TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

JULIACA – PERÚ

2026

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

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : _____
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO : _____
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO : _____
Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ASESOR DE TESIS : _____
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21

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

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0150-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de abril del 2026

VISTO: El expediente **N° 2026-CU-001782** presentado por el (la) Bachiller: **CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA,** quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **DISEÑO E IMPLENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.**

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

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

RESUELVE:

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

- **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

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

ARTICULO TERCERO. – **APROBAR,** la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA;** del informe final de la investigación (tesis) titulada: **DISEÑO E IMPLENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.** de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : Miercoles 15 de abril del 2026
- **HORA** : 11:00 hr
- **LUGAR** : Aula 204 - FICP

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

Regístrese, Comuniquese, Archívese.

Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1668-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2025-CU-8374** por el señor (a): **CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – **N° 878-2025**-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato **N° 007 - 2025** del integrante del comité de investigación **EPIET** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **DISEÑO E IMPLENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025**, para optar el Titulo Profesional de **Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreon** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 007 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DISEÑO E IMPLENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN.**

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA,** para optar el Titulo Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulada: **DISEÑO E IMPLENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN,** en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Registrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Mg. Cesar O. Camargo Mejar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)

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

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 317-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 14 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 1927, presentado el señor (a) **CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO – N° 185 -2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 006-2025 del integrante del comité de investigación **EPIET** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **DISEÑO E IMPLENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 006-2025- aprobando la propuesta de investigación titulado: **DISEÑO E IMPLENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025.**

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulado: **DISEÑO E IMPLENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN.**

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.**

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

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

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTE...

Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::13016:596798454

Fecha de entrega
2 jun 2026, 9:33 GMT-5

Fecha de descarga
2 jun 2026, 9:56 GMT-5

Nombre del archivo
T036_46864243_T.docx

Tamaño del archivo
35.0 MB

162 páginas

24.974 palabras

130.192 caracteres

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

29% 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

26%	Fuentes de Internet
7%	Publicaciones
21%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

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

Metadatos complementarios - UANCV

TÍTULO	
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46864243
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-9484-7221
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
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	CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476

Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	**Dirección**: CALCESUR **País**: Perú **Departamento:** PUNO **Provincia**: SAN ROMÁN **Distrito**: CARACOTO **Coordenadas.** **Latitud:** -15.57743 **Longitud:** -70.11334 https://maps.app.goo.gl/fsyscAqWZUmtVKPD8 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2025 – Abril 2026
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05 Sistemas de automatización, Sistemas de control https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA, identificado con DNI Nro. 46864243 en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

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

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 23 de Abril del 2025

Firma del Asesor (Obligatoria)

Firma (Obligatoria)



Huella

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

DEDICATORIA

A Dios por todas las bendiciones concedidas y por guiarme en este camino lleno de retos, que gracias al apoyo de mi familia he podido superar.

A mi padre, Leoncio, cuyo carácter invaluable me enseñó la disciplina necesaria para alcanzar mis objetivos.

A mi madre, Agustina, que con su determinación y cariño forjó en mi un carácter más perseverante y observador.

A mi gran amor, Naldy, por creer en mi incluso antes de que yo lo hiciera, y por su comprensión y cariño que me han ayudado a crecer y a ser una mejor versión de mí mismo cada día.

Finalmente, a mis profesores, quienes a lo largo de mi vida han sido guías y formadores. A todos, muchas gracias.

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

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a mi asesor, quien con su experiencia y conocimientos me orientó y ayudó a enriquecer el planteamiento de esta investigación.

De igual manera, expreso mi gratitud a mis colegas de trabajo, cuyo apoyo a lo largo de esta etapa contribuyó de manera significativa a mi crecimiento profesional.

A mi universidad, por todos estos años de esfuerzo compartido, colmados de aprendizajes, satisfacciones y valiosas amistades, le guardo un profundo y eterno agradecimiento.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA i
AGRADECIMIENTO ii
TABLA DE CONTENIDO iii
ÏNDICE DE FIGURAS vii
ÍNDICE DE TABLAS x
RESUMEN xi
ABSTRACT xii
INTRODUCCIÓN xiii

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del Problema 1
1.1.1. Descripción del Problema 1
1.2. Formulación de Interrogantes 1
1.2.1. Pregunta general 1
1.2.2. Preguntas específicas 2
1.3. Objetivos de Investigación 2
1.3.1. Objetivo general 2
1.3.2. Objetivos específicos 2
1.4. Hipótesis 3
1.4.1. Hipótesis general 3
1.4.2. Hipótesis específicas 3
1.5. Justificación 3
1.5.1. Tecnología 3
1.5.2. Académica 4

1.5.3. Productividad 4
1.6. Variable 4
1.7. Línea de investigación 5
1.7.1. Cuadro de operacionalización 5
1.8. Planteamiento Metodológico 6
1.8.1. Enfoque de Investigación 6
1.8.2. Alcance de la Investigación 7
1.8.3. Diseño de Investigación 7
1.9. Planteamiento operacional 7
1.9.1. Objeto de Estudio 7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación 8
2.1.1. Antecedentes internacionales 8
2.1.2. Antecedentes nacionales 10
2.1.3. Antecedentes locales 12
2.2. Marco Conceptual 13
2.2.1. Sistema de bombeo 13
2.2.2. Automatización 13
2.3. Bases Teóricas 13
2.3.1. Controlador Lógico Programable 13
2.3.2. Sistema SCADA 14
2.3.3. Sistema de bombeo 14
2.3.4. Automatización Industrial 23
2.3.5. Redes de Comunicación Industrial 24

2.3.6. Instrumentación para Sistemas de Bombeo 24
2.3.7. Cavitación y Protección de Bombas 25
2.3.8. Eficiencia Energética en Sistemas de Bombeo 26

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Materiales 27
3.1.1. Reservorio Kayzon 27
3.1.2. Reservorio Carbón 27
3.1.2. Sala eléctrica 27
3.2. Diseño de la investigación 28
3.2.1. Tipo de investigación 28
3.2.2. Diseño 28
3.3. Técnicas de recolección de datos 28
3.3.1. Técnicas de investigación 28
3.4. Técnicas de análisis 29

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis del actual sistema de suministro de agua 30
4.2. Componentes del sistema automático de bombeo 32
4.3. Presentación de resultados 51
4.3.1. Programación de las variables 51
4.3.2. HMI 60
4.3.3. Diseño de tablero de fuerza 67
4.3.4. Diseño de tablero de mando 75
4.4. Análisis estadístico 81

4.5. Discusión e interpretación de resultados 84

CONCLUSIONES 87

RECOMENDACIONES 89

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 90

ANEXOS 92

ÏNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Fuerzas de superficie y cuerpo, y componentes normal y tangencial de la fuerza de superficie* 15
Figura 2. *Planta de bombeo en paralelo con bombas horizontales* 20
Figura 3. *Bombas con diferente curva característica trabajando en paralelo.* 21
Figura 4. *Sistema de bombas en serie* 22
Figura 5. *Sistema de tres plantas de bombeo en serie* 23
Figura 6. *Sistema de cableado deficiente* 30
Figura 7 *Canaletas inutilizadas* 31
Figura 8 *Tablero eléctrico inadecuado* 32
Figura 9 *Tablero eléctrico inadecuado II* 32
Figura 10 *Tablero eléctrico de pozo elevado – consumo humano* 33
Figura 11 *Switch para ethernet* 34
Figura 12 *Inyectores POE* 35
Figura 13 *PLC Simatic S7-1200 Siemens* 36
Figura 14 *Conexión eléctrica de las bombas de agua* 37
Figura 15 *Tablero eléctrico con las conexiones de cada bomba* 37
Figura 16 *Indicadores led de encendido y falla de bombas* 38
Figura 17 *Tablero eléctrico de las bombas de agua* 39
Figura 18 *Antena del pozo profundo* 40
Figura 19 *Antena direccionada a la otra antena receptora* 41
Figura 20 *Distancia entre el pozo más alejado a la central* 42
Figura 21 *Módulo de comunicación CM 1242* 43
Figura 22 *Tanque elevado de consumo humano* 44
Figura 24 *Conexiones de las tuberías de las bombas al sistema automático* 46
Figura 25 *Bombas en el pozo Kayzon* 46
Figura 26 *Selector rotativo* 47

Figura 27 *Sensor de radar para medir nivel de agua del pozo* 48
Figura 28 *Ubicación de antena de pozo Kayyzon* 49
Figura 29. *Programación SCADA - I*..... 52
Figura 30 *Programación SCADA - II*..... 52
Figura 31 *Programación SCADA – III*..... 53
Figura 32 *Programación SCADA - IV* 53
Figura 33 *Programación SCADA - V* 54
Figura 34 *Programación SCADA - VI* 54
Figura 36 *Programación SCADA - VIII* 55
Figura 39 *Programa SCADA - XI*..... 57
Figura 40 *Programa SCADA - XII*..... 57
Figura 41 *Programa SCADA - XIII*..... 58
Figura 42 *Programación SCADA - XIV*..... 58
Figura 43 *Programación SCADA - XV*..... 59
Figura 44 *Programación SCADA - XVI*..... 59
Figura 45 *Programación SCADA - XVII*..... 60
Figura 46 *HMI de la distribución de agua salada*..... 61
Figura 47 *HMI del sistema de bombeo de Agua de toda la planta* 62
Figura 48 *HMI del Pozo Kayson* 63
Figura 49 *HMI de la Plantas de Tratamiento de Agua Potable*..... 64
Figura 50 *HMI de conexión de PLC Pozo Kayzon*..... 65
Figura 51 HMI de la red de comunicación 65
Figura 52 *HMI Conexión PLC Pozo Kayzon*..... 66
Figura 53 *HMI PLC Pozo Kayzon - Ready* 67
Figura 54 *Armado del tablero de fuerza del sistema automático del control de bombas*..... 67
Figura 55 *Armado del tablero de fuerza* 68

Figura 56 *Tablero de fuerza del sistema automático del control de bombas*..... 68
Figura 57 *Tablero de fuerza del sistema automático de bombas instalado en la sala eléctrica*..... 69
Figura 58 *Tablero de fuerza del sistema de control de bombas de agua instalado- II* 70
Figura 60 *Arranque directo no reversible del centro de control de motores de bomba de agua dulce*..... 71
Figura 61 *Arranque directo no reversible del centro de control de motores PTAR* 72
Figura 62 *Arranque por autotransformador centro de control de motores pozo Kayzon* 73
Figura 63 *Arranque directo de bomba pozo de Carbón*..... 74
Figura 64 *Armado del tablero de mando del sistema de control de bombas de agua potable*..... 75
Figura 65 *Armado del tablero de mando del sistema de control de bombas de agua potable - II* 76
Figura 66 *Prueba del tablero de mando* 76
Figura 67 *Borneras distribuidas para las salidas y entradas del PLC*..... 77
Figura 68 *Borneras distribuidas para las salidas y entradas del PLC - II* 78
Figura 69 *Conexión de PROFIBUS del sistema automatizado de control de bombas*..... 79
Figura 70 *Mapa de Karnaugh*..... 79
Figura 71 *Diagrama de flujos* 80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Operacionalización de variables* 5

Tabla 2 *Materiales usados* 50

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general diseñar e implementar un sistema automatizado de control de bombas para el abastecimiento de agua en una planta cementera ubicada en el sur del Perú, durante el año 2025. La automatización de este proceso responde a la necesidad de garantizar un suministro continuo, eficiente y confiable de agua para todos los procesos productivos de la planta, optimizando el uso de recursos hídricos y energéticos. Para el cumplimiento de este objetivo, se establecieron cuatro objetivos específicos: determinar los componentes necesarios para el sistema de bombeo, diseñar el esquema de conexión eléctrica, desarrollar la programación en lenguaje Structured Control Language (SCL) y desarrollar un sistema SCADA para el monitoreo del proceso. Cada uno de estos objetivos fue alcanzado con éxito, permitiendo la integración de un sistema completo de control automático basado en un controlador lógico programable (PLC) y supervisado mediante una interfaz SCADA personalizada. Los resultados obtenidos demostraron mejoras significativas en la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua, destacando la reducción del consumo energético, la disminución de fallos operativos y una mayor confiabilidad en la operación continua de las bombas. La implementación del sistema SCADA permitió el monitoreo en tiempo real, el registro histórico de variables críticas y la generación de alarmas, contribuyendo a una mejor toma de decisiones operativas. Se concluye que la automatización del sistema de bombeo representa un avance significativo hacia la modernización de los procesos industriales en el sector cementero, aportando beneficios tanto en términos operativos como económicos. Se recomienda implementar programas de mantenimiento predictivo basados en los datos del SCADA, capacitar al personal técnico en el uso del sistema y considerar su escalabilidad para futuras expansiones de la planta.

Palabras clave: *Automatización industrial, control de bombas, sistema SCADA, abastecimiento de agua*

ABSTRACT

The main objective of this research was to design and implement an automated pump control system for water supply in a cement plant located in southern Peru, during the year 2025. The automation of this process responds to the need to ensure a continuous, efficient, and reliable water supply for all production processes of the plant, optimizing the use of water and energy resources. To achieve this objective, four specific goals were established: to determine the necessary components for the pumping system, to design the electrical connection diagram, to develop the programming using Structured Control Language (SCL), and to develop a SCADA system to monitor the process. Each of these goals was successfully accomplished, enabling the integration of a complete automatic control system based on a Programmable Logic Controller (PLC) and supervised through a customized SCADA interface. The results obtained showed significant improvements in the efficiency of the water supply system, highlighting a reduction in energy consumption, fewer operational failures, and increased reliability in the continuous operation of the pumps. The implementation of the SCADA system enabled real-time monitoring, historical data logging of critical variables, and alarm generation, contributing to better operational decision-making. It is concluded that the automation of the pumping system represents a significant step toward the modernization of industrial processes in the cement sector, providing benefits in both operational and economic terms. It is recommended to implement predictive maintenance programs based on SCADA data, train technical personnel in system operation, and consider system scalability for future plant expansions.

Keywords: *Industrial automation, pump control, SCADA system, water supply*

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

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la automatización industrial representa un factor clave para la optimización de procesos en plantas de producción a gran escala. Las industrias que manejan recursos vitales como el agua enfrentan el desafío de garantizar un suministro continuo, eficiente y seguro, minimizando pérdidas y reduciendo el consumo energético. En ese contexto, el control automatizado de sistemas de bombeo se ha convertido en una solución estratégica para asegurar la sostenibilidad operativa y mejorar los indicadores de rendimiento en diferentes sectores industriales, incluyendo el cementero.

Las plantas cementeras requieren un abastecimiento constante de agua para diversos procesos como la refrigeración de equipos, el control de emisiones, la preparación de mezclas y el lavado de materiales. En muchas instalaciones industriales del sur del Perú, estos sistemas aún dependen de mecanismos manuales o semi-automatizados que presentan limitaciones en cuanto a eficiencia, confiabilidad y capacidad de monitoreo en tiempo real. Estas condiciones pueden generar pérdidas de agua, incrementos en el consumo energético, fallas operativas y dificultades en la toma de decisiones técnicas.

Ante esta problemática, la presente investigación tuvo como objetivo general diseñar e implementar un sistema automatizado de control de bombas para el abastecimiento de agua en una planta cementera ubicada en el sur del Perú. El proyecto se planteó con el propósito de mejorar la eficiencia operativa, garantizar el uso racional de los recursos y modernizar la infraestructura de control, alineándola con los estándares actuales de la industria 4.0.

Para cumplir con dicho propósito, se establecieron cuatro objetivos específicos: el primero, determinar los componentes necesarios para el sistema de

bombeo. El segundo, diseñar el esquema de conexión eléctrica. El tercero, desarrollar la programación utilizando Structured Control Language (SCL), y el cuarto, implementar un sistema SCADA que permita monitorear y supervisar el proceso de manera remota y en tiempo real. La integración de estas tecnologías permitió consolidar un sistema robusto, confiable y adaptado a las condiciones operativas de la planta.

El presente documento se estructura en cinco capítulos. El Capítulo I aborda el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y los alcances del estudio. El Capítulo II desarrolla el marco teórico y conceptual, abordando los fundamentos técnicos de los sistemas de bombeo, control automatizado, programación en SCL y plataformas SCADA. El Capítulo III se describe los materiales y métodos utilizados. El Capítulo IV presenta el diseño de la propuesta de automatización, planos y consideraciones importantes. El capítulo V presenta los resultados obtenidos, el análisis técnico y la validación del sistema implementado Finalmente, el Capítulo V expone las conclusiones, recomendaciones y sugerencias para futuras investigaciones o mejoras del sistema.

Esta investigación busca aportar soluciones prácticas y sostenibles al sector industrial, demostrando cómo la automatización puede mejorar significativamente los procesos críticos, como lo es el abastecimiento de agua, en plantas de alta exigencia operativa como las cementeras.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

El avance tecnológico en las industrias es indispensable para la continuidad de sus operaciones, es por ello que sistemas como la lógica cableada, resultan ser obsoletas para el correcto funcionamiento de la empresa. En ese sentido, para el sistema de bombeo en una planta cementera del Perú, este sistema resulta presentar varias fallas lo cual genera pérdidas de horas/hombre, perjudica a los procesos industriales que hacen uso de este recurso hídrico (hidratación, refrigeración, entre otras), es por ello que el agua resulta ser un recurso muy importante para los procesos de cualquiera industria e incluso para las necesidades básicas (comedor y servicios higiénicos). En ese sentido, este proyecto de tesis, busca automatizar este proceso para garantizar un adecuado sistema de control de bombas para el abastecimiento de agua para todos los procesos de una planta cementera del Perú, lo cual se traduce en una reducción muy significativa en los costos y horas/hombre, garantizando la continuidad de los procesos que hacen uso de este recurso hídrico.

1.2. Formulación de Interrogantes

1.2.1. Pregunta general

PG. ¿El diseño e implementación de un sistema automatizado de control de bombas permitirá el abastecimiento de agua para todos los procesos de una planta

cementera del sur del Perú, 2024?

1.2.2. Preguntas específicas

OE1. ¿Qué componentes son necesarios para un sistema de bombeo que permita abastecer de agua para todos los procesos de una planta cementera del Perú, 2024?

OE2. ¿Cuál será el esquema de conexión eléctrica para un sistema de bombeo que permita abastecer de agua para todos los procesos de una planta cementera del Perú, 2024?

OE3. ¿Cómo se desarrollará la programación de automatización para un sistema de bombeo que permita abastecer de agua para todos los procesos de una planta cementera del Perú, 2024?

OE4. ¿Cómo se desarrollará el control de supervisión y adquisición de datos - SCADA para un sistema de bombeo que permita abastecer de agua para todos los procesos de una planta cementera del Perú, 2024?

1.3. Objetivos de Investigación

1.3.1. Objetivo general

OG. Diseñar e implementar de un sistema automatizado de control de bombas para el abastecimiento de agua en una planta cementera del sur del Perú, 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

PE1. Determinar los componentes para el sistema de bombeo para una planta cementera del sur del Perú, 2025

PE2. Diseñar el esquema de conexión eléctrica para el sistema de bombeo para una planta cementera del sur del Perú, 2025.

PE3. Desarrollar la programación en Structured Control Language para el sistema de bombeo para una planta cementera del sur del Perú, 2025

PE4. Desarrollar el Supervisory Control and Data Acquistion -SCADA para monitorear el sistema de bombeo para una planta cementera del sur del Perú, 2025

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

HG. Si se diseña e implementa un sistema automatizado de control de bombas se podrá optimizar el abastecimiento de agua en una planta cementera del sur del Perú.

1.4.2. Hipótesis específicas

HE1. Al considerar los componentes para el sistema de bombeo para una planta cementera del sur del Perú se logrará determinar los componentes más adecuados.

HE2. Al diseñar el esquema de conexión eléctrica para el sistema de bombeo para una planta cementera del sur del Perú, se determinará un adecuado funcionamiento

HE3. Al desarrollar la programación en Structured Control Language para el sistema de bombeo para una planta cementera del sur del Perú, se determinará un adecuado funcionamiento

HE4. Al desarrollar el Supervisory Control and Data Acquistion -SCADA se podrá monitorear el sistema de bombeo para una planta cementera del sur del Perú.

1.5. Justificación

1.5.1. Tecnología

El avance tecnológico crece a pasos agigantados en el mundo, y nuestro país no es ajeno a este desarrollo, por lo que, varias industrias vienen implementando diversas tecnologías que permitan mejorar sus procesos, reduciendo así considerablemente fallas y logrando mejorar la eficiencia en sus compañías. Por lo tanto, esta investigación, cumple con aportar en el uso de estas tecnologías para generar una propuesta que permita mejorar el sistema de bombeo, y automatizarlo para el adecuado abastecimiento de agua.

1.5.2. Académica

Este estudio permitirá profundizar los temas de interés de diversos investigadores a nivel local, nacional e internacional, debido a que se busca mejorar el abastecimiento de agua, mediante un sistema automatizado de bombeo. Este tema resulta de mucha importancia para la rama de la automatización en la industria peruana, ya que, absolutamente todas las industrias hacen uso del recurso hídrico de forma directa o indirecta para realizar sus procesos. En ese sentido, esta investigación, aportará a continuar con la innovación de nuevas propuestas tecnológicas para el desarrollo del sistema automatizado de bombeo.

1.5.3. Productividad

Las empresas de escalas pequeñas a grandes, tienen por objetivo maximizar sus ganancias, por lo que la productividad es clave para lograr este objetivo. Es por ello, que esta investigación, resulta de interés para las empresas que quieren mejorar su sistema de bombeo para el abastecimiento de agua en sus industrias, ya que esto reduce considerablemente los costos de mantenimiento, minimiza errores y aumenta su eficiencia.

1.6. Variable

A. Variable independiente

Sistema de control automático de bombas

B. Variable dependiente

Eficiente en el abastecimiento de agua Tiempo de operación del sistema de bombeo Consumo energético del sistema de bombeo

Reducción de fallos operativos en el sistema de bombeo de agua

Optimización del recurso hídrico

Costos operativos relacionados

1.7. Línea de investigación

De acuerdo a la resolución vigente de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, en la facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informativa, la línea de investigación es

1.7.1. Cuadro de operacionalización

Tabla 1

Operacionalización de variables

N°	Tipo	Variable	Dimensiones	Indicadores
1	Independiente	Sistema automatizado de control de bombas	Diseño del sistema	Sistema automatizado funcional
			Implementación técnica	Nivel de automatización
			Automatización de procesos	Cumplimiento de requerimientos técnicos
2		Eficiencia en el abastecimiento de agua	Caudal establecido	Litros por minuto bombeados
			Continuidad del servicio	Número de interrupciones en el servicio
3		Consumo energético del sistema de bombeo	Energía consumida por ciclo	kWh consumidos antes y despues del sistema automatizado
			Ahorro energético	
4	Dependiente	Reducción de fallos operativos	Frecuencia de fallos	N° de fallos registrados
			Tiempo de respuesta	Tiempo promedio de solución por falla
				Porcentaje de

5	Optimización del recurso hídrico	Pérdida de agua	pérdidas en distribución
		Uso racional del recurso	Indicadores de eficiencia hídrica
6		Caudal de entrada	Tiempo promedio en que demora en llenar
	Tiempo de operación del sistema de bombeo	Caudal de salida	Tiempo promedio en que demora en vaciar
7	Costos operativos relacionados al bombeo de agua	Implementación del diseño automatizado	Registro de precios de componentes Registro de pérdidas económicas antes del proyecto vs registro después del proyecto

1.8. Planteamiento Metodológico

1.8.1. Enfoque de Investigación

El enfoque de esta tesis es cuantitativo, debido a que, recolectará y analizará datos reales que permiten establecer patrones y determinar si la solución escogida aporta al objetivo de la investigación. Como lo menciona Hernández et al. (2014), el enfoque cuantitativo pretende confirmar y predecir teorías, por lo que establece hipótesis que tienen que ser probadas mediante métodos estadístico. En ese sentido, esta investigación va de acuerdo a ello, busca determinar mediante el análisis y las

pruebas estadísticas el grado de influencia que tengan las variables de este proyecto.

1.8.2. Alcance de la Investigación

El alcance de esta investigación es explorativa y descriptiva. Considerando el carácter exploratorio, se busca las características y circunstancias en las que se encuentra el actual sistema de bombeo de una planta cementera en el sur del país, en esta se observará la situación real y determinar los valores iniciales, con estos datos construir una solución de acuerdo a los objetivos de la investigación. Y es descriptiva porque busca detallar cada etapa de este proceso, en la etapa inicial donde se encuentren la situación real, durante el proceso en el cual se detalle las soluciones de mejore, y la etapa final, cuando ya se ha asegurado que los datos propuestos cumplan con los objetivos determinados.

1.8.3. Diseño de Investigación

Esta investigación es experimental y transversal. Es experimental, debido a que, las variables serán manipuladas y controladas para desarrollo los objetivos del proyecto. Es transversal, porque se trabajó con datos del año 2025 para su estudio y comprensión, como lo define Hernández Sampieri et al. (2014), el propósito del diseño de investigación transversal es describir las variables y analizar su influencia en un momento dado. En ese sentido, se ha buscado determinar la situación real del sistema de bombeos, y se ha mejorado mediante las variables que fueron manipuladas y controladas para alcanzar el objetivo de este proyecto.

1.9. Planteamiento operacional

1.9.1. Objeto de Estudio

El objeto de este estudio es el sistema automatizado de control de bombas que permite abastecer de agua a todos los procesos de la planta cementera ubicada en el sur del país durante el año 2025

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Un primer estudio realizado por Maldonado A. (2022) titulado: "Diseño del sistema automatizado de alimentación y control de bombas para agua potable en la cabecera Parroquial de Limonal". Esta investigación fue realizada en Ecuador y tuvo como finalidad diseñar un sistema automatizado de alimentación y control de bombas mediante el uso de PLC M241 de la marca Schneider para garantizar el abastecimiento de agua potable a la zona de la cabecera parroquial de Limonal y los recintos San Lorenzo, Colorado, Valdivia, El Recreo, La Elviria y Piñal de Abajo del Cantón Daule, provincia del Guayas de manera continua, eficiente y confiable. Como principales resultados de esta investigación, el tesista demostró que este sistema de bombeo utilizado mediante el PLC Modicon 241 y mediante el HMI GTO5310 logro un control adecuado, que beneficio a los habitantes de Limonal, además de beneficiar al Municipio de Daule. La propuesta con tres bombas de impulsión para el llenado del tanque elevado se realizó con sus protecciones de cortocircuitos y térmicas, permitiendo el cuidado de las bombas. Para el monitoreo del nivel del tanque, este proyecto utilizó los niveles de ultra sónicos que determinar los niveles mínimos y máximos, permitiendo el control de este sistema automático. Finalmente, el

investigador implemento en la programación del PLC el uso de dos bombas en paralelo para el óptimo llenado del tanque, para que el uso de estas bombas no genere daños y logre satisfacer las necesidades de la población en el consumo del agua.

Un segundo estudio realizado por Vera R. (2018) titulado: "Sistema de automatización para planta de tratamiento de agua y estanques de distribución de la escuela de Grumetes A.N.C.". Esta investigación fue realizada en Chile y tuvo como finalidad desarrollar una propuesta para implementar un sistema de supervisión y control automático que permita optimizar el recurso hídrico. Como principales resultados de esta investigación se obtuvo que la implementación de esta investigación ha permitido establecer mediante diversas herramientas de gestión y planificación datos para el análisis del sistema de bombeo, permitiendo así una propuesta para su análisis que permita la prevención de fallas a futuro. Además, este proyecto implemento un sistema automático mediante el uso de PLC, sensores y actuadores de acuerdo a su análisis, permitiendo llevar un control eficiente, evitando fugas de agua, un llenado correcto de los tanques y evitar que las bombas operen en vacío. De acuerdo a su estudio económico, este resulta ser factible considerando todo el sistema automático, además de un sistema de protección eléctrico que permita la extensión de la vida útil de todos los equipos y bombas.

Un tercer estudio realizado por García A. (2009) titulado: "Automatización de sistemas de agua potable para pequeñas ciudadelas". Esta investigación fue realizada en Colombia y tuvo como finalidad realizar la ingeniería de detalle para un control de bombas automatizado. Como principales resultados de esta investigación se logró cumplir con todas las especificaciones del diseño, estableciendo un encendido de las bombas de forma eficiente, logrando realizar un arranque suave de

motores y cumple con los parámetros de operación de presión en las tuberías, lo cual cumple con las condiciones de tuberías de la ciudadela. El investigador demostró que el tiempo de trabajo en condiciones de trabajo inferior al nominal es necesario para poder lograr ahorros energéticos considerables, además se encontró que el consumo de caudal demandado ayuda a determinar el consumo de energía en una estación de bombeo. Todo el sistema implementando cuenta con la protección de instalaciones eléctricas de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana, logrando establecer todos los equipos para dicha protección de las bombas y contra cortocircuitos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Un primer estudio realizado por Vásquez H. (2023) titulado: "Diseño e implementación de un sistema de control y automatización para banco de pruebas de turbomáquinas hidráulicas de hasta 10KW de potencia". Esta investigación fue realizada en Cusco y tuvo como finalidad diseñar e implementar un sistema de control y automatización del Banco de Pruebas del Laboratorio de Máquinas Hidráulicas que permita optimizar los diferentes procesos que se desarrollan en el banco de pruebas. Esta investigación tuvo como principales resultados se estableció el proyecto denominado estudio del comportamiento de una bomba centrífuga de 7,5kW de potencia, operando como turbina para generación de energía, esta investigación presenta el diseño e implementación de un sistema de control y automatización para un banco de pruebas de turbomáquinas hidráulicas, el uso del diseño de sistemas complejos VDI 2221, permitió la implementación de este proyecto. Se realizó un sistema de control en lazo cerrado para la generación de los grupos hidroeléctricos, el control fue de tipo PID y fue integrado mediante un microcontrolador de una tarjeta electrónica. Esta investigación suma a este proyecto, por los cálculos y

modelamientos matemáticos que utilizaron para el control de las bombas.

Un segundo estudio realizado por Pahuara F. (2020) titulado: "Diseño e implementación de sistema automatizado en cuarto de bombas para el suministro de agua potable en Edificio Torres Paz. Esta investigación fue realizada en Lima y tuvo como finalidad diseñar e implementar un sistema automatizado en cuarto de bombas para el suministro de agua potable manteniendo la presurización en todo el recinto mediante electrobombas trabajando de forma alternada y controlada de manera constante. Los resultados más importantes de esta investigación fue que se logró diseñar e implementar todo el sistema automatizado, manteniendo una presión constante y velocidad variable, logrando satisfacer el abastecimiento de agua potable de manera constante y en los niveles requeridos de los tanques. Para el cálculo de las bombas de este proyecto de investigación, se estableció mediante los datos del mismo edificio, determinando así una potencia de trabajo de acuerdo a las necesidades del consumo de agua. El investigador optimizo los costos, realizando una lógica de control del sistema controlando 3 bombas mediante 2 variadores, mediante el PLC. Además, la instalación de los tableros de control, planos eléctricos de control y fuerza se establecieron mediante las normas vigentes del código nacional de electricidad.

