



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Diseño de la instrumentación y control para un sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua en la unidad minera El Porvenir

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

AUTOR

Yury Elías SÁNCHEZ CCORAHUA

ASESOR

Dr. Nicanor Raúl BENITES SARAVIA

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Sánchez, Y. (2025). *Diseño de la instrumentación y control para un sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua en la unidad minera El Porvenir*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Yury Elías Sánchez Ccorahua
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77799122
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Nicanor Raúl Benites Saravia
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10189914
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3245-6470
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Celso Ysidro Gerónimo Huamán
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09191500
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Elías Moscoso Sánchez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07206008
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Victor Edmundo Alva Saldaña
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07299248
Datos de investigación	
Línea de investigación	Instrumentación Industrial
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	Unidad Minera: El Porvenir País: Perú Departamento: Pasco Provincia: Cerro de pasco Distrito: Yarusyacán Latitud: -10.61032 Longitud: -72.21028
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 – Enero 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Sistemas de automatización, Sistemas de control https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN
TRABAJO DE
SUFICIENCIA PROFESIONAL
ACTA N°45/FIEE-CTGT/2025

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 31 de octubre del 2025, como presidente de Jurado el **DR. CELSO YSIDRO GERÓNIMO HUAMÁN**, integrado por el Miembro de Jurado el **DR. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ**, el Miembro de Jurado el **ING. VICTOR EDMUNDO ALVA SALDAÑA** y Miembro Asesor el **DR. NICANOR RAÚL BENITES SARA VIA**.

Después de escuchar la Sustentación Presencial del Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **YURY ELÍAS SÁNCHEZ CCORAHUA** con código 17190029 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **DISEÑO DE LA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL PARA UN SISTEMA DE MANEJO DE RELAVES ESPESADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUA EN LA UNIDAD MINERA EL PORVENIR**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió otorgarle el calificativo de 16 (Suficiente).

Ciudad Universitaria, 31 de octubre del 2025

DR. CELSO YSIDRO GERÓNIMO HUAMÁN
Presidente Jurado

DR. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ
Miembro Jurado

ING. VICTOR EDMUNDO ALVA SALDAÑA
Miembro Jurado

DR. NICANOR RAÚL BENITES SARA VIA
Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **NICANOR RAÚL BENITES SARAVIDA** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen N°20/FIEE-CTGT/2025 del trabajo de suficiencia profesional titulado **DISEÑO DE LA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL PARA UN SISTEMA DE MANEJO DE RELAVES ESPESADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUA EN LA UNIDAD MINERA EL PORVENIR.**, presentado por el bachiller YURY ELÍAS SÁNCHEZ CCORAHUA, para optar al título profesional de Ingeniero Electrónico. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 7% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título de Ingeniero Electrónico.

Lima, 31 de Octubre del 2025

Firma del Asesor

DNI: 10189914

Nombres y apellidos del asesor:

NICANOR RAÚL BENITES SARAVIDA

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis queridos padres que siempre me apoyaron para poder lograr mis objetivos y ser un buen profesional para servir al Perú.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los docentes de la facultad de ingeniería electrónica, quienes de alguna manera contribuyeron a la realización de la presente investigación.

RESUMEN

El presente informe describe el diseño de ingeniería de la instrumentación y control para un sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua en la Unidad Minera El Porvenir. El diseño del sistema mencionado contempla las distintas etapas a cumplirse en el desarrollo del proyecto: desde la definición del alcance del proyecto del área de instrumentación y control, planificación del desarrollo de los entregables que intervienen en el diseño, revisión de diagramas PFD, desarrollo de los diagramas P&ID, arquitectura de control, descripción de la filosofía de control y descripción de los equipos e instrumentos usados en el diseño.

Como resultado se obtiene toda la documentación técnica para la construcción del proyecto como son los listados de instrumentos, hojas de datos de instrumentos y equipos, diagramas unifilares, diagramas de lazo, modelamiento 3D, planos de ubicación y canalización de instrumentos, y estimación de costos. Estos entregables (planos y documentos) se desarrollaron cumpliendo las normas de diseño nacionales e internacionales aplicables, como también de acuerdo con los estándares y criterios de diseño exigidos por la Unidad Minera, garantizando de esa manera un diseño de automatización seguro y eficiente.

Palabras clave: Minería, Relaves, recuperación de agua, Instrumentación, Control de procesos.

ABSTRACT

This report describes the engineering design of the instrumentation and control for a thickened tailings management and water recovery system at the El Porvenir Mining Unit. The design of the aforementioned system includes the various stages to be completed in the project's development: from defining the scope of the instrumentation and control project, planning the development of the deliverables involved in the design, reviewing PFD diagrams, developing P&ID diagrams, creating control architecture, describing the control philosophy, and describing the equipment and instruments used in the design. The result is all the technical documentation for project construction, such as instrument lists, instrument and equipment data sheets, single-line diagrams, loop diagrams, 3D modeling, instrument location and routing plans, and cost estimates. These deliverables (plans and documents) were developed in compliance with applicable national and international design standards, as well as in accordance with the standards and design criteria required by the Mining Unit, thereby ensuring a safe and efficient automation design.

Keywords: Mining, Tailings, Water Recovery, Instrumentation, Process Control.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE GENERAL	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	2
2.1 Institución – Actividad que desarrolla	2
2.2 Periodo de duración de la actividad.....	2
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad.....	2
2.4 Razón social	3
2.5 Dirección postal	3
2.6 Nombre y correo electrónico del profesional a cargo.	3
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	4
3.1 Organización de la actividad.....	4
3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad.....	4
3.2.1 Finalidad.....	4
3.2.2 Objetivos	5
3.3 Problemática.....	5
3.3.1 Problema General	6
3.3.2 Problemas Específicos	6
3.3.3 Justificación e importancia de la investigación	6
3.4 Metodología.....	7
3.4.1 Bases teóricas	8
3.4.2 Marco conceptual	9
3.5 Procedimiento.....	28

3.5.1	Descripción general del proyecto	29
3.5.2	Alcance para el diseño de instrumentación y control.....	30
3.5.3	Planificación del desarrollo de entregables.	33
3.5.4	Diagrama de flujo de procesos (PFD)	34
3.5.5	Diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID)	38
3.5.6	Instrumentos y equipos de campo.....	43
3.5.7	Arquitectura de control de procesos	50
3.5.8	Filosofía de Control	59
3.5.9	Documentación Técnica	99
3.5.10	Estimación de costos.....	101
3.6	Resultado de la actividad.....	104
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		111
4.1	Descripción de la implementación	111
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES		112
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES		113
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA		114
CAPÍTULO VIII: ANEXOS		117
ANEXO A: DIAGRAMAS PFD		118
ANEXO B: DIAGRAMAS P&ID		121
ANEXO C: ARQUITECTURAS DE CONTROL		134
ANEXO D: LISTADO DE INSTRUMENTOS.....		136
ANEXO E: LISTADO DE EQUIPOS		137
ANEXO F: HOJAS DE DATOS DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....		138
ANEXO G: LISTADO DE SEÑALES.....		140
ANEXO H: DIAGRAMAS DE LAZO.....		141
ANEXO I: DIAGRAMAS UNIFILARES.....		144
ANEXO J: PLANOS ESTÁNDARES DE INSTALACIÓN.....		145
ANEXO K: MODELO 3D DE LA PLANTA		149
ANEXO L: UBICACIÓN Y CANALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS		150
ANEXO M: LISTADO DE CABLES.....		151
ANEXO N: LISTADO DE MATERIALES.....		152
ANEXO Ñ: ESTIMACIÓN DE COSTOS		153

ANEXO O: NORMAS DE GRADO DE PROTECCIÓN DE EQUIPOS.....	154
--	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Organización de la actividad	4
Figura 2 Espesador de relaves	10
Figura 3 Bomba centrífuga de relaves	11
Figura 4 Bomba de desplazamiento positivo	12
Figura 5 Barcaza para bombeo de agua recuperada.....	12
Figura 6 Tanque Clarificador.....	13
Figura 7 Letras de identificación de instrumentación y control.....	14
Figura 8 Símbolos de dispositivos y funciones de instrumentación	15
Figura 9 Simbología de líneas P&ID	16
Figura 10 Identificación de instrumentos en P&ID	17
Figura 11 Estructura de un sistema automatizado	17
Figura 12 Pirámide de automatización.....	18
Figura 13 Topología de red en anillo.....	20
Figura 14 Topología de red en bus	20
Figura 15 Topología de red en estrella	21
Figura 16 Instrumento de nivel en tanque	24
Figura 17 Densímetro Nuclear instalado en tubería.....	25
Figura 18 Sensor de pH	26
Figura 19 Sensor de turbidez.....	27
Figura 20 Plano general de proyecto	29
Figura 21 Áreas de división del proyecto	31
Figura 22 Diagrama de plan de elaboración de entregables.....	34
Figura 23 Diagrama de flujo sistema de manejo de relave	35
Figura 24 Diagrama de flujo, sistema de recuperación de agua	36
Figura 25 Diagrama de flujo tratamiento de agua recuperada	37
Figura 26 Nomenclatura de comandos e indicación de típicos de motor	39
Figura 27 Típico M1 - Motores con arranque directo en baja tensión	40

