS \geq 1,15$ ó $T \leq 40$ °C	140
Todos los demás	130

Donde

FS.: Factor de servicio.

T: Elevación de temperatura en °C

- **Curvas de arranque**

Las curvas de tiempo-corriente de los motores están compuestas por los siguientes componentes: (Anuar, 2012)

Carga plena corriente. Es el valor de la corriente que el motor requiere bajo condiciones de tensión, potencia y frecuencia nominales. Esta información

generalmente se encuentra anotada en la placa del motor. En caso de que se desconozca, se pueden utilizar datos típicos proporcionados por los fabricantes.

En caso de que no se conozca, se pueden utilizar datos típicos proporcionados por los fabricantes.

La corriente de magnetización. Es el valor de la corriente que fluye a través de los devanados del motor cuando se enciende por primera vez. El valor de la corriente de bloqueo del rotor para motores de baja tensión es aproximadamente 1.76 veces para motores de media y alta tensión, y 1.5 veces para motores de baja tensión, con una duración de 0.1 s.

El tiempo de aceleración. Es el período de transición entre la carga completa del motor y la corriente de arranque. Depende de la capacidad nominal del motor, la inercia de la carga y el par de arranque.

Bloqueo del rotor corriente: esta es la corriente del motor a velocidad cero. Si su valor es desconocido, se puede determinar utilizando el código NEMA.

Tiempo máximo de atascamiento permitido: el tiempo de atascamiento del rotor, que está representado por un punto en la curva de calentamiento definida por i^2t en la corriente bloqueada del rotor. Este valor suele ser proporcionado por el fabricante del motor.

- Qué son las curvas de motor

De manera sencilla, las curvas de motor ilustran cómo se relaciona la corriente que fluye por un circuito con el tiempo que necesita el dispositivo de protección para activarse. Cada tipo de curva posee características particulares que la hacen distinta de las otras.

Seleccionar la curva de protección adecuada para un motor es fundamental para asegurar su correcto desempeño y evitar posibles daños. Si se elige una curva demasiado sensible, el interruptor podría activarse con frecuencia innecesaria, interrumpiendo el funcionamiento normal del motor. En cambio, una curva demasiado poco sensible podría no reaccionar a tiempo ante una sobrecarga, exponiendo al motor a fallas severas.

- Tipos de Curvas de Motor

Las curvas de protección para motores están normalizadas y se agrupan conforme a las normativas UNE-EN 60898 y UNE-EN 60947. Cada tipo de curva se define por el valor de corriente al que el interruptor automático se dispara en un tiempo específico, usualmente alrededor de 0,1 segundos.

Curva A: Opera en un rango de entre 2 y 3 veces la corriente nominal ($2I_n$ a $3I_n$), lo que implica que el interruptor se activará en aproximadamente 0,1 segundos si la corriente supera ese umbral. Esta curva está destinada principalmente a la protección de componentes electrónicos como semiconductores, aunque su uso en instalaciones eléctricas convencionales es poco común.

Curva B: Dispara cuando la corriente alcanza entre 3 y 5 veces la corriente nominal (o entre $3,2I_n$ y $4,8I_n$, según la normativa). Se utiliza principalmente para la protección de generadores y conductores de gran longitud. Debido a su baja tolerancia a picos de corriente, no es adecuada para motores que demandan un alto par de arranque.

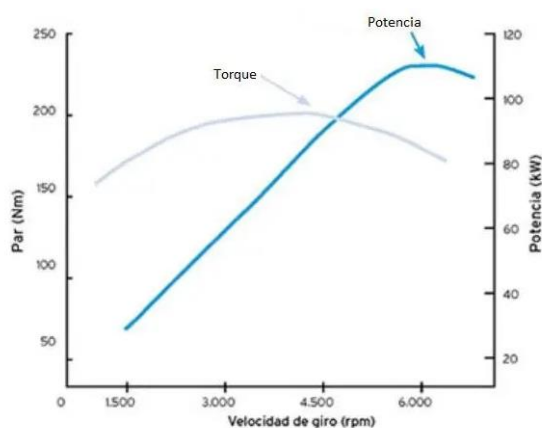
Curva C: Actúa cuando la corriente alcanza entre 5 y 10 veces la corriente nominal (según la norma, entre $7I_n$ y $10I_n$). Es la más común en instalaciones tanto residenciales como industriales. Esta curva es adecuada para proteger sistemas de

iluminación, enchufes y usos generales, ya que tolera determinados picos de corriente sin dispararse de forma inmediata.

Curva D: Presenta un umbral de disparo entre 10 y 14 veces la corriente nominal. Está diseñada para la protección de motores y transformadores que generan picos elevados durante el arranque. Gracias a su alta tolerancia a las sobrecorrientes, permite que el motor se inicie correctamente sin que se dispare el interruptor de manera prematura.

Figura 19

Curva de daño y energización de un motor



Nota: Curvas de protección del motor

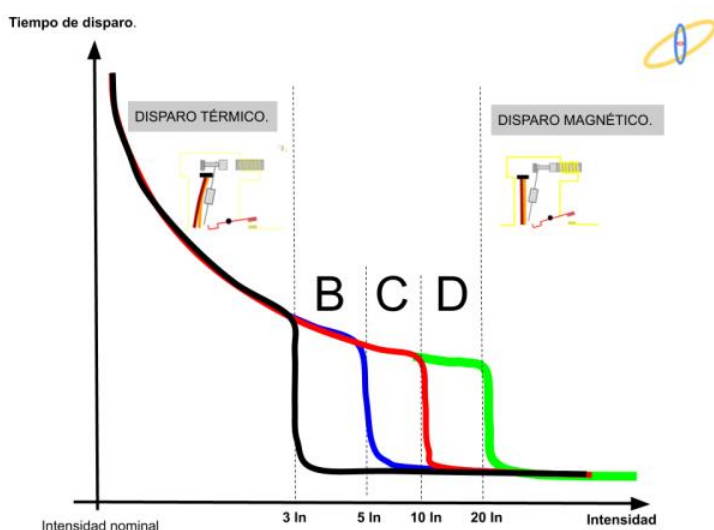
Curva K: Al igual que la curva D, tiene un rango de disparo entre 10 y 14 veces la corriente nominal y está destinada a la protección de motores. Aunque ofrece características similares, su uso es menos frecuente y suele considerarse una alternativa a la curva D en aplicaciones específicas.

Curva Z: Dispara cuando la corriente alcanza entre 2,4 y 3,6 veces la corriente nominal. Está especialmente diseñada para proteger equipos electrónicos sensibles. Debido a su alta sensibilidad, es más estricta que la curva B, lo que la hace ideal para salvaguardar dispositivos que operan con corrientes bajas y no toleran sobrecargas.

Curva MA: Presenta un rango de disparo entre 12 y 14 veces la corriente nominal y se emplea principalmente para proteger el arranque de motores. Sin embargo, esta curva no proporciona protección contra sobrecargas, por lo que es imprescindible complementarla con un sistema de protección adicional que se encargue de detectar y actuar ante ese tipo de fallas.

Figura 20

Curva de protección de un motor



Nota: <https://automatismoindustrial.com/curso-electricidad-basica-industrial/protecciones/>

2. 4. 6. Definición de Términos

1. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition):

Sistema utilizado para la supervisión, control y adquisición de datos en tiempo real de procesos industriales. Permite monitorear variables y actuar sobre ellas desde una interfaz centralizada.

2. Motor Eléctrico Trifásico:

Máquina eléctrica que convierte energía eléctrica en energía mecánica, alimentada por un sistema de corriente alterna trifásica. Son comunes en entornos industriales por su eficiencia y robustez.



3. Protección de Motores:

Conjunto de dispositivos y estrategias destinadas a evitar daños en un motor eléctrico por sobrecorrientes, sobretensiones, sobrecalentamiento, fallas de fase, entre otros factores.

4. Adquisición de Datos:

Proceso de recolección y digitalización de señales analógicas o digitales provenientes de sensores o dispositivos de campo, para su análisis o visualización en un sistema central.

5. PLC (Controlador Lógico Programable):

Dispositivo electrónico que se utiliza para automatizar procesos industriales, programable por el usuario y capaz de recibir señales, procesarlas y enviar respuestas de control.

6. Sensor de Temperatura

Dispositivo que detecta y mide el nivel de calor o frío en un entorno o sistema. Convierte la temperatura en una señal eléctrica que puede ser interpretada por un sistema de control o monitoreo. Existen distintos tipos, como termistores, termopares y sensores de resistencia (RTD), cada uno con aplicaciones específicas según la precisión, rango de medición y condiciones del entorno.

7. HMI (Interfaz Hombre-Máquina):

Interfaz gráfica que permite la interacción entre el operador humano y el sistema de control, facilitando la visualización y manipulación de los parámetros del proceso.



8. Relé de Protección:

Dispositivo que detecta condiciones anormales en un sistema eléctrico y ordena la apertura del circuito para proteger el equipo.

9. Red Industrial (Modbus, Profibus, Ethernet/IP, etc.):

Protocolos de comunicación utilizados para transmitir datos entre dispositivos industriales como PLCs, sensores, actuadores y sistemas SCADA.

10. Sistema de Supervisión:

Subsistema que permite monitorear el estado operativo de un proceso o dispositivo, proporcionando alarmas o registros cuando se detectan condiciones fuera de lo normal.



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. 1. Método de investigación

El método utilizado en esta investigación es cuantitativo-experimental, ya que se basa en la recolección y análisis de datos medibles obtenidos a partir de pruebas realizadas con el sistema implementado. Este método permite establecer relaciones causa-efecto al analizar el comportamiento de los motores eléctricos trifásicos bajo condiciones controladas, antes y después de implementar el sistema SCADA.

3. 2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, dado que busca solucionar un problema práctico mediante el diseño e implementación de un sistema que permite monitorear y proteger motores eléctricos. Además, es de tipo tecnológica-descriptiva, ya que describe las características del sistema y evalúa su funcionamiento en un entorno real. (Espinoza, 2014)

3. 3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de tipo preexperimental, con enfoque transversal, ya que se lleva a cabo una sola intervención (implementación del sistema SCADA) y se analizan los resultados obtenidos en un único período de tiempo. El estudio no contempla grupos de control ni aleatorización, pero sí una

comparación entre el estado del sistema antes y después de la implementación.
(Arias, 2012)

3. 4. Ámbito de la investigación

El ámbito de esta investigación es tecnológico e industrial, específicamente en el área de automatización y control de motores eléctricos. La investigación se lleva a cabo en un entorno real donde se operan motores trifásicos, como puede ser una planta industrial, un taller eléctrico o un laboratorio de ingeniería.

3. 5. Población y muestra

La población está constituida por los sistemas eléctricos trifásicos en los que se requiere supervisión y protección de motores.

La muestra corresponde al sistema propuesto utilizando un motor eléctrico trifásico seleccionado, donde se realiza la implementación y pruebas del sistema SCADA.

3. 6. Técnicas e instrumentos de recogida de información

Tabla 3

Técnicas e instrumentos

1. TÉCNICAS		2. INSTRUMENTOS	3. VALIDACIÓN
Observación:	Realizar	Ficha de observación	Por asesor
observaciones directas en la			especialista
Implementación de un sistema de			
supervisión, control y adquisición de			
datos para la protección de motores			
eléctricos trifásicos para evaluar las			
condiciones en las que operan.			
Medición:	Mediciones de		
temperatura.		Instrumentos sensores	
		de temperatura.	