Un tercer estudio realizado por Ojeda C. (2012) titulado: "Diseño de un sistema de automatización industrial para el sistema de bombeo de aguas ácidas". Esta investigación fue realizada en Lima y tuvo como finalidad optimizar el proyecto que usó instrumentación de campo y de control de última tecnología para la selección de la instrumentación adecuada con las variables del proyecto. Dentro de los resultados más importantes de esta investigación, se tiene que analizo los requerimientos de la mina subterránea, estableciendo propuestas mediante la ingeniería básica

desarrollada en un diagrama de instrumentación y tuberías. Para el uso de la etapa de control y dimensionamiento se usó el software FT FATHOM 7.0 y el Step 7 – Micro/Win. El uso del software AFT Fathom 7.0 permitió el dimensionamiento en presiones y flujo por línea, en el caso del software 7 – Micro/Win estableció los lazos programados en lenguaje Ladder permitieron la adecuada lógica del proceso, finalmente estos análisis han permitido al investigador concluir exitosamente con el sistema de bombeo, aprovechando la implementación y su funcionamiento óptimamente.

2.1.3. Antecedentes locales

Un primer estudio realizado por Loza J. (2016) titulado: "Evaluación técnica en diseño de bombas para sistema de agua potable en el distrito de Paucarcolla - Puno". Esta investigación fue realizada en Puno y tuvo como finalidad determinar las principales características técnicas en estaciones de bombeo y los factores sociales, económicos que influyen en el funcionamiento de sistemas de agua potable por bombeo, en el distrito de Paucarcolla. Dentro de los resultados más importantes de esta investigación se realizó el cálculo del tamaño de la bomba de 6HP de potencia, con un caudal de 3 litros por segundo, con una altura dinámica total de 72.25m y con una velocidad de 1.054 metros por segundos. El investigador encontró que existe una ineficiente funcionamiento de sistemas de agua potable, es la falta de capacitación y concientización a la población beneficiaria para el uso adecuado del agua potable, y que debido a la carencia de ingresos de las personas beneficiarias del servicio, no pueden lograr establecer un adecuado mantenimiento de las bombas, es por ello que el investigador incide que este suministro debe ser automatizado de acuerdo al consumo, para la distribución de todos los pobladores. Por lo tanto, conocer las características de consumo de la población y de los reservorios son cruciales para

determinar qué tipo de bombas son necesarias.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Sistema de bombeo

Se determina como un sistema de bombeo, al sistema mecánico de varios componentes y equipos que permiten el traslado de un fluido desde un punto inicial hasta un punto final, a través de tuberías.

2.2.2. Automatización

Según IBM (2023) se puede definir a la automatización, como la aplicación de tecnología, programas, robótica o procesos que permiten lograr resultados con una intervención humana mínima. La automatización se puede observar en distintas industrias, como las alimentarias, minerías, incluso para el proceso de información de cada una de estas industrias.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Controlador Lógico Programable

El investigador Cuadros S. (2023) define que este sistema se encuentra ligado siempre a la optimización de un proceso, el cual está sujeto a una lógica a través de una programación que permita el control de ducho proceso, a fin de lograr una mayor eficiencia y flexibilidad que permita adaptarse a las nuevas tecnologías que ofrece la industria. El uso de estos PLC es ya indispensable para todas las industrias ya que permiten una mayor confiabilidad en los procesos. Algunos beneficios que Cuadros indica en el uso de estos PLC, es que se puede modificar el tipo de control sin costo alguno, el mantenimiento es sencillo y económico, el PLC puede ser usado por varios dispositivos incluso otro PLC, tiene una amplia comunicación y se puede visualizar se forma instantánea los datos.

2.3.2. Sistema SCADA

Según el investigador Cuadros S. (2023) define al sistema SCADA deriva de las siglas que significan Supervisory Control and Data Adquisition, lo que en español significa control con supervisión y adquisición de datos. Este sistema, el investigador indica que suele usarse con datos del proceso, que permite controlarlos automáticamente visualizando todos los indicadores del proceso, es decir, es la visualización de todos los datos que intervienen para el correcto desarrollo del proceso. Cuadros sugiere que se deben cumplir ciertas características en este sistema SCADA. Primero, hace referencia a la arquitectura, esta debe ser abierta y compatible, para que pueda combinarse con todas las aplicaciones donde los datos puedan visualizarse sin ningún problema. Segundo, se recomienda que la versión de Windows se utilice en el ordenador. Tercero, se debe contar con un interfaz que sea intuitivo para el operador. Cuarto, el sistema debe presentar un alto rendimiento para que tenga respuestas rápidas. Y, por último, las tecnologías a aplicar deben estar sujetos a estar actualizados constantemente.

2.3.3. Sistema de bombeo

De acuerdo a los investigadores Cafaggi A. et al. (2011) definen a un sistema de bombeos como el sistema que cuenta con diversos componente y tuberías que permiten determinar el caudal y presión necesarias para el proceso, esto considerando variables como el equilibrio hidráulico que establece la cantidad de energía potencial, energía cinética y pérdidas de energía. Además, consideran que se debe tener presente las propiedades que puedan tener los fluidos, una de ellas son la temperatura, la densidad y peso específico, viscosidad, presión de vapor, módulo de elasticidad volumétrico, tensión superficial y velocidad de las ondas sonoras en el fluido, todas estas propiedades deben ser analizadas para poder

plantear un adecuado sistema de bombeos.

2.3.3.1. Propiedades de los fluidos

Considerando el trabajo realizado por los investigadores Cafaggi A. et al. (2011), se definen las siguientes propiedades a considerar en los fluidos

a. La mecánica de fluidos

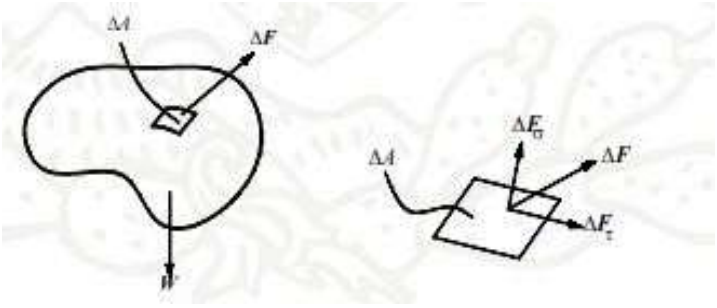
Cafaggi A. et al. (2011), consideran que el fluido es una sustancia que se deforma continuamente cuando se le aplica un esfuerzo tangencial, por pequeño que este sea, por lo que establece que existen fluidos en movimiento y en reposo, indica que esta mecánica de fluidos se puede explicar mediante dos categorías, la hidromecánica y dinámica de los gases.

b. Fuerzas que actúan en el interior de un fluido

Los investigadores plantean que existen dos tipos de fuerzas que, interactuando en este análisis, uno de ellos es de cuerpo y de superficie. Mencionan que una fuerza que actúa sobre un área específica puede descomponer en su componente normal y su componente tangencial, como se observa en la Figura 1., se observa F que es una fuerza, A es un área, Ft es el componente tangencial, Fo es el componente normal.

Figura 1.

Fuerzas de superficie y cuerpo, y componentes normal y tangencial de la fuerza de superficie



Nota. Propiedades de los fluidos. Sistema de bombeo (2011).

La fórmula a aplicar para poder determinar estas fuerzas, se establece hallando el esfuerzo (S), donde F es una fuerza, A es un área

$$S = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} = \frac{dF}{dA} \qquad (1.1)$$

Además, se debe determinar la presión en un punto del fluido para ello se aplica la siguiente fórmula, donde P_{ab} es la presión absoluta, P_{man} es la presión manométrica y P_{atm} es la presión atmosférica.

$$p_{ab} = p_{atm} + p_{man} \qquad (1.2)$$

c. Temperatura

Se debe tener en cuenta que, al estudiar los fluidos, se considera la presión con la temperatura, esta escala se establece en una escala de Celsius, por lo que la relación de la temperatura se establece de acuerdo a la siguiente formula, donde T es temperatura en Kelvin y t es en Celsius.

$$T = t + 273.15° \qquad (1.3)$$

d. Densidad y peso específico

Con respecto a la densidad y peso específico se considera la siguiente formula donde T es la temperatura absoluta, R_0 es la constante que depende del gas, P_{ab} es la presión absoluta, *p* es densidad y g se establece al valor de gravedad. Un dato clave que los investigadores consideran es que al disminuir la presión también disminuye la densidad.

$$\rho = \frac{p_{ab}}{g\,T\,R_0} \qquad (1.4)$$

e. Viscosidad

La viscosidad representada por μ es una medida de resistencia a fluir, la relación se establece entre μ/p siendo unidades de m/s y está de acuerdo a la temperatura.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \qquad (1.5)$$

f. Presión de vapor

Los investigadores consideran que en todo líquido se establece una temperatura determinada, por lo cual, existe una constante de movimiento de moléculas que escapan de dicha superficie en forma de vapor. Por ello se establece con la siguiente formula donde P =101.3 kPa es la presión atmosférica al nivel del mar y z es la altitud en metros sobre el nivel del mar.

$$p_{atm} = p_o(1-2.26\times10^{-5}z)^{5.256} \qquad (1.6)$$

g. Módulo de elasticidad volumétrico

Para hallar el módulo de elasticidad volumétrico, se establece caracterizar la compresibilidad del fluido con la siguiente formula, donde dp es el cambio diferencial de presión necesario, y p es densidad.

$$E_v = \frac{dp}{d\rho/\rho} \qquad (1.7)$$

h. Tensión superficial

La existencia de líquidos y la presencia de gases, se debe entender que si se presentan liquidas y gases que no se pueden mezclar, estas crean fuerzas en la superficie del líquido. Un ejemplo de esta tensión superficial es la tensión superficial para el agua en contacto con el aire. Un detalle a considerar es que la tensión

superficial no presenta relevancia cuando un líquido en movimiento se encuentra dentro de un conducto cerrado

i. Velocidad de las ondas sonoras en el fluido

La existencia de perturbaciones introducidas en algún punto del fluido, establece una velocidad finita, la cual se halla con la siguiente formula, donde la velocidad es a_o.

$$a_o = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}} \qquad (1.8)$$

2.3.3.2. Clasificación de los fluidos

a. Permanente y no permanente

De acuerdo a los investigadores Cafaggi A. et al. (2011), se considera a un fluido no permanente cuando el flujo en un punto determinado varía de un instante a otro. En el caso contrario, el flujo es permanente, si todas las características permanecen constantes en cualquier momento.

b. Flujo uniforme y no uniforme

En esta clasificación, se considera el vector de velocidad, si este es idéntico en cualquier punto de flujo es uniforme, en el caso contrario, será un flujo no uniforme.

c. Tridimensional, bidimensional y unidimensional

Como mencionan los investigadores Cafaggi A. et al. (2011), Cuando las características del flujo varían en el espacio en tres direcciones, se le considera tridimensional, y cuando se establece mediante planos paralelos, esté será reconocido como bidimensional, en el caso del flujo unidimensional, es cuando las características varían como funciones del tiempo y de una coordenada curvilínea en el espacio.

d. Laminar y turbulento

Los investigadores Cafaggi A. et al. (2011), definen a los flujos laminares que se desplaza siguiendo trayectorias separadas, pero que están definidas, en este caso, la viscosidad es muy importante. Para el caso de los flujos turbulentos se considera cuando las trayectorias de las partículas se mueven sobre trayectorias completamente diferentes, aquí la viscosidad pierde importancia.

e. Comprensible e incomprensible

Cuando los flujos son incomprensibles se considera que los cambios de densidad y son despreciables y caso contrario el flujo será comprensible. Los investigadores mencionan que si los líquidos, así como los gases a bajas velocidades pueden ser considerados incomprensibles.

2.3.3.3. Operación de sistemas de bombas en paralelo y en serie

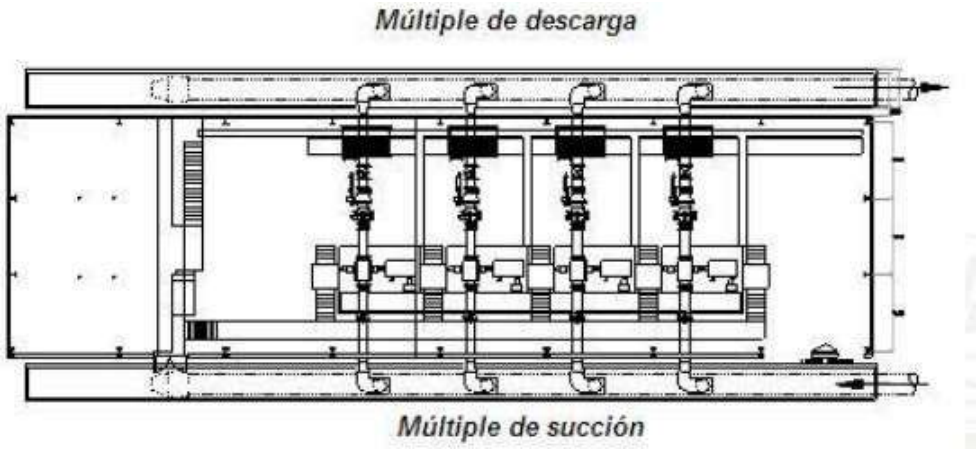
Los investigadores consideran que estos dos sistemas de bombeos se deben aplicar a ciertas condiciones:

a. Sistema de bombas en paralelo

Una característica es que dos o más bombas logran compartir un mismo punto de succión y de descarga, a esta característica se le denomina como sistema de bombas en paralelo. De acuerdo a las condiciones de trabajo, es normal encontrar que estas bombas estén instaladas de eje horizontal, ya que, comparten una múltiple succión y de igual forma una tubería como se muestra en la Figura 2, donde la succión y la descarga se encuentran conectadas desde un mismo punto.

Figura 2.

Planta de bombeo en paralelo con bombas horizontales



Nota. Sistema de bombas en paralelo. Sistema de bombeo (2011).

Este sistema de conexión se da de acuerdo a la necesidad de la demanda es escasa, y cuando el caudal llega a aumentar, se conectan más bombas. Es por ello que se considera que la cantidad de bombas en operación proporcionan la misma carga dinámica lo cual se ve reflejada en la siguiente formula:

$$H_{B1} = H_{B2} = H_{Bn} \tag{1.9}$$

Por lo tanto, el gasto total de la operación que la cantidad de bombas que se determinen será hallada con:

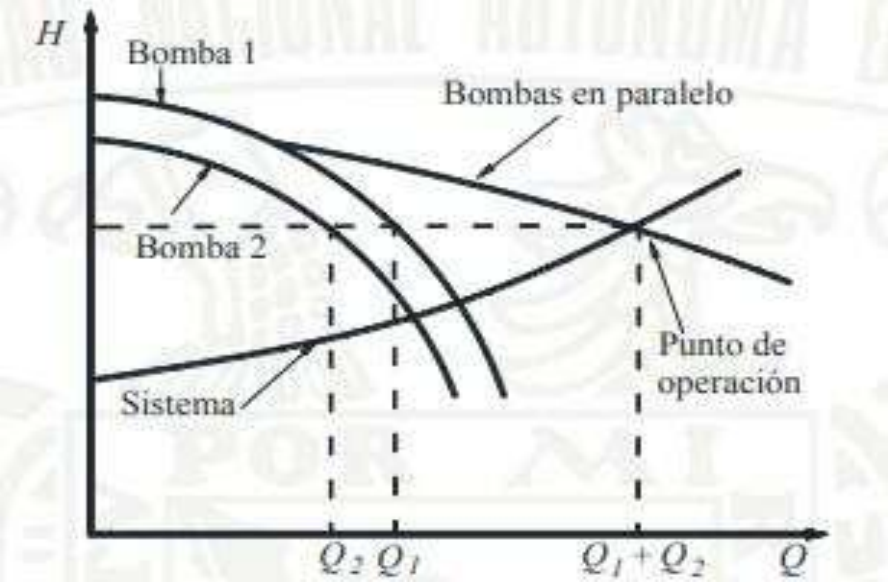
$$Q_{opn} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i \tag{1.10}$$

Además, los investigadores Cafaggi A. et al. (2011), consideran que, al usar bombas de diferentes curvas características, se puede observar que esta suma para lograr

una eficiencia global, la cual se puede visualizar en la Figura 3. En la cual muestra las dos curvas por separado de dos bombas y cuando estas trabajan en paralelo.

Figura 3.

Bombas con diferente curva característica trabajando en paralelo.



Nota. Sistema de bombas en paralelo. Sistema de bombeo (2011)

Para hallar la eficiencia global de las bombas en paralelo es: Donde la sumatoria de $\sum P_{mec}$ es la potencia mecánica que el sistema de bombeo emplea.

$$\eta = \frac{\gamma H \sum Q}{\sum P_{mec}} \qquad (1.11)$$

b. Sistema de bombas en serie

Este sistema es utilizado cuando una bomba actúa como grupo de presión para alimentar a otra bomba, de acuerdo a los investigadores Cafaggi A. et al. (2011), se debe considerar el principio de continuidad, esto quiere decir, que no existen estructuras de regulación entre la cantidad de bombas, ya que, todas ellas operan con las mismas características de gasto, por lo tanto, se considera las siguientes formulas:

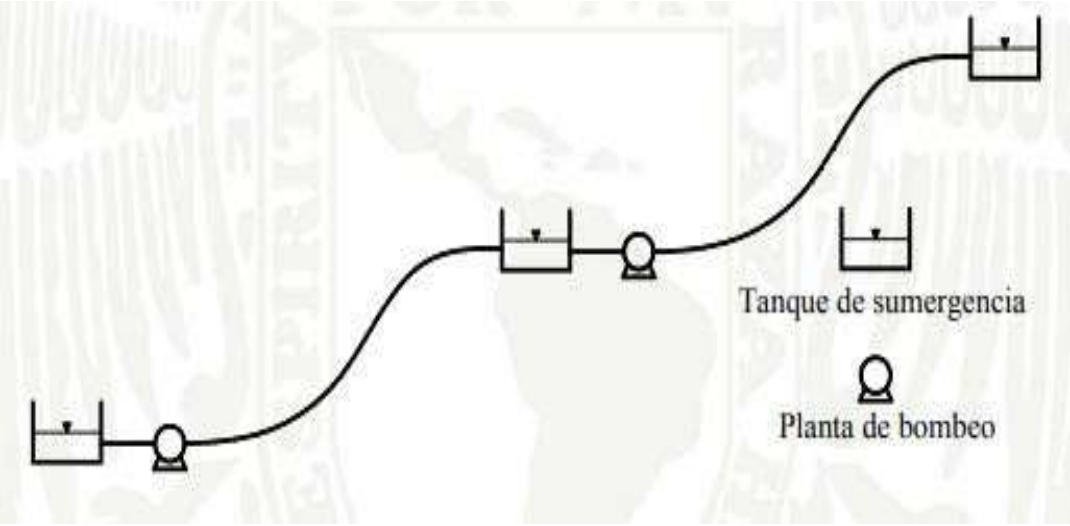
$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_n$$

$$H_{BT} = \sum_{i=1}^{n} H_B \qquad (1.12)$$

Este sistema se puede encontrar básicamente en las etapas de impulsión como se muestra en la Figura 4, esta muestra como las bombas de varios pasos, terminando en el tanque de succión de la siguiente bomba.

Figura 4.

Sistema de bombas en serie



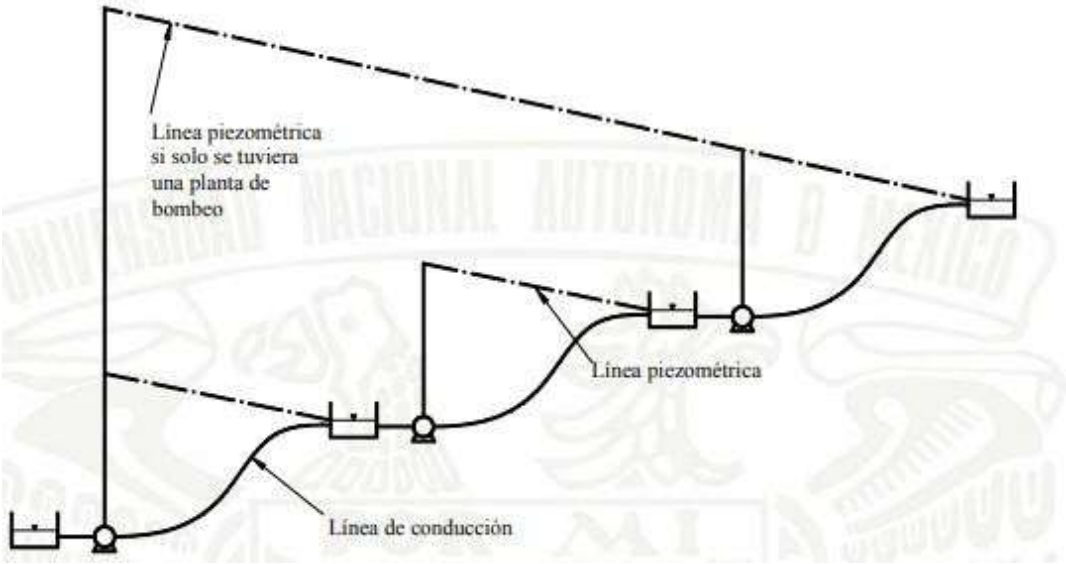
Nota. Sistema de bombas en serie. Sistema de bombeo (2011)

Este sistema presenta particularidades que se deben tomar en cuenta, tales como las etapas que tendrá el sistema, ya que, la eficiencia de la bomba debe ser la misma que la eficiencia de las demás bombas del sistema. No obstante, algunos fabricantes mencionan en su hoja de datos, el comportamiento que tendrá las bombas al considerar ciertos números pasos. Otro uso que se le suele dar a este sistema de bombas, es la de incrementar la carga de la bomba principal, esto con el objetivo de reducir o evitar problemas de cavitación por baja presión en la succión de la bomba principal. Esto se puede observar en la Figura 5, donde se debe vencer la carga que

presenta, por lo que se debe instalar varias bombas en serie, ya que otra forma de realizarlo es a través de bombas de múltiples pasos, lo cual resultaría muy costosa. La distribución a considerar para determinar el largo de la conducción, debe ser considerando que todas las bombas operen con la misma carga, ya que, facilita los mantenimientos de los equipos.

Figura 5.

Sistema de tres plantas de bombeo en serie



Nota. Sistema de bombas en serie. Sistema de bombeo (2011).

2.3.4. Automatización Industrial

La automatización industrial comprende el conjunto de tecnologías orientadas a controlar, supervisar y optimizar procesos productivos mediante sistemas electrónicos, mecánicos y computacionales. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia operativa, reducir errores humanos y garantizar la continuidad y seguridad del proceso. En plantas industriales modernas —incluyendo plantas cementeras— la automatización integra sensores, actuadores, redes de comunicación industrial, PLC, SCADA y sistemas de control descentralizado (DCS), lo que permite una supervisión permanente y la toma de decisiones en tiempo real (Groover, 2020).

La incorporación de sistemas automatizados en procesos de bombeo es especialmente relevante debido a la necesidad de mantener condiciones hidráulicas estables, prevenir fallas por cavitación y asegurar la disponibilidad de agua para procesos críticos. La automatización permite establecer rutinas de operación, proteger equipos mediante alarmas y enclavamientos, y recopilar datos históricos para análisis de desempeño (Bolton, 2021).

2.3.5. Redes de Comunicación Industrial

Las redes de comunicación industrial permiten el intercambio seguro y rápido de información entre dispositivos de campo, controladores y sistemas supervisores. Estas redes pueden clasificarse según su nivel funcional (dispositivo, control, supervisión) y según la tecnología empleada (Ethernet industrial, buses de campo, redes propietarias).

Protocolos como Modbus TCP/IP, Profibus, Profinet y Ethernet/IP son ampliamente utilizados en la industria debido a su robustez, flexibilidad y compatibilidad con sistemas de control modernos. La selección del protocolo adecuado depende de los requisitos de velocidad, determinismo, distancia y cantidad de dispositivos conectados (Petruzella, 2020). En sistemas de bombeo automatizado, estas redes permiten la lectura continua de presiones, caudales, temperaturas, niveles y estados de bombas, facilitando una operación confiable y centralizada.

2.3.6. Instrumentación para Sistemas de Bombeo

La instrumentación es el conjunto de dispositivos capaces de medir, transmitir y controlar variables del proceso, siendo indispensable para garantizar la operación eficiente de un sistema de bombeo. Entre los instrumentos más utilizados se encuentran:

- Transmisores de presión: permiten monitorear presión de succión y descarga

para evitar condiciones anómalas como cavitación.

- Medidores de caudal: supervisan el volumen de agua transportado, asegurando el cumplimiento de las demandas del proceso.
- Sensores de nivel: controlan automáticamente la activación o apagado de bombas según el nivel disponible en tanques o reservorios.
- Sensores de vibración y temperatura: permiten acciones de mantenimiento predictivo al detectar desbalances o sobrecalentamientos en equipos rotativos.

Una adecuada selección y calibración de la instrumentación mejora significativamente la confiabilidad del sistema y reduce costos por mantenimiento correctivo (BBVA, 2018).

2.3.7. Cavitación y Protección de Bombas

La cavitación es un fenómeno hidráulico perjudicial que ocurre cuando la presión del fluido cae por debajo de su presión de vapor, generando burbujas que implosionan y dañan los componentes de la bomba. Este proceso puede causar erosión, vibraciones excesivas, pérdida de capacidad hidráulica y fallas prematuras del equipo.

- El control automatizado permite prevenir la cavitación mediante estrategias como:
- Monitoreo continuo del NPSH disponible.
- Alarmas tempranas por baja presión en succión.
- Control inteligente de válvulas para mantener caudales mínimos.
- Rutas lógicas que bloquean el arranque en condiciones inseguras.

La integración de estas funciones en PLC y SCADA resulta esencial para la protección del sistema de bombeo (Stepanoff, 2019).

2.3.8. Eficiencia Energética en Sistemas de Bombeo

Los sistemas de bombeo representan una parte significativa del consumo energético en plantas industriales, por lo que su gestión eficiente es crucial. La eficiencia depende de factores como el dimensionamiento hidráulico, condiciones de operación, tipo de bomba y calidad del control. Estrategias como la implementación de variadores de velocidad (VFD), la operación de bombas en paralelo o en serie según demanda, y el uso de curvas características permiten reducir costos y optimizar el funcionamiento. Los VFD permiten ajustar la velocidad de rotación, disminuyendo el consumo energético hasta en 30–50% según la carga requerida (Hydraulic Institute, 2021). Incorporar estas tecnologías en conjunto con un sistema automatizado garantiza una operación dinámica, estable y energéticamente eficiente.

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Materiales

3.1.1. Reservorio Kayzon

- PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/Rly
- CM 1243-5 (Módulo de comunicación Profibus-Master)
- 4 esclavos SIMOCODE pro V
- 1 Antena Ubiquiti Networks PBE-M5-300
- Switch siemens XB005 6GK5005-0BA00-1AB2
- Llave Termomagnética 6Amp Siemens.

3.1.2. Reservorio Carbón

- PLC S7 1200 CPU 1214C DC/DC/DC
- 1 Antena Ubiquiti Networks PBE-M5-300
- Switch siemens XB005 6GK5005-0BA00-1AB2
- 1 - Llave Termomagnética 6Amp Siemens.

3.1.2. Sala eléctrica

- PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/Rly
- HMI KTP1000 Basic color PN
- Switch siemens XB005 6GK5005-0BA00Siemens.
- 1 Llave Termomagnética 6Amp Siemens.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de investigación

Para esta investigación, el tipo de investigación de todos los objetivos son de carácter cuantitativo, debido a que, se considera trabajar con datos exactos dentro de todas las variables, lo que permitirá establecer cálculos y mediciones para el desarrollo de este proyecto.

3.2.2. Diseño

Este proyecto de tesis será experimental de estudio transversal. En el caso de experimental, será porque las variables serán manipuladas y controladas para poder determinar con mayor exactitud los objetivos específicos planteado, además, es transversal porque se realizará con datos del año 2025

3.3. Técnicas de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de investigación

A. Revisión Documental

Para el desarrollo de este proyecto, esta técnica resulta clave, debido a que, permitirá recopilar, analizar, y seleccionar la información de fuentes primarias y secundarias, permitiendo así, mejorar la comprensión del tema de investigación, aportando así al objetivo de esta tesis.

B. Observación

La observación científica permite establecer un adecuado recojo de información, por lo que, logra caracterizar por qué se está planteando un método, objetivos, y no generar espacios para subjetividades. Considerando ello, se observa que permite establecer un proceso empírico básico, ya que se trabaja con datos reales y mediciones de las variables, lo que permite a la investigación observar toda la información que es útil que ha permitido lograr este proyecto.

C. Medición

Para este proyecto es fundamental el uso de la medición, para poder determinar con mayor exactitud las variables de esta investigación, esto será realizado mediante instrumentos industriales, esto permitió brindar datos exactos de todos los equipos y sensores que se utilizaron para este proyecto. Debido a que la empresa cementera cuenta con instrumentos certificados, permitirá establecer los datos de manera exacta y precisa.

3.4. Técnicas de análisis

Primero, se ha recolectado en diversos indicadores, datos clave para el desarrollo de esta investigación, esta información es de fuentes primarias, datos de la propia empresa. A partir de estos datos, se establece la programación para plantear las variables y determinar de forma simulada la ejecución de la programación considerando todos los riesgos posibles al momento de ejecutar el funcionamiento de cada equipo. Esta programación será realizar en el software TIA PORTAL v17.0, debido a que, la empresa mayormente tiene equipos SIEMENS, lo cual permite una adecuada migración de cualquiera de los equipos, en caso de fallas, mejoras o cambios. Con todas las pruebas realizadas de manera satisfactoria se procederá a realizar la prueba en vacío con los equipos, garantizando siempre la seguridad al momento de probar la programación, una vez finalizada y realizada todas las pruebas en vacío, se realizará pruebas en marcha, para poder determinar la efectividad de la programación cumpliendo el objetivo de esta tesis.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis del actual sistema de suministro de agua

En el actual sistema de suministro de agua, en la parte eléctrica se observa que existe una gran deficiencia por la parte del cableado de este sistema, lo que en cualquier momento podría ocasionar una bomba de tiempo como se observa en la Figura 6. Para el caso de los mantenimientos preventivos se observaba que esta situación dificulta muchas veces la búsqueda rápida del problema, en este caso, se ha registrado varios incidentes respecto a las fallas, por lo que este sistema actual es un tanto ineficiente.