Figura 28 Típico M2 – Motor con arranque por variador de baja tensión....	40
Figura 29 Típico M3 - Motores con arranque suave en baja tensión	40
Figura 30 Típico M4 - Motores con variador en media tensión	41
Figura 31 Típico V1 – Válvula ON/OFF neumática doble efecto.....	41
Figura 32 Típico V2 – Válvula ON/OFF neumática simple efecto	42
Figura 33 Típico V3 - Válvula ON/OFF motorizada.....	42
Figura 34 Típico V4 - Válvula ON/OFF Solenoide.....	43
Figura 35 Típico V5 - Válvula de control modulante.....	43
Figura 36 Montaje de Instrumentos de nivel	44
Figura 37 Instalación de flujómetro magnético.....	45
Figura 38 Instalación de flujómetro sonar	45
Figura 39 Instalación de interruptor de flujo bajo	46
Figura 40 Montaje de densímetro nuclear.....	47
Figura 41 Instalación de manómetro.....	47
Figura 42 Instalación de Transmisor de Presión	48
Figura 43 Transmisor de presión para relaves.....	48
Figura 44 Instalación de sensor pH – Turbidez.....	49
Figura 45 Válvula de control ON/OFF y tablero de control de válvulas.....	50
Figura 46 Tablero de control de válvulas (TCV).....	51
Figura 47 Gabinete RIO	52
Figura 48 Gabinete de control de espesador de relaves.....	53
Figura 49 Tableros de válvulas motorizadas.....	53
Figura 50 Gabinete remoto inalámbrico	54
Figura 51 Gabinete de control principal	55
Figura 52 Sala de control	55
Figura 53 Arquitectura de control - El Porvenir	56
Figura 54 Arquitectura de control Atacocha	58
Figura 55 Diagrama de control de procesos bombeo de relaves desde planta concentradora	60
Figura 56 Diagrama de control de procesos en espesador de relaves	63
Figura 57 Lazo de control dosificación de floculante a espesador	67
Figura 58 Lazo de control de flujo másico espesador	68
Figura 59 Lazo de control agua de sello de bomba	69

Figura 60 Secuencia de arranque y parada de bombas de espesador.....	69
Figura 61 Secuencia de intercambio de bombas de espesador.....	70
Figura 62 Diagrama de control de procesos cedazos lineales y tanques agitadores	71
Figura 63 Secuencia de arranque y parada de cedazos lineales y tanques agitadores	74
Figura 64 Secuencia de intercambio de cedazos lineales y tanques agitadores	75
Figura 65 Diagrama de control de procesos bombas de precarga.....	76
Figura 66 Secuencia de arranque y parada bombas de precarga	79
Figura 67 Secuencia de intercambio de bombas de precarga	80
Figura 68 Diagrama de control de procesos bombas de desplazamiento positivo.....	81
Figura 69 Secuencia de arranque bombas BDP	84
Figura 70 Secuencia de intercambio de bombas BDP	85
Figura 71 Lazo de control de flujo en descarga de bombas BDP	86
Figura 72 Diagrama de control de procesos tubería de relaves y lavado de El Porvenir a Atacocha	87
Figura 73 Diagrama de control de procesos tanque de paso de relaves y recuperación de agua.	89
Figura 74 Secuencia de arranque y parada de bombas de recuperación de agua.....	92
Figura 75 Lazo de control de nivel de tanque de recuperación de agua.....	93
Figura 76 Diagrama de control de procesos de planta de tratamiento de agua (PTA).....	94
Figura 77 Secuencia de arranque y parada de bombas de planta de tratamiento de agua	97
Figura 78 Lazo de control de pH.....	98
Figura 79 Lazos de control de turbidez y pH.....	99
Figura 80 Modelo 3D de disposición y canalización de instrumentos y equipos	109
Figura 81 Diagrama PFD El Porvenir	118
Figura 82 Diagrama PFD Atacocha	119

Figura 83 Diagrama PFD planta de tratamiento de agua	120
Figura 84 Diagrama P&ID simbología de instrumentación y control	121
Figura 85 Diagrama P&ID típicos de control de válvulas	122
Figura 86 Diagrama P&ID típicos de control de motor	123
Figura 87 Diagrama P&ID tuberías de relave desde planta concentradora existente	124
Figura 88 Diagrama P&ID espesador de relaves	125
Figura 89 Diagrama P&ID bombas cizalladoras.....	126
Figura 90 Diagrama P&ID cedazos lineales.....	127
Figura 91 Diagrama P&ID tanques agitadores.....	128
Figura 92 Diagrama P&ID Bombas de desplazamiento positivo	129
Figura 93 Diagrama P&ID línea de relaves hacia Atacocha	130
Figura 94 Diagrama P&ID descarga de relaves Atacocha	131
Figura 95 Diagrama P&ID bombeo de agua recuperada	132
Figura 96 Diagrama P&ID agua tratada de clarificadores	133
Figura 97 Arquitectura de control El Porvenir	134
Figura 98 Arquitectura de control Atacocha	135
Figura 99 Listado de instrumentos	136
Figura 100 Listado de equipos	137
Figura 101 Hoja de datos de instrumento	138
Figura 102 Hoja de datos de equipo	139
Figura 103 Listado de señales	140
Figura 104 Diagramas de lazo de interruptor de flujo	141
Figura 105 Diagramas de lazo de transmisor de nivel	142
Figura 106 Diagramas de lazo de flujómetro	143
Figura 107 Diagrama unifilar de instrumentación.....	144
Figura 108 Plano estándar de instalación de analizadores.....	145
Figura 109 Plano estándar de instalación de flujómetros.....	146
Figura 110 Plano estándar de instalación sensores de presión	147
Figura 111 Plano estándar de instalación válvulas de control on/off.....	148
Figura 112 Modelo 3D planta El Porvenir	149
Figura 113 Modelo 3D planta Atacocha	149
Figura 114 Plano de ubicación y canalización de instrumentos y equipos	150

Figura 115 Listado de cables	151
Figura 116 Listados de materiales tanques agitadores.....	152
Figura 117 Estimado de costos de instrumentación y control	153
Figura 118 Normas de protección IP.....	154
Figura 119 Normas de protección NEMA.....	155

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Equipos e instrumentos de estación de bombeo de cajón de relaves 400-CJ-101.....	61
Tabla 2 Alarmas de instrumentos en estación de bombeo de cajón de relaves 400-CJ-101.....	61
Tabla 3 Permisivos de la estación de bombeo de cajón de relaves 400-CJ-101	62
Tabla 4 Enclavamientos de la estación de bombeo de cajón de relaves 400-CJ-101	62
Tabla 5 Lista de instrumentos y equipos espesamiento de relaves.....	64
Tabla 6 Lista de alarmas espesamiento de relaves.....	65
Tabla 7 Lista de permisivos espesamiento de relaves	66
Tabla 8 Lista de enclavamientos espesamiento de relaves	66
Tabla 9 Equipos e instrumentos sistema de cedazos lineales y tanques agitadores	72
Tabla 10 Alarmas sistema de cedazos lineales y tanques agitadores.....	73
Tabla 11 Permisivos sistema de cedazos lineales y tanques agitadores	73
Tabla 12 Enclavamiento sistemas de cedazos lineales y tanques agitadores de relaves.....	73
Tabla 13 Equipos e instrumentos de sistema de bombas de precarga.	77
Tabla 14 Alarmas sistema de bombas de precarga	77
Tabla 15 Permisivos del sistema de bombas de precarga	78
Tabla 16 Enclavamientos del sistema de bombas de precarga	78
Tabla 17 Equipos e instrumentos del sistema de bombas de desplazamiento positivo.....	81
Tabla 18 Alarmas del sistema de bombas de desplazamiento positivo.....	82
Tabla 19 Permisivos del sistema de bombas de desplazamiento positivo ..	83

Tabla 20 Enclavamiento del sistema de bombas de desplazamiento positivo.....	83
Tabla 21 Instrumentos y equipos en la tubería de relaves y lavado de El Porvenir a Atacocha.....	87
Tabla 22 Instrumentos en la tubería de relaves y lavado de El Porvenir a Atacocha.....	88
Tabla 23 Instrumentos y equipos en sistema de tanque de paso de relaves y recuperación de agua.	89
Tabla 24 Alarmas en sistema tanque de paso de relaves y recuperación de agua.....	90
Tabla 25 Permisivos en sistema tanque de paso de relaves y recuperación de agua.....	91
Tabla 26 Enclavamientos en sistema de tanque de paso de relaves y recuperación de agua	92
Tabla 27 Instrumentos y equipos en planta de tratamiento de agua (PTA). 95	
Tabla 28 Instrumentos y equipos en la planta de tratamiento de agua (PTA)	96
Tabla 29 Permisivos en la planta de tratamiento de agua (PTA).....	96
Tabla 30 Enclavamientos en la planta de tratamiento de agua (PTA).....	97
Tabla 31 Lista de partidas	102
Tabla 32 Resumen de estimación de costos.....	103
Tabla 33 Diagramas P&ID desarrollados	104
Tabla 34 Especificaciones técnicas desarrolladas	105
Tabla 35 Arquitecturas de control desarrollados	105
Tabla 36 Listados desarrollados.....	106
Tabla 37 Hojas de datos desarrollados	106
Tabla 38 Diagramas de lazo desarrollados	107
Tabla 39 Diagramas unifilares desarrollados	107
Tabla 40 Filosofías de control desarrolladas	108
Tabla 41 Planos de detalles típicos de montaje	108
Tabla 42 Planos de ubicación y canalización desarrollados.....	110

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La industria minera en el Perú desempeña un papel fundamental para impulsar el crecimiento del PBI, por ello es crucial optimizar los procesos de minería en sus distintas etapas. Uno de estos procesos es el manejo y tratamiento de los relaves que se generan luego de la extracción del mineral en las plantas concentradoras. El manejo eficiente de estos relaves es sumamente importante, especialmente por las implicaciones medio ambientales y de seguridad que conlleva la gestión de estos residuos y por la recuperación y reutilización del agua que sale producto de la buena gestión de estos relaves. Es por esto que la automatización, instrumentación y control industrial surge como solución estratégica para mejorar la productividad, reducir costos y ahorrar tiempo.