Nota: Elaboración propia



3. 7. Recogida de datos

Para recopilar datos para este estudio, se implementó y puso en marcha el sistema SCADA planificado con el objetivo de monitorizar en tiempo real las características de funcionamiento de motores eléctricos trifásicos. Para medir las características eléctricas y térmicas básicas para la protección de los motores, se instalaron sensores de temperatura en los motores seleccionados como parte del proceso.

Para recopilar los datos, se utilizó un sistema de control basado en un PLC (Controlador Lógico Programable) y módulos de adquisición, conectados a los sensores e integrados en el software SCADA mediante una red de comunicación Ethernet industrial. Esta tecnología posibilitó la visualización de variables en tiempo real y la generación de alertas en caso de anomalías.

Las pruebas, que simulaban diversas circunstancias y problemas de funcionamiento continuo, incluyendo sobrecarga térmica, se llevaron a cabo en un entorno controlado. Se utilizaron capturas de pantalla del sistema SCADA para documentar cuidadosamente cada escenario.

Además, para evaluar la reactividad del sistema ante circunstancias inusuales, se realizaron sesiones de observación directa durante su funcionamiento. Para facilitar el estudio técnico y la comparación con el estado del sistema previo a la implementación, todos los datos recopilados se ordenaron cronológicamente y se clasificaron por tipo de evento (funcionamiento normal, alerta o avería).

Este procedimiento metódico garantizó la autenticidad de la información recopilada, ofreciendo datos precisos y fiables sobre el comportamiento del motor antes, durante y después de la intervención tecnológica.



CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADO Y DISCUSION

4. 1. Presentación

El objetivo de este proyecto es desarrollar e implementar un sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) que proteja los motores eléctricos trifásicos industriales. La creación de esta solución tecnológica satisface la necesidad de aumentar la eficiencia operativa, evitar fallos imprevistos y prolongar la vida útil de los equipos, aspectos esenciales para numerosos procesos de fabricación.

Mediante sensores industriales conectados a un PLC, el sistema propuesto permite la monitorización en tiempo real de datos eléctricos y térmicos vitales, como la corriente y la temperatura del motor. Los datos se registran, visualizan y analizan mediante software SCADA para generar alertas tempranas ante condiciones anómalas como sobrecarga y sobrecalentamiento. Esto facilita la toma de decisiones rápida del personal técnico, lo que reduce el tiempo de inactividad y el coste de las reparaciones correctivas.

Figura 21

Módulo de pruebas



Nota: Elaboración propia

La implementación se llevó a cabo en un entorno real, seleccionando motores eléctricos representativos de la industria local. Durante el proceso se diseñó el sistema de control, se integraron los componentes electrónicos y de comunicación, y se configuró la plataforma SCADA para su funcionamiento óptimo.

El desarrollo del sistema SCADA para la protección de motores eléctricos trifásicos se realiza con la intención de poder controlar la corriente en los motores

eléctricos, para evitar la sobre carga que ocurre por no controlar la alimentación de minerales en los molinos de minerales.

Seleccionar los sensores de corriente y temperatura adecuados para los motores eléctricos

Criterios para Seleccionar Sensores de Temperatura y Corriente para Motores Eléctricos (1 HP)

1. Datos Básicos del Motor

Tipo: Motor trifásico (asíncrono)

Potencia: 1 HP $\approx$ 0.75 kW

Tensión: 220V o 380V (según configuración estrella/triángulo)

Corriente nominal estimada: entre 2 A y 4 A (aproximadamente)

Selección Sensor de Corriente Trifásico: Medir el consumo de corriente en cada fase. Tipo recomendado: Transformador de corriente (CT) sensor Hall efecto.

Características a considerar:

Tabla 4

Parámetros de corriente

Parámetro	Recomendación
Rango de corriente	0 – 10 A (para 1 HP, con margen de seguridad)
Tipo de señal de salida	4–20 mA, 0–5 V, 0–10 V
Aislación galvánica	Recomendable para proteger el SCADA/PLC
Frecuencia	50/60 Hz
Compatibilidad	Con entrada analógica del PLC

Nota: Elaboración propia

Selección del sensor de temperatura: Detectar sobrecalentamientos en la carcasa del motor o en los bobinados

Tipo recomendado: RTD PT100

Características a considerar:

Tabla 5

Parámetro de sensor de temperatura

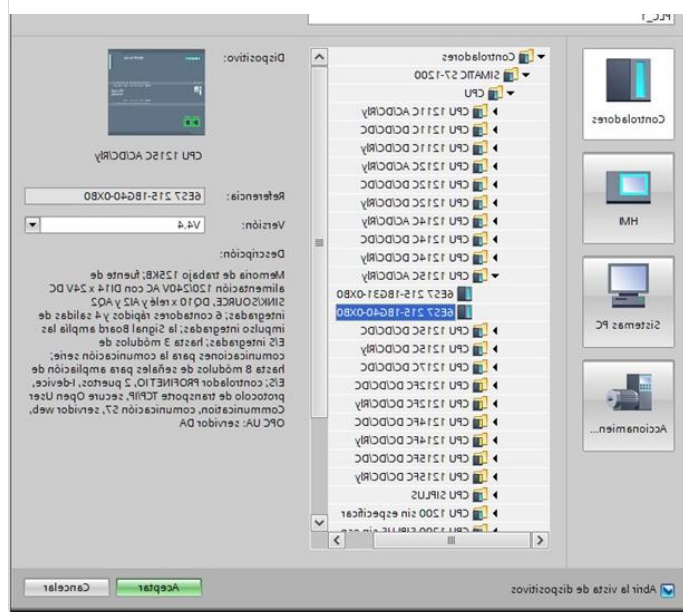
Parámetro	Recomendación
Tipo de RTD	PT100 (resistencia de 100 Ω a 0 °C)
Rango de temperatura	-50 °C a 250 °C (apto para motores eléctricos)
Precisión	Clase A o B según IEC 60751
Encapsulado	Tipo sonda roscada o de superficie con carcasa IP67 (industrial)
Tipo de salida	Señal de resistencia (conversión mediante módulo de acondicionamiento o transmisor 4–20 mA)

Nota: Elaboración propia

4. 1. 1. Programación de PLC S7 1200 CPU 1215

Figura 22

Selección de controlador s7 1200 CPU 1215.

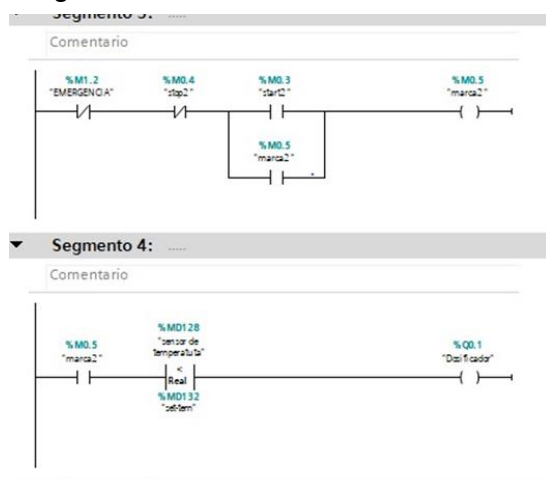


Nota: Selección de controlador en tía Portal.

Se realiza la programación en ladder, mediante señales digitales booleanos como son las marcas, la marca es con el fin de utilizar sistemas digitales para controlar el proceso. También se realiza la declaración de variables digitales nombrándoles para poder reconocer.

Figura 23

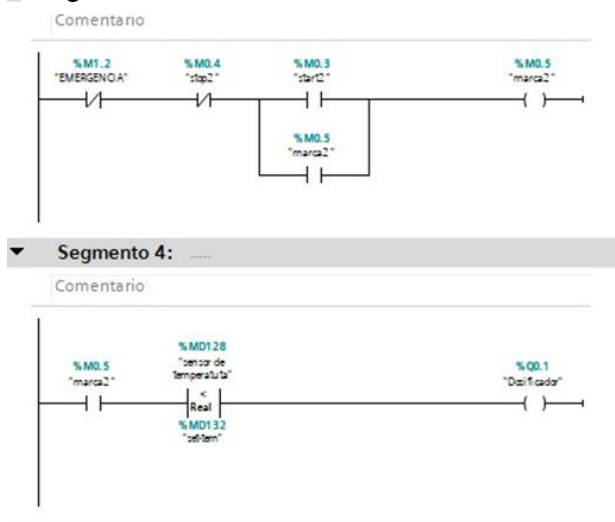
Programación de control de motor de molino



Nota: Programación de controlador en tía Portal.

Figura 24

▼ *Programación del alimentador.*



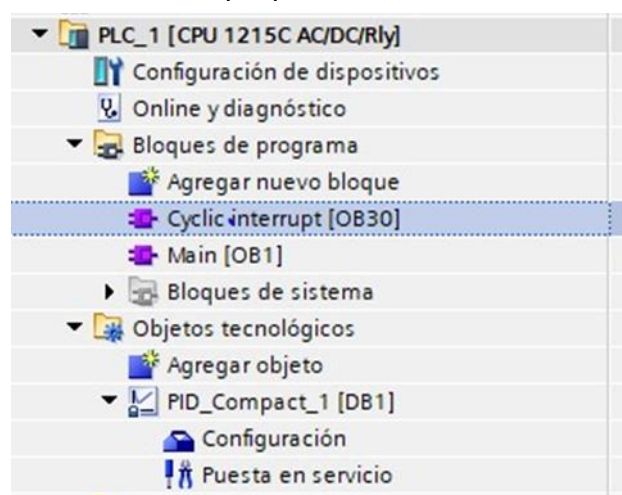
Nota: Programación de controlador en tía Portal.

4. 1. 2. Control PID en TIA Portal

Para realizar el control PID se utiliza la creación de un bloque cyclic interrupt para que se pueda añadir el bloque PID Compact en donde se tiene la parte de configuración y la puesta en marcha del controlador PID.

Figura 25

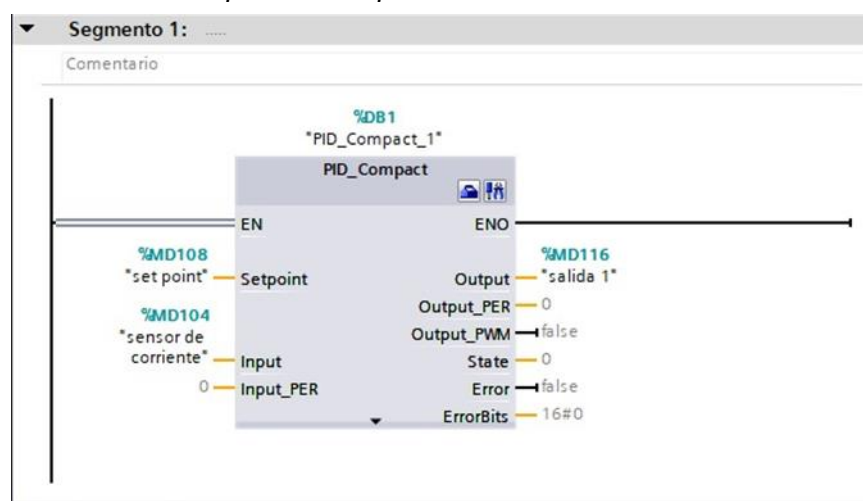
Creación de bloque para PID.



Nota: Programación de controlador en tía Portal.

Figura 26

Creación de bloque PID compact.