Figura 6.

Sistema de cableado deficiente



Nota. Fuente propia

Para el caso de las canaletas, se conoce que hubo intenciones de poder mejorar este sistema como se muestra en la Figura 7., se cuenta con unas canaletas listas para usarse en el espacio del tablero de mando y de fuerza, y también al tablero donde se colocará el PLC Siemens, estas ayudaron a facilitar el proceso de automatización.

Figura 7

Canaletas inutilizadas



Nota. Fuente propia

Además, en el tablero actual en el que se ubica el sistema de mando y de fuerza del sistema actual de bombeo, resulta estar en condiciones subestándares. Por lo que al observar la Figura 8., es notorio que se encuentra un tablero inadecuado, esto nos induce a pensar que muchas de las fallas que se presenta es por la situación actual del sistema de mando, que es actuado de manera manual, cuando requieren el llenado, un personal del área eléctrica enciende la bomba, el sistema actual si cuenta con un sensor de llenado, que detiene la bomba cuando ya alcanzo el nivel deseado.

Figura 8

Tablero eléctrico inadecuado



Nota. Fuente propia

Existe un tablero que están al aire, como se observa en la Figura 9., esto también representa una condición subestándar que debe tenerse en cuenta al momento de desarrollar todo este proyecto, para minimizar todos los riesgos y garantizar un adecuado funcionamiento.

Figura 9

Tablero eléctrico inadecuado II



Nota. Fuente propia

4.2. Componentes del sistema automático de bombeo

Se debe considerar que, dentro de los componentes principales utilizados para este proyecto, fue necesario realizar la verificación integral de cada tablero eléctrico

existente en los pozos de agua. Si bien algunos pozos contaban únicamente con el tablero físico, en varios casos fue indispensable inspeccionar también el estado de los sensores, las conexiones eléctricas y otros elementos asociados al sistema de control. Como resultado de este proceso, se logró validar de manera satisfactoria cada uno de los componentes, verificando su operatividad y cumplimiento técnico. Asimismo, se procedió a instalar y/o ajustar las protecciones eléctricas conforme a la normativa vigente, específicamente lo establecido en el Código Nacional de Electricidad – Utilización (CNE-U) y las recomendaciones del Ministerio de Energía y Minas del Perú, así como lineamientos aceptados por normas internacionales como la IEC 60364. Cada circuito fue adecuadamente independizado mediante su respectivo interruptor termomagnético y/o diferencial, lo que permite aislar fallas, bloquear el sistema en caso de anomalías y garantizar una operación segura y confiable del sistema de bombeo, como se observa en la figura 10.

Figura 10

Tablero eléctrico de pozo elevado – consumo humano



Nota. Fuente propia

Considerando la Figura 11, se observa un switch destinado específicamente a las conexiones de las antenas. Tal como se mencionó previamente, debido a la complejidad asociada a las grandes distancias entre los pozos y la sala de control, así como a la necesidad de optimizar los recursos económicos del proyecto, se optó por implementar un sistema de comunicación inalámbrica mediante antenas. Este sistema permite la transmisión confiable de las señales requeridas para el funcionamiento del control automatizado. En ese sentido, el switch cumple un rol fundamental, ya que actúa como elemento de interconexión entre los distintos equipos del sistema, tales como el PLC y el módulo SIMOCODE de Siemens encargado del control y protección de las bombas. Gracias a esta infraestructura, es posible garantizar una comunicación estable, segura y continua entre todos los componentes.

Figura 11

Switch para ethernet



Nota. Fuente propia

De acuerdo con las necesidades del proyecto, se optó por instalar inyectores Power over Ethernet (PoE), los cuales permiten suministrar energía eléctrica y transmitir datos a través de un mismo cable Ethernet. Este tipo de dispositivo resulta especialmente útil para alimentar antenas, radios inalámbricos o puntos de acceso,

siendo en este caso indispensable para la operación de las antenas empleadas en el sistema de comunicación. La principal ventaja de los inyectores PoE es que eliminan la necesidad de una fuente de alimentación independiente en cada punto remoto, lo que simplifica la instalación, reduce costos y mejora la fiabilidad del sistema. Por ello, su implementación se consideró la opción más adecuada para garantizar el correcto funcionamiento del enlace inalámbrico dentro del proyecto como se observa.

Figura 12

Inyectores POE



Nota. Fuente propia

Para la comunicación y el control integral del sistema, se implementó una arquitectura basada en PLC maestro y PLC esclavo, instalados en cada una de las salas eléctricas de los pozos de agua. En este proyecto se empleó el PLC Siemens Simatic S7-1200, como se muestra en la Figura 13. Este equipo resulta esencial para garantizar la correcta lectura de los sensores, la supervisión de las variables de proceso y la ejecución de las funciones de protección de las bombas y de los demás componentes eléctricos. Gracias a su robustez, capacidad de comunicación y modularidad, el S7-1200 se adapta adecuadamente a las condiciones de operación del sistema, asegurando un funcionamiento confiable y continuo en cada pozo.

Figura 13

PLC Simatic S7-1200 Siemens

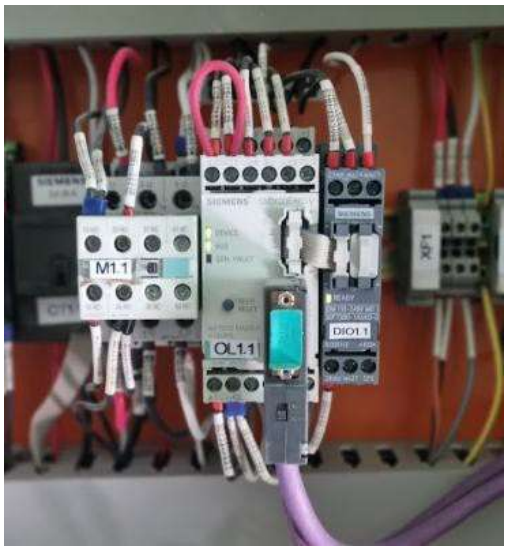


Nota. Fuente propia

Cada bomba del sistema cuenta con una configuración de conexión estándar, diseñada para garantizar un funcionamiento seguro y confiable. Tal como se observa, se instala un contactor encargado de asegurar el suministro adecuado de las tres fases hacia la bomba, permitiendo además realizar el enclavamiento eléctrico según los criterios definidos para la operación y protección del equipo. Asimismo, se incorpora un módulo SIMOCODE, cuyo propósito es supervisar y proteger el motor mediante la lectura de variables eléctricas y de operación, tales como corriente, tensión, estado térmico y condiciones de falla. En caso de ser necesario, se añade un módulo auxiliar al SIMOCODE para ampliar la cantidad de señales que deben ser procesadas durante el funcionamiento de la bomba. Toda esta estructura de control y monitoreo se integra mediante la comunicación Profibus, lo que permite transmitir información de manera eficiente y confiable hacia el PLC y, posteriormente, al sistema de supervisión. Esta configuración asegura una gestión completa del estado de cada bomba dentro del sistema automatizado.

Figura 14

Conexión eléctrica de las bombas de agua



Nota. Fuente propia

Considerando la importancia de que cada equipo cumpla con las estandarizaciones de protección y control, es fundamental asegurar que todos los componentes instalados —como el contactor, el módulo SIMOCODE y la conexión Profibus— se encuentren configurados y operando bajo las condiciones técnicas establecidas. Esto garantiza la uniformidad del sistema, la correcta integración entre dispositivos y un funcionamiento seguro y confiable en cada punto del proceso.

Figura 15

Tablero eléctrico con las conexiones de cada bomba



Nota. Fuente propia

Dentro de cada tablero eléctrico se han incorporado indicadores LED que permiten visualizar de manera inmediata el estado operativo de las bombas. Estos indicadores muestran si la bomba se encuentra encendida, apagada o si presenta alguna condición de falla, lo que facilita la supervisión local del sistema.

La inclusión de estas señales luminosas es fundamental para las labores de mantenimiento preventivo y correctivo, ya que permiten identificar rápidamente eventos anómalos, verificar el estado de operación antes de intervenir el equipo y reducir tiempos de diagnóstico en campo. Esta funcionalidad, mostrada en la Figura 16, contribuye a una operación más segura, eficiente y estandarizada en todos los pozos del sistema.

Figura 16

Indicadores led de encendido y falla de bombas



Nota. Fuente propia

Para las conexiones eléctricas de las bombas, y en cumplimiento de la normativa vigente, se ha considerado que cada bomba —y el circuito asociado— cuente con su llave general, guardamotor y las protecciones correspondientes. Estos elementos aseguran que cada equipo opere dentro de condiciones seguras y permita

detectar, aislar y actuar ante posibles fallas eléctricas o mecánicas, garantizando así la continuidad operacional y la protección del personal.

En este contexto, es fundamental resaltar el rol de los módulos SIMOCODE, los cuales constituyen un componente clave dentro del sistema de automatización de las bombas. Gracias a sus funciones avanzadas de protección, monitoreo y diagnóstico, el SIMOCODE permite una gestión integral del motor, brindando información en tiempo real y facilitando la interacción entre los equipos de campo, el PLC y el sistema SCADA. Su implementación contribuye directamente a mejorar la confiabilidad, seguridad y eficiencia del sistema automatizado de bombeo.

Figura 17

Tablero eléctrico de las bombas de agua



Nota. Fuente propia

De igual forma, un componente crucial para este proyecto fueron las antenas, como se muestra en la Figura 18 y 19. Para asegurar una comunicación inalámbrica eficiente, estas antenas se instalaron en la parte más alta posible de cada estructura donde se ubican los pozos. La elevación es un factor determinante, ya que reduce las obstrucciones físicas y mejora la línea de vista, lo que se traduce en una conexión más estable y confiable. Además, es importante considerar la orientación de las antenas. En muchos casos, estas deben alinearse directamente hacia la antena principal o estación base para optimizar la calidad del enlace, disminuir pérdidas de señal y garantizar la correcta transmisión de datos dentro del sistema de automatización. Esto permite mantener la continuidad operativa del sistema de bombeo y una supervisión precisa en tiempo real.

Figura 18

Antena del pozo profundo



Nota. Fuente propia

Figura 19

Antena direccionada a la otra antena receptora



Nota. Fuente propia

Es importante considerar que las distancias de comunicación inalámbrica empleadas en el proyecto se encuentran dentro de los rangos establecidos por el fabricante de las antenas Ubiquiti, tanto para el equipo emisor como para el receptor. Esto garantiza que el enlace opere con la potencia, estabilidad y calidad requeridas.

En la Figura 20 se observa la distancia existente entre el pozo más alejado y la ubicación de la antena principal, donde se encuentra instalado el PLC maestro. Desde este punto se recopilan todas las variables del sistema, incluyendo lecturas de sensores, estados de las bombas y demás señales necesarias para la supervisión y control del sistema automatizado de bombeo. Esta conformación asegura una comunicación confiable y continua en todo el sistema.

Figura 20

Distancia entre el pozo más alejado a la central



Nota. Fuente propia

En la Figura 21 se muestra el PLC Siemens Simatic S7-1200 junto con su módulo de comunicación, los cuales forman parte del sistema central de control. En este equipo se conectan diversos cables de comunicación industrial que permiten el intercambio de información entre los dispositivos de campo, las antenas inalámbricas y el PLC maestro. El cable celeste corresponde a un cable Ethernet (RJ-45), utilizado para la comunicación bajo el protocolo Profinet, estándar empleado por Siemens para la integración de dispositivos dentro de redes de automatización. A través de este enlace se transmiten datos esenciales del sistema, tales como lecturas de sensores, estados de bombas, señales de protección y diagnósticos operativos. Este tipo de conexión garantiza una comunicación estable, rápida y confiable entre el PLC y los demás componentes del sistema, permitiendo la supervisión en tiempo real y asegurando el correcto funcionamiento del proceso automatizado de bombeo.

Figura 21

Módulo de comunicación CM 1242



Nota. Fuente propia

En el pozo elevado, la propia estructura física permitió una ubicación óptima para la antena de comunicación, tal como se aprecia en la Figura 22. La antena se instaló en la parte más alta del pozo con el fin de maximizar la línea de vista y garantizar una conexión inalámbrica estable con el sistema central de control.

Este tanque elevado cumple una función crítica dentro de la operación, ya que se utiliza exclusivamente para el consumo humano, abasteciendo el área de preparación de alimentos del comedor y atendiendo las necesidades diarias de los trabajadores. Por ello, resulta indispensable que el sistema automatizado registre de manera precisa el nivel de agua del pozo, permitiendo regular su llenado y asegurar un suministro continuo, seguro y adecuado para las actividades de consumo y preparación de alimentos.

Figura 22

Tanque elevado de consumo humano



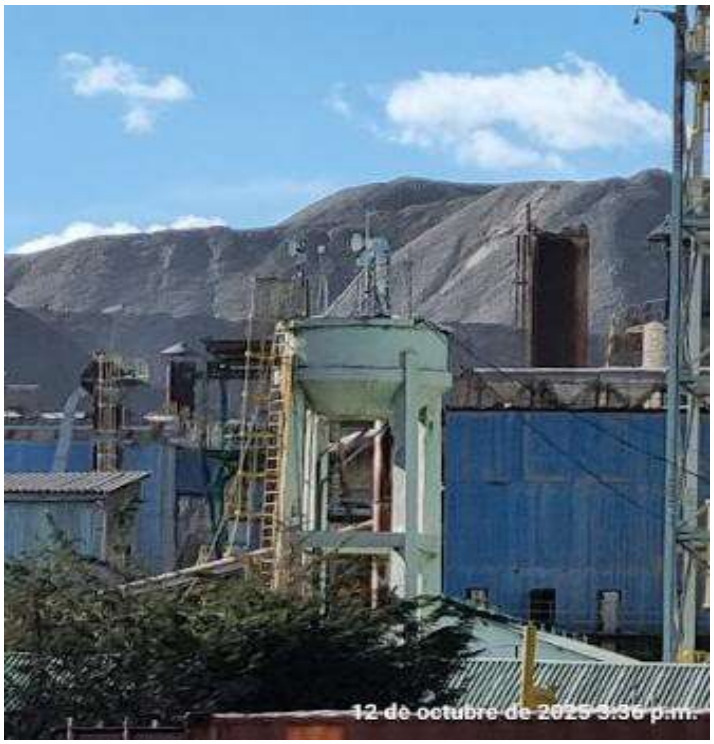
Nota. Fuente propia

La distancia y la alineación entre antenas son factores determinantes para garantizar una comunicación inalámbrica eficiente dentro del sistema. En la Figura 23 se aprecia que la antena está instalada en una posición adecuada, lo que permite asegurar un enlace estable y con la potencia necesaria para transmitir la información hacia el punto de control correspondiente.

En este caso, la antena se comunica directamente con otro pozo que posee una mayor cobertura, el cual actúa como punto intermedio para la distribución de agua hacia la zona central de la planta, donde se ubican las oficinas. Esta configuración de enlace entre pozos permite mantener la continuidad operativa del sistema de automatización y asegurar la correcta supervisión del proceso de abastecimiento de agua en toda la instalación.

Figura 23

Distancia del tanque elevado con el pozo



Nota. Fuente propia

En la Figura 24 se observa la disposición de las bombas instaladas en el Pozo Kayzon, designado como el punto principal de suministro de agua para la planta. Debido a la criticidad de este proceso, se han implementado dos bombas, siguiendo las recomendaciones técnicas y las buenas prácticas de operación establecidas para sistemas de abastecimiento continuo.

La configuración de bomba en operación + bomba en standby es esencial, ya que permite realizar mantenimientos preventivos o correctivos sin interrumpir el servicio. Además, en caso de falla de la bomba principal, la bomba de respaldo puede entrar en funcionamiento de manera inmediata, asegurando así el suministro permanente de agua durante las 24 horas del día.

Este abastecimiento es indispensable tanto para las operaciones industriales de la planta como para los servicios de uso diario, incluyendo el comedor y los

servicios higiénicos del personal. Por ello, la redundancia de bombas constituye un elemento fundamental para garantizar la continuidad y confiabilidad del sistema como se muestra en la Figura 25.

Figura 24

Conexiones de las tuberías de las bombas al sistema automático



Nota. Fuente propia

Figura 25

Bombas en el pozo Kayzon



Nota. Fuente propia

En el caso de las bombas, y considerando que la planta cuenta con personal encargado del mantenimiento preventivo y correctivo, se ha instalado un selector

rotativo que permite cambiar el modo de operación entre automático y manual. Este dispositivo facilita la realización de pruebas en campo, mediciones eléctricas y verificaciones funcionales que forman parte de las rutinas de mantenimiento.

El selector rotativo es un componente esencial, ya que permite aislar y controlar individualmente cada bomba sin interferir con la lógica del sistema automatizado. Además, su funcionamiento ha sido contemplado dentro de la programación del PLC, asegurando que no se generen conflictos entre el modo manual y el modo automático, y garantizando así una operación segura, ordenada y alineada con los procedimientos del personal de mantenimiento.

Figura 26

Selector rotativo



Nota. Fuente propia

Los sensores de radar utilizados para medir el nivel de agua en los pozos constituyen un elemento fundamental dentro del sistema de automatización, ya que permiten obtener lecturas precisas y continuas del porcentaje de llenado. Como se aprecia en la Figura 27, el sensor ha sido instalado en una posición adecuada que garantiza una medición confiable y libre de interferencias.

Para su correcta operación, el sensor debe ser calibrado según las especificaciones del fabricante, configurando los rangos de medición, los porcentajes de nivel y realizando pruebas de verificación en campo. Esta calibración asegura que los valores transmitidos al PLC representen fielmente el nivel real del pozo. Si bien el sistema cuenta con un sensor de radar para una lectura fina y detallada, también se han instalado boyas de nivel superior e inferior como elementos de protección adicional. La boya superior permite detener automáticamente la bomba cuando el pozo alcanza su nivel máximo, mientras que la boya inferior habilita el encendido cuando el nivel desciende. Esta combinación de tecnologías proporciona un sistema robusto, donde las boyas actúan como respaldo y el radar ofrece una supervisión más precisa para la gestión operativa y el control del proceso.

Figura 27

Sensor de radar para medir nivel de agua del pozo



El pozo Kayzon, considerado el pozo principal de todo el sistema, cuenta con una antena de comunicación instalada en la parte más elevada de su estructura, tal como se muestra en la Figura 28. Esta ubicación estratégica permite asegurar una

línea de vista óptima, condición indispensable para garantizar que la señal inalámbrica llegue de manera estable y con la calidad requerida hacia el punto central de control.

Previo a su puesta en operación, se realizaron pruebas de enlace y verificación de señal, confirmándose que la antena, su orientación y las conexiones asociadas funcionan correctamente. Gracias a esta instalación, el pozo Kayzon puede transmitir sin interrupciones la información correspondiente al nivel de agua, el estado de las bombas y demás variables críticas del sistema automatizado.

Figura 28

Ubicación de antena de pozo Kayyzon



Tabla 2

Materiales usados

Material	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
- Simocode **3UF7000-1AU00-0**	4	$ 808.99	$ 3235.96
- Switch Weidmuller IE-SW-VL08MT-8TX	3	$ 550.00	$ 1650.00
- PLC IMATIC S7-1200 1214C	3	$ 547.00	$ 1641.00
- Modulo PROFIBUS CM 1243-5	3	$ 350.00	$ 1050.00
- Antena transmisora y receptora Ubiquiti Rocket 5ac Gen2 Prisma 5ghz	4	$ 360.00	$ 1440.00
- HMI KTP1000 Basic color PN	1	$ 1500.00	$ 1500.00
- Llaves Termomagnéticas mando 6 Amp.	3	$ 50.00	$ 150.00
- Gabinete Schneider NSYSF22860P	3	$ 900.00	$ 2700.00
- Otros materiales, terminales, conectores, cables, fusibles, portafusibles.		$ 200.00	$ 200.00

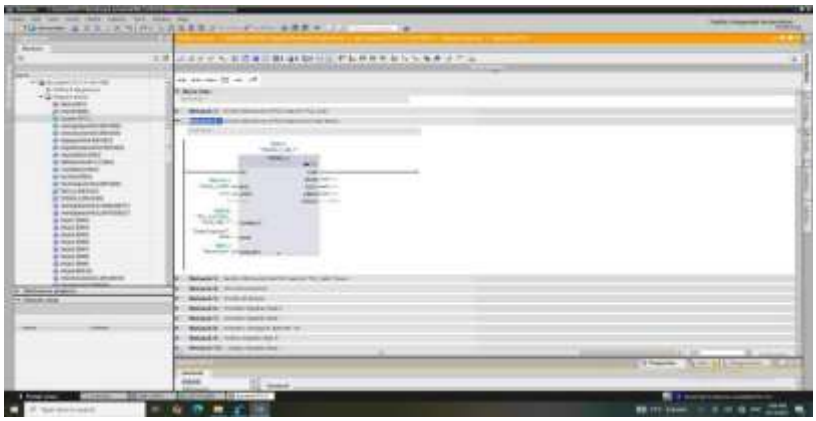
4.3. Presentación de resultados

4.3.1. Programación de las variables

Considerando todas las variables planteadas como el eficiente en el abastecimiento de agua, tiempo de operación del sistema de bombeo, consumo energético del sistema de bombeo, reducción de fallos operativos en el sistema de bombeo de agua, optimización del recurso hídrico y costos operativos relacionados con este proyecto. Se ha considerado todas las variables, a excepción del costo operativos relacionados a este proyecto, debido a que, esta no se puede establecer en la programación. En ese sentido, la programación SCADA tiene una parte importante como se muestra en la Figura 29, muestra la instrucción TSEND_C esta permita ejecutar de manera asíncrona el funcionamiento de la comunicación del enlace con Pozo Kayzon, para que desde un punto cercano al área de trabajo del personal eléctrico e instrumentista de planta puedan visualizar y controlar, lo cual optimiza el tiempo de mantenimiento preventivos y correctivos, para detectar la falla desde sala e ir a campo con los repuestos y herramientas necesarias, además este bloque permite generar un envío de datos a través del enlace de comunicación que se ha configurado para el Pozo Kayzon, y además también permite desconectar el enlace de la comunicación.

Figura 29.

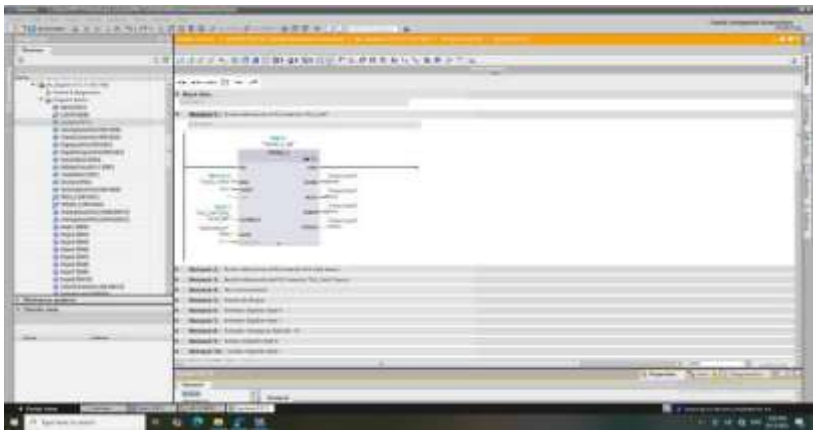
Programación SCADA - I



En la Figura 30, se observa que se busca enviar la información al PLC de la sala nueva es decir del proceso de agua salada, de igual forma se utilizar el bloque TSEND_C lo cual permite garantizar esta comunicación desde el PLC maestro a los PLC esclavos de este sistema.

Figura 30

Programación SCADA - II

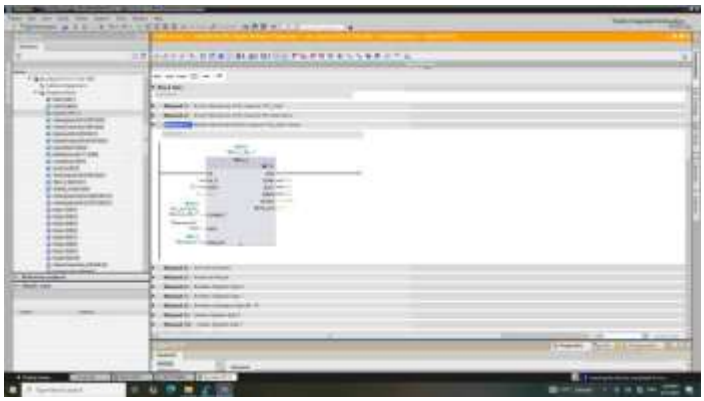


Nota. Fuente propia

En toda comunicación se debe establecer el envió de datos y la recepción de datos, para garantizar una adecuada automatización, en la figura 31, se establece la programación mediante el bloque TRCV_C el cual permite recibir los datos de los PLC esclavos, considerando que la programación se establece mediante el PLC maestro.

Figura 31

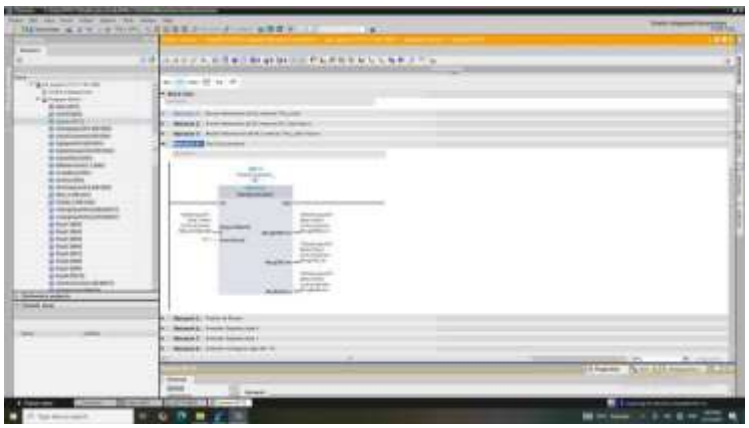
Programación SCADA – III



Es fundamental que, en toda programación, se pueda establecer el tema de testeo de información, porque no se podrá determinar exactamente si el envío de datos o la recepción de los mismos esté funcionando adecuadamente, por lo que en la figura 32, se observa que se realiza el testeo de comunicación mediante el bloque CheckConection

Figura 32

Programación SCADA - IV

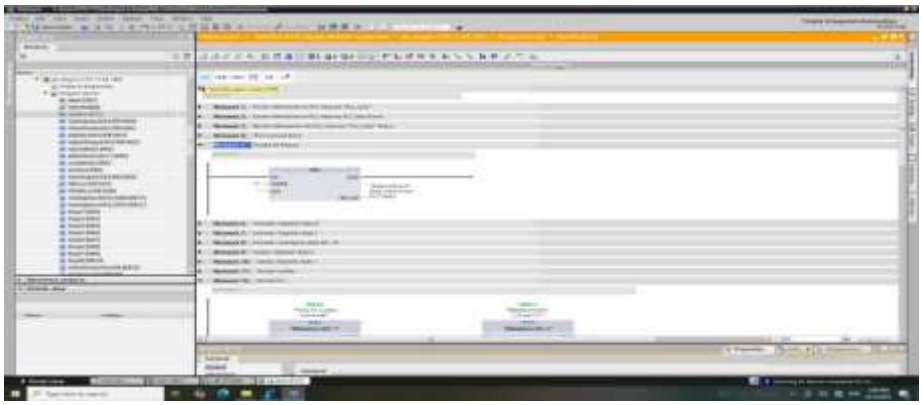


Nota. Fuente propia

Considerando la importancia de que dentro de la programación exista un bloque que pueda determinar el funcionamiento del bloque que se está usando, para reducir incertidumbre a la hora de realizar la programación como se plantea en la Figura 33.

Figura 33

Programación SCADA - V

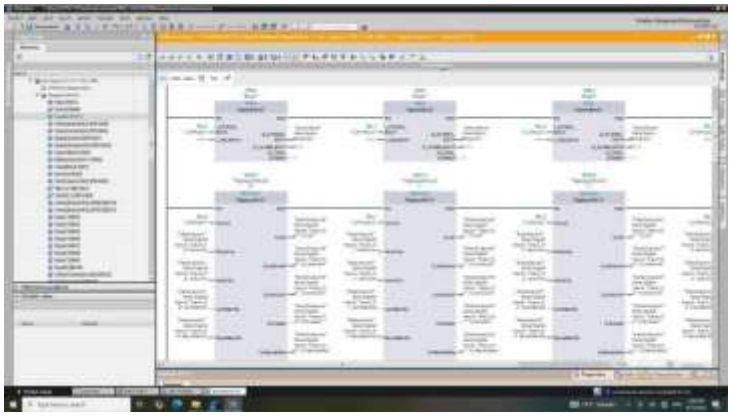


Nota. Fuente propia

En la figura 34, se ha configurado todas las entradas del sistema de boyas, por lo que se hace uso de los bloques de entradas digitales, en esta figura se observa la configuración de los swtich de nivel alto (LSH) y switch de nivel bajo (LSL), en esta parte se configura los bits de comunicación, pero también se coloca las alarmas del sistema en caso no pueda ser reconocido estos sensores.