Por tal motivo se realizó la ingeniería de detalle para un sistema de manejo de relaves espesados y tratamiento de agua recuperada en la U.M El Porvenir, con la finalidad de ampliar su capacidad de manejo de relaves en planta.

En el capítulo 2 del presente informe se describe la información del lugar donde se desarrolló la actividad, en el capítulo 3 se describe el procedimiento para el diseño del proyecto de la disciplina de instrumentación y control realizados en el diseño del sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua, se describen los criterios de diseño considerados para el proyecto, descripción de los diagramas de procesos, diagramas P&ID's, filosofía de control, arquitecturas de control propuesta, instrumentación de campo y demás documentación técnica. En el capítulo 4 se indica la discusión de los resultados de la actividad. Finalmente, en el capítulo 5 se indican las conclusiones y recomendaciones del presente informe.

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución – Actividad que desarrolla

ARCADIS es una empresa multinacional de ingeniería y consultoría con presencia en más de 70 países a nivel mundial. La sucursal ARCADIS PERÚ S.A.C opera en Perú desde el año 2009 y viene desarrollando proyectos de ingeniería principalmente del rubro de la gran minería como: Plantas concentradoras de cobre, plantas de manejo de relaves y plantas de tratamiento de agua. Su finalidad es diseñar proyectos con los más altos estándares de calidad y seguridad.

2.2 Periodo de duración de la actividad

Las actividades del presente informe abarcaron su desarrollo en un total de 8 meses, y se realizaron en el intervalo entre el mes de junio del 2024 hasta enero del 2025.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

Brindar soluciones inteligentes de diseño, ingeniería y consultoría de ingeniería conceptual, básica y detalle con altos estándares de calidad y seguridad garantizando un balance óptimo entre los aspectos económicos, ambientales y sociales.

2.4 Razón social

La razón social de la empresa donde se realizó el presente trabajo es:

ARCADIS PERU S.A.C

2.5 Dirección postal

Cal. las Begonias Nro. 475 Int. 302A (Piso 3), San Isidro, Lima, Perú

2.6 Nombre y correo electrónico del profesional a cargo.

Ing. Angel Portocarrero: angel.portocarrero@arcadis.com

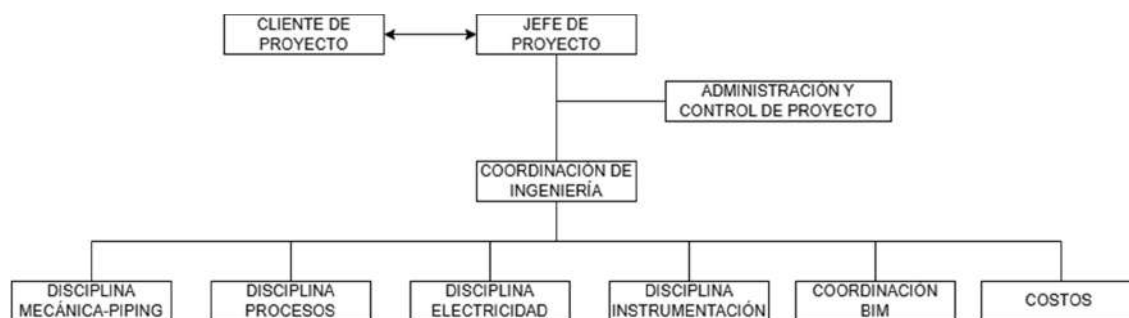
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad

Para la presente, la organización de la actividad se da de acuerdo como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Organización de la actividad



Nota. La figura representa la organización de la actividad donde intervienen las diversas disciplinas para el diseño de proyectos.

3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad

3.2.1 Finalidad

El presente trabajo tiene por finalidad describir el procedimiento a seguir para el desarrollo del diseño de la instrumentación y control del proyecto “Sistema

de manejo de relaves espesados y recuperación de agua en la unidad minera El Porvenir” a fin de que pueda ser implementada y operada de forma segura y eficiente.

3.2.2 Objetivos

3.2.2.1 Objetivo general. Diseñar la instrumentación, automatización y control de un sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua en la Unidad Minera El Porvenir para una implementación y operación segura y *eficiente*.

3.2.2.2 Objetivos específicos.

- OE1- Recopilar la información necesaria para establecer los alcances de la instrumentación, automatización y control del sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua.
- OE2- Determinar la instrumentación y lazos de control en los diagramas P&ID, para la elaboración de la filosofía de control.
- OE3- Determinar la arquitectura de control más apropiada para la integración de las señales de instrumentos y actuadores para el sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua.
- OE4- Desarrollar la documentación técnica de ingeniería y los costos de inversión de la instrumentación, automatización y control del sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua.

3.3 Problemática

La unidad minera El Porvenir requiere una ampliación de capacidad de planta de 6,500 TMDP hasta 7,500 TMDP, como parte de ello requiere desarrollar un proyecto de manejo de relaves espesados y recuperación de agua, el cual requiere el diseño de la instrumentación, automatización y control para que el sistema pueda ser implementado y operado de forma segura y eficiente.

3.3.1 Problema General

¿Cómo diseñar un sistema de instrumentación, automatización y control para un proyecto de manejo de relaves espesados y recuperación de agua a fin de que pueda ser implementado y operado de forma segura y eficiente?

3.3.2 Problemas Específicos

PE1- ¿De qué manera se puede recopilar información requerida para establecer los alcances de la instrumentación, automatización y control del sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua?

PE2- ¿Cómo definir la instrumentación y lazos de control en los diagramas P&ID, para la elaboración de la filosofía de control?

PE3- ¿Cómo elegir la arquitectura de control y automatización óptima para la integración y control de instrumentos y actuadores del sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua?

PE4- ¿Cómo desarrollar la documentación técnica de diseño de ingeniería y la estimación de costos de inversión de la instrumentación, automatización y control del sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua?

3.3.3 Justificación e importancia de la investigación

Justificación social

El diseño de un sistema automatizado para una planta de manejo de relaves y recuperación de agua repercute positivamente a los trabajadores u operarios de la planta, ya que promueve entornos de trabajo más seguros y eficientes.

Justificación tecnológica

El diseño de un sistema automatizado para una planta de manejo de relaves y recuperación de agua hace el uso de tecnologías de sistemas integración y supervisión avanzados (DCS, SCADA, PLC, HMI, etc). Estas herramientas

tecnológicas permiten el control y monitoreo en tiempo real de las distintas variables del proceso. Esto permite incrementar la eficiencia operativa como también la adquisición y recopilación de datos para la toma de decisiones.

Justificación económica

El diseño de un sistema automatizado para una planta de manejo de relaves y recuperación de agua comprende a la automatización como una inversión necesaria ya que disminuye costos de operación, costos por tiempos de inactividad, costos por desperdicios de materia prima. Además, aumenta la productividad y permite un mantenimiento eficaz haciendo que la empresa no pierda dinero por paradas de planta inesperadas.

3.4 Metodología

El desarrollo del diseño de la instrumentación y control de este proyecto se realizó en base a la metodología PMI/PMBOK (Project Management Institute), con el cuál se estructuró el trabajo en 5 fases.

- En la fase de inicio se hace la definición del alcance técnico del proyecto, que comprende los entregables a desarrollar, criterios de diseño a seguir, estándares y normas de diseño aplicables, entre otros.
- En la fase de planificación, se establece el orden del desarrollo de los entregables propios de la especialidad, como son los P&ID's, listados, hojas de datos, diagramas, entre otros.
- En la fase ejecución se hace el desarrollo de los entregables, teniendo en cuenta la coordinación con otras disciplinas para evitar interferencias y así garantizar un diseño seguro y de calidad.
- La fase de control y monitoreo se realiza durante todo el proceso del diseño del proyecto, comprende las revisiones multidisciplinarias, emisión de entregables para revisión del cliente, control de versiones y gestión de cambios del proyecto.
- Finalmente, en la fase de cierre comprende la finalización de los entregables aprobados y aceptados para construcción.

3.4.1 Bases teóricas

Casos (2020) en su investigación explica los criterios de diseño necesarios para una integración y operación eficiente de un sistema de control de procesos de una planta concentradora de cobre, define diagramas típicos de control de motores y válvulas indicando las alarmas y estados más importantes para su control, concluye resaltando en la importancia del buen diseño de la arquitectura de control desde la etapa de ingeniería para una integración eficiente de todos los sistemas de la planta.

Arellano (2024) en su trabajo realizó el diseño de una estrategia de control de espesadores de concentrado con la finalidad de obtener un porcentaje de sólidos de descarga de 60% a 65 %, Para ello realizó múltiples ensayos e identificó las principales variables para el óptimo control del espesador, tales como: la dosificación óptima de coagulante, monitoreo de torque de rastra de espesador, monitoreo de presión de cama de lodo, lectura de la densidad de descarga y la lectura del flujo de entrada concentrado al espesador. Concluye que adicional a la instrumentación necesaria para el control óptimo del espesador también es importante el mantenimiento de estos instrumentos para obtener mediciones correctas.