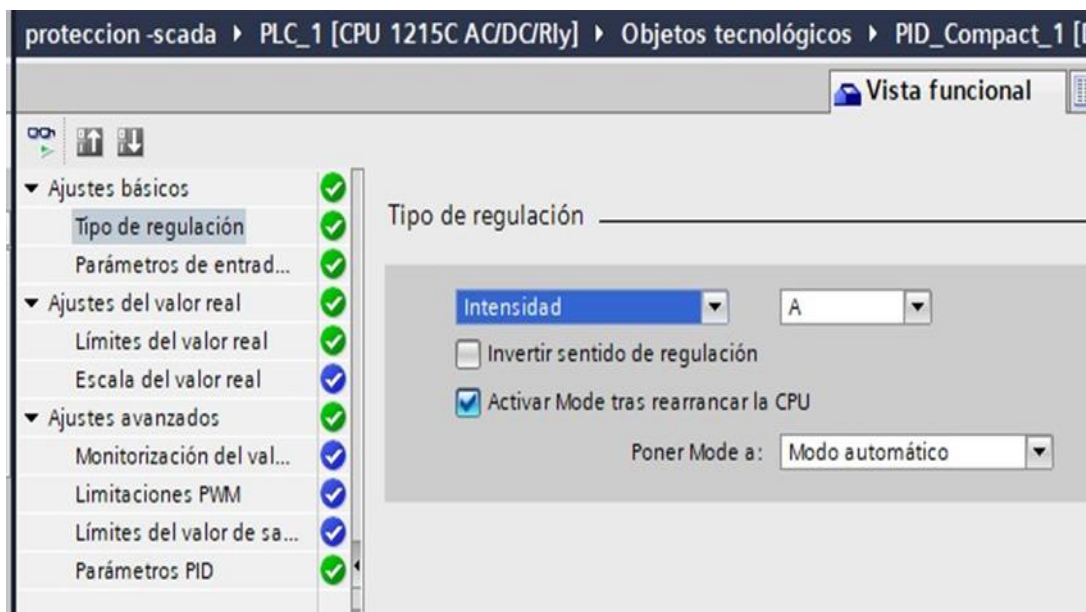


Nota: Programación de controlador en tía Portal.

Se realizan configuraciones necesarias, como es el tipo de dato que se controla, la entrada y la salida es en datos reales.

Figura 27

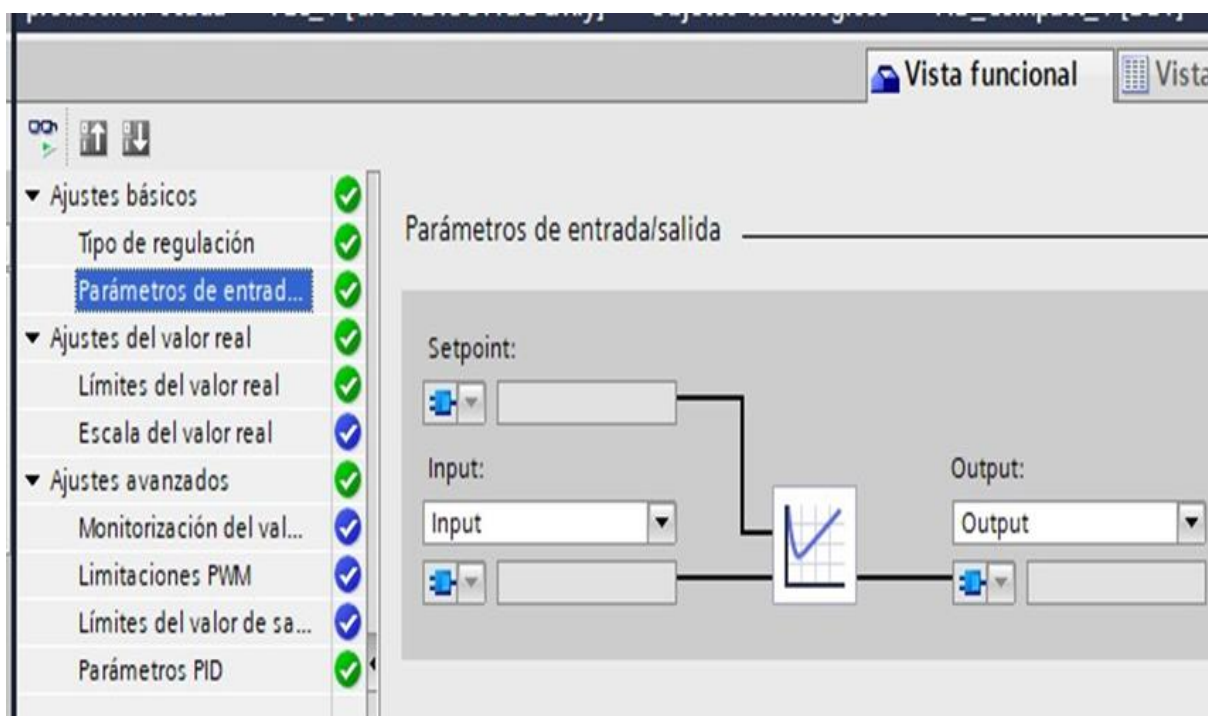
Configuración de tipo de datos a controlar.



Nota: Programación de controlador en tía Portal.

Figura 28

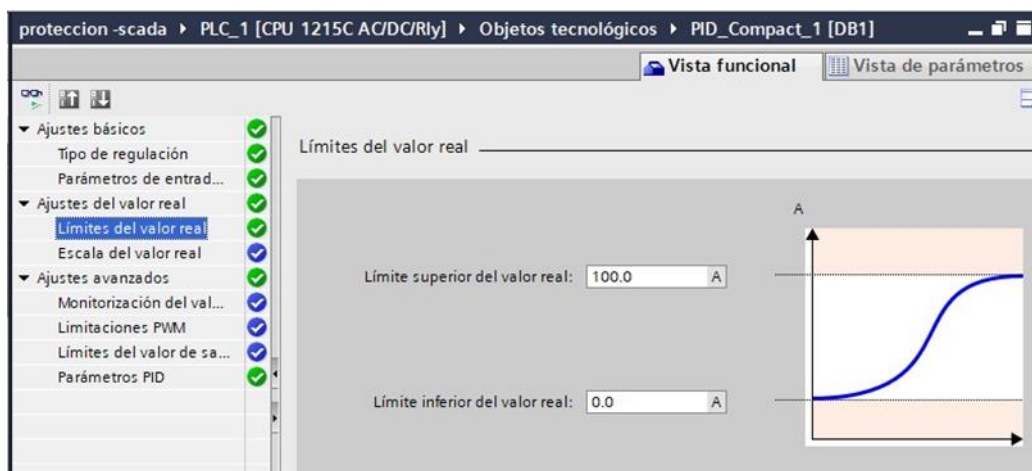
Entradas y salidas en datos reales



Nota: Programación de controlador en tía Portal.

Figura 29

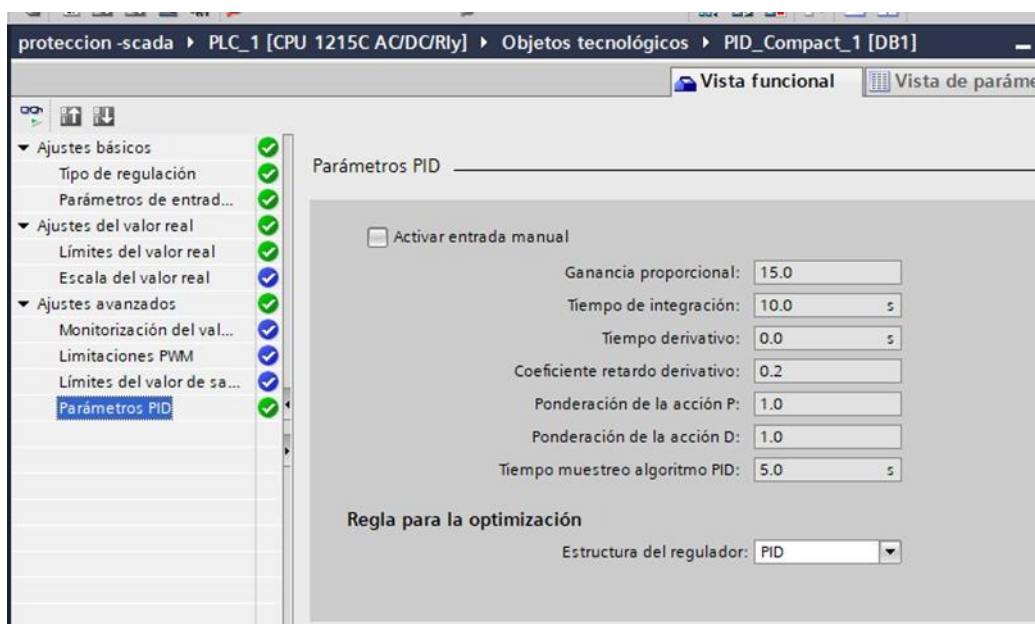
Asignar límite superior e inferior.



Nota: Programación de controlador en tía Portal.

Figura 30

Parámetros de control PID en TIA PORTAL



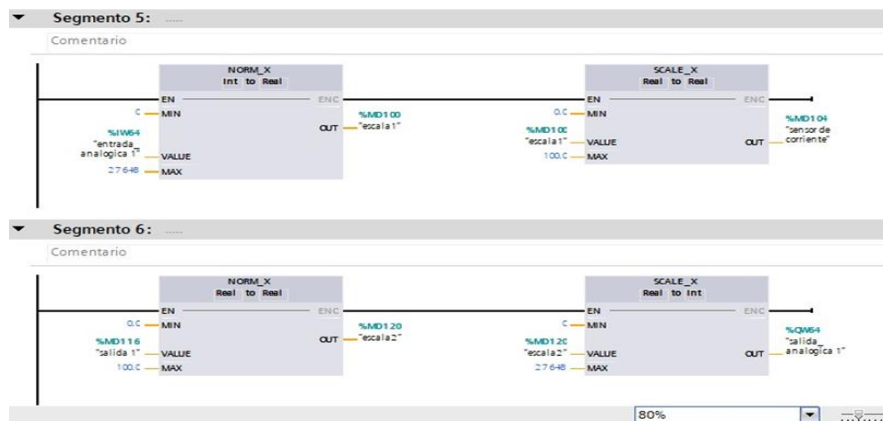
Nota: Programación de controlador en tía Portal.

- Sensor analógico programación en TIA PORTAL.

Para la lectura del sensor analógico, se declara, como se tiene un sensor de 0 a 10 v DC, entonces se realizará la declaración de la entrada analógico, como variable entera. Convirtiendo a datos reales de 0 a 100 amperios.

Figura 31

Entrada analógico normalización y escalamiento



Nota: Programación de controlador en tía Portal.

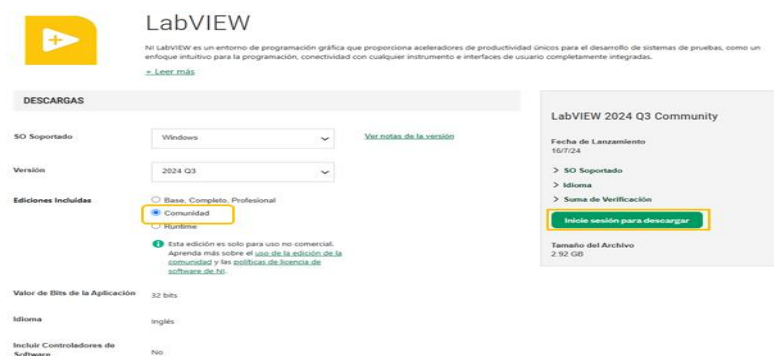
1. Instalación de software del sistema Scada – LabVIEW

Se selecciona el software LabVIEW con la finalidad de explorar y generar soluciones graficas que pueda comunicar de manera entendible al operador. el estudio se realiza con el destare de estudio en la comunidad de LabVIEW, para lo cual se realizará la descarga de esta manera.