Figura 34

Programación SCADA - VI

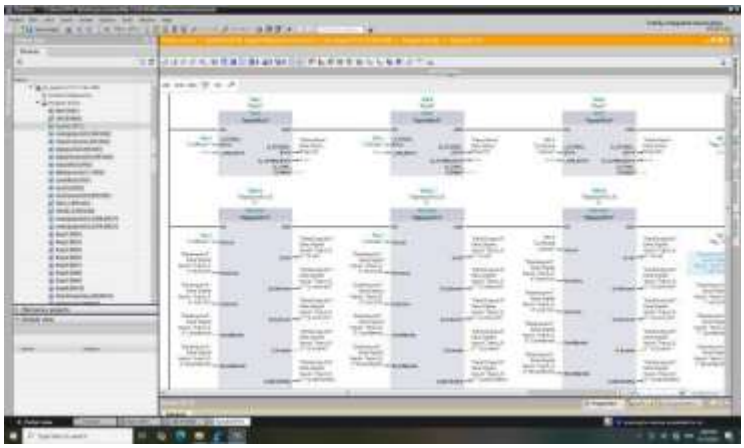


Nota. Fuente propia

También se configura las entradas digitales de la otra parte del sistema, como es el pozo de agua salda, y de la planta de carbón, estas tienen su configuración establecida en los LSH y LSL, por lo que, todas las boyas del sistema se están considerando dentro del proyecto para garantizar la seguridad del proyecto

Figura 35

Programación SCADA - VII

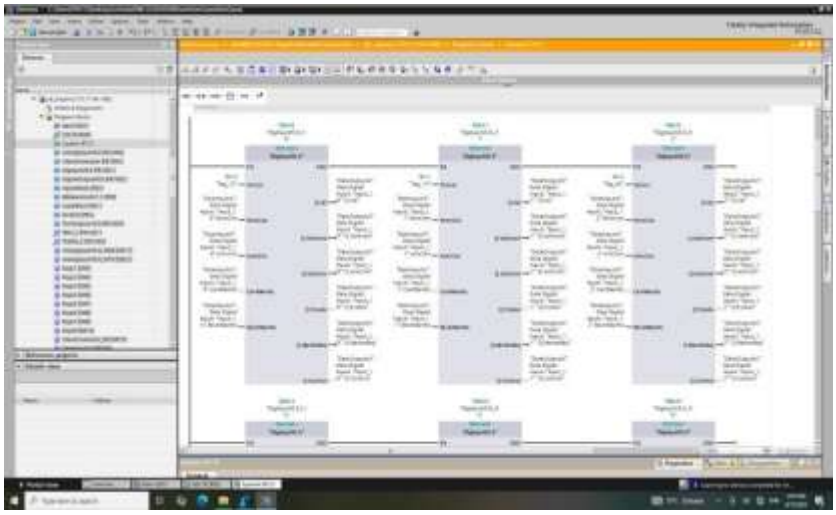


Nota. Fuente propia

En la figura 36, se establece la programación de los sensores que se podrán añadir, para que la programación permita la conexión de estos casos, por eso los Tag 13, 14 y 92 resultan cruciales para el desarrollo de la programación

Figura 36

Programación SCADA - VIII

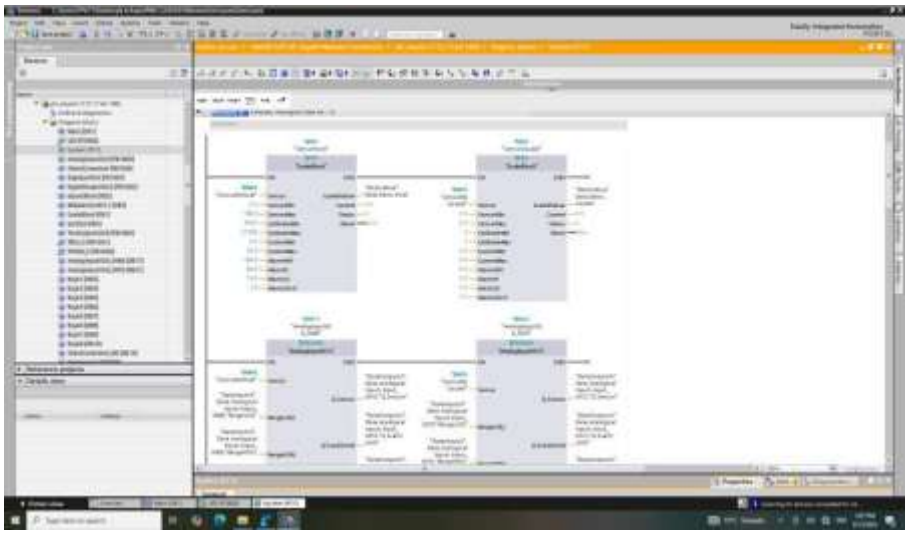


Nota. Fuente propia

En la figura 37, se establece la programación de los sensores de radar, estos datos permitirán establecer el nivel exacto de los reservorios y tanques de agua

Figura 37

Programación SCADA – IX

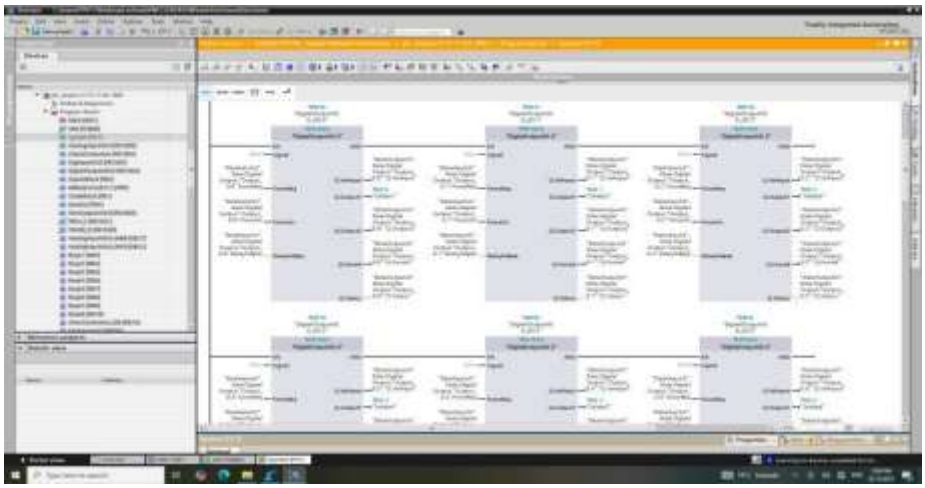


Nota. Fuente propia

Como en el caso de las entradas digitales, también es importante configurar las salidas digitales, por eso en la figura 38, se observa con mayor detalle todas las señales de salida que configuraran todo el proyecto de automatización

Figura 38

Programación SCADA - X

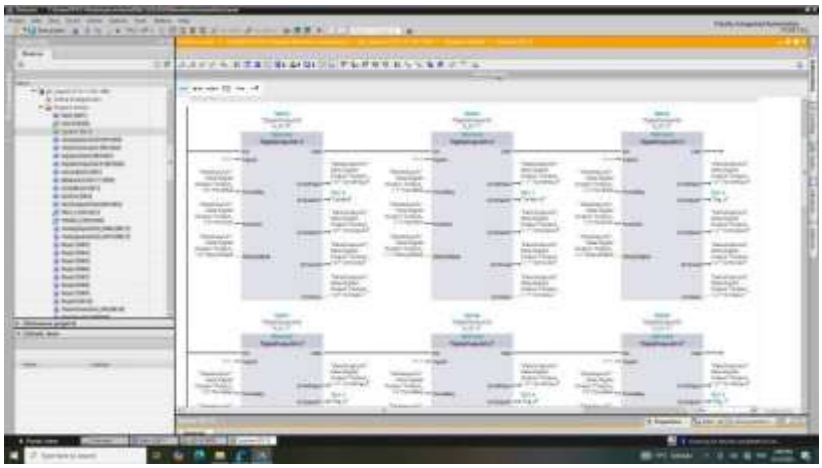


Nota. Fuente propia

De igual forma para los siguientes bloques se establece la configuración, de los bloques que permitan conectar las salidas digitales como es el caso de la figura 39.

Figura 39

Programa SCADA - XI

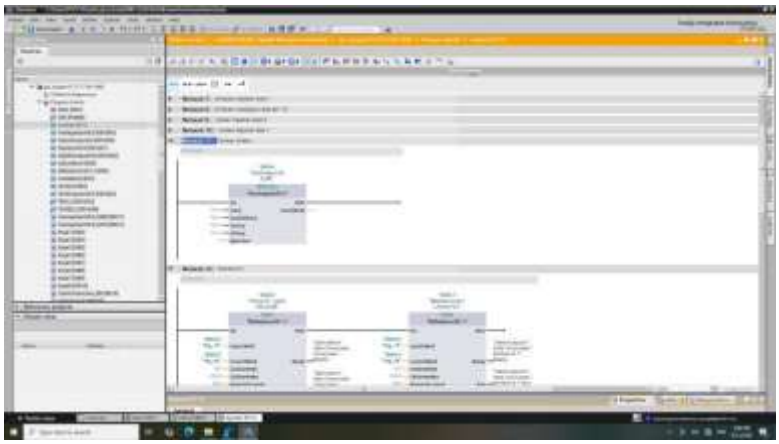


Nota. Fuente propia

De igual forma que se deben testear las entradas, un bloque que permita el testeo de las salidas de todo este sistema serán importantes como se muestra en la figura 40.

Figura 40

Programa SCADA - XII

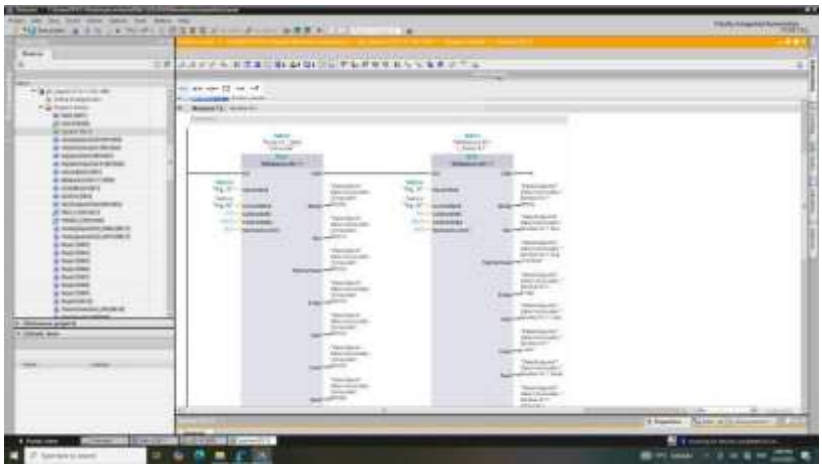


Nota. Fuente propia

Una vez ya configurado la comunicación entre el PLC maestro y los PLC esclavos, las entradas y salidas, y el testeo de cada una de ellas, se configura la conexión de mando de la bomba, es decir, la indicación que permita activar o parar de acuerdo lo requiera el sistema como se muestra en la figura 41, se establece una comunicación al SIMOCODE, lo que permite la comunicación la bomba y establecer los códigos de mando.

Figura 41

Programa SCADA - XIII

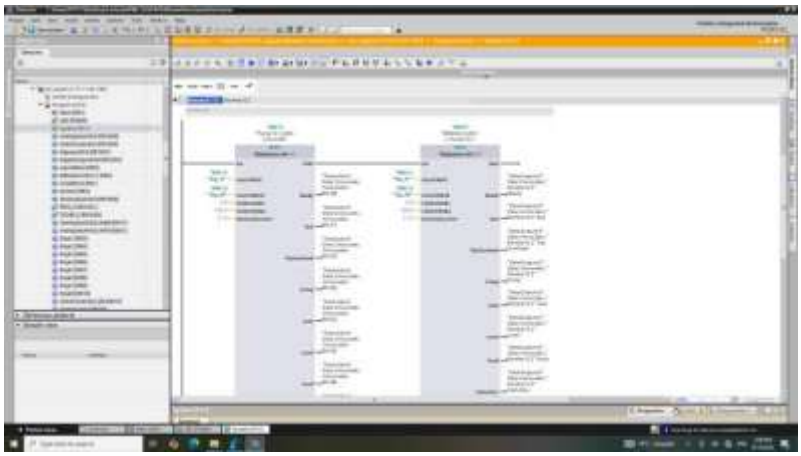


Nota. Fuente propia

En la figura 42, se establece la misma lógica de comunicación en el SIMOCODE de la bomba configurada, por lo que permite programar la activación o parada de la bomba de acuerdo a lo que requiera el sistema.

Figura 42

Programación SCADA - XIV

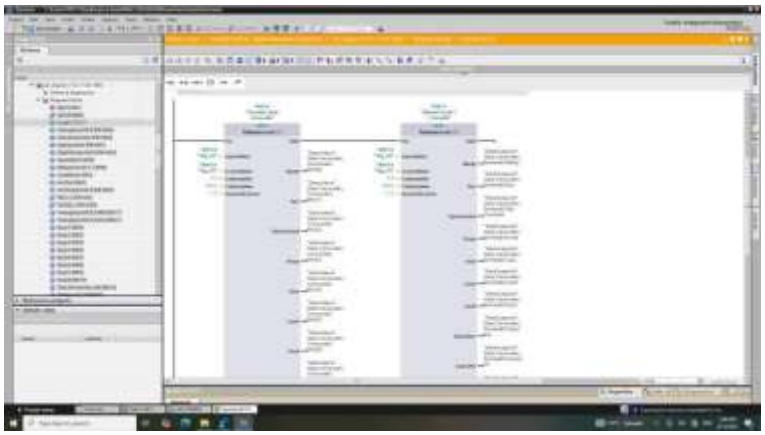


Nota. Fuente propia

El sistema tiene una configuración de 4 bombas, las cuales también se mantienen comunicadas mediante el SIMOCODE, como es notorio, todo el sistema trabaja en un ecosistema de SIEMENS, para que se garantice la comunicación, y no exista incertidumbre, como se muestra en la Figura 43.

Figura 43

Programación SCADA - XV

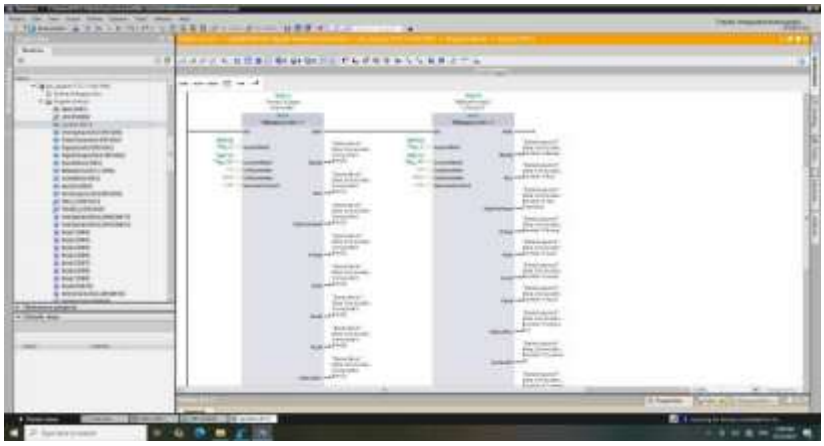


Nota. Fuente propia

En la cuarta bomba, también se establece la configuración de los datos que se requieren para su activación, monitoreo y parada del mismo, indicando en cualquiera de estas etapas el proceso en el cual se encuentra, en el caso de parada por sobre amperaje, se establece alarmas que también se configura en los bloques, esta es una de las ventajas del uso de bloques de Siemens, que permiten realizar varias configuraciones en un mismo lugar, lo que facilita las mejoras que puedan existir, como lo muestra la figura 44.

Figura 44

Programación SCADA - XVI

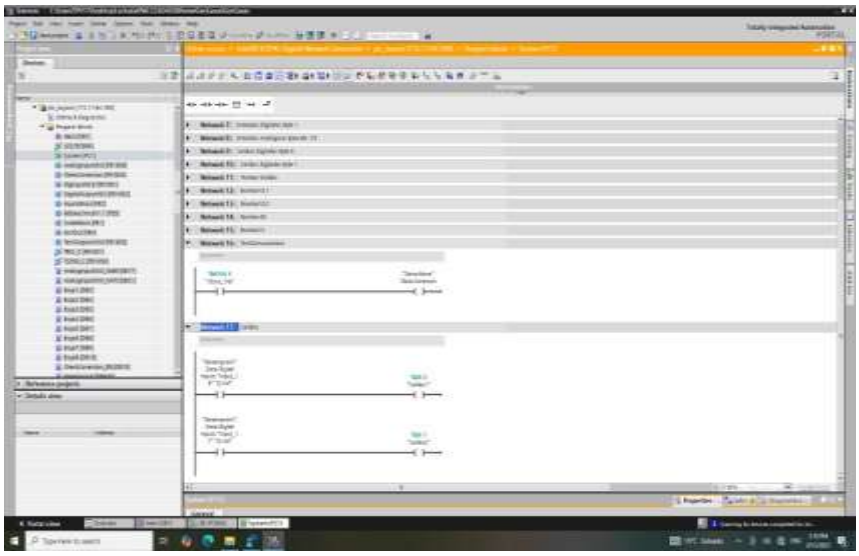


Nota. Fuente propia

Se vuelve a indicar que en el proceso de cualquier programación el testeo resulta una fase importante para determinar con seguridad, que todos los equipos estén conectados y comunicados, por ello se realiza la programación del testeo de la comunicación como se muestra en la Figura 45.

Figura 45

Programación SCADA - XVII



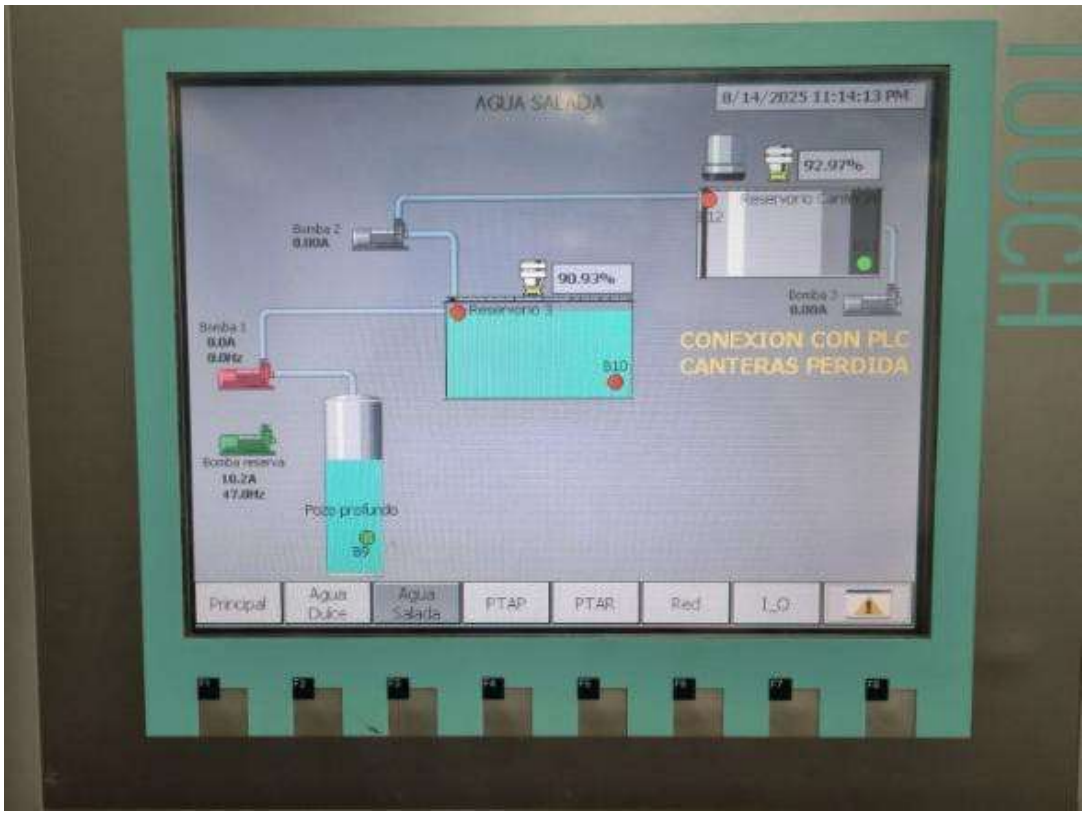
Nota. Fuente propia

4.3.2. HMI

Para el diseño del HMI es importante considerar que se ha trabajo todos los reservorios de la planta cementera, en el cual se consideran los switches de nivel alto y nivel bajo e incluso poder determinar el nivel actual de dichos reservorios, en el caso del sensor de radar, permite identificar en tiempo real y de forma exacta la cantidad de agua. Para el caso de los switches cumplen un rol de prevención, ya que el dato que controla principalmente en este sistema es el sensor de radar, pero los switches cumplen la condicionante física de determinar exactamente, resulta ser una segunda protección. Por otro lado, los indicadores de *ready* y parada de las bombas también se visualizan como se muestra en la Figura 46.

Figura 46

HMI de la distribución de agua salada



Nota. Fuente propia

También es importante considerar una pantalla que permita visualizar todas las bombas de todos los puntos de extracción de agua y de los reservorios como tal, para la visualización del personal de turno para ante cualquier eventualidad o incluso para mantenimiento preventivos pueda direccionar adecuadamente todos los esfuerzos. Además, este HMI permite identificar que equipos se encuentran en falla. Esto fue a solicitud del equipo de turno, ya que, al tener un tiempo corto, es necesario tener toda esa información en una sola pantalla, resultando de mucho apoyo para las actividades del personal de turno.

Figura 47

HMI del sistema de bombeo de Agua de toda la planta



Nota. Fuente propia

En la implementación de este proyecto, un punto crítico para la operatividad de la planta en general, es pozo Kayzon, el cual distribuye el agua para diversas operaciones y también implementa el recurso para la elaboración de alimentos del personal de la planta, han sido reiteradas las veces que el personal no ha podido comer en sus horas, debido a que no contaban con agua, por eso la importancia también de este punto, ya que, esto no genera afectaciones a los equipos como tal, pero el personal al tener preocupaciones por la comida, puede ser una condición subestándar y podría generar algunas fallas en el proceso por distracción, por eso es importante controlar, en el HMI que se observa en la Figura 48., se observa que se cuenta con las bombas que se encargan de suministrar el agua, cuando este se encuentra en un nivel bajo, mostrando el funcionamiento de todos los componentes. En este punto, es importante destacar, que permite visualizar alguna falla para lo cual los indicadores en el caso aparezcan será de color plomo y también en el sistema de alarmas de la programación, permitiendo al equipo de trabajo reconocer rápidamente la falla y atenderla rápidamente.

Figura 48

HMI del Pozo Kayson



Nota. Fuente propia

La planta también cuenta con una planta de tratamiento de agua potable, este recurso se usa para el regadío de las pistas, ya que muchas veces se cuenta con trocha y al circular los vehículos pesados, existe un levantamiento de polvo, el regar las vías mitiga considerablemente esta afectación, por eso es importante que esta parte del sistema, también se garantice, lo cual se establece de igual forma por la cantidad de agua que cada reservorio dispone en tiempo real, gracias a los sensores de radar, además cuentan también con un control de swtichs de nivel alto (LSH) y nivel bajo (LSL), de igual forma se visualiza si las bombas se encuentran paradas o se encuentran en modo arranque, por lo que, ayuda a determinar si están en correcto funcionamiento, en esta parte se ha colocado tendencias para determinar la hora de funcionamiento, que cada tiempo se encienden, como se muestra en la Figura 49.

Figura 49

HMI de la Plantas de Tratamiento de Agua Potable



Nota. Fuente propia

Es importante considerar siempre, que a pesar de que un sistema se encuentre automatizado, también se tiene que adaptar a las circunstancias reales de trabajo, por lo que en la Figura 50, se detalla con mayor precisión los valores analógicos, en los cuales de acuerdo a la circunstancia se puede colocar nuevos valores para adecuar el sistema a las necesidades de la planta, es importante que ante cualquier seteo de información, se debe tener en cuenta que la programación, también establece límites, para la protección de todo el sistema, ya que, al introducir valores como un 0% en un nivel máximo, generaría conflicto, por lo que permite tener un rango de valores en los cuales se puede modificar, ya que tampoco se puede colocar un porcentaje de 120%, debido a que generaría conflictos, todo estos se ha previsto en la programación y en el HMI.

Figura 50

HMI de conexión de PLC Pozo Kayzon

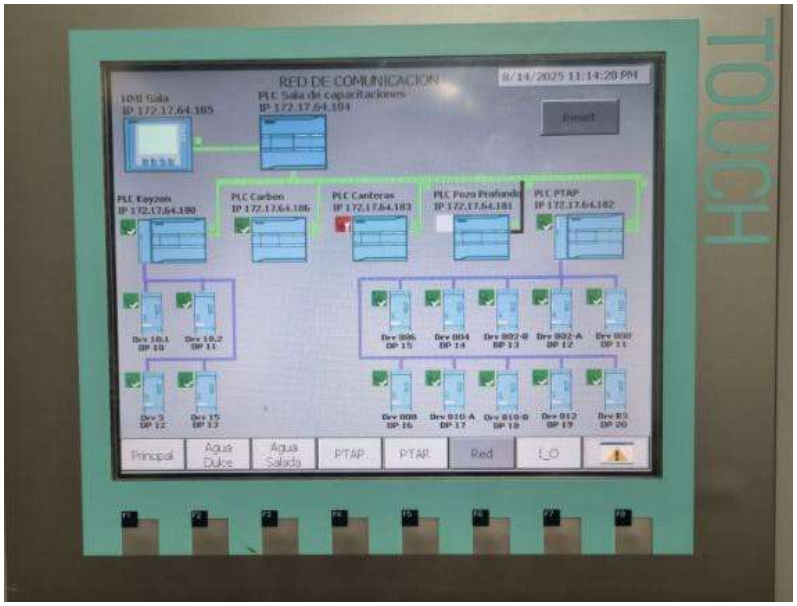


Nota. Fuente propia

En la figura 51, se puede detallar mejor las conexiones a cada PLC y también a cada SIMOCODE de este sistema automatizado de control de bombas, en el caso que se encuentre conectado el indicador estará en color verde.

Figura 51

HMI de la red de comunicación



Nota. Fuente propia

De igual forma, considerando que este HMI está pensando para el personal eléctrico e instrumentista de planta, la visualización de todos los sensores y equipos que interviene de manera consolidad resultará de gran apoyo como se muestra en la Figura 52.

Figura 52

HMI Conexión PLC Pozo Kayzon



Nota. Fuente propia

Asimismo, los SIMOCODES permiten tener una visualización también de cada bomba, en la Figura 53, se observa con mayor detalle todos los estados que permiten visualizar de manera acertada y en tiempo real los valores que indican, como el sistema realiza el control de cuatro bombas, la pantalla resulta de mucho apoyo.

Figura 53

HMI PLC Pozo Kayzon - Ready



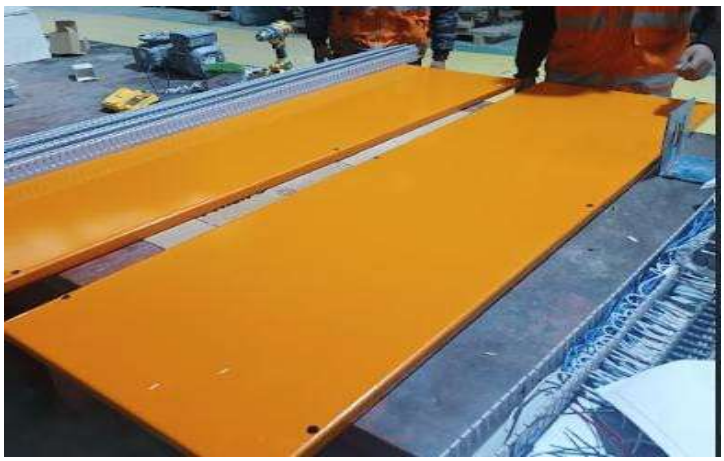
Nota. Fuente propia

4.3.3. Diseño de tablero de fuerza

Para el caso del diseño del tablero de fuerza, se debe cumplir con las medidas estandarizadas como la familia IEC 61439, donde ese establece que el tablero tenga pintura dieléctrica como se observa en la figura 54.

Figura 54

Armado del tablero de fuerza del sistema automático del control de bombas



Nota. Fuente propia

En el diseño del tablero de fuerza también se ha establecido las distancias adecuadas de todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento del

tablero de fuerza, que permita realizar mantenimientos preventivos y correctivos, sin que esto genere la desconexión de otro equipo como se muestra en la Figura 55.

Figura 55

Armado del tablero de fuerza



Nota. Fuente propia

En la figura 56, se realiza la colocación de los componentes que activarán las bombas del sistema automatizado, para ello se coloca de acuerdo a normal, un interruptor termomagnético, interruptor diferencial, relé térmico, contactor y guardamotor que permitirá la seguridad del sistema y de también del personal que realice el mantenimiento preventivo y correctivo.

Figura 56

Tablero de fuerza del sistema automático del control de bombas



Nota. Fuente propia

En el caso de la Figura 57, ya se establece un tablero de fuerza, en el cual se aprovecha y se verifican las conexiones, para garantizar que no existan fallos al momento de las pruebas, se ha constatado que no existen problemas en la conexión y que se encuentran en correcto funcionamiento.

Figura 57

Tablero de fuerza del sistema automático de bombas instalado en la sala eléctrica



Nota. Fuente propia

Este tablero ya se encontraba en la sala eléctrica del pozo Kayzon, sin embargo, varios componentes no se usaban, debido a que no se había configurado una programación para su automatización y tampoco no existía un proyecto que unifique todas las bombas de la planta como se observa en la Figura 58.

Figura 58

Tablero de fuerza del sistema de control de bombas de agua instalado- II



Nota. Fuente propia

La Figura 59, nos muestra la conexión establecida para las bombas eléctricas del sistema automático, considerando que es necesario, cumplir con los estándares, esta caja permite que la red de distribución eléctrica de baja tensión se conecte al suministro de energía para las bombas de campo, por lo que permite cortar la energía de este punto de forma segura para los mantenimiento correctivos o preventivos que se realicen en las bombas de este sistema.