Panamá y Rojas (2021) en su trabajo realizó el diseño e integración de un sistema para monitorear, controlar y recopilar datos del área de molienda de una planta de minera, para ello identifica las principales variables del proceso a controlar como son densidad de pulpa, flujo de agua, presión, para luego diseñar e implementar el sistema de control basado en PLC, redes de comunicación y pantallas de supervisión. Concluye que luego de la implementación del sistema de control mencionado la eficiencia en la molienda aumentó considerablemente, pues reduce las fallas de operación, aumenta la seguridad en los trabajadores, y permite tener un control más estricto del proceso de molienda.

Torres y Sotelo (2024) en su investigación explica el desarrollo de un sistema automatizado para bombear las filtraciones de una presa de relaves con la

finalidad de tener un sistema automático y seguro. Para ello hacen uso de instrumentos como sensores de presión, switches de presión, válvulas de control, flujómetros, sensores de nivel y sensores de pH / turbidez integrando todas estas señales a un sistema de control PLC, y desde una estación de monitoreo se puede supervisar todo el proceso. Concluyen que un sistema automatizado asegura una correcta operación, mayor eficiencia y cumple de esta manera los estándares y normativas medio ambientales en el manejo de aguas recuperadas de relaves.

3.4.2 Marco conceptual

3.4.2.1 Proceso de manejo de relaves. Según Concha (2001), los relaves son una mezcla de agua y sólidos finos generados como residuo luego del proceso de extracción de minerales de una planta concentradora, estos relaves son descargados en forma de lodo o pulpa a un depósito de relaves o relavera. El buen manejo de estos relaves es un factor muy importante para evitar la contaminación ambiental y garantizar la buena disposición de estos.

Uno de los problemas críticos que conlleva la disposición de relaves es la falta de espacios donde depositarlos, ya que ante las enormes cantidades de minerales procesados por las grandes mineras hacen que las relaveras se llenen rápido y sean constantemente implementadas por nueva infraestructura para suplir la demanda.

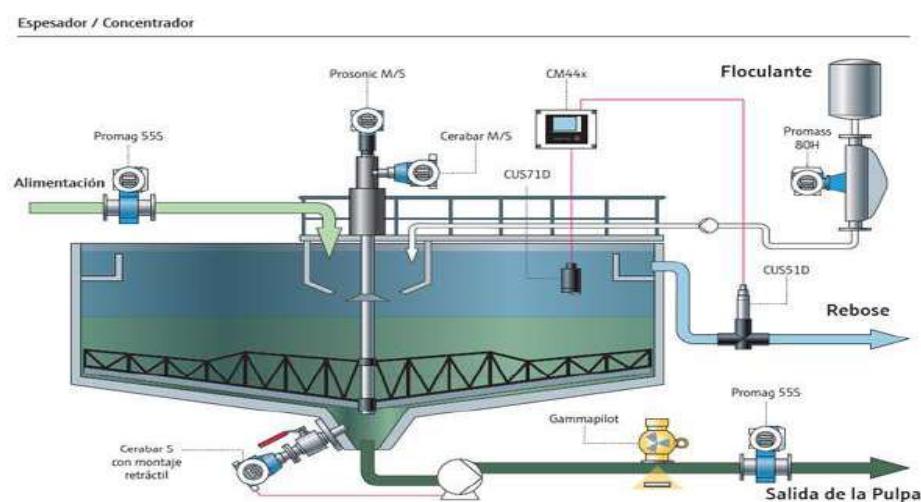
Una alternativa para disminuir el rápido llenado de las relaveras es depositar los relaves con la menor cantidad de agua posible para así disminuir el volumen de relave y por ende aumentar la vida útil de las relaveras, para esto es necesario diseñar una planta de manejo de relaves con equipos que permitan extraer una gran cantidad de agua de los relaves y equipos que permitan bombear relaves con alto porcentaje de sólidos.

3.4.2.1.1 Espesador de relaves.

Su función principal es extraer el agua del relave por el método de espesamiento, que consiste en hacer sedimentar los sólidos en la base del espesador y dejar rebasar agua clarificada apto para la reutilización como agua de proceso. Para conseguir ello se dosifica reactivos como floculantes que ayudan a acelerar la sedimentación de los sólidos (Concha, 2001).

Para un mejor control del espesador es necesario instrumentos de medición como: Flujómetro para medir la cantidad de caudal que ingresa al espesador, sensor de nivel interface para la medición de nivel de cama de lodos formada al fondo del espesador, sensor de presión para la medición de la masa de la cama de lodos, flujómetro y densímetro en la descarga inferior del espesador (Underflow) para obtener el flujo másico de lodo y sensor de turbidez para la descarga del rebose del espesador se. De esta manera se puede hacer un mejor control de la dosificación de floculante y control de las bombas de descarga de Underflow del espesador (Endress+Hauser, 2025).

Figura 2
Espesador de relaves



Nota. El gráfico muestra el espesador de relaves y los instrumentos involucrados para su monitoreo y control. Tomado de “Aplicación válvulas de control bajo espesadores” [imagen], por Dypro, 2025 (<https://dypro.cl/aplicacion-valvulas-de-control-bajo-espesadores/>). CC BY 2.0

3.4.2.1.2 Bomba centrífuga.

Es un equipo mecánico hidráulico que sirve para impulsar fluidos de un punto a otro aprovechando la energía mecánica generada por un motor. Tiene diversas aplicaciones en distintas industrias como la minería, tratamiento de agua, agricultura, entre otros. Dependiendo de su aplicación estas bombas pueden impulsar fluidos con cero porcentajes de sólidos como agua limpia hasta fluidos con alto porcentaje de sólidos como lodos o relave(WEIR, 2025).

Figura 3

Bomba centrífuga de relaves



Nota. La figura muestra una bomba de relaves tipo centrífuga diseñado para servicios severos. Tomado de “Bombas” [imagen], por Weir, 2025 (<https://www.global.weir/es/product-catalogue/pumps/>). Todos los derechos reservados 2025 por Weir.

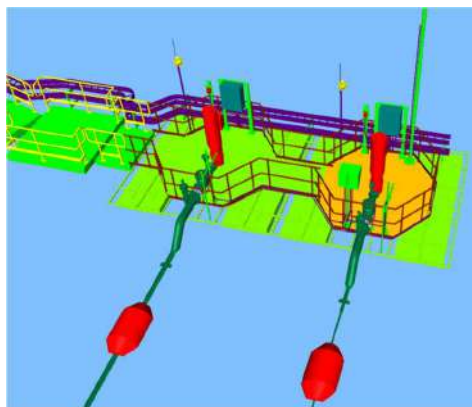
3.4.2.1.3 Bomba de desplazamiento positivo.

Están diseñados para sistemas de bombeo de fluidos con gran cantidad de porcentaje de sólidos a grandes distancias y a muy altas presiones especialmente en aplicaciones de la industria pesada como la minería(WEIR, 2025).

Figura 4*Bomba de desplazamiento positivo*

Nota. La figura muestra una bomba de desplazamiento positivo para bombeo de relaves a largas distancias. Tomado de “Bombas” [imagen], WEIR, 2025, (<https://www.global.weir/es/product-catalogue/pumps/>). Todos los derechos reservados 2025 por Weir.

3.4.2.2 Barcazas para bombeo de agua. Son estructuras flotantes que son diseñadas para albergar todo el equipamiento para un sistema de bombeo de agua como son: bombas sumergibles, motores, tableros eléctricos, tableros de control, válvulas e instrumentos. Tienen múltiples aplicaciones entre ellas el bombeo de agua desde diques de relaveras (Nautilus company, 2023).

Figura 5*Barcaza para bombeo de agua recuperada.*

Nota. En la figura se muestra una barcaza instalada en el espejo de agua de relavera, lleva instalado dos bombas de agua e instrumentación necesaria para su monitoreo y control.

3.4.2.3 Planta de tratamiento de agua. Según Concha (2001) el proceso de tratamiento de aguas residuales en la industria minera es un proceso fundamental para recuperar y reusar el agua, de esta manera se mejora la eficiencia de recursos hídricos disminuyendo la contaminación de este. Dentro de estos procesos de tratamiento los clarificadores cumplen una función clave ya que permiten la separación eficiente de los sólidos en suspensión del agua.

3.4.2.3.1 Tanque clarificador.

Es un tanque diseñado específicamente para sedimentar las partículas sólidas del agua recuperada aprovechando la acción de la gravedad, y como resultado se obtiene reducir la turbidez y aumento de la calidad del agua. Para acelerar la sedimentación de las partículas sólidas se hace uso de la dosificación de floculante y coagulante, que ayudan a formar flóculos con mayor densidad que asientan más rápido (BioprocessH2O, 2025).

Figura 6

Tanque Clarificador



Nota. La figura representa un tanque clarificador, para tratamiento de agua recuperada desde los relaves.

3.4.2.4 Normas ANSI/ISA-S5.1. Es una norma internacional que establece la simbología y reglas a tener en cuenta en los diseños de

planos y diagramas de instrumentación y control especialmente para el diseño de diagramas P&ID (Piping and Instrumentation Diagram), diagramas de lazos de control y esquemas de detalle de instrumentación. Seguir estas normas en el diseño en proyectos de automatización e instrumentación en cualquier tipo de industria estandariza de manera que cualquier profesional pueda leer los planos de forma clara y precisa (ANSI/ISA-5.1, 2024).