Para ello nos dirigiremos a la página web de LabVIEW, seleccionado la descarga para la comunidad, entonces se tiene para 32 bits, luego damos en descargar.

Figura 32

Descarga del software de LabVIEW SCADA



Nota: La descarga es la versión de comunidad.

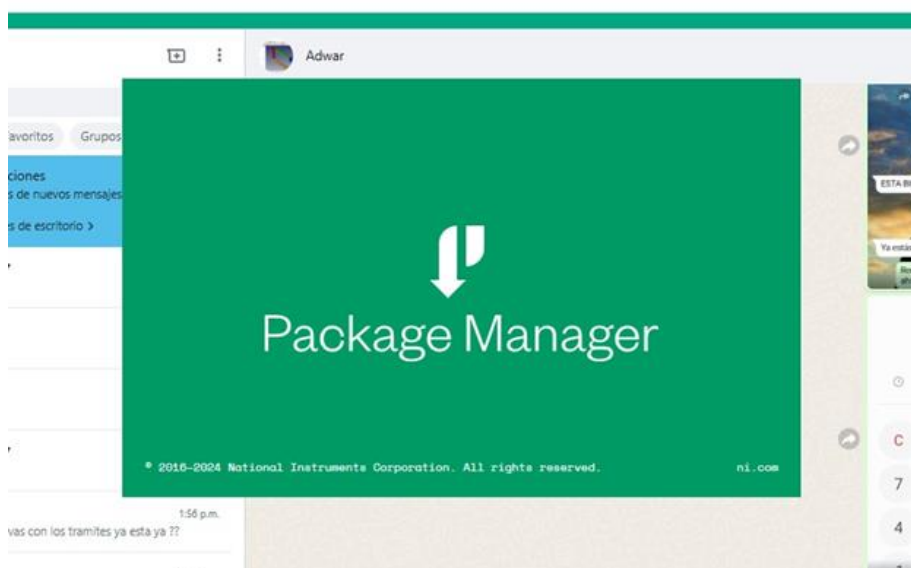
1.1. Descarga de complementos para poder desarrollar SCADA.

La capacidad de crear un servidor E/S se agrega a instalación de LabVIEW Real-Time Module, que añade Modbus I/O server admiten, el registro de datos LabVIEW and Supervisory Control (DSC), que añade Modbus, OPC client, impresora de alarma de datos de marcado, cliente EPICS y Personalizado I/O Server admiten.

La descarga se realiza del administrador de paquetes “NI package Manager”, así como se muestra en la figura.

Figura 33

Administrador de paquetes de complementos.

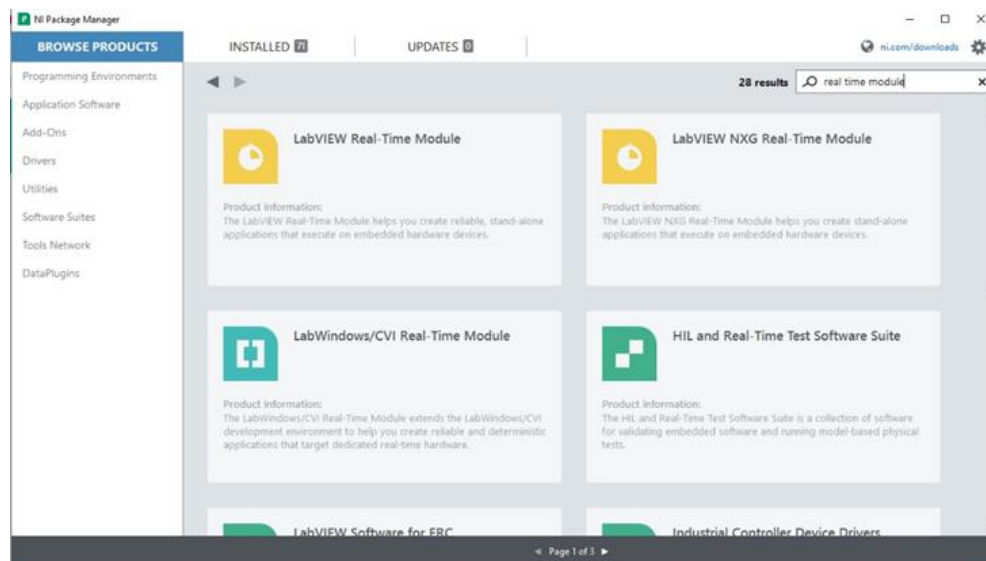


Nota: la descarga se realiza mediante este software.

Entonces buscamos los complementos, así como es el “Real time module” y LabVIEW and supervisory control (DSC). Sin estos complementos no se pueden desarrollar la comunicación OPC con el PLC S7 1200 CPU 1214. A continuación, se mostrará las descargas realizadas.

Figura 34

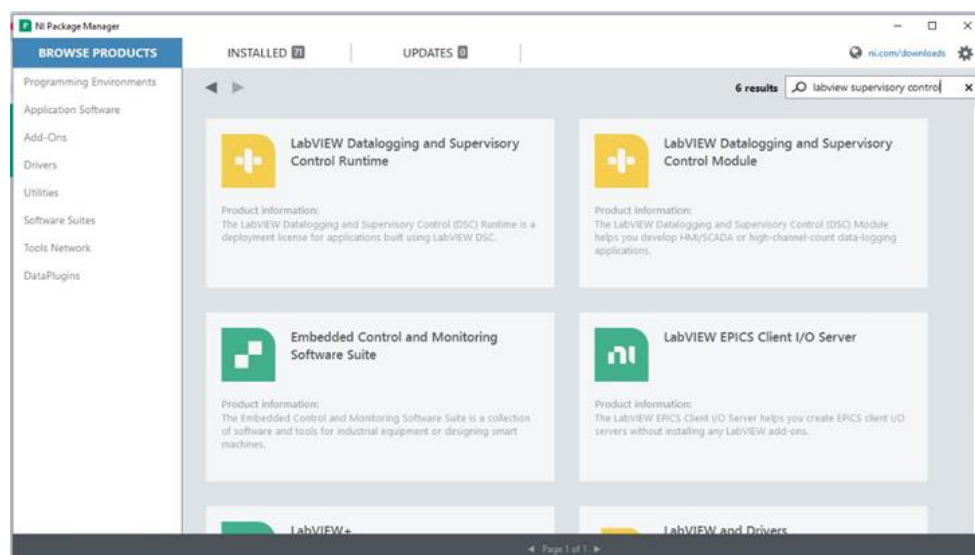
Descarga de "Real time module".



Nota: la descarga es la versión de comunidad.

Figura 35

Descarga de supervisory control module.



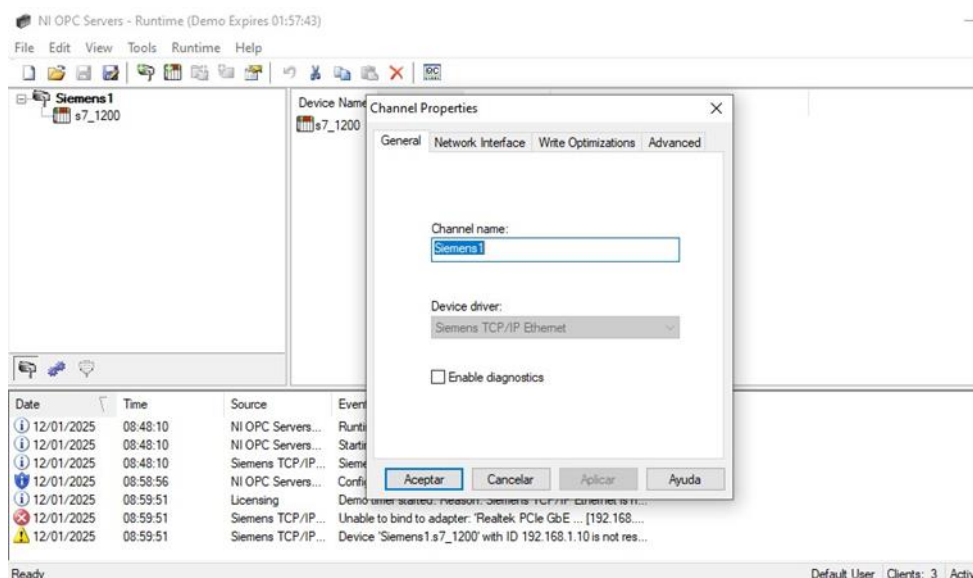
Nota: la descarga es la versión de comunidad.

3. Programación y interacción de datos en OPC.

Abrimos como administrador NI OPC Server y creamos una nueva carpeta donde se indicará SIMENS 1, Luego elegimos la placa y el IP que se tiene en el computador como se muestra en la figura.

Figura 36

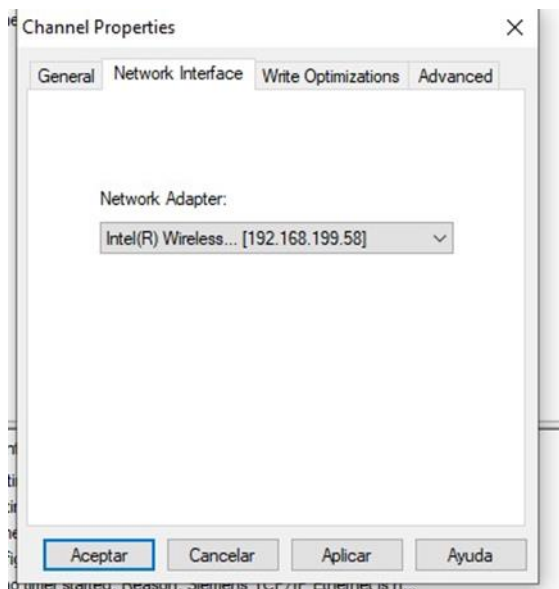
Siemens nombre de la carpeta en OPC server.



Nota: Creación de carpetas y módulos en OPC servers.

Figura 37

Nombre de la placa del procesador e IP

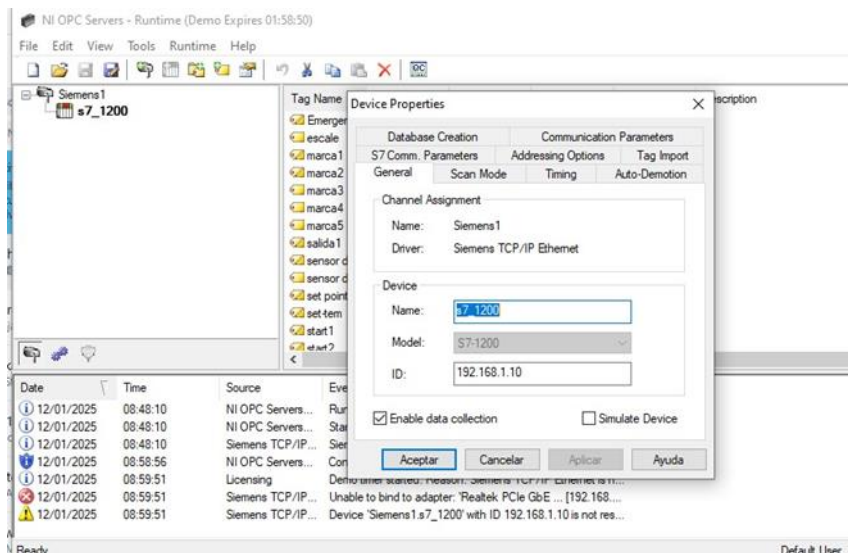


Nota: Creación de carpetas y módulos en OPC servers.