Figura 59

CNC de las bombas del sistema automático

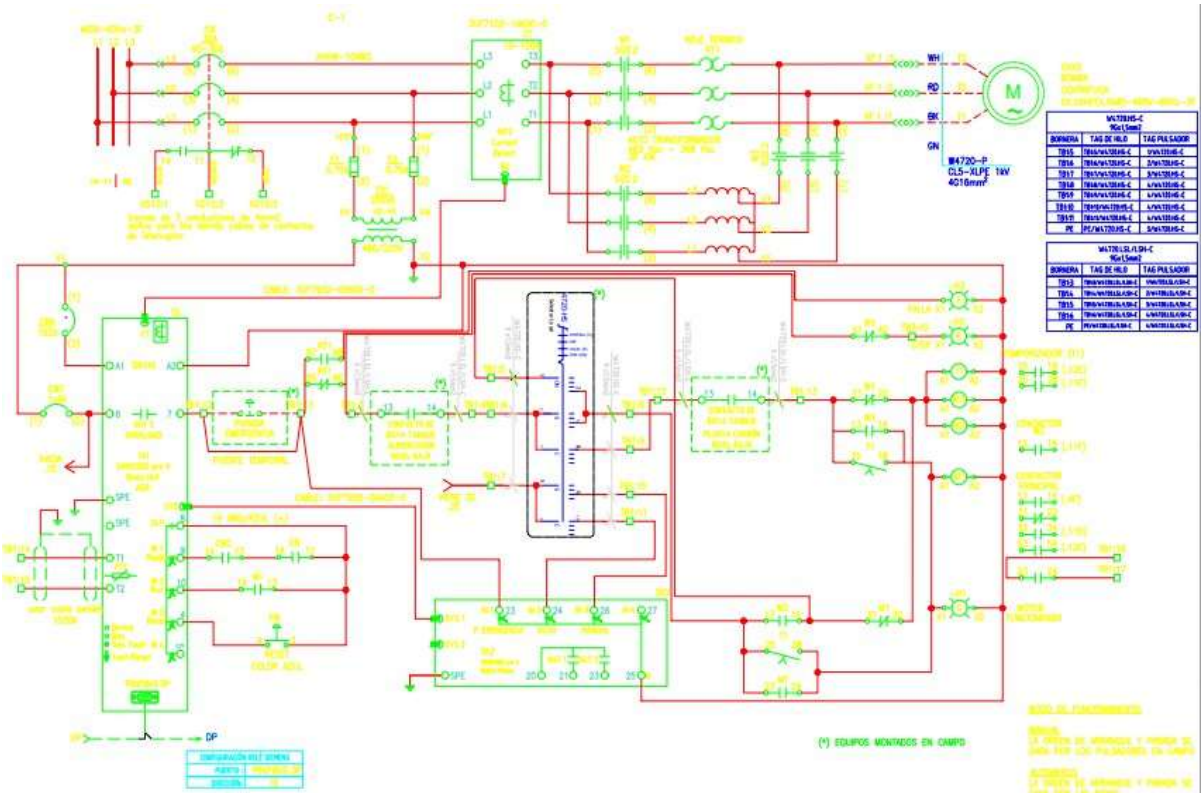


Nota. Fuente propia

Considerando el diagrama que se meustra en la figura 60, se observa un arranque directo no reversible es una forma simple de encender un motor eléctrico. Básicamente, conectas el motor directamente a la corriente para que empiece a girar. No hay ningún sistema que le baje la fuerza al inicio ni que lo haga girar en sentido contrario. Solo arranca en una sola dirección, con toda la potencia desde el comienzo. Es el tipo de arranque más común y sencillo, ideal cuando el motor no es tan grande y no necesita control especial, en este punto, las bombas, no necesitan ser controladas para reducir su giro, sino que su función radica en el funcionamiento ON/OFF pero de acuerdo a las condiciones necesarias como sensores de nivel, swicth de nivel alto y nivel bajo, y otras configuraciones que permiten generarn un espacio adecuado para operar.

Figura 60

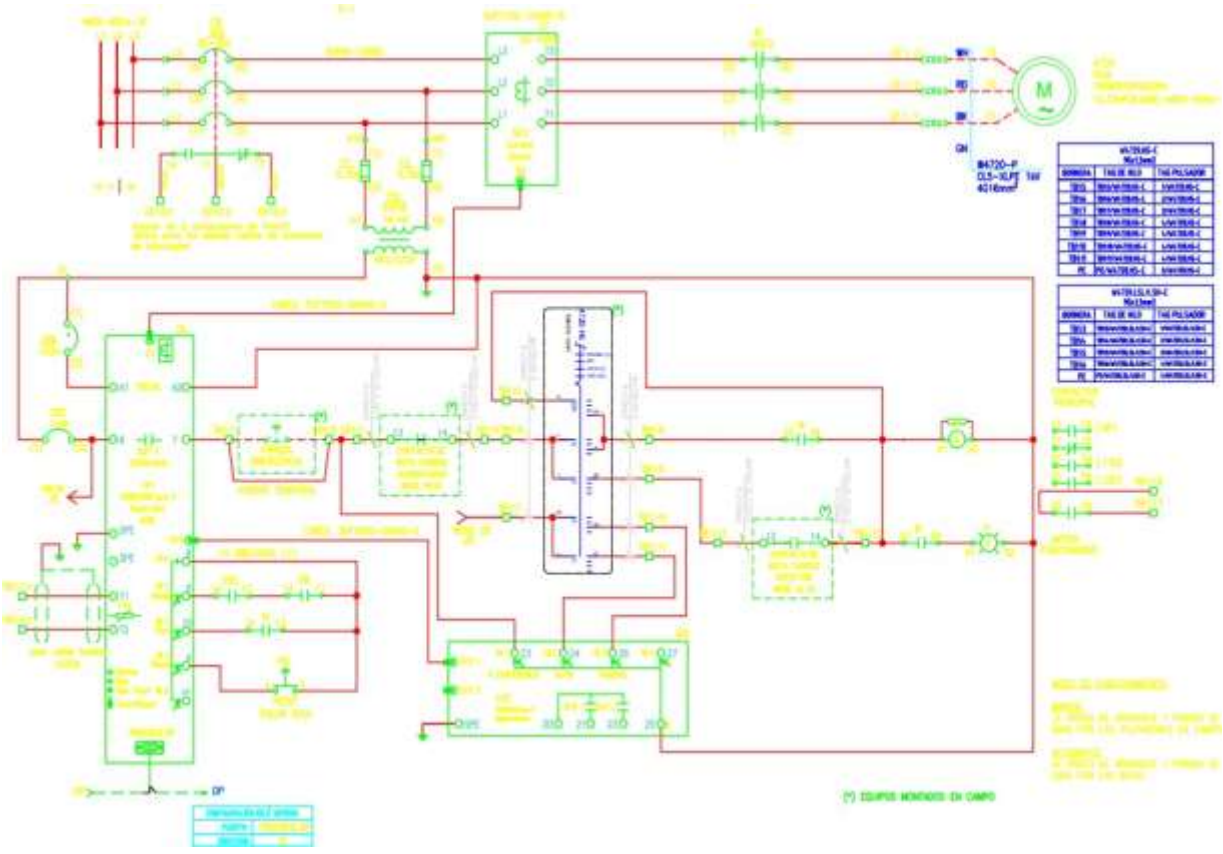
Arranque directo no reversible del centro de control de motores de bomba de agua dulce



En el caso de la figura 61, de igual forma se establece la lógica de un arranque directo no reversible pero destinada a la bomba de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, en la cual también se coloca los sensores, actuadores, botoneras para el arranque y parada manual, selectores que permitan determinar si el sistema debe estar de manera automática o manual, para garantizar que ante cualquier eventualidad se pueda realizar el control de manera remota o en campo, por lo que resulta indispensable considerar todos los escenarios al momento de diseñar el plano, como se muestra en esta figura 42, se busca que el sistema trabaje de manera operativa y reduzca cualquier fallo y que pueda indicar mediante sensores el seguimiento del sistema.

Figura 61

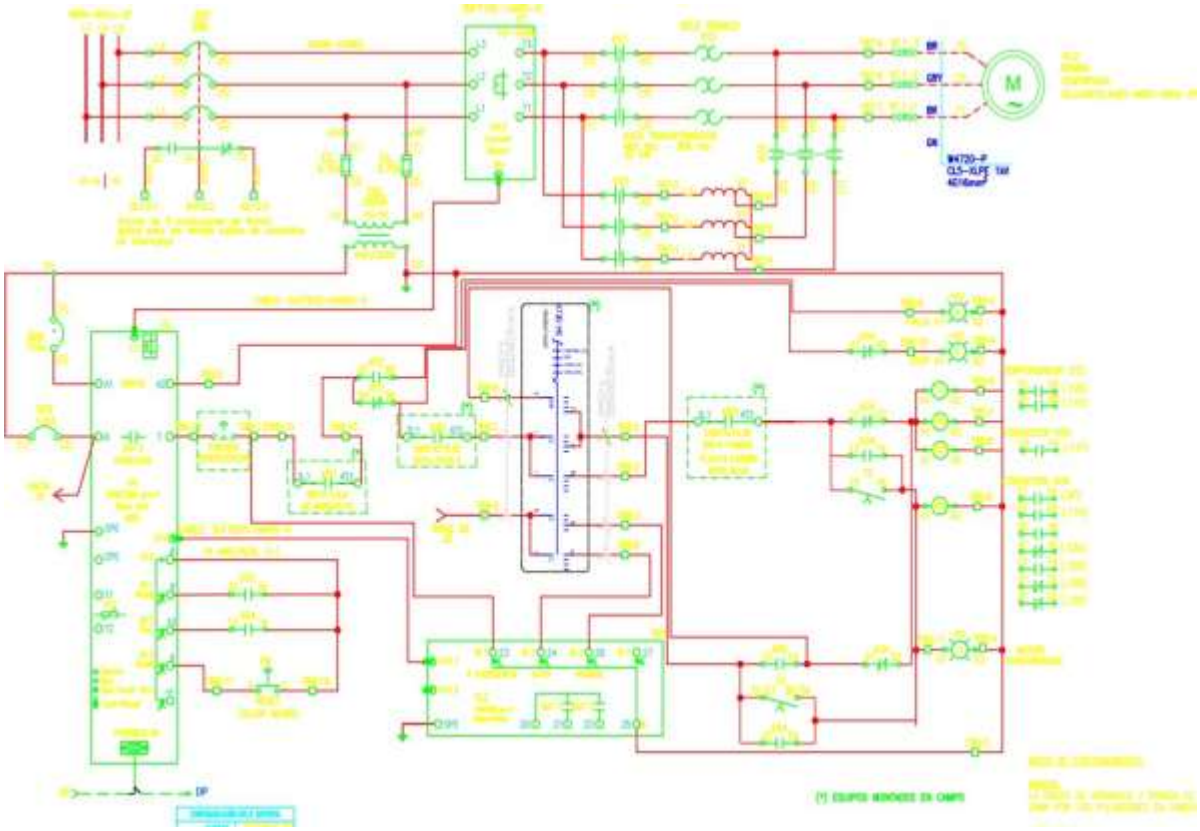
Arranque directo no reversible del centro de control de motores PTAR



Uno de los motores, que se ubica en Pozo Kayzon presenta una corriente nominal muy alta, por lo que se ha diseñado un arranque por autotransformador, esta forma de encender motores eléctricos grandes sin que consuman tanta corriente al inicio. Lo que hace es reducir el voltaje que le llega al motor solo durante el arranque, para que no haya un pico fuerte de corriente que pueda afectar la red eléctrica o a otros equipos. Una vez que el motor agarra velocidad, ya se le conecta al voltaje completo y funciona normalmente. Es útil cuando no se puede usar un arranque directo porque el motor es muy potente o la instalación no soporta el golpe de corriente al encender, por lo que esta aplicación es importante para el cuidado de los equipos, y también del sistema en general.

Figura 62

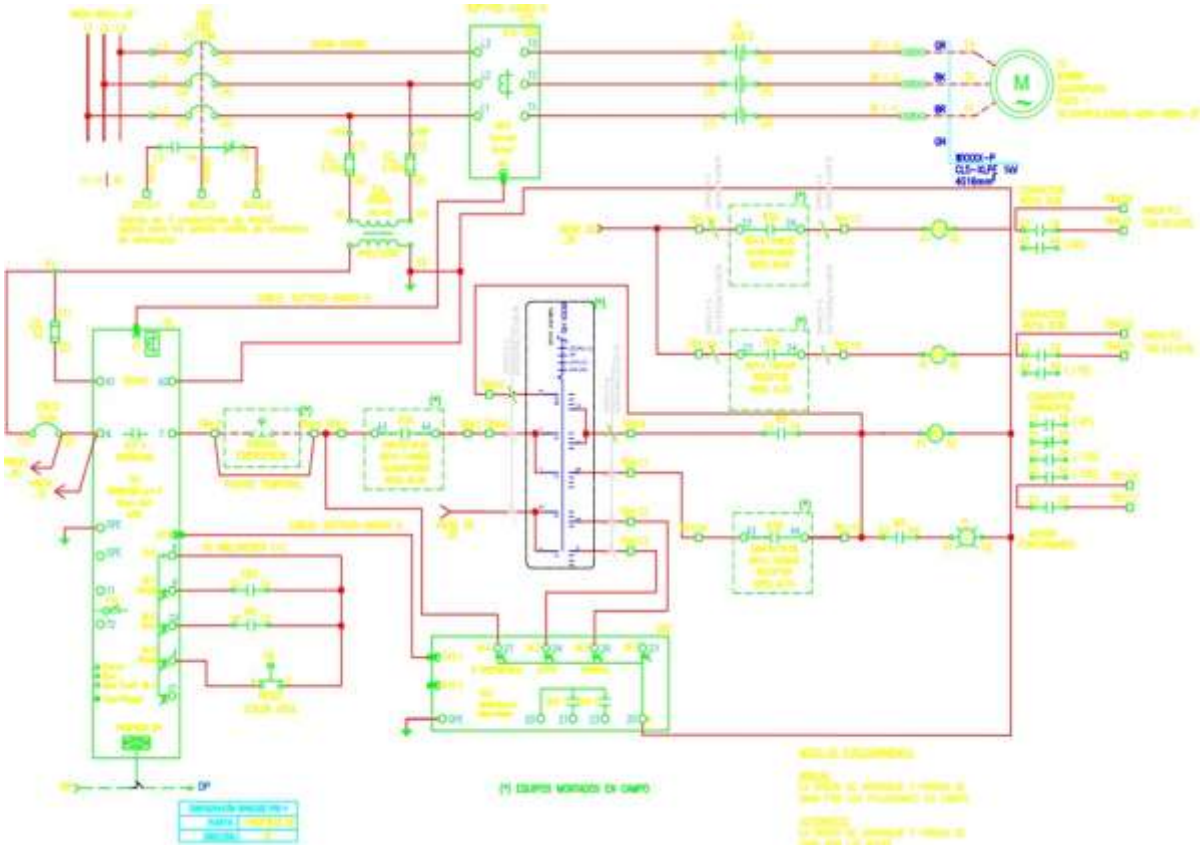
Arranque por autotransformador centro de control de motores pozo Kayzon



Considerando ya la última bomba dentro de las configuraciones establecidas anteriormente, la figura 63, nos muestra el arranque directo de la bomba de pozo Carbón, esta tiene un modo de funcionamiento manual a la orden de arranque y parada se dará por los pulsadores en campo automático la orden de arranque y parada se dará por las boyas, considerando este arranque directo, se debe tener en cuenta que todas tienen boyas que permiten el encendido de la bomba (cuando necesita agua) y el apagado de la bomba (cuando tiene una cantidad de agua aceptable). Por lo tanto, la configuración del arranque directo, es una opción adecuada y se ha considerado todas las condiciones de trabajo, para tanto manual o automático.

Figura 63

Arranque directo de bomba pozo de Carbón



4.3.4. Diseño de tablero de mando

En el diseño del tablero de mando, se ha considerado la colocación de los PLC, SIMOCODES, relays sólidos, borneras para las entradas y salidas digitales del sistema.

Figura 64

Armado del tablero de mando del sistema de control de bombas de agua potable

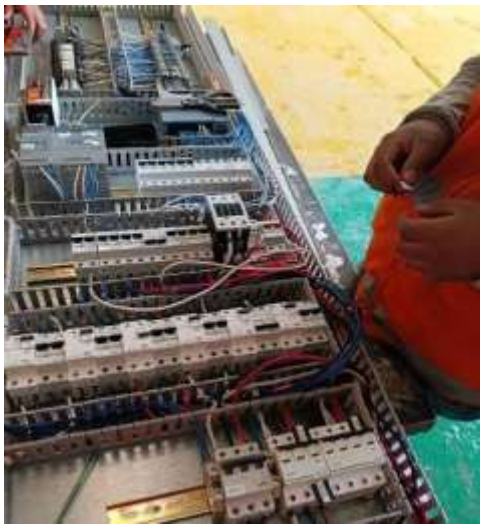


Nota. Fuente propia

Para el armado del tablero del mando, se ha considerado la rotulación de acuerdo al plano que garantice una adecuada identificación de cada componente para su mantenimiento preventivo y correctivo, como se observa en la Figura 65, la colocación de la fuente DC, PLC, entradas analógicas, entradas y salidas digitales para asegurar un correcto funcionamiento del sistema automático.

Figura 65

Armado del tablero de mando del sistema de control de bombas de agua potable - II



Nota. Fuente propia

Se realiza las pruebas del tablero como se muestra en la Figura 66, verificando que todas las conexiones se encuentren en su ubicación exacta, de igual forma tomar en cuenta la continuidad de los cables, y de los demás componentes, para asegurar que al momento de las pruebas en vacío puedan realizarse de manera satisfactoria.

Figura 66

Prueba del tablero de mando



Nota. Fuente propia

Es importante que en todo diseño e implementación de tablero considere el rotulo de las conexiones, y por lo tanto, debe ser claro y fácilmente visible, por lo que, esto ayudará a los mantenimientos programados, como se observa en la figura 67, todos los cables se encuentran correctamente rotulados.

Figura 67

Borneras distribuidas para las salidas y entradas del PLC

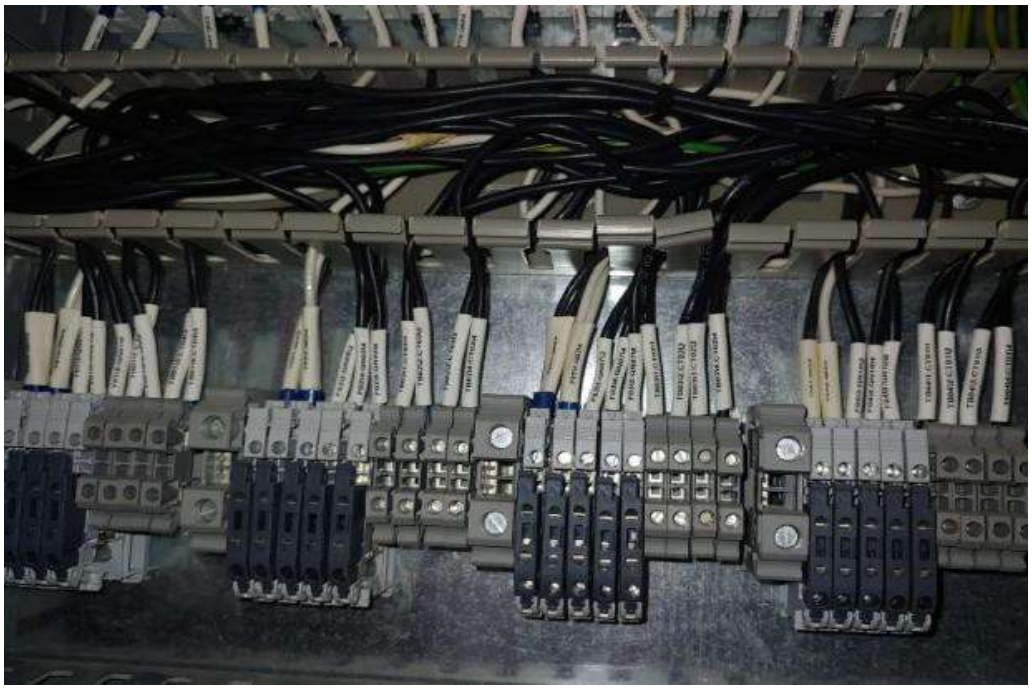


Nota. Fuente propia

En la figura 68, de igual forma se observa las entradas y las salidas del tablero de mando, donde se ubicará el PLC maestro, de igual manera se destaca la importancia de la rotulación de los cables, los cuales se encuentran correctamente visibles y listos para unir a la parte de los cables de campo, es decir, a los sensores de campo.

Figura 68

Borneras distribuidas para las salidas y entradas del PLC - II

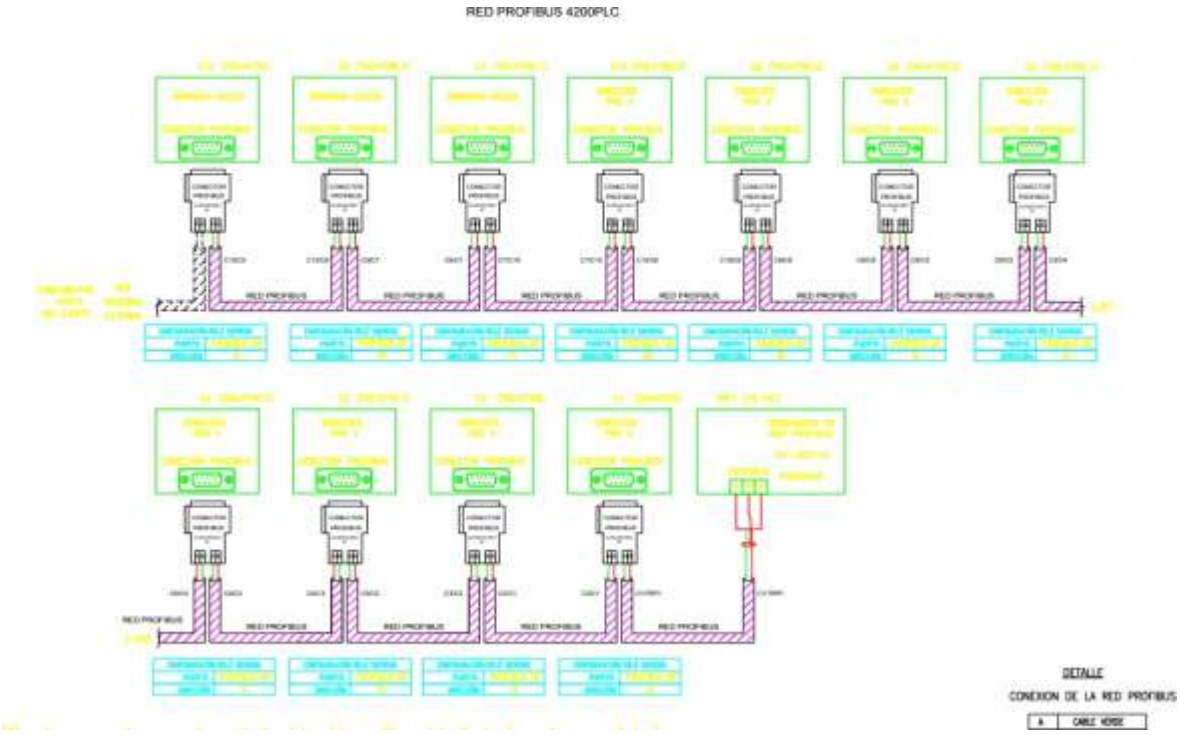


Nota. Fuente propia

Respecto a la comunicación de este proyecto se ha escogido el protocolo PROFIBUS. Este protocolo de comunicación es un sistema de comunicación industrial que se usa para conectar distintos equipos dentro de una planta, como sensores, actuadores, PLCs, etc. La idea es que todos estos dispositivos puedan intercambiar información entre sí a través de un solo cable, en lugar de estar conectando uno por uno. Es bastante confiable y rápido, y se usa mucho en automatización porque permite controlar y monitorear procesos en tiempo real. Además, ayuda a tener menos cableado y una mejor organización en el sistema, lo cual se observa en la figura 69, todas las conexiones van dirigidas a los PLC esclavos, a los simocodes y al PLC maestro.

Figura 69

Conexión de PROFIBUS del sistema automatizado de control de bombas



Nota. Fuente propia

Figura 70

Mapa de Karnaugh

Mapa de Karnaugh Bomba de agua TANQUE PRINCIPAL

Demanda Boya EXTERNA	Nivel Bajo	Nivel OK	Bomba TANQUE PRINCIPAL
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0

Mapa de Karnaugh Bomba de agua POZO KAYZON 1

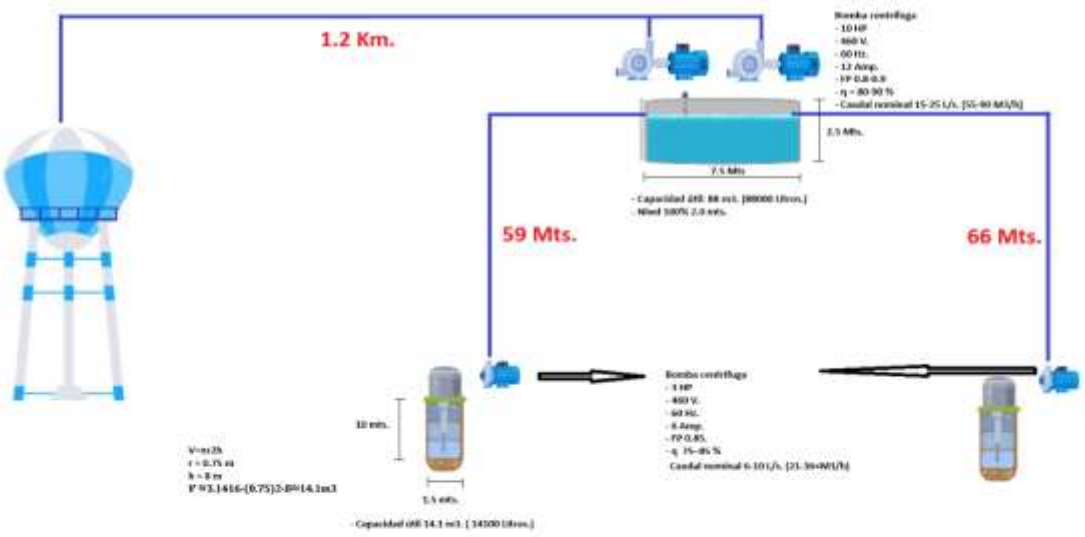
Demanda Boya tanque Principal	Nivel Bajo	Nivel OK	Bomba POZO 1
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0

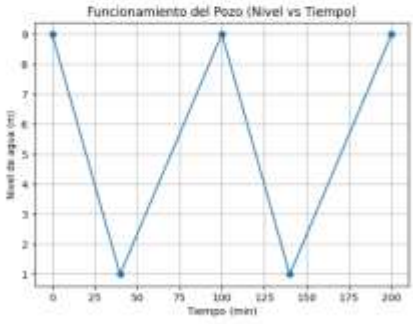
Mapa de Karnaugh Bomba de agua POZO KAYZON 2

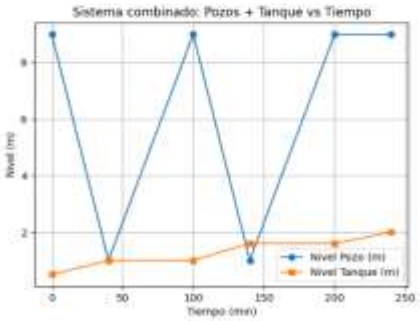
Demanda Boya tanque principal	Nivel Bajo	Nivel OK	Bomba POZO 2
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0

Figura 71

Diagrama de flujos







4.4. Análisis estadístico

	Bomba Pozo Kayzon			Bomba Pozo de agua dulce			Bomba de PTARD			Bomba de Pozo de Carbón		
Fecha	Número de fallas	Consumo eléctrico (kWh	Número de encendidos	Número de fallas	Consumo eléctrico (kWh	Número de encendidos	Número de fallas	Consumo eléctrico (kWh	Número de encendidos	Número de fallas	Consumo eléctrico (kWh	Número de encendidos
1/08/2025	2	3.79	4	5	2.45	6	2	2.94	4	1	1.75	3
2/08/2025	0	3.35	1	4	2.38	6	0	2.1	1	0	1.28	1
3/08/2025	1	3.68	2	0	1.92	1	0	2.3	0	0	1.23	1
4/08/2025	2	3.75	3	0	1.75	1	0	2.08	1	0	1.15	1
5/08/2025	1	3.35	1	0	1.97	1	0	2.14	1	0	1.19	1
6/08/2025	2	3.12	3	0	1.75	1	0	1.86	1	0	1.17	1
7/08/2025	0	0.00	0	1	1.68	2	1	2.67	3	0	1.25	1
8/08/2025	0	3.18	1	0	1.98	1	0	2.14	1	1	1.23	3
9/08/2025	0	3.22	1	0	1.87	1	0	2.12	1	1	2.01	2
10/08/2025	0	3.19	1	0	1.93	1	0	1.72	1	0	1.27	1
11/08/2	0	3.17	1	0	1.75	1	0	1.68	1	0	1.21	1

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

025												
12/08/2025	0	3.00	1	0	1.87	1	0	1.75	1	0	1.19	1
13/08/2025	0	3.18	1	2	1.67	5	0	1.65	1	0	1.24	1
14/08/2025	0	0.00	0	0	1.97	1	0	1.92	1	0	1.18	1
15/08/2025	0	3.17	1	0	1.76	1	0	1.84	1	0	1.17	1
16/08/2025	0	3.25	1	0	1.83	1	0	1.9	1	0	1.17	1
17/08/2025	0	3.14	1	0	1.92	1	0	1.91	1	0	1..31	1
18/08/2025	1	3.31	1	0	1.84	1	0	1.83	1	0	1.17	1
19/08/2025	0	3.28	1	0	1.86	1	0	1.75	1	0	1.18	1
20/08/2025	0	3.17	1	0	1.79	1	0	1.67	1	0	1.23	1
21/08/2025	0	3.19	1	0	1.78	1	0	1.56	1	0	1.25	1
22/08/2025	0	3.27	1	0	1.65	1	0	1.42	1	0	1.15	1
23/08/2025	0	3.28	1	0	1.78	1	0	1.82	1	0	1.19	1
24/08/2025	0	3.34	1	0	1.92	1	0	1.69	1	0	1.17	1
25/08/2025	0	3.51	1	0	1.47	1	0	1.72	1	0	2.02	1
26/08/2	0	3.12	1	0	1.68	1	0	1.67	1	0	1.18	1

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

025												
27/08/2025	0	3.24	1	0	1.84	1	0	1.75	1	0	1.18	1
28/08/2025	0	3.19	1	0	1.82	1	0	1.57	1	0	1.13	1
29/08/2025	0	3.31	1	0	1.98	1	0	1.87	1	0	1.24	1
30/08/2025	0	3.28	1	0	1.25	1	0	1.75	1	0	1.85	1
31/08/2025	0	3.18	1	0	1.85	1	0	1.68	1	0	1.24	1

4.5. Discusión e interpretación de resultados

Los resultados obtenidos en esta tesis muestran que la implementación de un sistema automatizado de control de bombas mediante PLC y monitoreo SCADA mejora significativamente la eficiencia operativa, la confiabilidad del abastecimiento de agua y la supervisión en tiempo real de los procesos. Estos hallazgos se encuentran en consonancia con diversas investigaciones previas realizadas a nivel internacional, nacional y local, que abordan soluciones similares en sistemas de bombeo y control automatizado.

En primer lugar, los resultados coinciden con lo reportado por Maldonado (2022), quien demostró que la automatización mediante PLC y HMI permite lograr un control estable y confiable del sistema de abastecimiento de agua potable en la parroquia Limonal, Ecuador. En su estudio, el uso de sensores ultrasónicos y la operación de bombas en paralelo permitió garantizar el llenado eficiente de tanques y evitar daños en los equipos. De manera similar, en esta tesis, el uso de transmisores de nivel, variadores de frecuencia y lógica estructurada permitió asegurar el arranque y parada óptima de las bombas, reduciendo la intervención manual y mejorando la continuidad del servicio.