3.4.2.4.1 Estándar de letras de identificación

Consiste en una tabla en el cual se organiza los componentes alfabéticos del sistema de identificación de instrumentos y sus funciones tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Letras de identificación de instrumentación y control

LETTER IDENTIFICATION (IDENTIFICACIÓN DE LETRA)				
PRIMERA LETRA		LETRAS SECUENCIALES		
MEASURED OR INITIATING VARIABLE (MEDIDA O VARIABLE INICIAL)	VARIABLE MODIFICADOR	LECTURA O FUNCIÓN PASIVA	FUNCIÓN FINAL	MODIFICADOR
A. ANALISIS		ALARMA	AUTOMATICO	
C. (CONDUCTIVIDAD)			CONTROL	
D. DENSIDAD / GRAVEDAD ESPECIFICA	DIFERENCIAL			
E. VOLTAGE		ELEMENTO PRIMARIO		
F. FLUJO	RATIO			
G. DEFINIDO POR EL USUARIO		VISOR, INDICADOR		
H. OPERADO MANUALMENTE				ALTO
I. CORRIENTE		INDICADOR		
J. POTENCIA				
K. TIEMPO	TASA DE CAMBIO		ESTACIÓN DE CONTROL	
L. NIVEL			LOCAL	BAJO
M. HUMEDAD	MOVENTÁNEO			MEDIO o INTERM.
O. TORQUE		ORIFICIO		
P. PRESIÓN			PULSADOR	
Q. CANTIDAD	INTEGRADOR TOTALIZAR			
R. RADIACIÓN		REGISTRO		
S. VELOCIDAD O FRECUENCIA	SEGURIDAD		INTERRUPTOR	
T. TEMPERATURA			TRANSMISOR	
V. VIBRACIÓN			VÁLVULA	
W. PESO		POZO		
X. CONTROL		FUENTE RADIATIVA		
Y. ANUNCIADOR			RELE	
Z. POSICIÓN, DIMENSIÓN				

Nota. Adaptado de ANSI/ISA-5.1-2024, *Instrumentation and Control Symbols and Identification* (p. 21), por International Society of Automation [ISA], 2024. Todos los derechos reservados 2024 por ISA.

3.4.2.4.2 Símbolos de dispositivos de instrumentación y funciones.

Consiste en una tabla que muestra los símbolos de los dispositivos de instrumentación y control, además de la función que cumplen estos. Ver Figura 8.

Figura 8

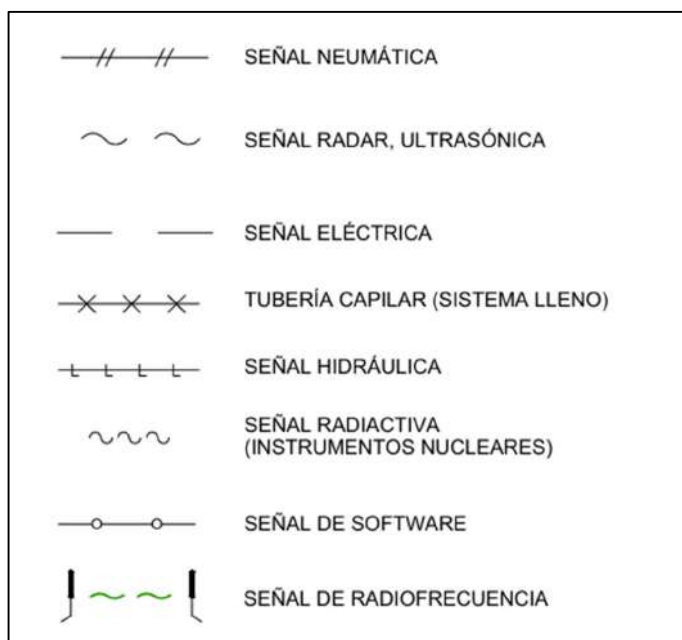
Símbolos de dispositivos y funciones de instrumentación

	UBICACIÓN PRIMARIA (ACCESIBLE PARA OPERADOR)	UBICACIÓN PRIMARIA (NO ACCESIBLE PARA OPERADOR)	EN CAMPO	UBICACIÓN AUXILIAR (ACCESIBLE PARA OPERADOR)
INSTRUMENTOS				
CONTROL / DESPLIEGUE EN SISTEMA DE CONTROL PRINCIPAL				
EQUIPO DE CONTROL ESPECIAL				
CONTROL EN P.L.C. SUMINISTRADO CON EQUIPO VENDOR				
 HH (MUY ALTO) H (ALTO) L (BAJO) LL (MUY BAJO)      REPRESENTACIÓN PARA ALARMAS (PERMISIVOS) INSTRUMENTO SUMINISTRADO CON EL PAQUETE DE EQUIPOS ENCLAVAMIENTO ÉCTRICO (ALAMBRADO). ENCLAVAMIENTO LÓGICO TÍPICO VÁLVULAS Y MOTORES INSTRUMENTO COMPACTO (2 FUNCIONES) LOCALMENTE MONTADAS				

Nota. Adaptado de ANSI/ISA-5.1-2024, *Instrumentation and Control Symbols and Identification* (p. 28), por International Society of Automation [ISA], 2024. Todos los derechos reservados 2024 por ISA.

3.4.2.4.3 Símbolos de líneas

En la Figura 9 se representa los símbolos de las líneas para indicar las distintas señales de la instrumentación y control los cuales son usados en el diseño de los diagramas P&ID.

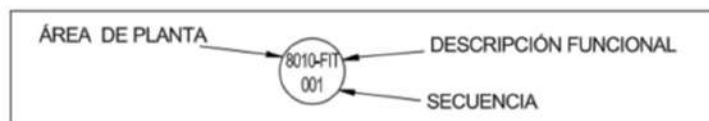
Figura 9*Simbología de líneas P&ID*

Nota. Adaptado de *ANSI/ISA-5.1-2024, Instrumentation and Control Symbols and Identification* (p. 21), por International Society of Automation [ISA], 2024. Todos los derechos reservados 2024 por ISA.

3.4.2.3.4 Identificación de Instrumento

En la Figura 8 se puede ver la manera como representar un instrumento en un diagrama P&ID donde:

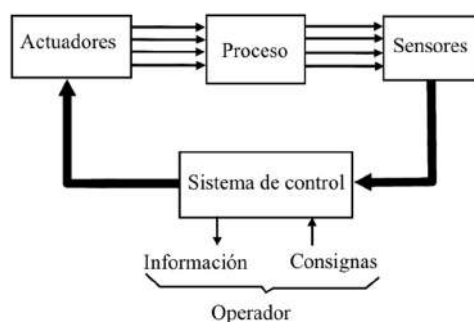
- Área de planta: Representa la zona de la planta industrial donde se instaló el instrumento que para el caso de la Figura 10 es el 8010 (espesamiento de relaves).
- Descripción funcional: Para interpretar el significado de “FIT” usamos la Figura 7 de donde se entiende que la primera letra “F” significa flujo, la segunda letra “I” significa indicador y la tercera letra “T” representa transmisor, de acuerdo con ello “FIT” representa un transmisor indicador de flujo.
- Secuencia: Es el número que identifica al instrumento, como también indica al lazo de control al que pertenece el instrumento si es que es el caso.

Figura 10*Identificación de instrumentos en P&ID*

Nota. La figura representa a un transmisor indicador de flujo ubicado en campo.

3.4.2.4 Sistemas de control. La automatización es una característica importante en el diseño de un sistema de control de procesos.

Según Sanchis et al. (2010) define como sistema automatizado aquel proceso que reacciona a cambios de manera automática, es decir sin la intervención de una persona, y ejecuta una serie de acciones de acuerdo con la función para el cual fue diseñado. El esquema de un sistema automatizado típico se puede ver en la Figura 11.

Figura 11*Estructura de un sistema automatizado*

Nota. Tomado de *Automatización industrial* (p. 6), por R.Sanchis, J.A Romero y C.V Araviño, 2010, Publicación de la Universitat Jaume. CC BY-NC-SA 2.5.

3.4.2.4.1 Niveles de la automatización.

La automatización es posible gracias al desarrollo e integración de diversas tecnologías como: la electrónica, la informática, la mecánica,

la telecomunicación, etc. Esta integración de tecnologías se puede representar en la llamada “Pirámide de la automatización” el cual está conformado por cinco niveles tecnológicos tal como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Pirámide de automatización.



Nota. La figura muestra los 5 niveles de la automatización. Tomado de “Pirámide de automatización” [imagen], SMC, 2025, (<https://www.smctraining.com/es-es/conoce-smc-international-training/piramide-de-automatizacion>). Todos los derechos reservados 2025 por SMC Corporation.

- Nivel 1: También conocido como “Nivel de campo”, este nivel se relaciona a los dispositivos físicos de la planta de procesos, como son los sensores que se encargan de recoger los datos del proceso de la planta y los actuadores que son los encargados de ejecutar las respuestas físicas en el proceso de la planta(SMC, 2025).
- Nivel 2: Conocido también como “Nivel de control”, este nivel está conformado por los diversos controladores como: PLC’s, DCS’s, RIO’s, etc. Este nivel controla y supervisa los dispositivos físicos del nivel de campo. Los sensores suministran los datos, el controlador los procesa y toma acciones en los actuadores(SMC, 2025).

- Nivel 3: Conocido también como “Nivel de supervisión”, en este nivel se implementa el sistema SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos), que permite gestionar y monitorear el proceso de la planta desde una sala de control. Los operadores pueden visualizar en tiempo real las variables de proceso, recibir notificaciones de alarmas y tomar decisiones operativas relevantes(SMC, 2025).
- Nivel 4: Conocido también como “Nivel de planificación” la función de este nivel es planificar y coordinar las operaciones de todos los procesos de la planta. Para ello usa la información proporcionada de los niveles inferiores, estos datos son recopilados y analizados para proyectar planificaciones operativas como paradas de planta, mantenimientos preventivos, gestión de riesgos, programación de la producción, etc. Este nivel es donde se encuentra los MES (Sistemas de ejecución de la producción)(SMC, 2025).
- Nivel 5: También conocido como “Nivel de gestión”, en este nivel se relaciona con el manejo general de la empresa ERP (Planificación de recursos empresariales) y están orientados respaldar la toma de decisiones a nivel corporativo relacionadas a la administración general de la empresa(SMC, 2025).