La creación del módulo se realiza con el fin de crear las marcas, con las direcciones, con el fin de comunicar con el software de LabVIEW

Figura 38

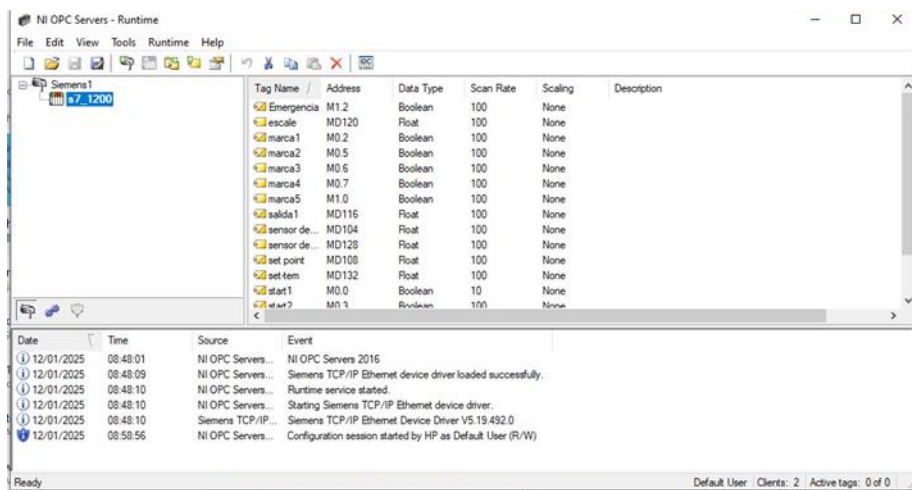
Asignación de IP en el módulo OPC



Nota: Creación de carpetas y módulos en OPC servers

Figura 39

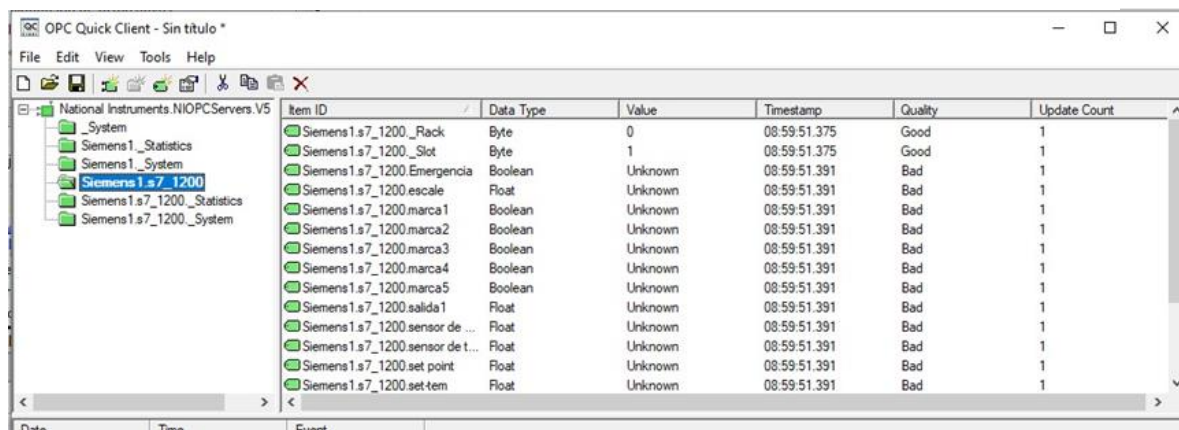
Creación de entradas y salidas digitales y analógicas en OPC.



Nota: Creación de carpetas y módulos en OPC servers.

Figura 40

Creación de entradas y salidas digitales y analógicas en OPC.



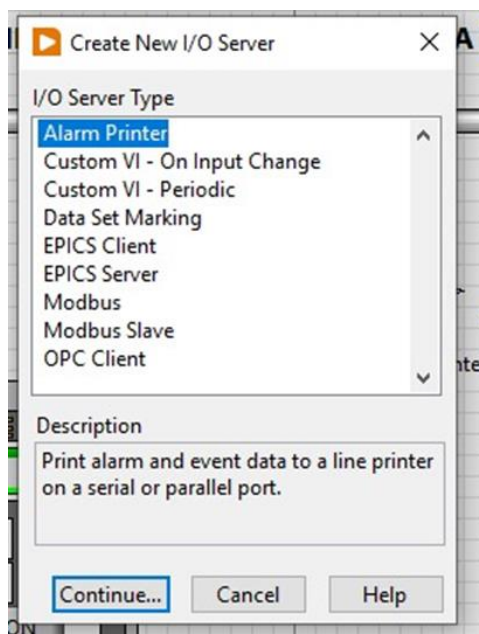
Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
Siemens1.s7_1200_Rack	Byte	0	08:59:51.375	Good	1
Siemens1.s7_1200_Slot	Byte	1	08:59:51.375	Good	1
Siemens1.s7_1200.Emergencia	Boolean	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.escale	Float	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.marca1	Boolean	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.marca2	Boolean	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.marca3	Boolean	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.marca4	Boolean	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.marca5	Boolean	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.salida1	Float	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.sensor de ...	Float	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.sensor de t...	Float	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.set point	Float	Unknown	08:59:51.391	Bad	1
Siemens1.s7_1200.set-tem	Float	Unknown	08:59:51.391	Bad	1

Nota: Creación de carpetas y módulos en OPC servers.

4. Programación de LabVIEW 2024.

Figura 41

Creación de OPC cliente

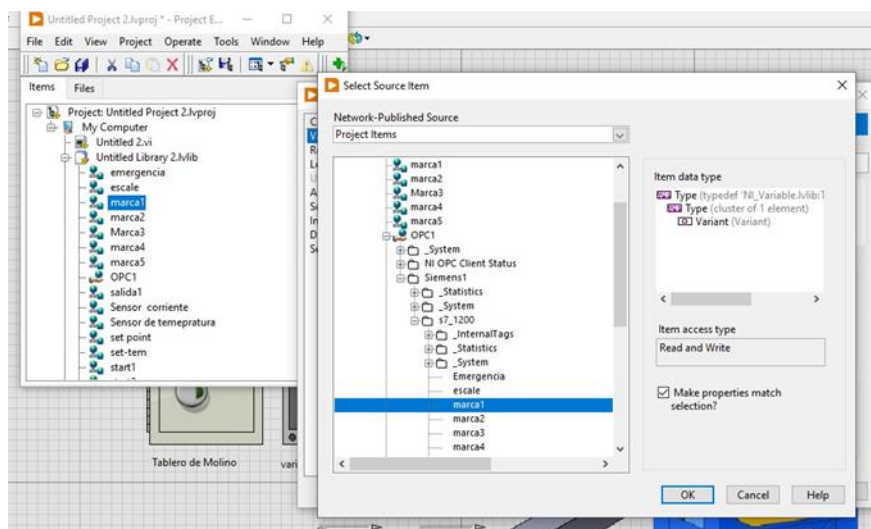


Nota: Creación de entradas y salidas OPC.

Se realiza la creación de OPC cliente par que se pueda agregar entradas y salidas digitales y analógicas, hacer clic derecho, marca 1 y configurar como salida booleana.

Figura 42

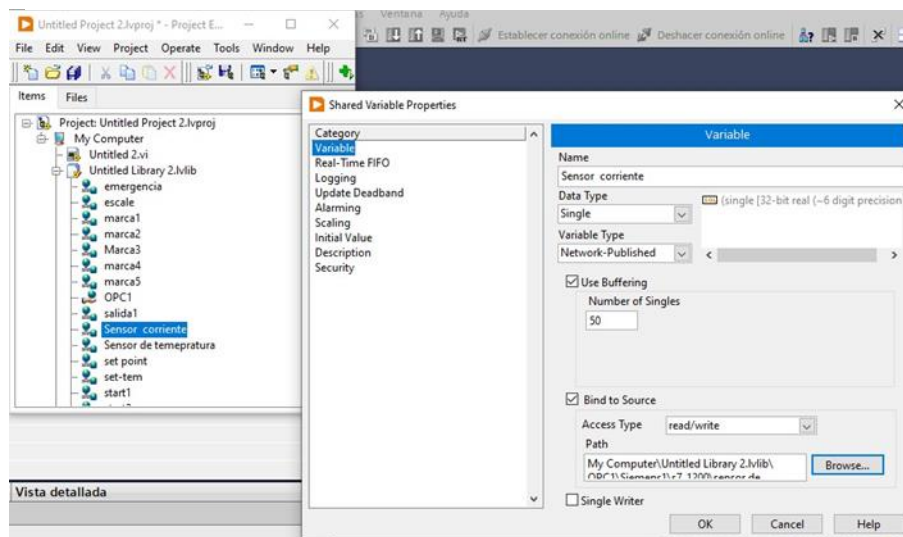
Creación de marca digital en LabVIEW



Nota: Creación de entradas y salidas LabVIEW

Figura 43

Creando las variables analógicas.

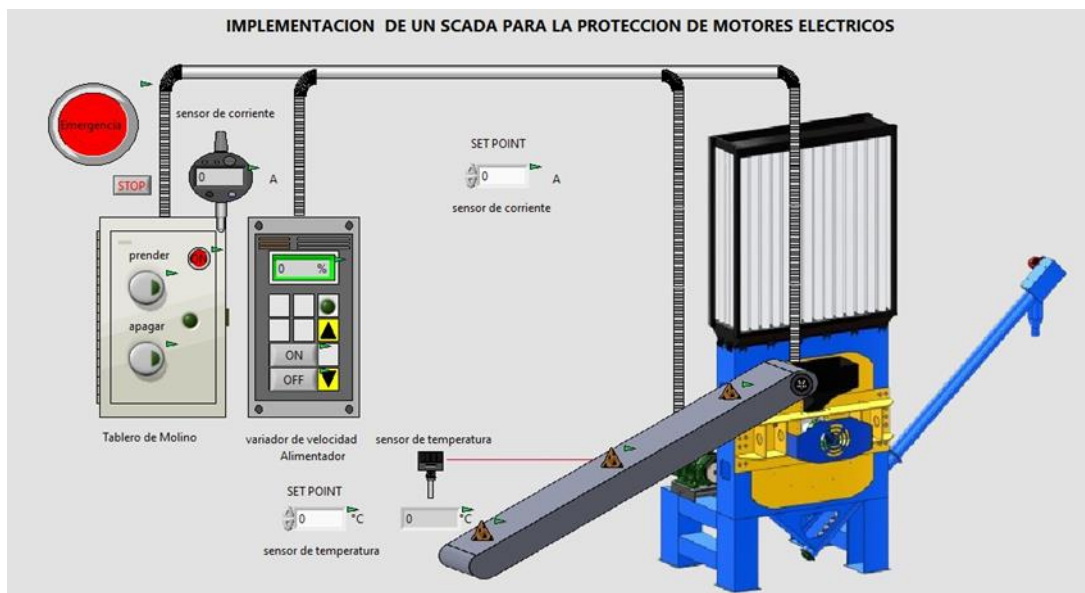


Nota: Creación de entradas y salidas analógicas LabVIEW.

Se realiza el desarrollo de la gráfica en LabVIEW, haciendo las conexiones adecuadas y programación adecuada en el desarrollador de LabVIEW.