Asimismo, los resultados se alinean con los aportes de Vera (2018), quien implementó un sistema automático para la planta de tratamiento de agua de la Escuela de Grumetes de Chile. Su estudio resaltó la importancia del control mediante PLC y la incorporación de sistemas de protección para evitar fugas, operación en vacío y fallas en el sistema. Este enfoque es coherente con lo observado en la planta cementera, donde la integración de alarmas, monitoreo SCADA y protecciones eléctricas redujo riesgos operativos y fortaleció la capacidad de prevención y respuesta.

Por otro lado, los hallazgos también se relacionan con la investigación de García (2009) en Colombia, donde se demostró que la automatización del sistema de agua potable permitió cumplir con los parámetros de presión, lograr arranques suaves y mejorar la eficiencia energética. En esta tesis, las rutinas programadas en el PLC y la regulación mediante variadores contribuyeron también a optimizar el desempeño energético y reducir el desgaste de los equipos, mostrando correspondencia directa con los beneficios identificados en estudios previos.

A nivel nacional, los resultados guardan relación con lo expuesto por Vásquez (2023), quien implementó un sistema automatizado para un banco de pruebas de turbomáquinas hidráulicas en Cusco, empleando control PID y modelamiento matemático para optimizar el desempeño. Su propuesta evidencia que el uso de tecnologías de control avanzado contribuye a mejorar la operación y la estabilidad de los sistemas hidráulicos, lo cual se refleja en esta tesis en la mejora del control operativo, la escalabilidad y la estabilidad del sistema de bombeo.

De igual modo, los aportes de Pahuara (2020), quien implementó un sistema automatizado en un cuarto de bombas en Lima, refuerzan los resultados obtenidos. En su investigación, el uso de PLC, variadores de velocidad y lógica alternada permitió mantener una presión constante, optimizar el abastecimiento y reducir costos energéticos. Estos mismos beneficios fueron observados en la planta cementera, donde la operación automática y la programación estructurada redujeron tiempos de respuesta y aumentaron la confiabilidad del suministro.

Por su parte, lo señalado por Ojeda (2012) en su diseño de un sistema automatizado para el bombeo de aguas ácidas evidencia que el uso de herramientas de ingeniería como FT Fathom y programación en Ladder permite garantizar un dimensionamiento preciso y un control confiable. Esta tesis coincide con dicho

enfoque, al integrar cálculos adecuados para la selección de bombas, protecciones y lógica de control que responden a las condiciones reales de operación de la planta cementera.

Finalmente, la investigación de Loza (2016) en Puno demuestra la importancia de determinar correctamente las características técnicas de los sistemas de bombeo y de implementar automatización en zonas donde el mantenimiento manual resulta ineficiente. Su estudio subraya la necesidad de sistemas automatizados para garantizar continuidad y eficiencia, especialmente en contextos de limitaciones operativas, una conclusión que coincide plenamente con los resultados obtenidos en esta tesis.

CONCLUSIONES

Primera conclusión, se logró diseñar e implementar un sistema automatizado de control de bombas, cumpliendo con los requisitos funcionales para el abastecimiento eficiente y continuo de agua en todos los procesos de la planta cementera del sur del Perú, lo cual optimizó el uso de recursos hídricos y energéticos.

Segunda conclusión, la identificación y selección adecuada de los componentes del sistema de bombeo (motores, sensores, PLC, válvulas, tableros de control, etc.) permitió una integración técnica efectiva, garantizando un rendimiento confiable del sistema en condiciones operativas industriales exigentes.

Tercera conclusión, el diseño del esquema de conexión eléctrica fue clave para garantizar la seguridad, eficiencia energética y operatividad continua del sistema, permitiendo una distribución adecuada de carga y facilitando el mantenimiento preventivo y correctivo.

Cuarta conclusión, la programación del sistema en Structured Control Language (SCL) permitió una lógica de control más estructurada, flexible y modular, mejorando la eficiencia del procesamiento de señales y la adaptabilidad del sistema frente a posibles modificaciones futuras.

Quinta conclusión, el desarrollo e implementación del sistema SCADA proporcionó una plataforma de monitoreo y control centralizado, permitiendo visualizar en tiempo real el estado del sistema de bombeo, generar alarmas, registrar históricos y facilitar la toma de decisiones operativas.

Sexta conclusión, la integración de todos los elementos del sistema permitió mejorar los indicadores de eficiencia operativa, como la reducción del tiempo de inactividad, menor consumo

de energía, mayor confiabilidad en el suministro de agua y disminución de intervenciones manuales, lo que representa un avance hacia la automatización industrial completa.

RECOMENDACIONES

Primera recomendación, implementar un sistema de mantenimiento predictivo y preventivo basado en los datos históricos recogidos por el SCADA, para asegurar la continuidad operativa del sistema de bombeo y prevenir fallas mayores.

Segunda recomendación, capacitar al personal técnico de la planta cementera en el uso del SCADA, el diagnóstico de fallos en el sistema automatizado y en la programación básica en SCL, con el fin de fomentar la autonomía operativa y el mantenimiento eficiente del sistema.

Tercera recomendación, considerar la escalabilidad del sistema en futuras expansiones de la planta, permitiendo la integración de más bombas, sensores u otros procesos automatizados dentro del mismo entorno de control y monitoreo.

Cuarta recomendación, monitorear continuamente los indicadores de eficiencia energética e hídrica para evaluar el impacto del sistema automatizado a mediano y largo plazo, y realizar ajustes que permitan una mejora continua del desempeño operativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BBVA. (2018). Fundamentos de instrumentación industrial. BBVA Research. (Documento técnico institucional).Técnica Federico Santa María. Chile.

Cafaggi A., Rodal E. & Sanchez A. (2011). *Sistemas de bombeo. División de Ingenierías Civil y Geomática*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Cuadros S. (2023*). Diseño e implementación de un sistema de automatización y control del sistema de bombeo de agua industrial y potable en base a la arquitectura Rockwell de una mina subterránea*. Universidad Católica Santa María. Arequipa. Perú

García A. (2009). *Automatización de sistemas de agua potable para pequeñas ciudadelas*. [Tesis de pregrado] Universidad Tecnológica de Bolívar Cartagena de Indias. Cartagena. Colombia.

Groover, M. P. (2020). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing (5.ª ed.). Pearson.

Hydraulic Institute. (2021). Optimizing Pumping Systems: A Guide to Improved Energy Efficiency, Reliability, and Profitability. Hydraulic Institute.

IBM (2023). *¿Qué es la automatización?* IBM México. https://www.grafiati.com/es/info/apa-7/website/

Loza J. (2016). *Evaluación técnica en diseño de bombas para sistema de agua potable en el distrito de Paucarcolla – Puno*. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú

Maldonado A. (2022). *Diseño del sistema automatizado de alimentación y control de*

bombas para agua potable en la cabecera Parroquial de Limonal. [Tesis de pregrado] Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil. Ecuador.

Ojeda C. (2012). *Diseño de un sistema de Automatización Industrial para el sistema de bombeo de aguas ácidas*. [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.

Pahuara F. (2020). *Diseño e implementación de Sistema Automatizado en Cuarto de Bombas para el Suministro de Agua Potable en Edificio Torres Paz*. [Tesis de pregrado]. Universidad Tecnológica del Perú. Lima. Perú.

Petruzella, F. D. (2020). Industrial Electronics (5.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Stepanoff, A. J. (2019). Centrifugal and Axial Flow Pumps: Theory, Design, and Application.

Krieger Publishing.

Vásquez H. (2023). *Diseño e implementación de un sistema de control y automatización para banco de pruebas de turbomáquinas hidráulicas de hasta 10KW de potencia*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco. Perú.

Vera R. (2018). *Sistema de automatización para planta de tratamiento de agua y estanques de distribución de la escuela de Grumetes A.N.C*. [Tesis de Pregrado] Universidad TBolton, W. (2021). Programmable Logic Controllers (6.ª ed.). Newnes.

ANEXOS

- PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/Rly
- CM 1243-5 (Módulo de comunicación Profibus-Master)
- SIMOCODE pro V
- Antena Ubiquiti Networks PBE-M5-300
- Switch siemens XB005 6GK5005-0BA00-1AB2

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

SIEMENS

Data sheet 6ES7214-1BG40-0XB0



Figure similar

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, AC/DC/relay, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO relay 2 A; 2 AI 0-10 V DC, power supply: AC 85-264 V AC at 47-63 Hz, program/data memory 150 KB

General information	
Product type designation	CPU 1214C AC/DC/relay
Firmware version	V4.6
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V18 or higher
Supply voltage	
Rated value (AC)	
• 120 V AC	Y
• 230 V AC	e
permissible range, lower limit (AC)	s
permissible range, upper limit (AC)	Y
	e
	s
	8
	5
	V
	264 V
Line frequency	
• permissible range, lower limit	47 Hz
• permissible range, upper limit	63 Hz
Input current	
Current consumption (rated value)	100 mA at 120 V AC; 50 mA at 240 V AC
Current consumption, max.	300 mA at 120 V AC; 150 mA at 240 V AC
Inrush current, max.	20 A; at 264 V
I^2t	0.8 $A^2 \cdot s$
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	20.4 to 28.8V
Power loss	
Power loss, typ.	14 W
Memory	
Work memory	
• integrated	150 kbyte

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Load memory

• integrated	4 Mbyte
• Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	with SIMATIC memory card
Backup	
• present	Yes
• maintenance-free	Y
• without battery	e s Y e s
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.08 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs; / instruction
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
OB	
• Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	14 kbyte
Flag	
• Size, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area
Local data	
• per priority class, max.	16 kbyte; Priority class 1 (program cycle): 16 KB, priority class 2 to 26: 6 KB
Address area	
Process image	
• Inputs, adjustable	1 kbyte
• Outputs, adjustable	1 kbyte
Hardware configuration	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules
Time of day	
Clock	
• Hardware clock (real-time)	Yes
• Backup time	480 h; Typical
• Deviation per day, max.	±60 s/month at 25 °C
Digital inputs	
Number of digital inputs	14; Integrated
• of which inputs usable for technological functions	6; HSC (High Speed Counting)
Source/sink input	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	14
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0"	5 V DC at 1 mA
• for signal "1"	15 V DC at 2.5 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— parameterizable	0.2 ms, 0.4 ms, 0.8 ms, 1.6 ms, 3.2 ms, 6.4 ms and 12.8 ms, selectable in groups of four
— at "0" to "1", min.	0.2 ms
— at "0" to "1", max.	12.8 ms
for interrupt inputs	
— parameterizable	Yes
for technological functions	
— parameterizable	Single phase: 3 @ 100 kHz & 3 @ 30 kHz, differential: 3 @ 80 kHz & 3 @ 30 kHz
Cable length	

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

• shielded, max.	500 m; 50 m for technological functions
• unshielded, max.	300 m; for technological functions: No
Digital outputs	
Number of digital outputs	10; Relays
Switching capacity of the outputs	
• with resistive load, max.	2 A
• on lamp load, max.	30 W with DC, 200 W with AC
Output delay with resistive load	
• "0" to "1", max.	10 ms; max.
• "1" to "0", max.	10 ms; max.
Relay outputs	
• Number of relay outputs	10
• Number of operating cycles, max.	mechanically 10 million, at rated load voltage 100 000
Cable length	

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

• shielded, max.	500 m
• unshielded, max.	150 m
Analog inputs	
Number of analog inputs	2
Input ranges	
• Voltage	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
• 0 to +10 V	Yes
— Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
Cable length	
• shielded, max.	100 m; twisted and shielded
Analog outputs	
Number of analog outputs	0
Analog value generation for the inputs	
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	10
• Integration time, parameterizable	bit
• Conversion time (per channel)	Yes
	62
	5
	µs
Encoder	
Connectable encoders	
• 2-wire sensor	Yes
1. Interface	
Interface type	PROFINET
Isolated	Yes
automatic detection of transmission rate	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
Interface types	
• RJ 45 (Ethernet)	Y
• Number of ports	e
• integrated switch	s
	1
	No
Protocols	
• PROFINET IO Controller	Yes
• PROFINET IO Device	Yes
• SIMATIC communication	Yes
• Open IE communication	Yes; Optionally also encrypted
• Web server	Yes
• Media redundancy	No
PROFINET IO Controller	
• Transmission rate, max.	100 Mbit/s
Services	
— PG/OP communication	Yes; encryption with TLS V1.3 pre-selected
— Isochronous mode	No
— IRT	No
— PROFIenergy	No
— Prioritized startup	Yes
— Number of IO devices with prioritized startup, max.	16
— Number of connectable IO Devices, max.	16
— Number of connectable IO Devices for RT, max.	16
— of which in line, max.	16
— Activation/deactivation of IO Devices	Yes
— Number of IO Devices that can be simultaneously activated/deactivated, max.	8
— Updating time	The minimum value of the update time also depends on the communication component set for PROFINET IO, on the number of IO devices and the quantity of configured user data.
PROFINET IO Device	

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Services

— PG/OP communication	Yes; encryption with TLS V1.3 pre-
— Isochronous mode	selected No
— IRT	No
— PROFIenergy	Y
— Shared device	e
— Number of IO Controllers with shared device, max.	s Y e s 2

Protocols	
Supports protocol for PROFINET IO	Yes
PROFIsafe	No
PROFIBUS	Yes; CM 1243-5 (master) or CM 1242-5 (slave) required
OPC UA	Yes; OPC UA Server
AS-Interface	Yes; CM 1243-2 required
Protocols (Ethernet)	
• TCP/IP	Yes
• DHCP	No
• SNMP	Yes
• DCP	Yes
• LLDP	Yes
Redundancy mode	
Media redundancy	
— MRP	N
— MRPD	o N o
SIMATIC communication	
• S7 routing	Yes
Open IE communication	
• TCP/IP	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
• UDP	Yes
— Data length, max.	1 472 byte
Web server	
• supported	Y
• User-defined websites	e s Y e s
OPC UA	
• Runtime license required	Yes; "Basic" license required
• OPC UA Server	Yes; data access (read, write, subscribe), method call, runtime license required
— Application authentication	Available security policies: None, Basic128Rsa15, Basic256Rsa15, Basic256Sha256
— User authentication	"anonymous" or by user name & password
— Number of sessions, max.	10
— Number of subscriptions per session, max.	5
— Sampling interval, min.	100 ms
— Publishing interval, min.	200 ms
— Number of server methods, max.	20
— Number of monitored items, recommended max.	1 000
— Number of server interfaces, max.	2
— Number of nodes for user-defined server interfaces, max.	2 000
Further protocols	

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

• MODBUS	Yes
communication functions / header	
S7 communication	
• supported	Yes
• as server	Yes
• as client	Yes
• User data per job, max.	See online help (S7 communication, user data size)
Number of connections	
• overall	PG Connections: 4 reserved / 4 max; HMI Connections: 12 reserved / 18 max; S7 Connections: 8 reserved / 14 max; Open User Connections: 8 reserved / 14 max; Web Connections: 2 reserved / 30 max; OPC UA Connections: 0 reserved / 10 max; Total Connections: 34 reserved / 64 max
Test commissioning functions	
Status/control	
• Status/control variable	Yes
• Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
Forcing	
• Forcing	Yes
Diagnostic buffer	
• present	Yes
Traces	
• Number of configurable Traces	2
• Memory size per trace, max.	512 kbyte
Interrupts/diagnostics/status information	
Diagnostics indication LED	
• RUN/STOP LED	Y
• ERROR LED	e
• MAINT LED	s
	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
Integrated Functions	
Counter	
• Number of counters	6
• Counting frequency, max.	100
Frequency measurement	kHz
controlled positioning	Yes
Number of position-controlled positioning axes, max.	Yes
Number of positioning axes via pulse-direction interface	8
PID controller	Up to 4 with SB
Number of alarm inputs	1222 Yes
	4
Potential separation	
Potential separation digital inputs	
• Potential separation digital inputs	500V AC for 1
• between the channels, in groups of	minute 1
Potential separation digital outputs	
• Potential separation digital outputs	Rel
• between the channels	ays
• between the channels, in groups of	No
	2
EMC	
Interference immunity against discharge of static electricity	
• Interference immunity against discharge of static electricity acc. to IEC 61000-4-2	Yes
— Test voltage at air discharge	8 kV
— Test voltage at contact discharge	6 kV

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Interference immunity to cable-borne interference	
• Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-4	Yes
• Interference immunity on signal cables acc. to IEC 61000-4-4	Yes
Interference immunity against voltage surge	
• Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-5	Yes
Interference immunity against conducted variable disturbance induced by high-frequency fields	
• Interference immunity against high-frequency radiation acc. to IEC 61000-4-6	Yes
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class A, for use in industrial areas	Yes; Group 1
• Limit class B, for use in residential areas	Yes; When appropriate measures are used to ensure compliance with the limits for Class B according to EN 55011
Degree and class of protection	
IP degree of protection	IP20
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Y
UL approval	e
cULus	s
FM approval	Y
RCM (formerly C-TICK)	e
KC approval	s
Marine approval	Y e s Y e s Y e s Y e s Yes
Ambient conditions	
Free fall	
• Fall height, max.	0.3 m; five times, in product package
Ambient temperature during operation	
• min.	-20 °C
• max.	60 °C; Number of simultaneously activated inputs or outputs 7 or 5 (no adjacent points) at 60 °C horizontal or 50 °C vertical, 14 or 10 at 55 °C horizontal or 45 °C vertical
• horizontal installation, min.	-20 °C
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-20 °C
• vertical installation, max.	50 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
• Operation, min.	795 hPa
• Operation, max.	1 080 hPa
• Storage/transport, min.	660 hPa
• Storage/transport, max.	1 080 hPa
Altitude during operation relating to sea level	
• Installation altitude, min.	-1 000 m
• Installation altitude, max.	5 000 m; Restrictions for installation altitudes > 2 000 m, see manual
Relative humidity	
• Operation, max.	95 %; no condensation

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Vibrations

• Vibration resistance during operation acc. to IEC 60068-2-6	2 g (m/s²) wall mounting, 1 g (m/s²) DIN rail
• Operation, tested according to IEC 60068-2-6	Yes
Shock testing	
• tested according to IEC 60068-2-27	Yes; IEC 68, Part 2-27 half-sine: strength of the shock 15 g (peak value), duration 11 ms
Pollutant concentrations	
• SO2 at RH < 60% without condensation	S02: < 0.5 ppm; H2S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
configuration / header	
configuration / programming / header	
Programming language	
— LAD	Y
— FBD	e
— SCL	s
	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
Know-how protection	
• User program protection/password protection	Y
• Copy protection	e
• Block protection	s
	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
Access protection	
• protection of confidential configuration data	Y
• Protection level: Write protection	e
• Protection level: Read/write protection	s
• Protection level: Complete protection	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
programming / cycle time monitoring / header	
• adjustable	Yes
Dimensions	
Width	110 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	455 g

last modified: 3/12/2024

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

TESIS UANCV
SIEMENS
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

SIMATIC NET

S7-1200 - PROFIBUS
SIMATIC CM 1243-5

Instrucciones de servicio

Prefacio

Aplicación y propiedades 1

LED y conexiones 2

Montaje, conexión, puesta en marcha 3

Configuración y bloques de programa 4

Diagnóstico y mantenimiento 5

Datos técnicos 6

Esquemas acotados A

Homologaciones B

Bibliografía C

01/2023
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Prefacio

Ámbito de validez de este manual

En este documento encontrará información acerca del producto siguiente:

CM 1243-5
Referencia 6GK7 243-5DX30-0XE0
Versión de hardware 3
Versión de firmware V1.3.8

Módulo de comunicación para la conexión de SIMATIC S7-1200 a PROFIBUS (módulo maestro DP)

Módulo de comunicación para la función de maestro PROFIBUS DP para SIMATIC S7-1200.



Figura 1 CM 1243-5

Sobre la tapa de la carcasa del módulo, en la parte superior derecha, está impresa la versión de hardware en forma de comodín "X". Si en la impresión pusiera "X 2 3 4", X sería el comodín de la versión de hardware 1.

Designación del producto

- CM

  En este documento se utiliza la denominación "CM" en vez del nombre completo del producto "CM 1243-5".

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

1.5 Ejemplos de configuración para PROFIBUS

A continuación encontrará ejemplos de configuraciones en las que se utilizan el CM 1242-5 como esclavo DP y el CM 1243-5 como maestro DP.

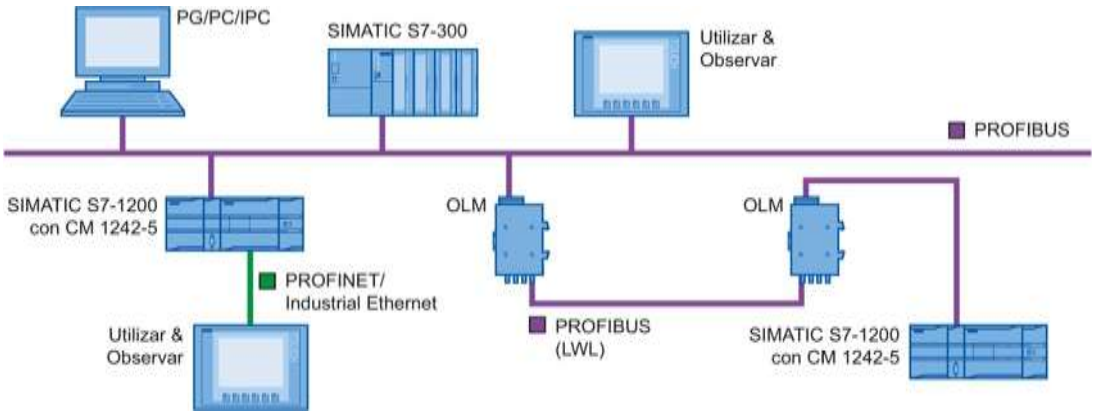


Figura 1-1 Ejemplo de configuración con CM 1242-5 como esclavo PROFIBUS

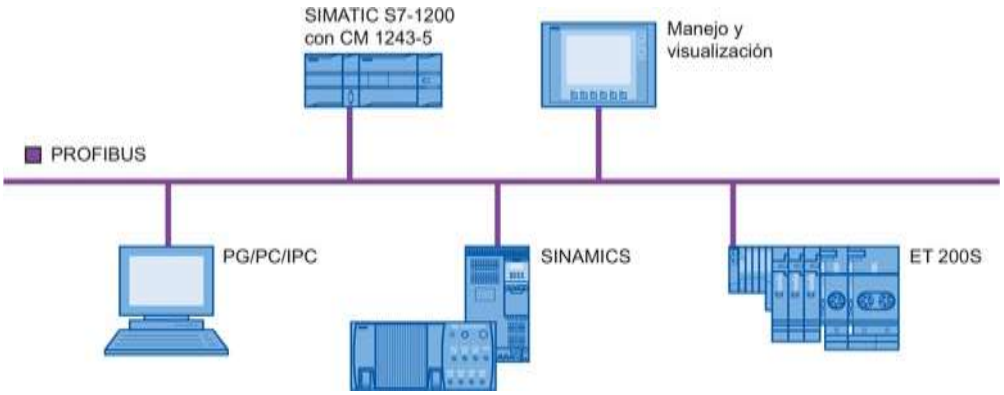


Figura 1-2 Ejemplo de configuración con CM 1243-5 como maestro PROFIBUS

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LED y conexiones

2

2.1 Apertura de las tapas de la carcasa

Posición de los elementos de visualización y de las conexiones eléctricas

Los LEDs para la indicación detallada de los estados del módulo se encuentran detrás de la tapa superior de la carcasa del módulo.

Los bornes para la alimentación se encuentran en la parte superior del módulo.

La conexión PROFIBUS se encuentra detrás de la tapa inferior de la carcasa del módulo.

Apertura de las tapas de la carcasa

Abra la tapa superior o inferior de la carcasa girando hacia abajo o hacia arriba tal como se muestra en la ilustración. Las tapas de las carcasa se han ampliado en este caso.

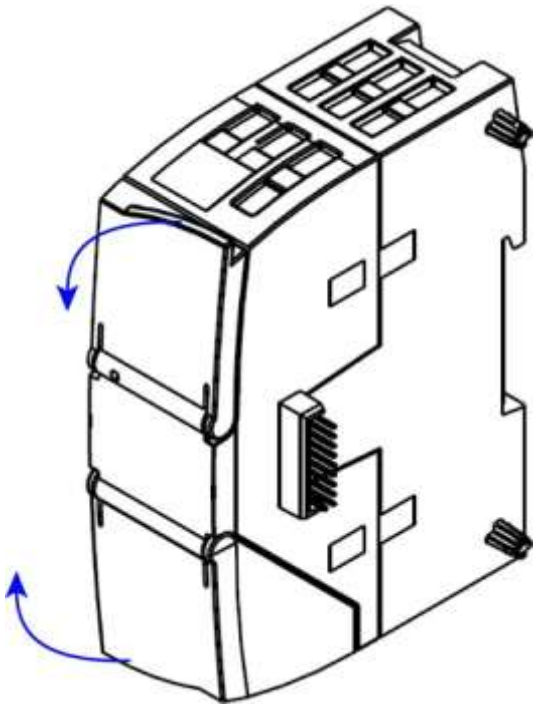


Figura 2-1 Apertura de las tapas de la carcasa

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Datos técnicos

6.1 Datos técnicos del CM 1243-5

Tabla 6- 1 Datos técnicos del CM 1243-5

Datos técnicos	
Referencia	6GK7 243-5DX30-0XE0
Interfaces	
Conexión a PROFIBUS	Conexión hembra Sub-D de 9 polos
Consumo máximo de corriente en la interfaz PROFIBUS en caso de conexión de componentes de red (por ejemplo, componentes ópticos)	15 mA a 5 V (sólo para la terminación de bus) *)
Condiciones ambientales admisibles	
Temperatura ambiente	
• Durante el almacenamiento	• -40 °C ... 70 °C
• Durante el transporte	• -40 °C ... 70 °C
• Durante la fase de servicio con el rack montado en horizontal	• 0 °C ... 55 °C
• Durante la fase de servicio con el rack montado en vertical	• 0 °C ... 45 °C
Humedad relativa a 25 °C durante la fase de operación, sin condensación, máximo	95 %
Clase de protección	IP20
Alimentación, consumo y pérdidas	
Tipo de alimentación eléctrica	DC
Tensión de alimentación / externa	24 V
• mínima	• 19,2 V
• máxima	• 28,8 V
Corriente absorbida (típica)	
• de 24 V DC	• 100 mA
• del bus de fondo de panel del S7-1200	• 0 mA
Potencia activa perdida (típica)	
• de 24 V DC	• 2,4 W
• del bus de fondo de panel del S7-1200	• 0 W
Alimentación eléctrica de 24 V DC / externa	
• Sección de cable mínima	• mín.: 0,14 mm^2 (AWG 25)
• Sección de cable máxima	• máx.: 1,5 mm^2 (AWG 15)
• Par de apriete de los bornes de tornillo	• 0,45 Nm (4 lb.in.)

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Datos técnicos	
Aislamiento galvánico	710 V DC durante 1 minuto
• Interfaz PROFIBUS contra masa	
• Interfaz PROFIBUS contra circuito interno	
Dimensiones y peso	
• Ancho	• 30 mm
• Altura	• 100 mm
• Profundidad	• 75 mm
Peso	
• Peso neto	• 134 g
• Peso incluyendo embalaje	• 171 g

*) La carga de corriente mediante un consumidor externo, que se conecta entre VP (pin 6) y DGND (pin 5), puede ser de 15 mA como máximo para la terminación del bus (resistente a cortocircuito).

6.2 Asignación del conector hembra para la fuente de alimentación externa

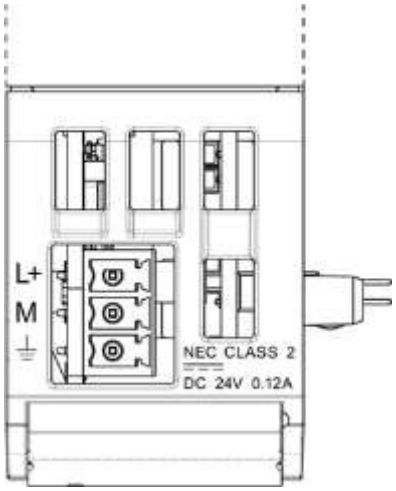


Figura 6-1 Conector hembra para la fuente de alimentación externa de 24 V DC (vista desde arriba)

Tabla 6- 2 Asignación del conector hembra para la fuente de alimentación externa

Pin	Rotulación	Función
1	L+	+ 24 V DC
2	M	Masa de referencia para + 24 V DC
3	⏚	Conexión de tierra

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

6.3 Asignación del conector hembra Sub-D

Interfaz PROFIBUS

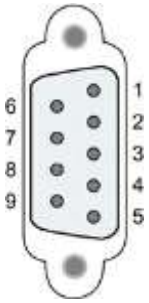


Tabla 6- 3 Asignación de contactos del conector hembra Sub-D

Pin	Descripción	Pin	Descripción
1	- no asignado -	6	VP: alimentación de tensión +5 V sólo para resistencias de cierre de bus (terminación); no para la alimentación de aparatos externos
2	- no asignado -	7	- no asignado -
3	RxD/TxD-P: Conductor de datos B	8	RxD/TxD-N: Conductor de datos A
4	CNTR-P: RTS	9	- no asignado -
5	DGND: masa para señales de datos y VP	Carcasa	Conexión de tierra

Cable PROFIBUS y conector

ATENCIÓN
Colocación del apantallado del cable PROFIBUS La pantalla del cable PROFIBUS debe hacer contacto. Aísle a tal fin un extremo del cable PROFIBUS y una la pantalla con la puesta a tierra funcional.

Nota

Si se utiliza un conector PROFIBUS de 180° o una conexión para programadora (PG), la tapa inferior no se podrá cerrar completamente.