3.4.2.4.2 Redes industriales.

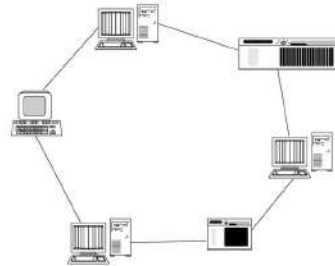
Las redes industriales son sistemas de comunicación diseñados para comunicar sensores, actuadores, equipos PLC, DCS, computadoras y demás componentes necesarios para la automatización y control de un sistema. A diferencia de las redes de casa u oficina estos son diseñados de forma robusta y confiable para soportar entornos industriales severos.(Sanchis et al., 2010).

Hay propiedades fundamentales que definen una red de procesos y una de ellas son el tipo de topología de red los cuales se describen a continuación.

- Topología Anillo: En esta topología los equipos se conectan uno a otro hasta formar un anillo, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 13

Topología de red en anillo

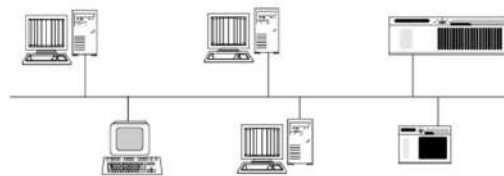


Nota. Tomado de *Automatización industrial (1ª ed., p. 189)*, por R.Sanchis, J.A Romero y C.V Araviño, 2010, Publicación de la Universitat Jaume. CC BY-NC-SA 2.5.

- Topología bus: En esta topología los equipos se conectan uno a otro en un solo cable, tal como se muestra en la siguiente figura.

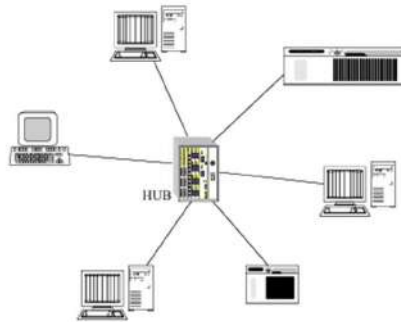
Figura 14

Topología de red en bus



Nota. Tomado de *Automatización industrial (1ª ed., p. 189)*, por R.Sanchis, J.A Romero y C.V Araviño, 2010, Publicación de la Universitat Jaume. CC BY-NC-SA 2.5.

- Topología estrella: En esta topología el conjunto de equipos se conecta a un switch de comunicación o hub tal como se muestra en la Figura 15.

Figura 15*Topología de red en estrella*

Nota. Tomado de *Automatización industrial (1ª ed., p. 188)*, por R.Sanchis, J.A Romero y C.V Araviño, 2010, Publicación de la Universitat Jaume. CC BY-NC-SA 2.5.

Adicional a estas topologías también puede haber topologías tipo árbol, topología tipo anillo con ramales, topologías de anillo redundante y entre otras combinaciones. Estas topologías son adoptadas y adecuadas a un proyecto de acuerdo con el grado de robustez y necesidad que se requiera en la red industrial.

En las topologías de red intervienen múltiples protocolos de comunicación industrial como son:

- **Protocolo Profinet IO:** Es un protocolo industrial basado en ethernet y es usado principalmente para sistemas de control de periferia distribuida (RIO's), en una red profinet IO intervienen básicamente tres dispositivos: El controlador IO que es el que controla el proceso con la programación, las alarmas y funciones. El supervisor IO que comprende la estación de ingeniería. Y los Dispositivos IO que comprende la periferia descentralizada que reúne las señales discretas y análogas de campo(Oliva, 2013).
- **Protocolo Ethernet/IP:** Es un protocolo industrial cuyo hardware y software para configuración, control y acceso a equipos y dispositivos de automatización está basado en Ethernet. Es flexible

y adaptable a cualquier tipo de topología, maneja velocidades hasta 100Mbit/s y las instalaciones para conexión de equipos son mediante cable ethernet apantallados o fibra óptica(Oliva, 2013).

3.4.2.5 Instrumentación industrial. Los instrumentos o sensores son aquellos dispositivos instalados en la planta industrial con la finalidad de medir los datos de las variables físicas del proceso como presión, flujo, densidad, nivel, pH, etc. Estos instrumentos deben ser provistos con las características necesarias para poder soportar las condiciones medio ambientales del sitio para su correcto funcionamiento (Creus, 2011).

3.4.2.5.1 Sensores

Los sensores son dispositivos que transforman una magnitud física (Flujo, presión, temperatura, etc) a una señal que por lo general es eléctrica, y a través de un transmisor la señal es enviada a un sistema de control para su procesamiento (Bolton, 2021).

La señal de salida del transmisor puede ser eléctrico (4-20 mA ó 0-5 V) como también por protocolos de comunicación (Foundation Fielbus, Profibus PA, Hart, etc). Entre los instrumentos más importantes usados en una planta industrial se tiene:

a) Instrumentos de flujo

El flujo ya sea de líquidos o gases es una de las variables de proceso más importantes en una planta industrial. Se usa para poder hacer un mejor balance de flujos en el proceso, dosificación de fluidos, prevenir fugas, entre otros. Existen dos maneras de medición de flujo: Los volumétricos, que miden el flujo en función del volumen del fluido, y los másicos que determinan el caudal en función de la masa. Los flujómetros volumétricos son los normalmente usados para mediciones de flujo en general, mientras que los másicos son usados cuando la exactitud de la medida es un factor muy importante, como en casos de medición final de un producto para su facturación. (Creus, 2011).

Para la medición de flujo existen múltiples métodos como:

- Medición de flujo por ondas electromagnéticas.
- Medición de flujo por ondas ultrasónicas.
- Medición de flujo por análisis de sonido (Sonar)

b) Instrumentos de presión

La presión es otra de las variables importantes a medir en un proceso de planta industrial, los instrumentos de presión generalmente son instalados en las tuberías y tanques de proceso de la planta. La presión se define como la fuerza ejercida por unidad de superficie, y esto se puede expresar en distintas unidades como psi (libras por pulgada cuadrada), bar, pascal, kilogramo por centímetro cuadrado (Creus, 2011).

- La presión absoluta, es realizada respecto al vacío (cero absoluto de presión).
- La presión atmosférica, es aquella presión de la atmosfera que al nivel del mar es aproximadamente 760 mm de mercurio o 14,7 psi.
- La presión relativa, resulta de la diferencia entre la presión absoluta y presión atmosférica del lugar de medición.

c) Instrumentos de Nivel

En la industria la medición de nivel es muy importante, es por ello que en la actualidad se ha desarrollado medidores de nivel cada vez más sofisticados que puede hacer lecturas de exactitud del orden del $\pm 0.2\%$. Los transmisores de nivel cuentan con la electrónica necesaria capaces de eliminar o compensar los errores de medida a causa del polvo y espuma en los tanques de una planta industrial. (Creus, 2011) Para la medición de nivel se cuenta con diferentes principios de medición como:

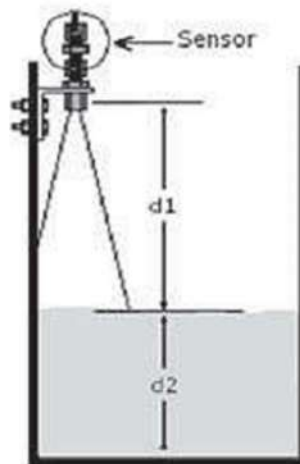
- Medición de nivel radar, consiste en la emisión de ondas microondas (6 GHz – 80 GHz) que viajan por el medio y son reflectadas al momento de detectar cambios de constante dieléctrica en el medio, las ondas reflectadas son detectadas por el

mismo sensor y la distancia es obtenida según el tiempo cuando demoró el eco desde el nivel del tanque(Creus, 2011).

- Medición de nivel ultrasónico, consiste en la emisión de microondas (40 kHz – 70 kHz) que viajan por el medio y son reflectadas al momento de detectar cambios de densidad en el medio, las ondas reflectadas son detectadas por el mismo sensor y la distancia es obtenida según el tiempo cuando demoró el eco desde el nivel del tanque(Creus, 2011).

Figura 16

Instrumento de nivel en tanque



Nota. El esquema muestra un sensor de nivel instalado en tanque donde “ $d1$ ” es la distancia desde el sensor hasta la superficie del líquido, y “ $d2$ ” es la distancia de la base del tanque hasta la superficie del líquido. Adaptado de *Instrumentación Industrial* (8ª ed., p. 215), por A. Creus, 2011, Alfaomega Editorial. Todos los derechos reservados 2011 por Alfaomega Editorial.

d) Instrumentos de densidad

La densidad es una de las variables fundamentales en el manejo de lodos, ya que el correcto control de esta variable hace que se pueda recuperar una mayor cantidad de agua en los procesos. En la industria existen diversos métodos de medición de densidad uno de ellos es por

el principio radiométrico o nuclear. El densímetro nuclear es un sistema no invasivo el cual se fija a la tubería externamente, sus partes principales son la fuente nuclear y el detector de radiación. Además, si se complementa con un sensor de flujo electromagnético se puede obtener entre ambos el flujo másico (Endress & Hauser, 2011).