Figura 44

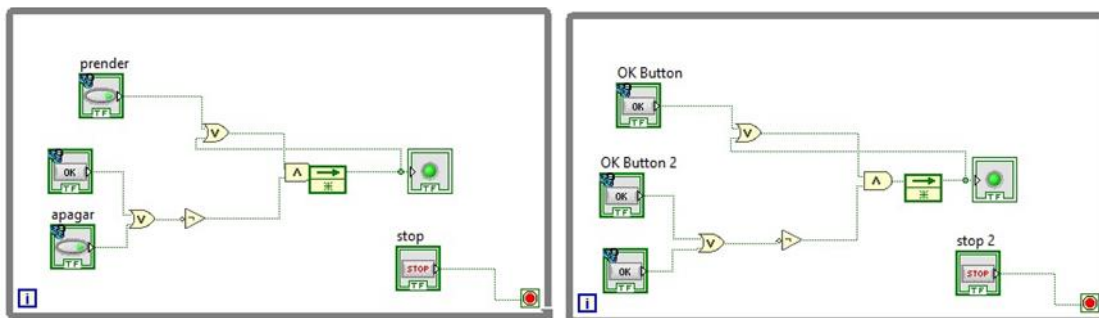
Sistema scada en labview.



Nota: Creación de graficas de simulación en LabVIEW.

Figura 45

Diagrama de bloques LabVIEW.



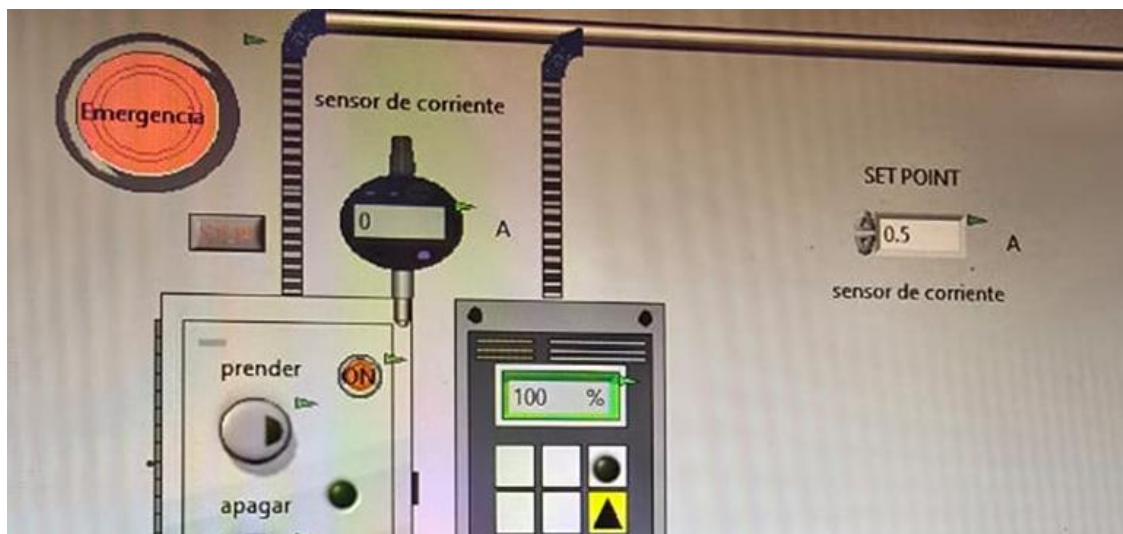
Nota: Creación de graficas de simulación en LabVIEW

5. Pruebas de funcionamiento del sistema

Primera prueba: Se realiza la primera prueba de control PID, con el fin de probar y formar el funcionamiento del controlador: se describe como mientras que la corriente en el molino no supere el set point trabajara el alimentador a 100%.

Figura 46

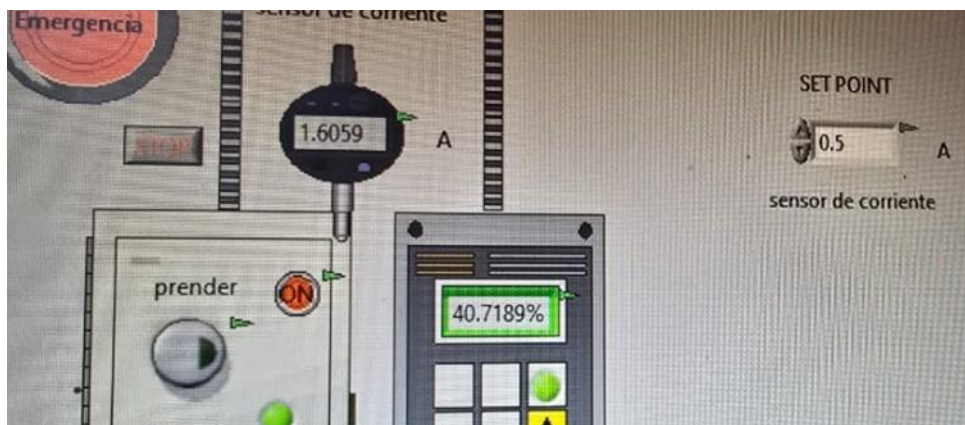
Corriente 0 y set point 0.5 amperios.



Nota: Primera prueba de control PID.

Figura 47

Corriente de 1.6 y set 0.5 amperios

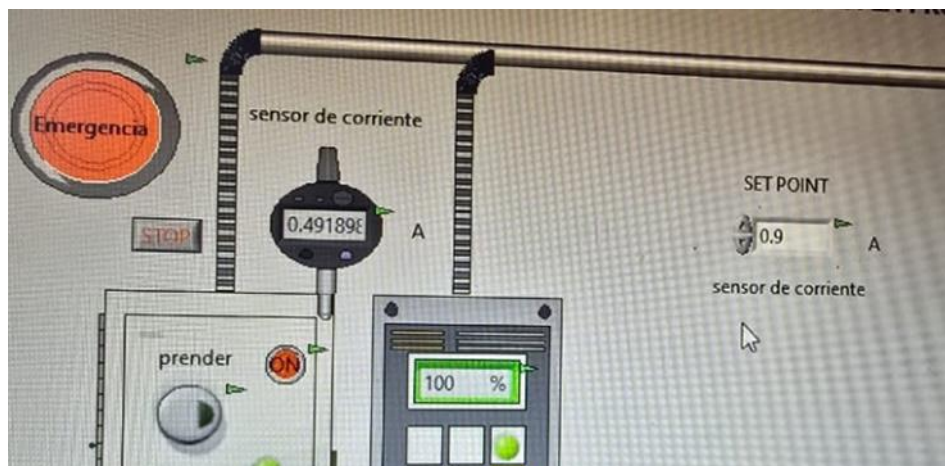


Nota: Primera prueba de control PID

Segunda prueba: Se realiza la primera prueba de control PID, con el fin de probar y formar el funcionamiento del controlador: se describe como mientras que la corriente en el molino no supere el set point trabajara el alimentador a 100%, caso contrario bajara la velocidad.

Figura 48

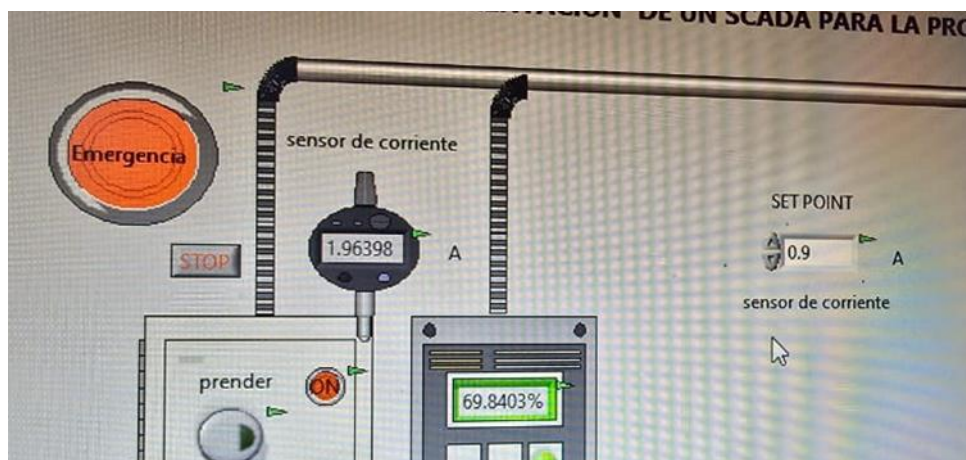
Corriente 0.49 y set point de 0.9 amperios.



Nota: Segunda prueba de control PID

Figura 49

Medición de corriente



Nota: Segunda prueba de control PID.

Tercera prueba: Se realiza la primera prueba de control PID, con el fin de probar y formar el funcionamiento del controlador: se describe como mientras que la corriente en el molino no supere el set point trabajara el alimentador a 100%, caso contrario bajara la velocidad.

Figura 50

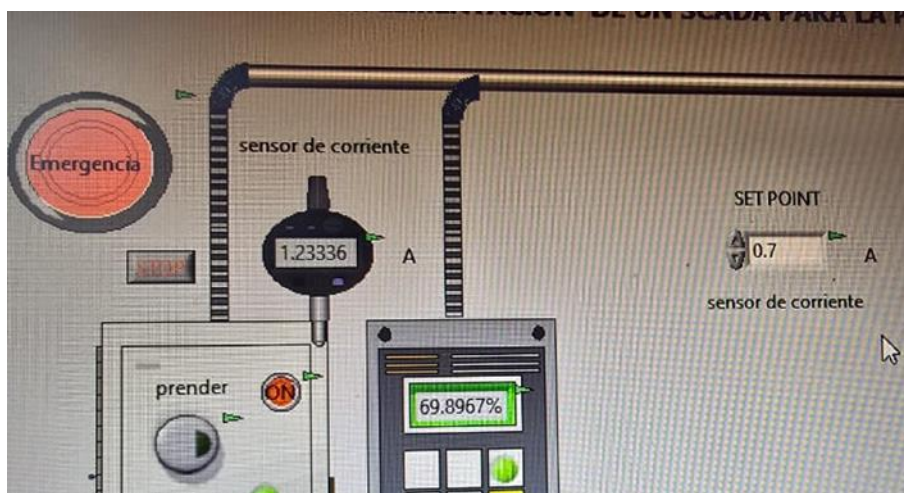
Corriente de 1.2 y set point de 0.7 amperios.



Nota: Tercera prueba de control PID

Figura 51

Corriente de 1.2 y set point de 0.7 amperios.



Nota: Tercera prueba de control PID.

Cuarta prueba: Se realiza las pruebas de control de temperatura, el sensor de temperatura funciona como, un sistema de seguridad, en caso de que sobrepase la temperatura de trabajo.

Figura 52

Temperatura de 56.6 y set point 38 grados.



Nota: Primera prueba de control de temperatura.

Figura 53

Temperatura de 29.2 y set point de 38 grados



Nota: Segunda prueba de control de temperatura.

Quinta prueba: Se realiza las pruebas de control de temperatura, el sensor de temperatura funciona como, un sistema de seguridad, en caso de que sobrepase la temperatura de trabajo.