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

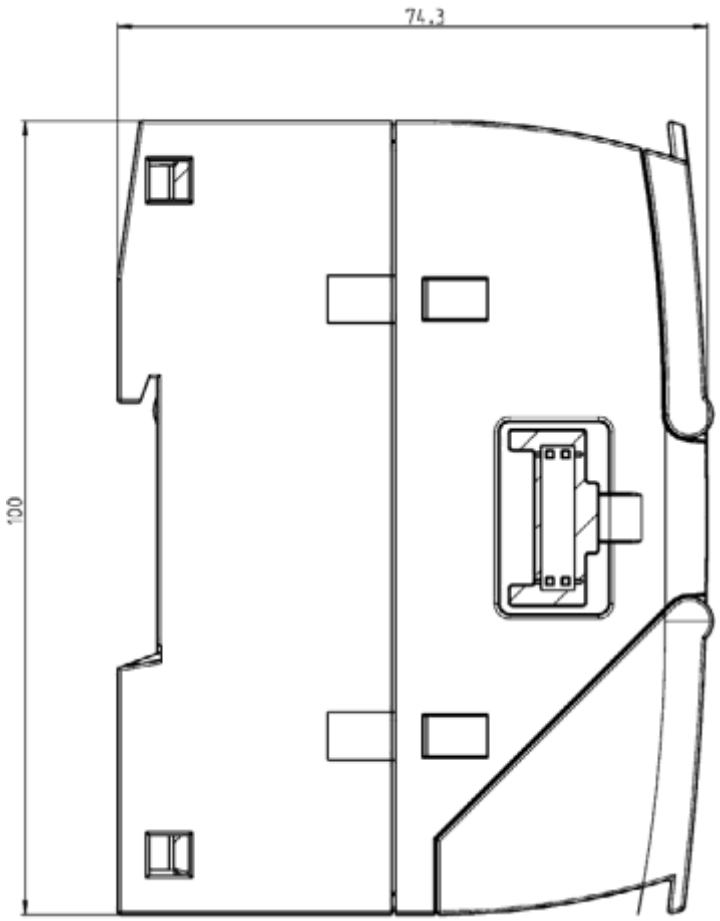


Figura A-2 CM 1243-5 - Vista lateral izquierda

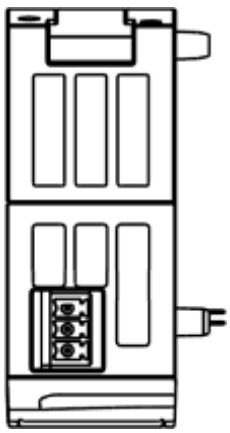


Figura A-3 CM 1243-5 - Vista desde arriba

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

TESIS UANCV
SIEMENS
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Data sheet 3UF7010-1AU00-0



Basic unit SIMOCODE pro V PB PROFIBUS DP interface 12 Mbit/s, RS 485, 4I/3O freely parameterizable, Us: 110...240 V AC/DC, input for thermistor connection Monostable relay outputs, expandable by extension modules

product brand name	SIRIUS
product designation	Motor management system
design of the product	basic unit 2
product type designation	SIMOCODE pro V PB
General technical data	
product function	
• bus communication	Y
• data acquisition function	e
• diagnostics function	s
• password protection	Y
• test function	e
• maintenance function	s
product component	Y
• input for thermistor connection	e
• digital input	s
• input for analog temperature sensors	Y
• input for ground fault detection	e
• relay output	s
product extension	Y
• temperature monitoring module	e
• current measuring module	s
• current/voltage measuring module	Y
• fail-safe digital I/O module	e
• ground-fault monitoring module	s
• control unit with display	
• control unit	Y
• analog I/O module	e
apparent power consumption	s
consumed active power	Y
insulation voltage with degree of pollution 3 at AC rated value	e
surge voltage resistance rated value	s
protection class IP	N
shock resistance	o
• **according to IEC 60068-2-27**	N
switching capacity current of the NO contacts of the relay outputs at AC-15	o Y
• at 24 V	e
• at 120 V	s
• at 230 V	
switching capacity current of the NO contacts of the relay outputs at DC-13	Y e s

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Y
e
s
Y
e
s
Y
e
s
Y
e
s
Y
e
s
Y
e
s
Y
e
s
Y
e
s
8.3 VA
3.6 W
300 V
4 000 V
IP20

15g / 11 ms

6 A
6 A
3 A

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

• at 24 V	2 A
• at 60 V	0.55 A
• at 125 V	0.25 A
mechanical service life (operating cycles) typical	10 000 000
electrical endurance (operating cycles) typical	100 000
buffering time in the event of power failure	0
reference code according to IEC 81346-2	.
continuous current of the NO contacts of the relay outputs	2
• at 50 °C	s
• at 60 °C	F
type of input characteristic	
Substance Prohibitance (Date)	6 A
SVHC substance name	5 A
	Type 1 in accordance with EN 61131-2
	05/01/2012
certificate of suitability	Blei - 7439-92-1 Bleimonoxid (Bleioxid) - 1317-36-8 4,4'-isopropylidendiphenol (Bisphenol A, - 80-05-7
• IECEx	
• according to ATEX directive 2014/34/EU	Yes; IECEx PTB 18.0004X
• acc. to Equipment and Protective System Intended for Use in Potentially Explosive Atmospheres Regulations 2016 (S.I. 2016 No.1107)	BVS 06 ATEX F001, PTB 18 ATEX 5003
• according to UKCA	X ITS21UKEX0464, ITS21UKEX0455X
explosion device group and category according to ATEX directive 2014/34/EU	
	ITS21UKEX0464, ITS21UKEX0455X
	II (2) G, II (2) D, I (M2) / I (1G/M2), II (1/2) G, II (1G/2D)

Electromagnetic compatibility

EMC emitted interference according to IEC 60947-1	class A
EMC immunity according to IEC 60947-1	corresponds to degree of severity 3
conducted interference	
• due to burst according to IEC 61000-4-4	2 kV (power ports) / 1 kV (signal
• due to conductor-earth surge according to IEC 61000-4-5	ports) 2 kV
• due to conductor-conductor surge according to IEC 61000-4-5	1 kV
• due to high-frequency radiation according to IEC 61000-4-6	10 V
field-based interference according to IEC 61000-4-3	10 V/m
electrostatic discharge according to IEC 61000-4-2	6 kV contact discharge / 8 kV air
conducted HF interference emissions according to CISPR11	discharge corresponds to degree of
field-bound HF interference emission according to CISPR11	severity A
	corresponds to degree of severity A

Inputs/ Outputs

product function	
• parameterizable inputs	Y
• parameterizable outputs	e
number of inputs	s
• for thermistor connection	Y
number of digital inputs with a common reference potential	e
digital input version	s
• type 1 acc. to IEC 61131	4
input voltage at digital input at DC rated value	1
number of outputs	4
number of semiconductor outputs	
number of outputs as contact-affected switching element	Y
switching behavior	e
type of relay outputs	s
wire length for digital signals maximum	2
wire length for thermistor connection	4
• with conductor cross-section = 0.5 mm² maximum	V
• with conductor cross-section = 1.5 mm² maximum	3
• with conductor cross-section = 2.5 mm² maximum	0
	3

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

	monostable
	Monostable 300 m
	50 m
	150 m
	250 m
Protective and monitoring functions	
product function	
● asymmetry detection	Yes
● blocking current evaluation	Yes

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

• power factor monitoring	Y
• ground fault detection	e
• phase failure detection	s
• phase sequence recognition	Y
• voltage detection	e
• monitoring of number of start operations	s
• overvoltage detection	Y
• overcurrent detection 1 phase	e
• undervoltage detection	s
• undercurrent detection 1 phase	Y
• active power monitoring	e
product function	s
• current detection	Y
• overload protection	e
• evaluation of thermistor motor protection	s
total cold resistance number of sensors in series maximum	Y
response value of thermoresistor	e
• of the short-circuit control	s
release value of thermoresistor	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
	Y
	e
	s
	1.5 kΩ
	3 400 ... 3 800 Ω
	9 Ω
	1 500 ... 1 650 Ω
Motor control functions	
product function	
• parameterizable overload relay	Y
• circuit breaker control	e
• direct start	s
• reverse starting	Y
• star-delta circuit	e
• star-delta reversing circuit	s
• Dahlander circuit	Y
• Dahlander reversing circuit	e
• pole-changing switch circuit	s
• pole-changing switch reversing circuit	Y
• slide control	e
• valve control	s

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
	Yes
Communication/ Protocol	
protocol is supported	
• PROFIBUS DP protocol	Yes
• PROFINET IO protocol	Yes
• PROFIsafe protocol	No
• Modbus RTU	Yes
• EtherNet/IP	Yes
• OPC UA Server	No
• LLDP	Yes
• Address Resolution Protocol (ARP)	No
• SNMP	No
• HTTPS	No
• NTP	No
• Media Redundancy Protocol (MRP)	No
number of interfaces	No
• according to PROFINET	No
• according to PROFIBUS	No
• according to Ethernet/IP	No
product function	No
• web server	No
• shared device	No
• at the Ethernet interface Autocrossover	No
• at the Ethernet interface Autonegotiation	No
• at the Ethernet interface Autosensing	No
• is supported Device Level Ring (DLR)	No
• is supported PROFINET system redundancy (S2)	No
• supports PROFIenergy measured values	No
• supports PROFIenergy shutdown	No
	0
	1
	0
	No
	No
	No
	No

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

	N o N o N o N o N o N o N o

transfer rate maximum	12 Mbit/s
identification & maintenance function	
• I&M0 - device-specific information	Y e s
• I&M1 - higher level designation/location designation	Y e s
• I&M2 - installation date	Y e s
• I&M3 - comment	Y e s
type of electrical connection of the communication interface	9-pin SUB-D socket (12 Mbit) / screw terminal (1.5 Mbit)
Installation/ mounting/ dimensions	
mounting position	any
fastening method	screw and snap-on mounting
height	111 mm
width	45 mm
depth	124 mm
required spacing	
• top	40 mm
• bottom	40 mm
• left	0 mm
• right	0 mm
Connections/ Terminals	
product component removable terminal for auxiliary and control circuit	Yes
type of connectable conductor cross-sections	
• solid	1x (0.5 ... 4.0 mm²), 2x (0.5.....2.5 mm²)
• finely stranded with core end processing	1x (0.5 ... 2.5 mm²), 2x (0.5.....1.5 mm²)
• for AWG cables solid	1x (20 ... 12), 2x (20 ... 14)
• for AWG cables stranded	1x (20 ... 14), 2x (20 ... 16)
tightening torque with screw-type terminals	0.8..... 1.2 N·m
tightening torque [lbf·in] with screw-type terminals	7.....10.3 lbf·in
type of connectable conductor cross-sections for PROFIBUS wire	2x 0.34 mm², AWG 22
Ambient conditions	
installation altitude at height above sea level	
• 1 maximum	2 000 m
• 2 maximum	3 000 m; max. +50 °C (no protective separation)
• 3 maximum	4 000 m; max. +40 °C (no protective separation)
ambient temperature	
• during operation	-25 ... +60 °C
• during storage	-40 ... +80 °C
• during transport	-40 ... +80 °C

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

environmental category	
● during operation according to IEC 60721	3K6 (no formation of ice, no condensation, relative humidity 10 ... 95%), 3C3 (no salt mist), 3S2 (sand must not get into the devices), 3M6
● during storage according to IEC 60721	1K6 (no condensation, relative humidity 10 ... 95%), 1C2 (no salt mist), 1S2 (sand must not get into the devices), 1M4
● during transport according to IEC 60721	2K2, 2C1, 2S1, 2M2
relative humidity	
● during operation	5 ... 95
contact rating of auxiliary contacts according to UL	% B300 / R300
Short-circuit protection	
design of short-circuit protection per output	Fuse links: gG 6 A, quick-response 10 A (IEC 60947-5-1), miniature circuit-breaker C char.: 1.6 A (IEC 60947-5-1) or 6 A (I_K < 500 A)
Electrical Safety	
touch protection against electrical shock	finger-safe
Galvanic isolation	
(electrically) protective separation according to IEC 60947-1	All circuits with protective separation (double creepage paths and clearances), the information in the "Protective Separation" test report, No. A0258, must be observed (link see further information)
Control circuit/ Control	
product function soft starter control	Yes
type of voltage of the control supply voltage	AC/ DC
control supply voltage at AC	
● at 50 Hz rated value	110 ... 240 V

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

• at 60 Hz rated value	110 ... 240 V
control supply voltage frequency	
• **1 rated value**	50 Hz
• **2 rated value**	60 Hz
relative symmetrical tolerance of the control supply voltage frequency	5 %
control supply voltage at DC	
• rated value	110 ... 240 V
operating range factor control supply voltage rated value at DC	
• initial value	0.85
• full-scale value	1.1
operating range factor control supply voltage rated value at AC at 50 Hz	
• initial value	0.85
• full-scale value	1.1
operating range factor control supply voltage rated value at AC at 60 Hz	
• initial value	0.85
• full-scale value	1.1
inrush current peak	
• at 240 V	15 A
duration of inrush current peak	
• at 240 V	1 ms

Approvals Certificates

General Product Approval | **For use in hazardous locations**

Confirmation

CCC UL EAC ATEX IECEx

For use in hazardous locations | **Declaration of Conformity** | **Test Certificates**

ATEX IECEx Explosion Protection Certificate CE EG-Konf. UKCA Special Test Certificate

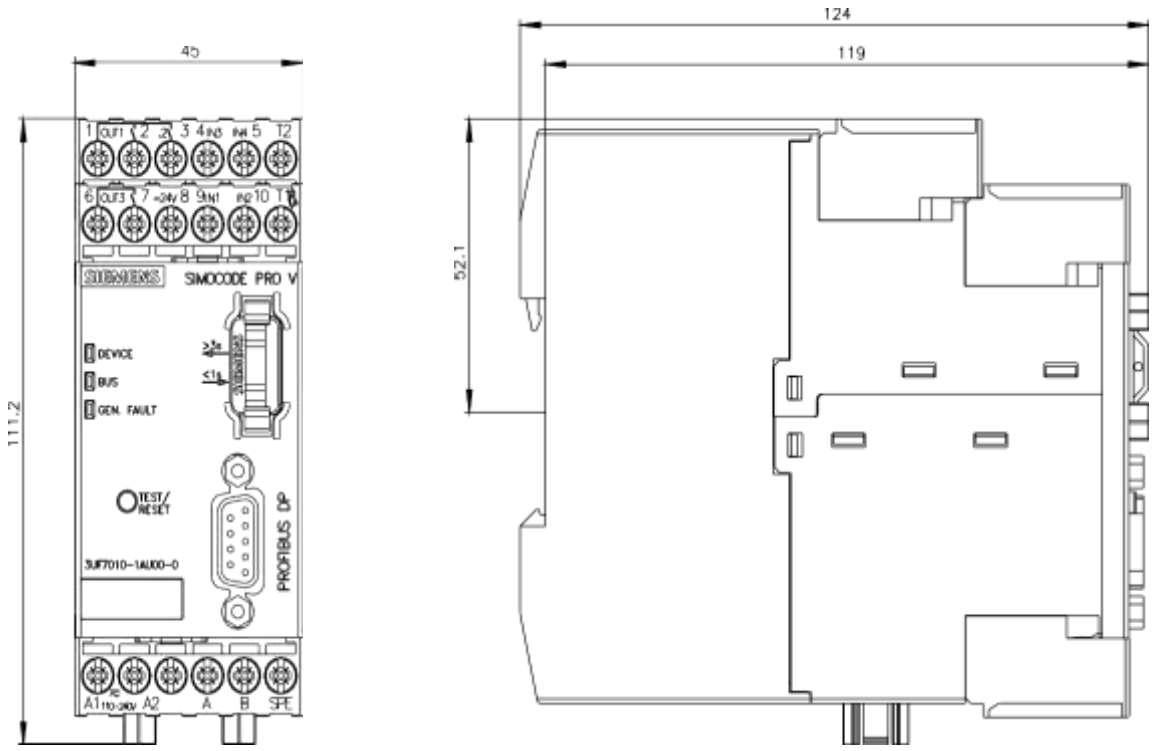
Test Certificates | **Marine / Shipping** | **other**

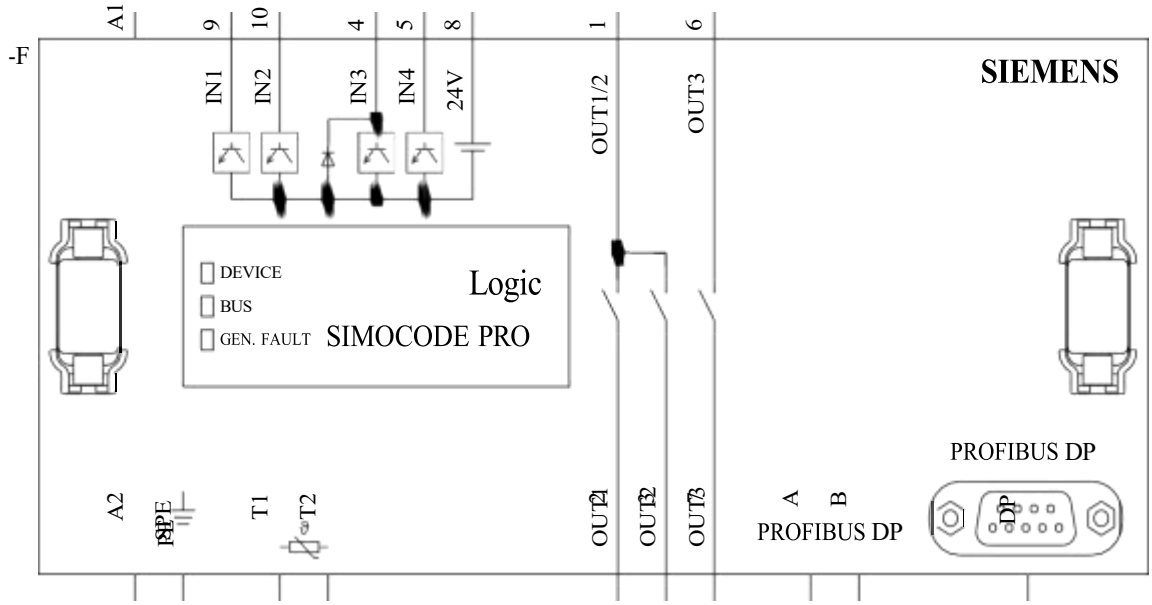
Type Test Certificates/Test Report | Special Test Certificate | Lloyd's Register LRS | DNV-GL | Confirmation | Profibus

Further information

Siemens has decided to exit the Russian market (see here).
https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-wind-down-russian-business
Siemens is working on the renewal of the current EAC certificates.
Please contact your local Siemens office on the status of validity of the EAC certification if you intend to import or offer to supply these products to an EAC relevant market (other than the sanctioned EAEU member states Russia or Belarus).
Information on the packaging
https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109813875
Information- and Downloadcenter (Catalogs, Brochures,…)
https://www.siemens.com/ic10
Industry Mall (Online ordering system)
https://mall.industry.siemens.com/mall/en/en/Catalog/product?mlfb=3UF7010-1AU00-0
Cax online generator
http://support.automation.siemens.com/WW/CAXorder/default.aspx?lang=en&mlfb=3UF7010-1AU00-0
Service&Support (Manuals, Certificates, Characteristics, FAQs,...)
https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/ps/3UF7010-1AU00-0
Image database (product images, 2D dimension drawings, 3D models, device circuit diagrams, EPLAN macros, ...)
http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax_de.aspx?mlfb=3UF7010-1AU00-0&lang=en
Test report No. A0258, protective separation
https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109748152

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





last modified: 11/7/2023

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Datasheet



PowerBeam®

High-Performance airMAX® Bridge

Models: PBE-M5-620, PBE-M5-400, PBE-M5-300, PBE-M2-400

- Uniform Beamwidth Maximizes Noise Immunity
- Innovative Mechanical Design
- High-Speed Processor for Superior Performance

UBIQUITI NETWORKS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

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

DATASHEET

PowerBeam®

Overview

Starting with the first-generation NanoBridge®, Ubiquiti Networks pioneered the all-in-one design for an airMAX® product functioning as a CPE (Customer Premises Equipment). Now Ubiquiti Networks launches the latest generation of CPE, the PowerBeam®.

Improved Noise Immunity

The PowerBeam directs RF energy in a tighter beamwidth. With the focus in one direction, the PowerBeam blocks or spatially filters out noise, so noise immunity is improved. This feature is especially important in an area crowded with other RF signals of the same or similar frequency.

Integrated Design

Ubiquiti's InnerFeed® technology integrates the radio into the feedhorn of an antenna, so there is no need for a cable. This improves performance because it eliminates cable losses.

Providing high performance and innovative mechanical design at a low cost, the PowerBeam is extremely versatile and cost-effective to deploy.

airMAX Technology Included

Unlike standard Wi-Fi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) airMAX protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

This time slot method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency. It provides significant performance improvements in latency, throughput, and scalability compared to all other outdoor systems in its class.

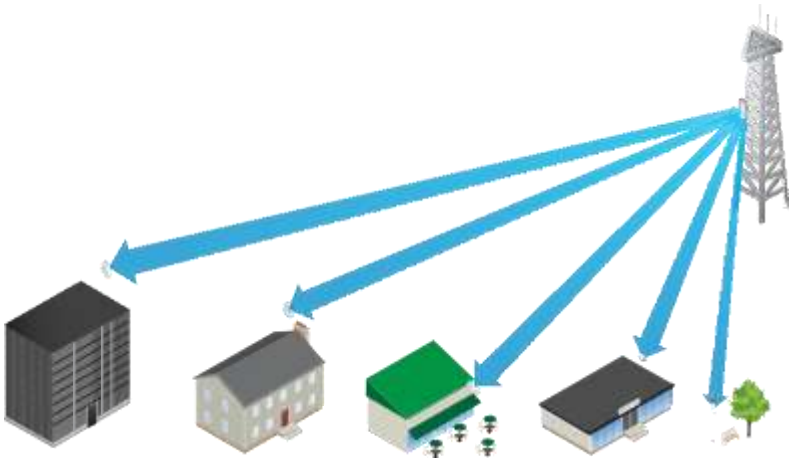
Intelligent QoS Priority is given to voice/video for seamless streaming.

Scalability High capacity and scalability.

Long Distance Capable of high-speed, carrier-class links.

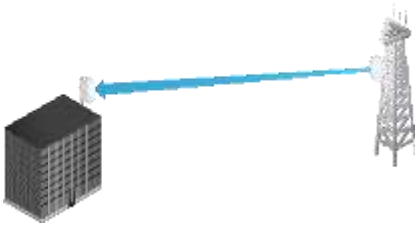
Application Examples

PtMP Client Links



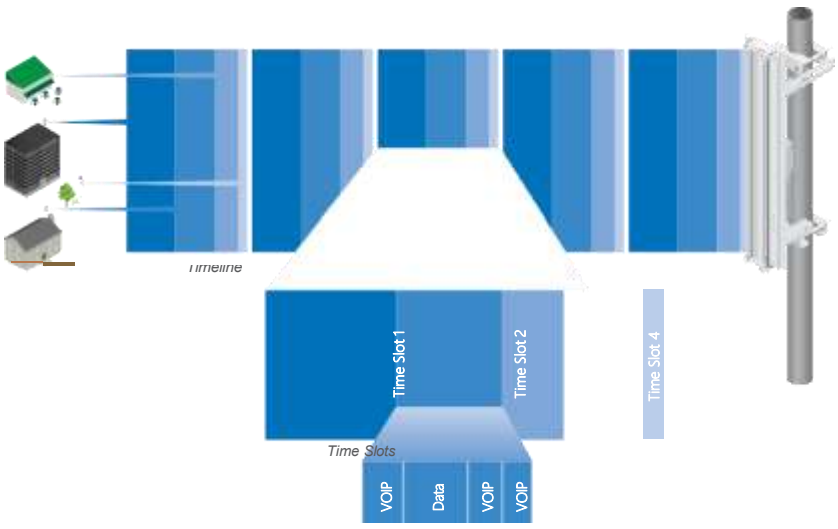
The PowerBeam used as a CPE device for each client in an airMAX PtMP network.

PtP Link



Use a PowerBeam on each side of a PtP link.

airMAX TDMA Technology



airOS®

airOS® is an intuitive, versatile, highly developed Ubiquiti firmware technology. It is exceptionally intuitive and was designed to require no training to operate. Behind the user interface is a powerful firmware architecture, which enables high-performance, outdoor multi-point networking.

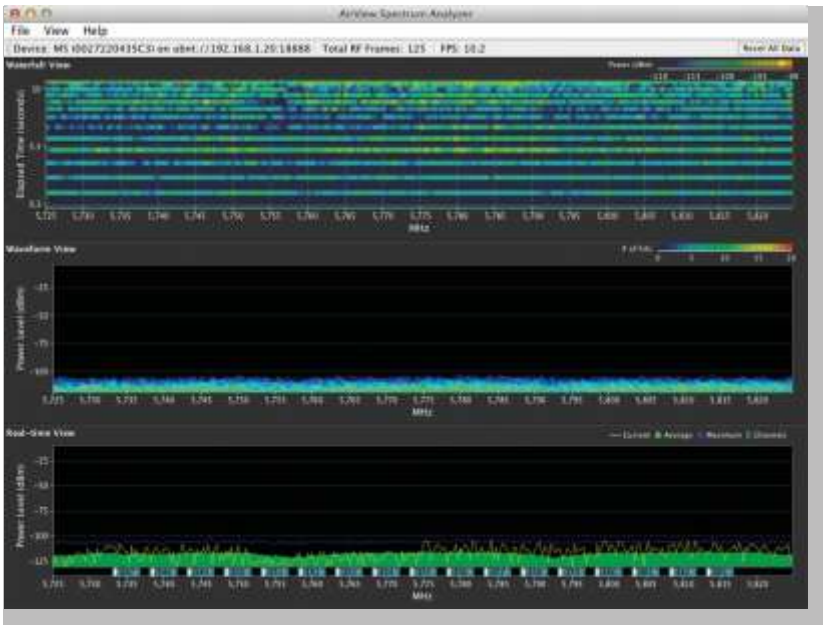
- Protocol Support
- Ubiquiti Channelization
- Spectral Width Adjustment
- ACK Auto-Timing
- AAP Technology
- Multi-Language Support



airView®

Integrated on all Ubiquiti M products, airView® provides advanced spectrum analyzer functionality: waterfall, waveform, and real-time spectral views allow operators to identify noise signatures and plan their networks to minimize noise interference.

- **Waterfall** Aggregate energy over time for each frequency.
- **Waveform** Aggregate energy collected.
- **Real-time** Energy is shown in real time as a function of frequency.
- **Recording** Automate airView to record and report results.



airControl®

airControl® is a powerful and intuitive, web-based server network management application, which allows operators to centrally manage entire networks of Ubiquiti devices.

- Network Map
- Monitor Device Status
- Mass Firmware Upgrade
- Web UI Access
- Manage Groups of Devices
- Task Scheduling



Hardware Overview

PowerBeam® DATASHEET

Innovative Mechanical Design

- **Built-in mechanical tilt** The mounting bracket conveniently offers 20° of uptilt and up to 20° of downtilt.
- **Quick assembly** The number of fasteners was reduced to simplify assembly. Tools are required only when the technician mounts the PowerBeam on the pole.
- **Easy removal** The antenna feed can be detached with the push of a button.

Corrosion Resistance

- **Fasteners** GEOMET-coated for improved corrosion resistance when compared with zinc-plated fasteners.
- **Dish and brackets** Made of galvanized steel that is powder-coated for superior corrosion resistance.

  The redesigned pole bracket for the 400 mm dish and fender washers for the 300 mm dish prevent paint from being removed from the metal brackets for improved corrosion resistance.

Model Comparison

	PBE-M5-620	PBE-M5-400	PBE-M5-300	PBE-M2-400
Frequency Band	5 GHz	5 GHz	5 GHz	2.4 GHz
Antenna Gain	29 dBi	25 dBi	22 dBi	18 dBi
Dish Reflector	620 mm	400 mm	300 mm	400 mm
Throughput	150+ Mbps	150+ Mbps	150+ Mbps	150+ Mbps
Network Interface	10/100/1000	10/100/1000	10/100	10/100



PowerBeam M
400 mm Radome

Model	PBE-M2-400	PBE-M5-400	PBE-M5-300
PBE-RAD-400	✓	✓	N/A

A protective radome is available as an optional accessory for the PBE-M2-400 and PBE-M5-400.

PowerBeam® Accessories

IsoBeam™

Model: ISO-BEAM-620



The IsoBeam™ is an isolator radome that is available as an optional accessory for the PBE-M5-620 and other models:

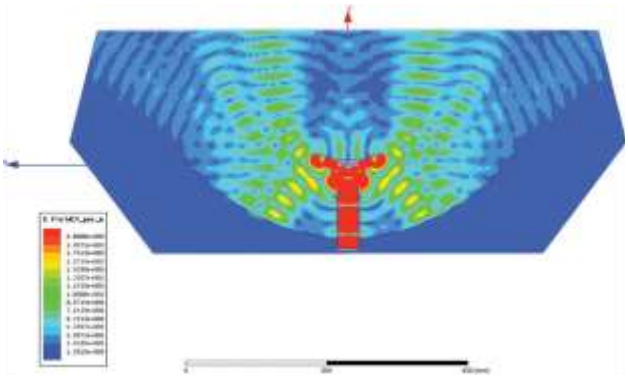
- airFiber® AF-5G30-S45
- PowerBeam PBE-5AC-620
- RocketDish™ RD-5G30-LW

The innovative RF-choke perimeter of the IsoBeam delivers superior noise immunity in co-location deployments; its perimeter corrugation provides enhanced RF shielding. Compare the two near-field plots below, and note the breakthrough isolation performance of the IsoBeam.

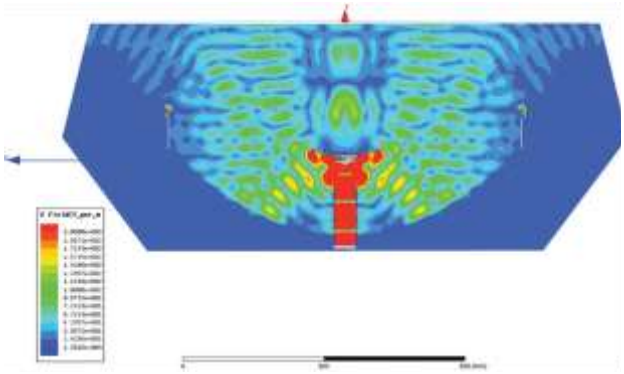
Both near-field plots are displayed in watts and use a linear scale. The strength of the electromagnetic field is color-coded:

- Red: Highest strength
- Green: Medium strength
- Indigo: Lowest strength

Without IsoBeam



With IsoBeam



Precision Alignment Kit

Model: PAK-620



The Precision Alignment Kit is available as an optional accessory for the PBE-M5-620. It features 15° of azimuth adjustment and 15° of elevation adjustment to enable extremely accurate aiming for optimal PtP link performance.