Figura 17

Densímetro Nuclear instalado en tubería



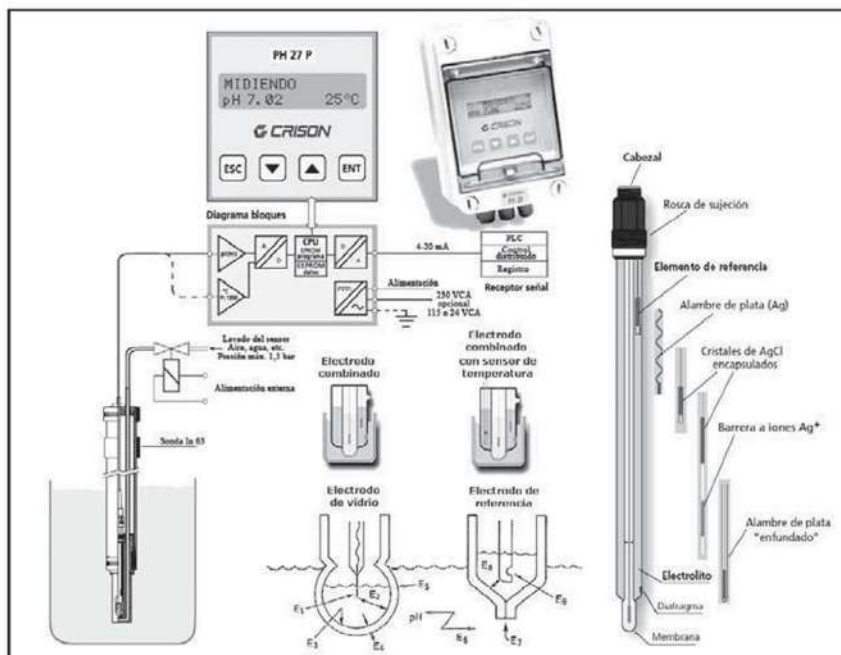
Nota. El esquema muestra un densímetro nuclear instalado en tubería vertical, a su izquierda se encuentra la fuente radiactiva y a la derecha el detector nuclear y su transmisor de señal. Adaptado de “Radiometric measurement” (p.10), por Endress+Hauser, 2011, (https://portal.endress.com/wa001/dla/5000638/8272/000/00/CP00017F24EN_US%20Radiometric%20measurement.pdf.) Todos los derechos reservados 2011 por Endress+Hauser.

e) Instrumentos de Análisis pH

El sensor de pH mide la acidez o alcalinidad que representa el agua debido a los componentes químicos disueltos en ella. El pH tiene un rango de medición entre 0 a 14, donde un pH de valor 7 es una disolución neutra, valores de pH menores a 7 es una disolución ácida y mayores a 7 es una disolución básica o alcalina. Existen diversos métodos de medición de pH, entre ellos está el sistema de electrodo de vidrio que consiste en un tubo de vidrio con una terminación de membrana sensible a los iones de hidrógeno. La señal del electrodo es

amplificada y enviada al analizador que lo acondicionará para tener valores de pH. Este analizador es el que finalmente envía la señal de 4-20 mA al sistema de control de la planta industrial (Creus, 2011).

Figura 18
Sensor de pH



Nota. El gráfico muestra las partes de un sensor de pH, los tipos de electrodo, sistema de lavado automático, y diagrama de bloques del sistema de procesamiento de la señal. Adaptado de *Instrumentación Industrial* (8ª ed., p. 372), por A. Creus, 2011, Alfaomega Editorial. Todos los derechos reservados 2011 por Alfaomega Editorial.

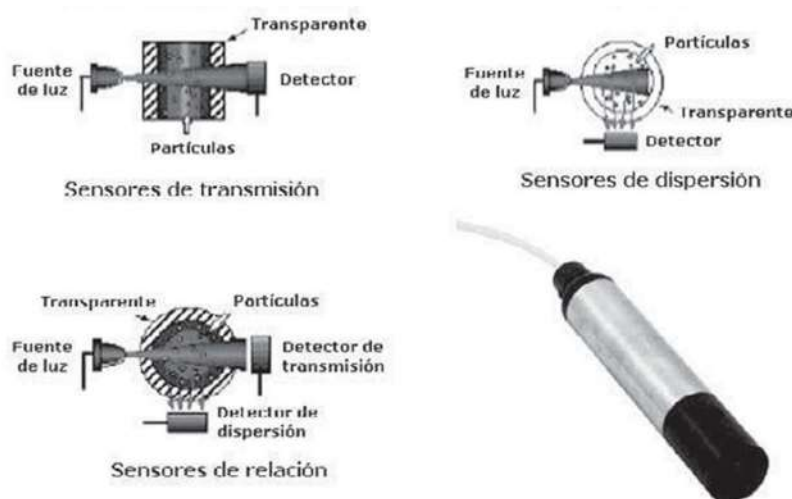
f) Instrumentos de Análisis turbidez

La turbidez es la medida de la transparencia de un líquido, por lo general agua. La unidad de medida de turbidez está dado en unidades nefelométricas de turbidez (NTU). La turbidez puede medirse de distintas formas, entre las cuales se tiene: Por sensores de transmisión, sensores de dispersión y sensores de relación (Ver Figura 19). En los sensores de transmisión, la lámpara y la célula detectora están

situados frente a frente y de acuerdo con el nivel de turbidez la célula mide cuanta luz absorbió los sólidos en suspensión. En los sensores de dispersión la lampara emite una luz blanca o infrarroja que son enfocados por un sistema de lentes directamente a la muestra de agua, perpendicular a ello está la célula que detecta la intensidad de luz reflejada por las partículas en suspensión. Finalmente, los sensores de relación combinan los dos métodos anteriores obteniendo una medida más exacta y eliminan errores por cambios de temperatura.(Creus, 2011).

Figura 19

Sensor de turbidez



Nota. Tomado de *Instrumentación Industrial* (8ª ed., p. 367), por A. Creus, 2011, Alfaomega Editorial. Todos los derechos reservados 2011 por Alfaomega Editorial.

g) Elementos finales de control

Son dispositivos que reciben la señal u orden desde un sistema de control y convierten ello en una acción física que regula el proceso de la planta. Entre sus funciones está controlar dentro de los rangos operativos de proceso a las variables como: flujo, presión, nivel o temperatura (Gutiérrez & Iturralde, 2017).

Entre los dispositivos finales de control tenemos:

- Válvula de control modulante: Estas válvulas son usadas para regular de forma continua y proporcional el caudal de un fluido en una planta de proceso, son accionados desde el sistema de control generalmente por una señal de 4-20 mA, ofrecen regulación constante según el lazo de control de la variable de proceso a ser controlada (Gutiérrez & Iturralde, 2017).
- Válvulas de control ON/OFF: A diferencia de las válvulas modulantes estas válvulas están diseñadas para abrir o cerrar completamente el paso del fluido. Su aplicación es por lo general para aislamiento de equipos como bombas, desvío de líneas de proceso, sistemas de drenaje de tuberías, entre otros. Son accionados desde el sistema de control generalmente por señales digitales (Gutiérrez & Iturralde, 2017).
- Variadores de frecuencia: Son dispositivos electrónicos que posibilitan la variación de velocidad y torque de un motor eléctrico por medio de la variación de la frecuencia y voltaje en su alimentación. Son usados para gobernar la velocidad de bombas, compresores y ventiladores. Pueden ser controlados desde un PLC o DCS por medio de una señal de 4-20 mA o por protocolos de comunicación (Profibus DP, Profinet, etc.).

3.5 Procedimiento

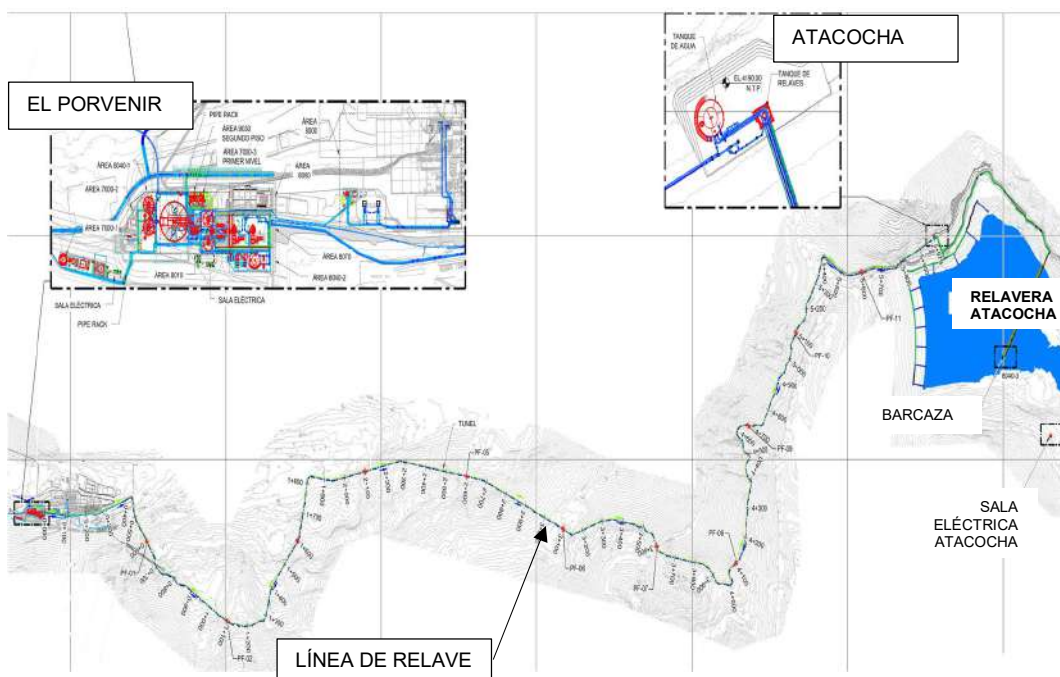
En esta sección se describe el procedimiento para el diseño de la instrumentación y control del proyecto de Sistema de manejo de relaves espesado y recuperación de agua en la unidad minera El porvenir. Se Hablará aspectos del alcance del proyecto, planificación de desarrollo de entregables, diagramas de proceso (PFD), diagramas P&ID, arquitecturas de control, descripción de la filosofía de control, instrumentación de campo, la documentación técnica a ser desarrollada y finalmente los costos estimados del proyecto.