Figura 54

Temperatura de 30 y set point de 23.329 grados

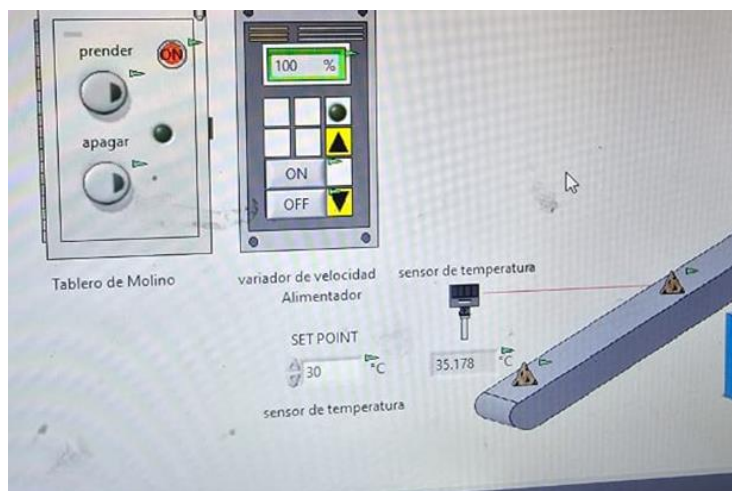


Nota: Tercera prueba de control de temperatura.

Quinta prueba: Se realiza las pruebas de control de temperatura, el sensor de temperatura funciona como, un sistema de seguridad, en caso de que sobrepase la temperatura de trabajo.

Figura 55

Temperatura de 30 y set point de 35.178 grados.



Nota: Cuarta prueba de control de temperatura.

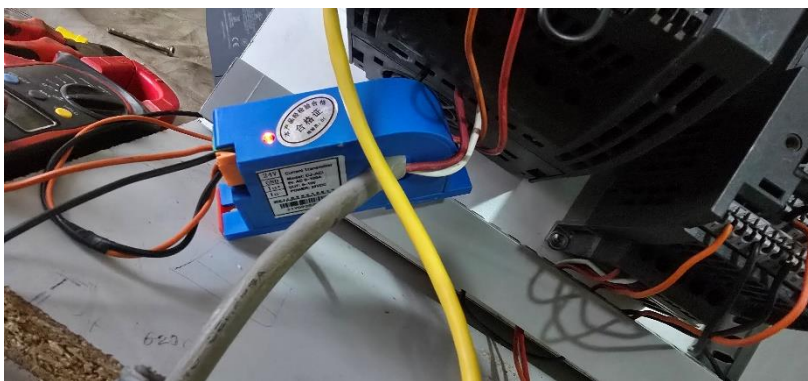
Figura 56

Realización de las pruebas por sensor de corriente y temperatura



Nota: Elaboración propia

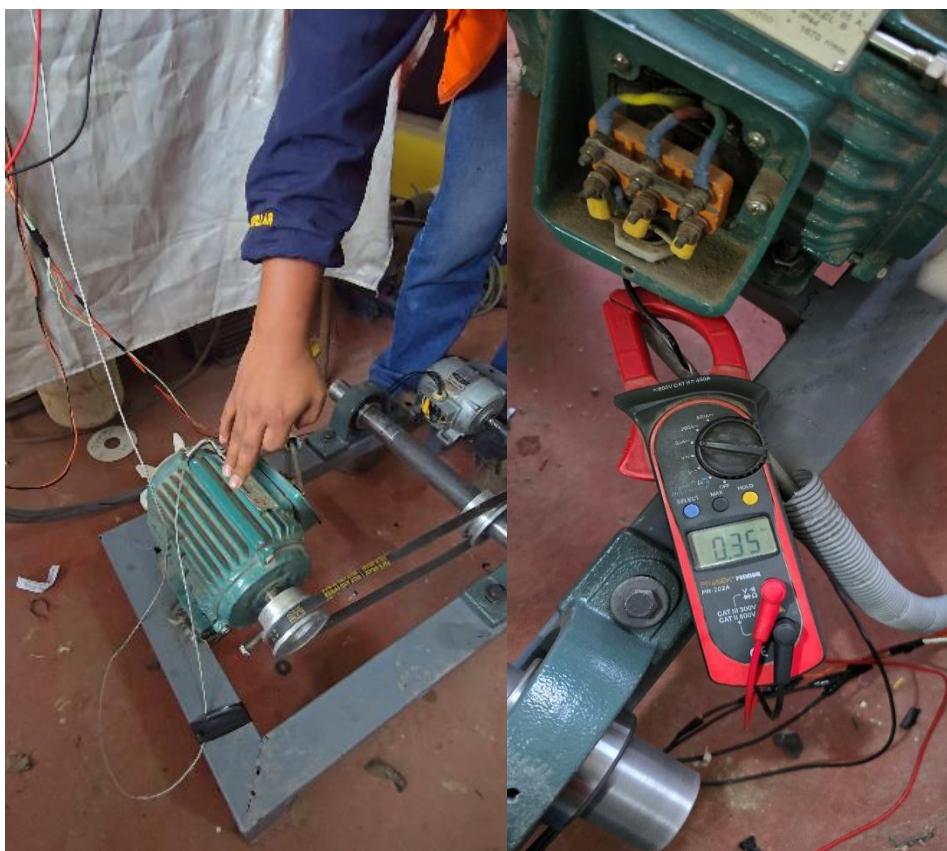
Figura 57 Prueba con el sensor de corriente



Nota: Elaboración propia

Figura 58

Verificación del sensor de temperatura y de la corriente que alimenta al motor



Nota: Elaboración propia

4. 1. 3. Análisis de los resultados obtenidos

La implementación del sistema de supervisión, control y adquisición de datos para la protección de motores eléctricos trifásicos permitió verificar su funcionalidad y efectividad en condiciones reales de operación. A lo largo del desarrollo del proyecto se logró integrar con éxito sensores, elementos de control y una interfaz gráfica que permiten monitorear en tiempo real variables críticas del motor, como la corriente y la temperatura.

El sistema demostró ser capaz de detectar variaciones en estas variables, activando mecanismos de control automáticos mediante un algoritmo PID. Este tipo de control resultó adecuado para regular la operación del motor dentro de los

parámetros establecidos, contribuyendo a su protección frente a condiciones anómalas. Si bien se observaron algunas desviaciones entre los valores de referencia (set point) y los valores reales alcanzados, estas diferencias pueden atribuirse a la necesidad de realizar ajustes más finos en la sintonización del controlador, o a factores externos como la respuesta física del sistema o el retardo en la transmisión de datos.

Mediante una interfaz que facilita la toma de decisiones, el sistema ofreció una representación clara de la actividad del motor desde el punto de vista de la monitorización. Además, la recopilación automática de datos históricos es una herramienta útil para el análisis técnico y la programación del mantenimiento, lo que ayuda a prevenir fallos en el futuro.

En general, los resultados confirman la eficacia del sistema sugerido para mejorar la gestión operativa y la protección activa del motor. La siguiente tabla muestra los resultados de las pruebas.

Tabla 6

Tablas de pruebas

Pruebas	Corriente	Temperatura
	<u>Set point (Amp.)</u>	<u>Set point (°C)</u>
Prueba N01	0.5	-
Prueba N02	0.9	-
Prueba N03	0.7	-
Prueba N04	-	38
Prueba N05	-	30

Nota: Elaboración propia



4. 1. 4. Discusión de resultados

Existen diferencias significativas en metodología, tecnología y aplicación entre el diseño de un módulo de control basado en IoT para motores de baja potencia y la implementación de un sistema SCADA para la protección de motores trifásicos. El módulo IoT se centra en la monitorización remota mediante plataformas en la nube mediante sensores y microcontroladores de bajo coste, mientras que el sistema SCADA está diseñado para entornos industriales con control automático y protección activa mediante PLC y algoritmos PID.

La precisión, robustez y grado de automatización de ambos métodos varían, pero ambos proporcionan monitoreo y almacenamiento de datos en tiempo real. El IoT es más accesible y práctico para entornos pequeños o educativos, mientras que SCADA se sugiere como una mejor opción para aplicaciones importantes que requieren una respuesta rápida ante fallas. En conjunto, ambas tecnologías se consideran complementarias, y su elección dependerá del tipo de motor, el entorno operativo y los objetivos de control y mantenimiento.

Tabla 7

Comparación entre el sistema SCADA y el módulo IoT para monitoreo de motores eléctricos

Criterio	Sistema SCADA (Tesis actual)	Módulo IoT (Huancayo, 2022)
Objetivo principal	Protección activa de motores trifásicos mediante monitoreo y control automático.	Monitoreo remoto de motores de inducción de baja potencia.
Tipo de motor	Motores eléctricos trifásicos de uso industrial.	Motores de inducción de baja potencia.
Tecnología principal	PLC, sensores industriales, SCADA, algoritmo PID.	Microcontroladores (ESP32, Arduino), sensores de bajo costo, plataformas IoT (Blynk, Thingspeak).
Acción correctiva automática	Sí, mediante lógica programada en PLC y algoritmos de control.	No, solo monitoreo y alertas; requiere intervención del usuario.
Precisión de medición	Alta precisión (sensores industriales calibrados).	Media a baja (sensores económicos, mayor margen de error).
Interfaz de usuario	Interfaz SCADA amigable, visualización local y remota, con almacenamiento histórico detallado.	Interfaces móviles/web sencillas, enfocadas en visualización remota en la nube.
Alcance del sistema	Orientado a la automatización industrial y mantenimiento predictivo.	Aplicaciones residenciales, educativas o de pequeña escala.
Capacidades de respuesta	Actúa en tiempo real ante fallas, detiene el motor o activa mecanismos de protección.	Informa al usuario; no realiza acciones automáticas.
Costo de implementación	Medio a alto (por uso de PLC y sensores industriales).	Bajo (uso de componentes accesibles y plataformas gratuitas o de bajo costo).
Nivel de complejidad	Alto, requiere programación en PLC y conocimientos técnicos en automatización.	Bajo a medio, accesible para estudiantes o técnicos con experiencia básica.

Nota: Elaboración propia



CONCLUSIONES

Primero: La implementación del sistema SCADA mejoró la protección de motores eléctricos trifásicos mediante el monitoreo en tiempo real de variables críticas y la ejecución automática de acciones preventivas. El sistema integró eficientemente hardware y software, facilitando el control, la visualización y el registro de datos históricos, lo que favorece la prevención de fallas y el mantenimiento predictivo

Segundo: Se seleccionaron e integraron sensores adecuados que permiten una medición precisa y confiable de las variables eléctricas y térmicas del motor. Estos dispositivos fueron fundamentales para el funcionamiento del sistema de protección, ya que detectaron en tiempo real cualquier desviación fuera del rango seguro de operación, permitiendo actuar de manera oportuna.

Tercero: La programación del PLC posibilitó una sólida lógica de control basada en umbrales de seguridad y la activación automatizada de los dispositivos de protección. Si bien se determinó que era necesario ajustar los parámetros para maximizar la precisión del sistema, la implementación del algoritmo PID ayudó a mantener un control estable sobre las variables observadas.

Cuarto: La creación del sistema SCADA permitió almacenar datos históricos, generar alarmas y visualizar las variables del motor en tiempo real. Resultó una herramienta eficiente para el mantenimiento y la administración operativa del sistema eléctrico gracias a su interfaz intuitiva, que permitió la monitorización remota y la toma de decisiones.



RECOMENDACIONES

Primero, aproveche las capacidades de registro de datos históricos del sistema SCADA mediante la creación de procedimientos analíticos que faciliten la predicción de fallos, la programación del mantenimiento y la mejora general de la eficiencia operativa.

Segundo: Establezca un programa regular de calibración e inspección de los sensores térmicos y eléctricos, garantizando que las mediciones sigan siendo precisas y fiables para preservar la eficacia del sistema de protección.

Tercero: Para garantizar un control más preciso y una reacción más eficiente ante circunstancias anómalas, realice pruebas técnicas para optimizar los parámetros del algoritmo PID y examine periódicamente la lógica del PLC.