The Precision Alignment Kit is also compatible with other dish antennas:

- airFiber AF-5G30-S45
- PowerBeam PBE-5AC-620
- RocketDish RD-5G30-LW

TESIS UANCV

Specifications

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

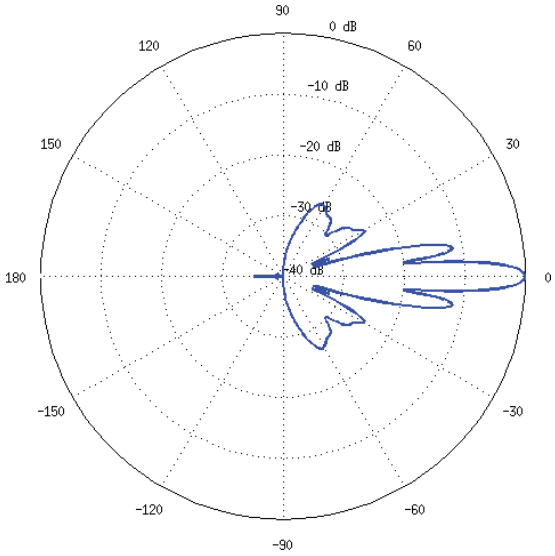
PBE-M5-620					
Dimensions	620 x 620 x 386 mm (24.41 x 24.41 x 15.2")				
Weight	6.4 kg (14.11 lb)				
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE				
Max. Power Consumption	8.5W				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-1	USA: U-NII-2A	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain	29 dBi				
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port				
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz				
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.6:1				
Channel Sizes	5/8/10/20/30/40 MHz				
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)				
Wind Loading	1510 N @200 km/h (340 lbf @125 mph)				
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)				
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 24 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Salt Fog Test	IEC 68-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-810 G Method 509.5				
Vibration Test	IEC 68-2-6				
Temperature Shock Test	IEC 68-2-14				
UV Test	IEC 68-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4				
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-810 G Method 506.5				

PBE-M5-620 Output Power: 24 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11a	6 - 24 Mbps	24 dBm	± 2 dB	802.11a	6 - 24 Mbps	-94 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	24 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n/airMAX	MCS0	24 dBm	± 2 dB	802.11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	24 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	22 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	21 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	20 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	20 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	24 dBm	± 2 dB		MCS8	-96 dBm	± 2 dB
	MCS9	24 dBm	± 2 dB		MCS9	-95 dBm	± 2 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB		MCS10	-92 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-90 dBm	± 2 dB
	MCS12	22 dBm	± 2 dB		MCS12	-86 dBm	± 2 dB
	MCS13	21 dBm	± 2 dB		MCS13	-83 dBm	± 2 dB
	MCS14	20 dBm	± 2 dB		MCS14	-77 dBm	± 2 dB
	[illegible]	20 dBm	± 2 dB		[illegible]	[illegible]	[illegible]

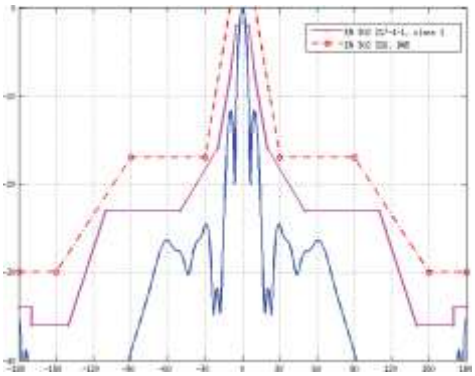
* Some frequencies may require activation; visit: https://www.ubnt.com/fcclabelrequest

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

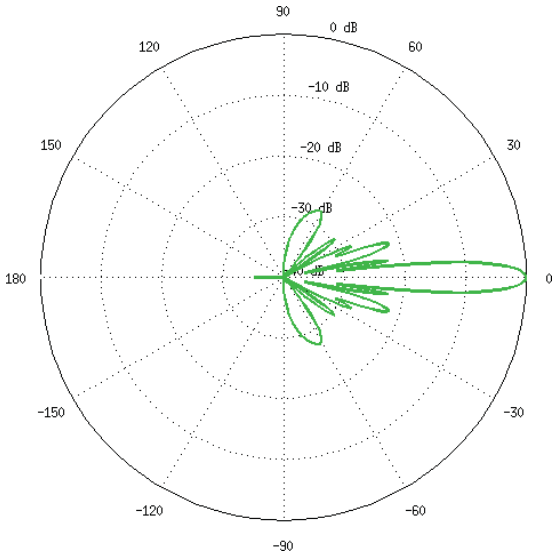
E-Plane



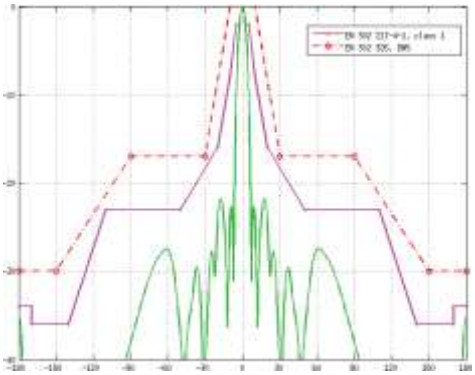
E-Plane Specs



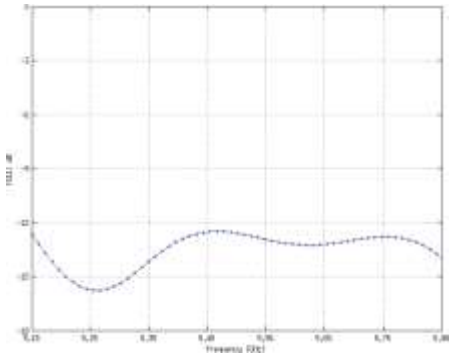
H-Plane



H-Plane Specs



Return Loss





TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DATASHEET

PowerBeam®

Specifications

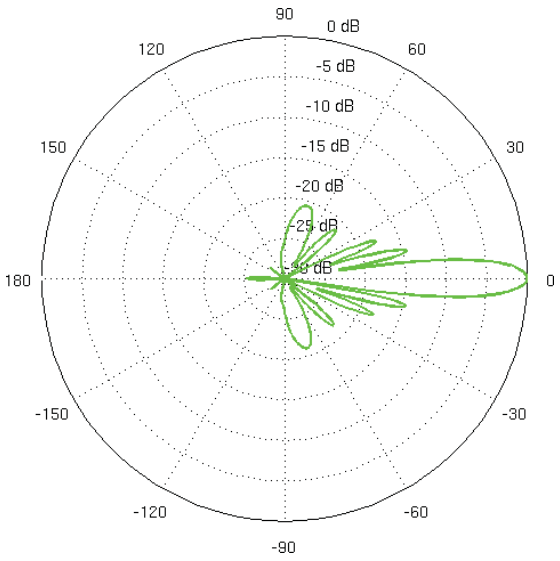
PBE-M5-400					
Dimensions	420 x 420 x 275 mm (16.54 x 16.54 x 10.83")				
Weight	1.753 kg (3.87 lb)				
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE				
Max. Power Consumption	8W				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-1	USA: U-NII-2A	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain	25 dBi				
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port				
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz				
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.5:1				
Channel Sizes	5/8/10/20/30/40 MHz				
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)				
Wind Loading	278.4 N @ 120 km/h (63 lbf @ 75 mph)				
Wind Survivability	120 km/h (75 mph)				
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 24 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Salt Fog Test	IEC 68-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-810 G Method 509.5				
Vibration Test	IEC 68-2-6				
Temperature Shock Test	IEC 68-2-14				
UV Test	IEC 68-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4				
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-810 G Method 506.5				

PBE-M5-400 Output Power: 26 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11a	6 - 24 Mbps	26 dBm	± 2 dB	802.11a	6 - 24 Mbps	-94 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	24 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	23 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n/airMAX	MCS0	26 dBm	± 2 dB	802.11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	23 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	23 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	26 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	25 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	23 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
	MCS15	23 dBm	± 2 dB		MCS15	-77 dBm	± 2 dB

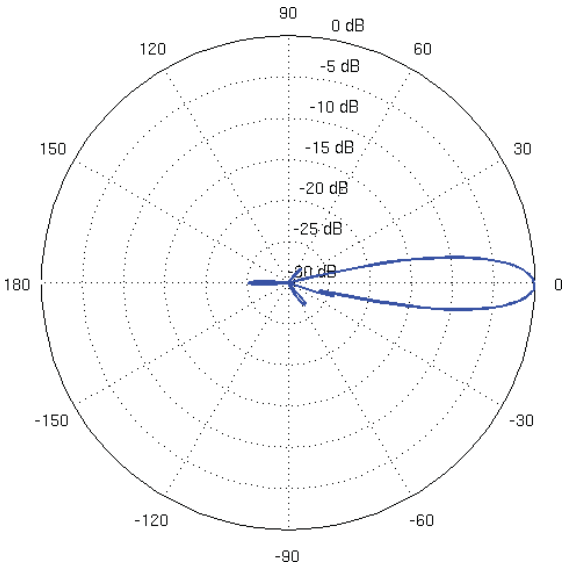
* Some frequencies may require activation; visit: https://www.ubnt.com/fcclabelrequest

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

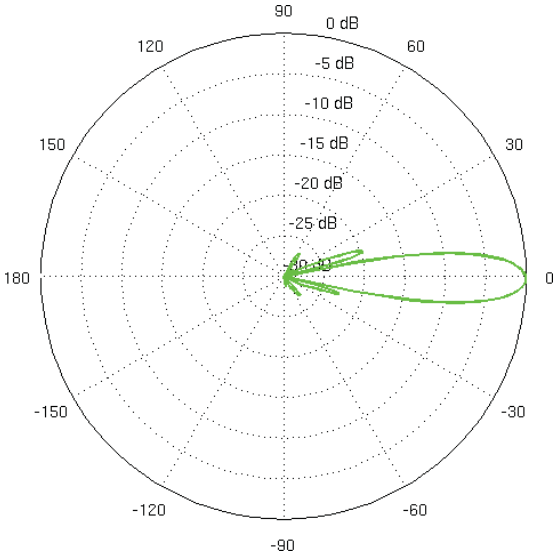
Vertical Azimuth



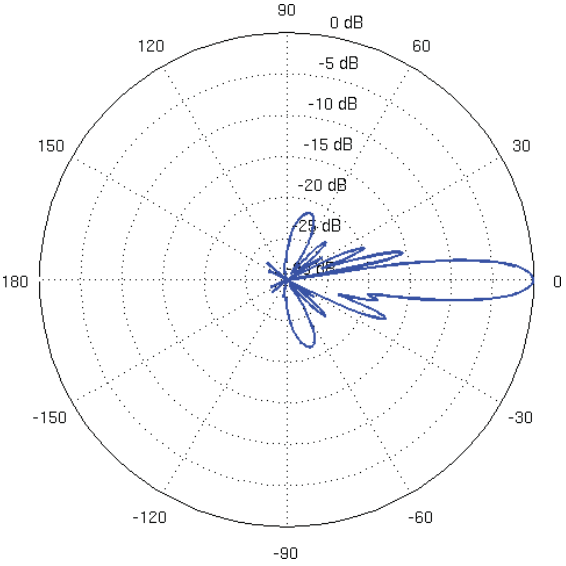
Vertical Elevation



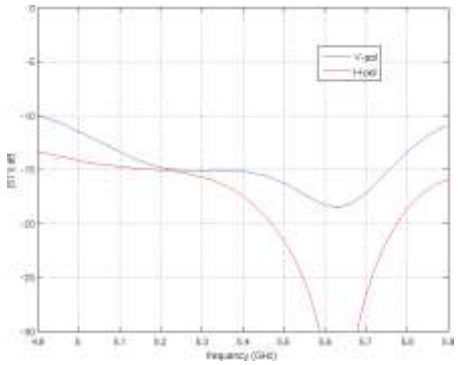
Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation



Return Loss





TESIS UANCV

DATASHEET | PowerBeam®

Specifications

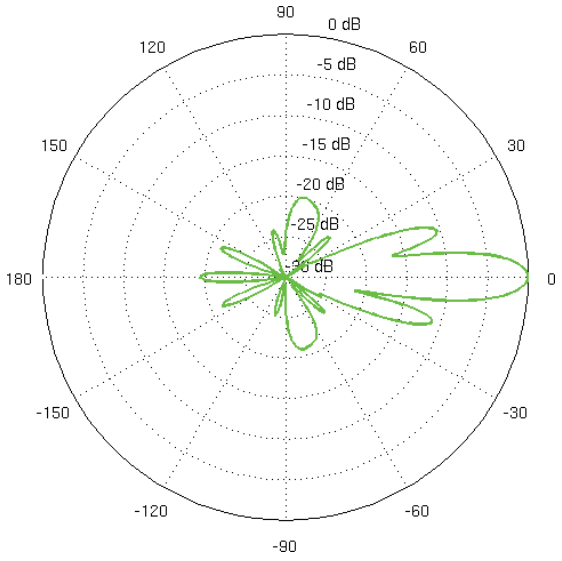
PBE-M5-300					
Dimensions	325 x 325 x 256 mm (12.80 x 12.80 x 10.08")				
Weight	1.203 kg (2.65 lb)				
Power Supply	24V, 0.5A PoE				
Max. Power Consumption	6W				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-1	USA: U-NII-2A	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain	22 dBi				
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port				
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz				
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.5:1				
Channel Sizes	5/8/10/20/30/40 MHz				
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)				
Wind Loading	145.2 N @ 120 km/h (33 lbf @ 75 mph)				
Wind Survivability	120 km/h (75 mph)				
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 24 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Salt Fog Test	IEC 68-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-810 G Method 509.5				
Vibration Test	IEC 68-2-6				
Temperature Shock Test	IEC 68-2-14				
UV Test	IEC 68-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4				
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-810 G Method 506.5				

PBE-M5-300 Output Power: 26 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11a	6 - 24 Mbps	26 dBm	± 2 dB	802.11a	6 - 24 Mbps	-94 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	24 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	23 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n/airMAX	MCS0	26 dBm	± 2 dB	802.11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	23 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	23 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	26 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	25 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	23 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
	MCS15	23 dBm	± 2 dB		MCS15	-76 dBm	± 2 dB

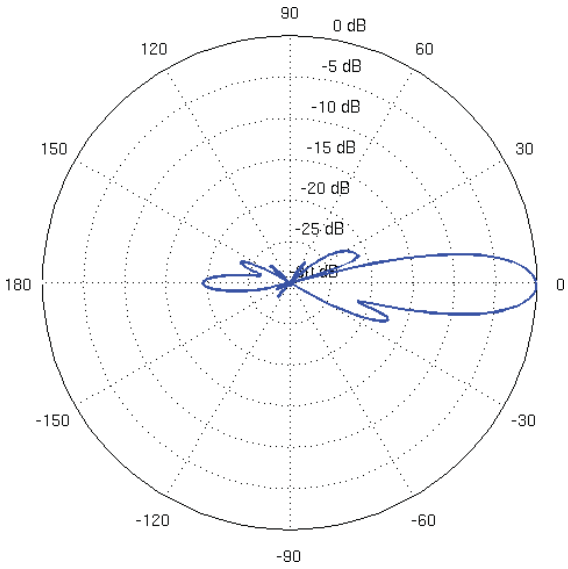
* Some frequencies may require activation; visit: https://www.ubnt.com/fcclabelrequest

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

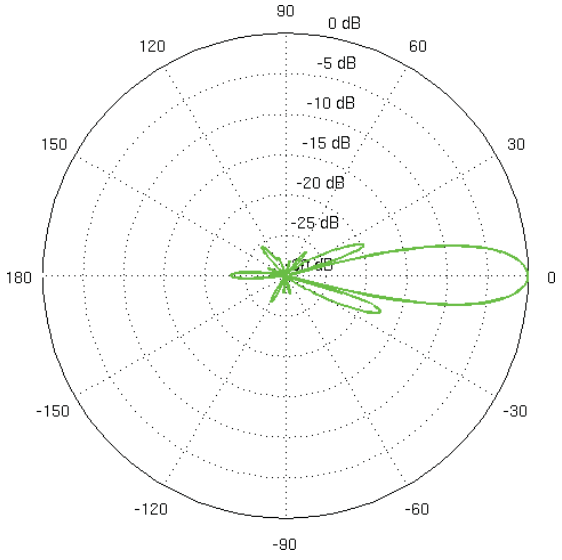
Vertical Azimuth



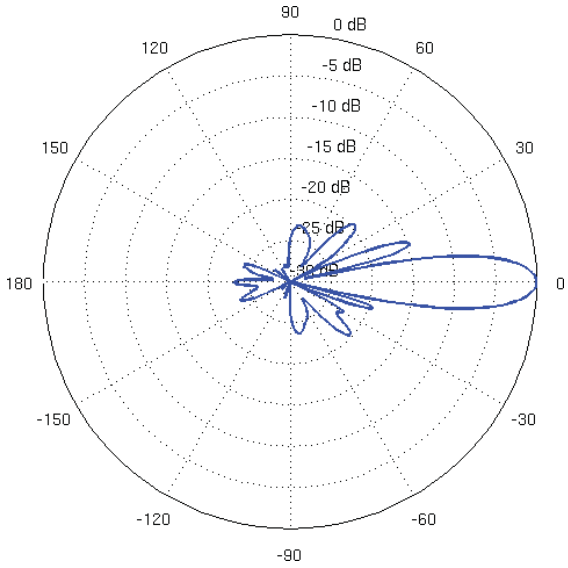
Vertical Elevation



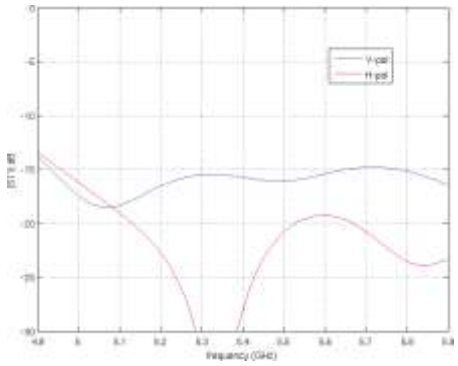
Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation



Return Loss





TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Specifications

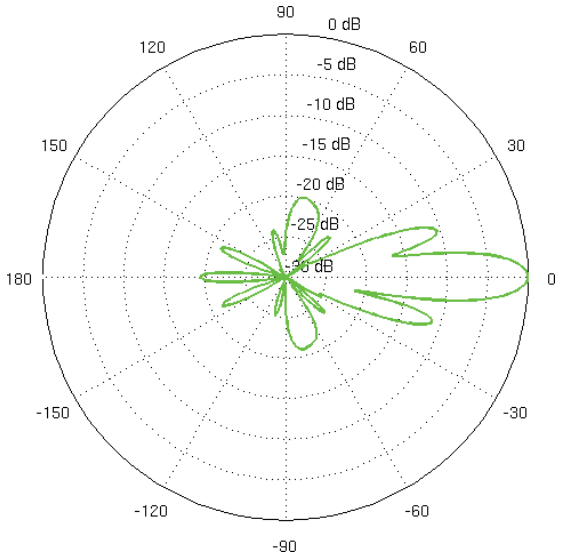
DATASHEET
PowerBeam®

PBE-M2-400	
Dimensions	420 x 420 x 289 mm (16.54 x 16.54 x 11.38")
Weight	1.795 kg (3.96 lb)
Power Supply	24V, 0.5A PoE
Max. Power Consumption	6W
Operating Frequency	2405-2475 MHz
Gain	18 dBi
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels
Max. VSWR	1.5:1
Channel Sizes	5/8/10/20/30/40 MHz
Polarization	Dual Linear
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)
Wind Loading	278.4 N @ 120 km/h (63 lbf @ 75 mph)
Wind Survivability	120 km/h (75 mph)
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 24 kV
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes
Salt Fog Test	IEC 68-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-810 G Method 509.5
Vibration Test	IEC 68-2-6
Temperature Shock Test	IEC 68-2-14
UV Test	IEC 68-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-810 G Method 506.5

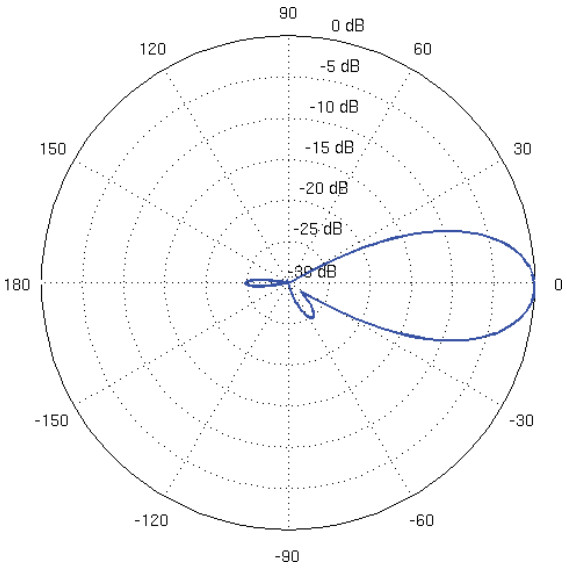
PBE-M2-400 Output Power: 28 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11g	1 - 24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	802.11g	1 - 24 Mbps	-97 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n/airMAX	MCS0	28 dBm	± 2 dB	802.11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	28 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	28 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	28 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	27 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	22 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	28 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	28 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	28 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	28 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	27 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	25 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
	MCS15	22 dBm	± 2 dB		MCS15	-77 dBm	± 2 dB

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

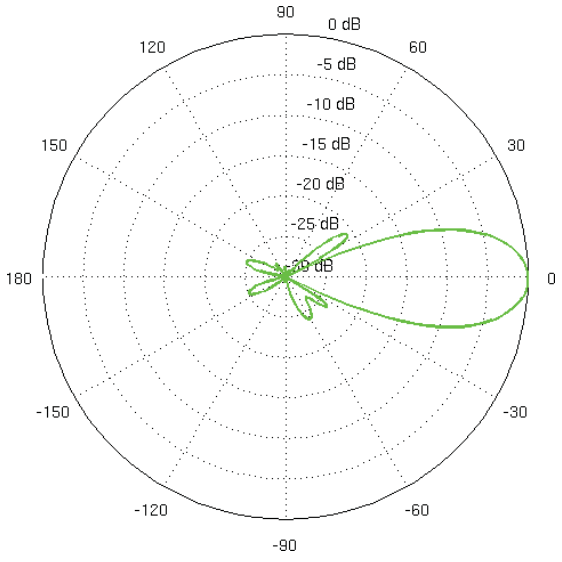
Vertical Azimuth



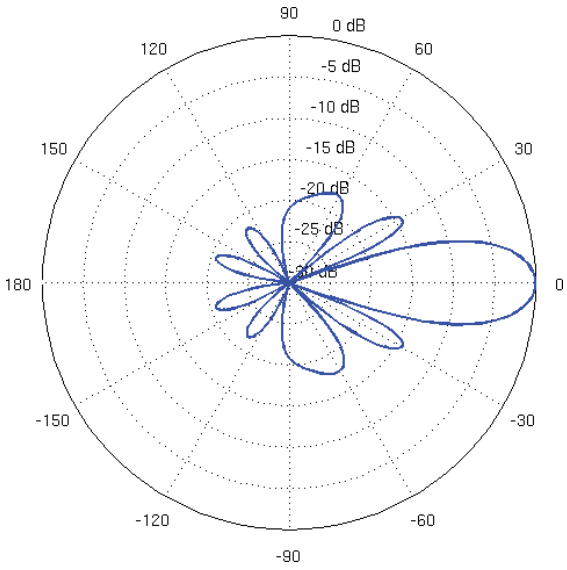
Vertical Elevation



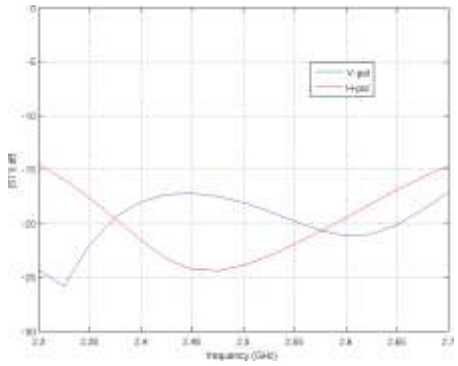
Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation



Return Loss





TESIS UANCV
Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at: www.ubnt.com/support/warranty
©2013–2018 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti U logo, the Ubiquiti beam logo, airControl, airFiber, airMAX, airOS, airView, InnerFeed, IsoBeam, NanoBridge, PowerBeam, and RocketDish are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Networks, Inc. in the United States and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.
www.ubnt.com
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
SIEMENS
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Data sheet 6GK5005-0BA00-1AB2



SCALANCE XB005 unmanaged Industrial Ethernet Switch for 10/100 Mbit/s; for setting up small star and line topologies; LED diagnostics, IP20, 24 V AC/DC power supply, with 5x 10/100 Mbit/s twisted pair ports with RJ45 sockets; Manual available as a download .

product type designation	
product brand name	SCALANCE
product type designation	XB005
transfer rate	
transfer rate	10 Mbit/s, 100 Mbit/s
interfaces / for communication / integrated	
number of electrical connections	
• for network components or terminal equipment	5; RJ45
number of 100 Mbit/s SC ports	
• for multimode	0
interfaces / other	
number of electrical connections	
• for power supply	1
type of electrical connection	
• for power supply	3-pole terminal block
supply voltage, current consumption, power loss	
type of voltage / 1 / of the supply voltage	D
• supply voltage / 1 / rated value	C
• power loss [W] / 1 / rated value	2
• supply voltage / 1 / rated value	4
• consumed current / 1 / maximum	V
• type of electrical connection / 1 / for power supply	1.68 W
• product component / 1 / fusing at power supply input	19.2.....V
• fuse protection type / 1 / at input for supply voltage	0.07 A
type of voltage / 2 / of the supply voltage	3-pole terminal
• supply voltage / 2 / rated value	block Yes
	0.6 A / 60
	V AC
	19.2.....V
ambient conditions	
ambient temperature	
• during operation	-10 ... +60 °C
• during storage	-40 ... +80 °C
• during transport	-40 ... +80 °C
relative humidity	
• at 25 °C / without condensation / during operation / maximum	9
protection class IP	5
	%
	IP

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

	2
	0
design, dimensions and weights	
design	Bo
width	x
height	45
depth	m
	m
	100 mm
	87 mm

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

net weight	0.165 kg
fastening method	
• 35 mm top hat DIN rail mounting	Yes
• wall mounting	Yes
• S7-1500 rail mounting	No
product functions / management, configuration, engineering	
product function	
• multiport mirroring	No
• CoS	Yes
• switch-managed	Yes
PROFINET conformity class	No A
product functions / redundancy	
product function	
• Parallel Redundancy Protocol (PRP)/operation in the PRP-network	Yes
• Parallel Redundancy Protocol (PRP)/Redundant Network Access (RNA)	No
standards, specifications, approvals	
certificate of suitability	
• CE marking	Yes
• KC approval	Yes
• Regulatory Compliance Mark (RCM)	Yes
standard	
• for EMC interference emission	EN 61000-6-4 (Class A) EN 61000-6-2
• for immunity to EMC	
• for safety / from CSA and UL	UL 60950-1, CSA C22.2 No. 60950-1
standards, specifications, approvals / hazardous environments	
certificate of suitability	
• ATEX	Yes
• UKEX	Yes
• IECEx	Yes
• ULhazloc approval	Yes
• CCC / for hazardous zone according to GB standard	Yes
• FM registration	Yes

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

	Y e s
standards, specifications, approvals / other	
certificate of suitability	
• RoHS conformity	Yes
standards, specifications, approvals / Environmental Product Declaration	
Environmental Product Declaration	Yes
Global Warming Potential [CO2 eq]	
• total	151.5 kg
• during manufacturing	7.42 kg
• during operation	143.95 kg
• after end of life	0.14 kg
product functions / general	
MTBF	241 a
reference code	
• according to IEC 81346-2	K
• according to IEC 81346-2:2019	F
Warranty period	K
product function / is supported / identification link	F E 5 a Yes; according to IEC 61406-1:2022
further information / internet links	
internet link	
• to website: Selection guide for cables and connectors	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/1097663
• to web page: selection aid TIA Selection Tool	58 https://www.siemens.com/tstcloud
• to website: Industrial communication	https://www.siemens.com/simatic-net
• to web page: SiePortal	https://sieportal.siemens.com/
• to website: Image database	https://www.automation.siemens.com/bilddb
• to website: CAx-Download-Manager	https://www.siemens.com/cax
• to website: Industry Online Support	https://support.industry.siemens.com
security information	
security information	Siemens provides products and solutions with industrial cybersecurity functions that support the secure operation of plants, systems, machines and networks. In order to protect plants, systems, machines and networks against cyber threats, it is necessary to implement – and continuously maintain – a holistic, state-of-the-art industrial cybersecurity concept. Siemens' products and solutions constitute one element of such a concept. Customers are responsible for preventing unauthorized access to their plants, systems, machines and networks. Such systems, machines and components should only be connected to an enterprise network or the internet if and to the extent such a connection is necessary and only when appropriate security measures (e.g. firewalls and/or network segmentation) are in place. For additional information on industrial cybersecurity measures that may be implemented, please visit www.siemens.com/cybersecurity-industry. Siemens' products and solutions undergo continuous development to make them more secure. Siemens strongly recommends that product updates are applied as soon as they are available and that the latest product versions are used. Use of product versions that are no longer supported, and failure to apply the latest updates may increase customer's exposure to cyber threats. To stay informed about product updates, subscribe to the Siemens Industrial Cybersecurity RSS Feed under https://www.siemens.com/cert. (V4.7)

Approvals / Certificates

General Product Approval					EMV
CE EG-Konf.	Declaration of Conformity	CCC	UL	RCM	KC

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

TESIS UANCV
For use in hazardous locations
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

IECEx	ATEX	FM	KEMA	CCC-Ex	Special Test Certific-ate

Environment		Industrial Communication
Confirmation	EPD	PROFINET

last modified: 8/16/2024

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X] Fecha de entrega: 23/04/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: CARLOS ARMANDO VILLANUEVA APAZA
Dirección: JR. ALFONSO UGARTE 468
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46864243
Teléfono: 951 044 135 email: carlosvillanueva5@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES
Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]
Título: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TODOS LOS PROCESOS DE UNA PLANTA CEMENTERA DEL SUR DEL PERU 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Automatización industrial, control de bombas, sistema SCADA, abastecimiento de agua

¿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, entré otros relacionados.
[2] Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2. **Referencia de tesis:**

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

3. **Licencias:**

a) **Licencia estándar:**

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a):_____

☐ No autorizo.

b) **Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:**

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

¿Quiere permitir usos comérciales de su producción intelectual?

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

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

☐ Sí autorizo

☒ No autorizo

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

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

- [x] Internacional
- [ ] Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21



Firma de Autor | huella digital | 23/04/2026 Fecha

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