Cuarto: Para facilitar aún más la monitorización remota y la toma de decisiones rápida, mejore y actualice la interfaz SCADA con nuevas funciones como notificaciones móviles o paneles personalizados.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, e. (2013). Análisis técnico del calentamiento de las máquinas eléctricas según su prestación de servicio. *Pre grado*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Peru. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2954>
- Álvarez, R., & Calderón, N. (2014). Diseño, construcción y pruebas de un prototipo automatizado para dosificación y mezclado de 4 componentes, tres de ellos a granel y uno líquido obteniendo como mezcla hasta 15 Kg/h para el laboratorio de automatización industrial, implementado por la tecn. *Pre grado*. Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/1604>
- Arias, Y. (2023). Monitoreo de la degradación de un aceite lubricante GEARBOX 320 en un motorreductor. *Pre grado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba., Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19203>
- Ausay, C., & Estrada, W. (2020). Análisis de modos y efectos de falla en rodamientos por defectos de lubricación a través de ultrasonido en un simulador electroneumático. *Pre grado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14905>
- Automación Micromecánica s.a.i.c. (2002). *Controlador Lógico Programable (PLC)*. Argentina: Automación Micromecánica s.a.i.c. https://www.academia.edu/37928905/CONTROLADOR_L%C3%93GICO_PROGRAMABLE_PLC
- Barrientos, A., & Gambao, E. (2014). *Sistemas de Producción Automatizados*. Madrid, España: Dextra Editorial S.L.



https://www.academia.edu/42657532/Sistemas_de_Produccion_Automatizados

Cares, F., & Andrades, B. (2022). Implementación de PLC S7-1200 con pantalla HMI KTP700. *Pre grado*. Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
<https://hdl.handle.net/11673/54003>

Colomer, J., Meléndez, J., & Ayza, J. (2000). *Sistemas de supervisión*. España: Editores: Barcelona : Cetisa Boixareu, 2000.
https://www.academia.edu/63238195/Sistemas_de_supervision_introduccion_a_la_monitorizacion_y_supervision_experta_de_procesos_mtodos_y_herramientas

Del Valle Gutiérrez, M., & Iturralde, S. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control*. Ecuador, Ecuador: Editorial UPSE.
<http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4228>

Díaz, F. (2011). Diseño de elementos de maquinas. *Pre grado*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Mexico.
http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m1/diseño_elementos%20de%20maquinas.pdf

Duran, J., Martínez, H., Gámiz, J., Domingo, J., & Grau, A. (2009). *Automatismos eléctricos e industriales*. España: Marcombo S.A.

Garduño, O. (2015). Diseño de un reductor de velocidad de tornillo sinfin. *Pre grado*. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Mexico.
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4538/1/DISENOTORNILLO.pdf>

Gomáriz, S., Biel, D., Matas, J., & Reyes, M. (2000). *Teoría de control Diseño electrónico*. Barcelona, España: Alfa y Omega Edicions UPC,.



https://www.academia.edu/44266511/Teor%C3%ADa_de_control_Dise%C3%B1o_electr%C3%B3nico

Huaranga, R. (2020). Diseño de un sistema de control para el monitoreo de la temperatura de un motor de bomba de agua de 0.75 kW. *Pre grado*. Universidad Continental, Huancayo, Peru.

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7328>

Mayta, L. (2011). Sistema de control de temperatura variando la velocidad de un motor trifasico de induccion mediante un variador de frecuencia. *Pre grado*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/15074>

Monsalve, E. (2019). Diseño y automatización de una dosificadora de grano. *Pre grado*. Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia.

<http://hdl.handle.net/20.500.12622/2046>

Muro, C. (2020). Diseño de una maquina limpiadora y seleccionadora de grano de maíz (Zea mays) para optimizar la producción de 25qq/h en el distrito de Mórrope. *Pre grado*. Universidad Señor de Sipán, Peru.

<https://hdl.handle.net/20.500.12802/7802>

Quispe, A. (2017). Implementación del análisis de lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa OPP FILM para el año 2017. *Pre grado*. Universidad Privada del Norte, Lima, Peru.

<https://hdl.handle.net/11537/11209>

Rivera, C. (2002). Diseño y construcción de un dosificador de tres productos en forma secuencial. *Pre grado*. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9278>



- Rockwell Automation. (2010). *Conceptos básicos sobre el uso de los motores de inducción trifásicos*. Rockwell Automation.
<https://www.yumpu.com/es/document/view/27004244/conceptos-basicos-sobre-el-uso-de-los-motores-de-induccion-trifasicos>
- Salmerón, M. (2022). Diseño de una maquina de alimentación, dosificadora de alimentos semisólidos. *Pre grado*. Universitat Politècnica de València, España. <https://riunet.upv.es/handle/10251/185473>
- Siemens. (2014). *Controlador programable S7-1200*. Nürnberg, Alemania: Industry Online Support.
<https://support.industry.siemens.com/cs/search?t=all&search=SIPLUS%20S7%201200%20CP&type=Download&lc=es-WW>
- Suárez, W. (2019). Ingeniería inversa y diseño de la automatización de un dosificador de polvos, utilizando celda de carga a través de microcontrolador atmega para la empresa Jacs. *Pre grado*. Universidad Ricardo Palma, Peru. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2104>
- Toapanta, L., & Recalde, D. (2012). Diseño y construcción de un equipo didáctico de dosificación automatizada de granos pequeños para el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana. *Pre grado*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3781>
- Velasco, J. (2019). Diseño de un sistema automatizado con controladores lógico programables para la alimentación de granos de maíz en un molino de martillo. *Pre grado*. Universidad César Vallejo, Peru.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/40805>



ANEXOS



Anexo 1 Matriz de Consistencia

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS AUTOR: Frank Pierre Paucar Huisa					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOSTESIS	VARIABLES E INDICADORES		
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo implementar un sistema de control para el monitoreo en tiempo real de la temperatura y velocidad de motores eléctricos trifásicos y sistemas de transmisiones mecánicas, con el fin de optimizar su rendimiento y prevenir fallos? Problemas específicos ¿Cómo seleccionar los sensores de corriente y temperatura para la protección de motores eléctricos trifásicos?	OBJETIVOS GENERAL Implementar un sistema de supervisión, control y adquisición de datos para la protección de motores eléctricos trifásicos. Objetivos específicos Seleccionar los sensores de corriente y temperatura para la protección de motores eléctricos trifásicos. Realizar la programación en el controlador lógico	HIPOSTESIS GENERAL La protección de motores eléctricos trifásicos puede mejorarse considerablemente mediante la implementación de un sistema de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) basado en sensores de temperatura y corriente, programado en un controlador lógico programable (PLC). Este sistema permite la detección temprana de fallas y la ejecución automática de acciones correctivas. 1. 7. 2. Hipótesis específicas La correcta selección de sensores de corriente y temperatura permite detectar condiciones de riesgo en motores trifásicos de forma precisa y oportuna. La programación adecuada de un PLC permite ejecutar acciones de protección automática ante variaciones críticas de	Variables	Dimensiones	Indicadores
			Variable Independiente Sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)	Supervisión Control Adquisición de datos	Sí / No (funcionalidad)



¿De qué manera se realiza la programación en el controlador lógico programable para para la protección de motores eléctricos trifásicos? ¿Cómo realizar el SCADA para la protección de motores eléctricos trifásicos?	programable para para la protección de motores eléctricos trifásicos. Realizar un SCADA para la protección de motores eléctricos trifásicos.	corriente y temperatura en motores eléctricos trifásicos. El desarrollo de un sistema SCADA facilita la supervisión remota, la visualización de datos en tiempo real y la toma de decisiones oportunas para la protección de motores eléctricos trifásicos.	Variable Dependiente Protección de los motores eléctricos trifásicos	Prevención de fallas	Segundos
--	---	--	---	----------------------	----------

Anexo: 02 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

Anexo: 03 PLC S7 1200 Siemens

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 230 V AC	SI SI
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	265 V
Frecuencia de red	
- Rango admisible, límite inferior - Rango admisible, límite superior	47 Hz 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 _t	0,8 A ² 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 - enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	4 Mbyte con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
- existente - libre de mantenimiento - sin pila	SI SI SI
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 aritmética de coma flotante, típ.	2,3 µs; /instrucción

6ES72151BG400XB0
Página 1/6

11/4/2024

Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

Anexo: 4 MODULO ANALOGICO Siemens

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7232-4HB32-0XB0



SIMATIC S7-1200, Salida analógica, SM 1232, 2 AO, +/-10V, Resolución de 14 bits, o 0-20 mA/4-20 mA, Resolución de 13 bits

Figura similar

Información general	
Designación del tipo de producto	SM 1232, AQ 2x14 bit
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	24 V
Intensidad de entrada	
Consumo, típ.	45 mA
de bus de fondo 5 V DC, típ.	80 mA
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	1,5 W
Salidas analógicas	
Nº de salidas analógicas	2; Tipo corriente o tensión
Rangos de salida, tensión	
• -10 V a +10 V	SI
Rangos de salida, intensidad	
• 0 a 20 mA	SI
Resistencia de carga (en rango nominal de la salida)	
• con salidas de tensión, mín.	1 000 Ω
• con salidas de intensidad, máx.	600 Ω
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	100 m; apantallado, par trenzado
Formación de valor analógico para salidas	
Tiempo de integración y conversión/resolución por canal	
• Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	14 bit; Tensión: 14 bits, Corriente: 13 bits
Error/precisiones	
Error de temperatura (referido al rango de salida), (+/-)	25 °C ±0,3 %, a 55 °C ±0,6 % todo el rango de medida
Límite de error básico (límite de error práctico a 25 °C)	
• Tensión, referida al rango de salida, (+/-)	0,3 %
• Intensidad, referida al rango de salida, (+/-)	0,3 %
Supresión de tensiones perturbadoras para (f1 +/- 1%), f1 = frecuencia perturbadora	
• Tensión en modo común, máx.	12 V
Alarmas/diagnósticos/información de estado	
Alarmas	SI
Función de diagnóstico	SI
Alarmas	
• Alarma de diagnóstico	SI
Diagnósticos	
• Vigilancia de la tensión de alimentación	SI
• Rotura de hilo	SI
• Cortocircuito	SI

6ES72324HB320XB0
Página 1/2

13/3/2024

Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

Anexo: 4 VARIADOR DE FRECUENCIA Siemens

SINAMICS V20: datos técnicos

SIEMENS

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/IUL 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	Uff (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](https://www.siemens.com/sinamics-v20/documentation)

2_09



depending on their temperature. In this case, the resistor is a small strip of platinum with a resistance of 100Ω at 0°C - that is why it is called PT100.

- Temperature: max. 250° Celsius
- 3-Wire
- Length: 1m (100cm, 3.37 inches)
- Grade: 2B
- Tolerance: 0.5

Why use an RTD type of sensor?

- A wide temperature range
- Precision and accuracy
- Long-term stability

For many years, these type of sensors have been used in industrial and laboratory conditions since they are considered to be more accurate and stable than most NTC/PTC thermistors. Also, platinum is an excellent choice since they are very stable and reusable, and are resistant to corrosion or oxidation.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: _____

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: FRANK PIERRE PAUCAR HUISA

Dirección: Jr. Palomani 510 - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73351203

Teléfono: 983028649 email: frankppaucarhs@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECATRÓNICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECATRÓNICO

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

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

Título: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Palabras claves, (3 a 5 términos): Supervisión control y adquisición de datos, protección, motores eléctricos trifásicos.

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

2

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

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



2. Referencia de tesis:

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

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

☐

Internacional

☒

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21

Firma de Autor



huella digital

09-10-2025

Fecha