3.5.1 Descripción general del proyecto

Actualmente la unidad minera el Porvenir procesa minerales como Zinc, Plomo y Cobre. Como parte de la ampliación de producción de planta de 6500 TMDP (Toneladas métricas diarias de producción) a 7500 TMDP también aumenta la cantidad de residuos de relaves que pone en riesgo la vida de las relaveras. Es para ello que se diseña un sistema que permita espesar los relaves hasta rangos de 62.5% a 70% de sólidos e impulsarlos con bombas de alta presión hasta la relavera Atacocha (ver Figura 20). La recuperación de agua se da en los procesos de espesar relaves, como también desde el espejo de agua en la relavera Atacocha producto de la sedimentación del relave depositado. Las aguas recuperadas son tratadas en clarificadores y almacenados en tanques para ser reusados en la planta como agua de proceso.

Figura 20

Plano general de proyecto



Nota. La figura muestra las dos zonas implicadas en el proyecto: El Porvenir y Atacocha, así como también la línea de relaves.

3.5.2 Alcance para el diseño de instrumentación y control

Como disciplina de instrumentación el alcance es desarrollar el diseño de la instrumentación y control del proyecto alineado con los diagramas de flujo de procesos (PFD), los diagramas P&ID's, filosofía de control, arquitectura de control y demás documentación técnica. Como parte de los criterios a seguir en el diseño de instrumentación y control se hace la validación de la ingeniería básica del proyecto.

El diseño comprende principalmente las siguientes áreas:

- Sistema de manejo de relaves.
- Sistema de recuperación de agua.
- Sistema de tratamiento de agua recuperada.

3.5.2.1 Ubicación y condiciones geográficas de sitio. La Unidad Minera El porvenir está ubicado en el distrito de Yarusyacan, Provincia de Cerro de Pasco del departamento de Pasco. Las condiciones ambientales del sitio se describen a continuación.

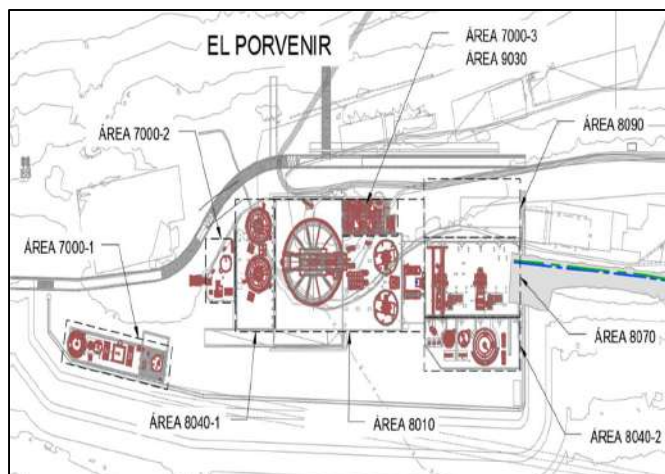
- | | |
|------------------------------------|---------|
| • Altitud Sobre el Nivel del Mar | 4100 m |
| • Temperatura Máxima del Aire | 25 °C |
| • Temperatura Mínima del Aire | -5 °C |
| • Humedad Relativa Promedio Máxima | 80% |
| • Humedad Relativa Promedio Mínima | 50% |
| • Velocidad del Viento | 85 km/h |

3.5.2.2 Áreas de división del proyecto (WBS). El sistema está dividido en áreas de trabajo agrupadas según la función que se realiza en dicha zona, conocer ello es fundamental para el diseño de instrumentación y control, pues de acuerdo con el área se asignará las etiquetas a los instrumentos y equipos que intervendrán en la automatización. A continuación, se indica las áreas consideradas en el proyecto.

- Área 8000: Planta concentradora existente.
- Área 8010: Espesamiento para relaves.
- Área 8070: Estación de bombas de desplazamiento positivo y tubería de transporte de relave a Atacocha.
- Área 8040: Sistema de recuperación y tratamiento de agua.
- Área 8090: Salas eléctricas y sala de control.
- Área 7000: Plantas de reactivos.
- Área 9030: Compresores de aire.

Figura 21

Áreas de división del proyecto



Nota: La figura indica el código de las áreas de división del proyecto.

3.5.2.1 Criterios de diseño de instrumentación y control. Los criterios de diseño de instrumentación y control tienen como propósito definir las bases técnicas, diseños, estándares, requerimientos básicos, y parámetros relevantes para garantizar un diseño seguro, funcional y eficiente del proyecto.

Condiciones de instalación:

- Los equipos instalados en exterior se deben considerar con grado de protección NEMA 4 o NEMA 4X.

- Equipos instalados en ambientes cerrados como salas eléctricas y salas de control se debe considerar grado de protección NEMA 12.
- Los equipos instalados en condiciones de sumersión prolongada se deben considerar con grado de protección NEMA 6P (Normas de grado de protección revisar Anexo O).

Alimentación eléctrica:

- Para señales discretas en gabinetes remotos (RIO) se deberá usar 120 VAC, 60Hz, monofásico, estabilizado e ininterrumpido.
- En general los sistemas de control y los sistemas de comunicaciones deberán ser alimentados desde una fuente de energía ininterrumpida (UPS) a 120 VAC, 60Hz.
- Las señales discretas en tableros de control de válvulas (TCV) deberán ser de 24 VDC.
- Los transformadores de aislamiento deben ser de tipo seco, aislamiento tipo F, voltaje en el primario y secundario 480 VAC, 60 Hz, 3Ø.
- Las fuentes de energía ininterrumpida (UPS) deberán tener una entrada de 480 VAC, 60Hz, 3Ø y salida de 208/120 VAC, 60 Hz, 3Ø.

Aire de instrumentación:

- El aire de instrumentación para alimentar equipos o instrumentos de terreno deberá estar libre de humedad, agentes corrosivos o contaminantes.

Instrumentos de terreno:

- Los instrumentos deberán tener la capacidad de operar bajo las condiciones de ambientales del lugar y continuamente ,24 horas al día, 7 días por semana y 365 días del año.
- La fabricación de los instrumentos deberá ser estándar, para minimizar cantidad de repuestos en almacén y facilitar servicios de mantenimiento. No se deberá aceptar prototipos.
- El grado de protección de todos los instrumentos deberán ser IP 67.

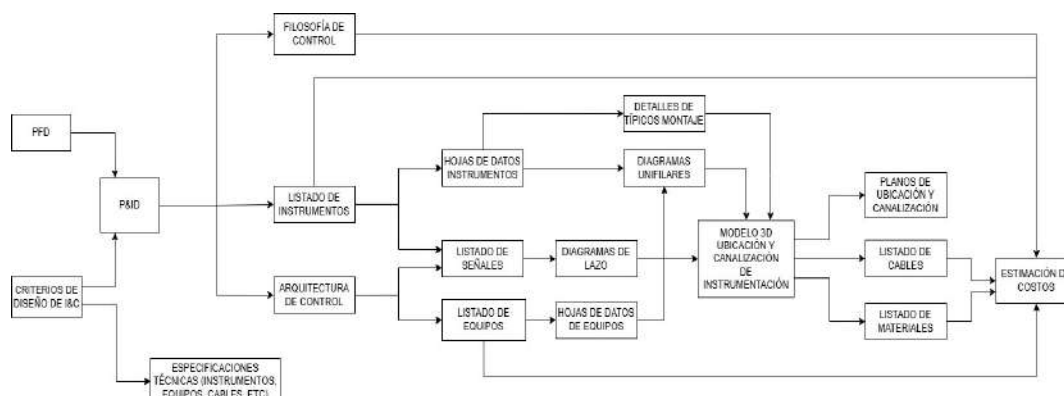
- La tecnología de comunicación de los instrumentos debe ser de 4-20mA +HART. La alimentación para los transmisores de 2 hilos debe ser 24 VDC (Loop Powered) y la alimentación para transmisores de 4 hilos debe ser 120 VAC.
- La conexión eléctrica a instrumentos debe ser de ¾" NPT.
- Los instrumentos deberán tener una exactitud mejor o igual +/- 0.5% del rango de medida y una repeabilidad de +/-0.1% de la variable medida.
- Para cuestiones de estandarización, los instrumentos deberán ser seleccionados de la marca Endress & Hauser.

Sistema de control:

- El sistema de control distribuido (DCS) deberá ser el System 800xA de ABB con procesador redundante.
- Para integración de señales de instrumentos de campo deberá considerarse racks remotos (RIO's) distribuidos en campo y conectados con el DCS.
- Se usará tableros de control de válvulas (TCV) para abrir y cerrar 12 hasta válvulas neumáticas, las señales de confirmación de las válvulas deberán ser 24Vdc, El protocolo de comunicación con el DCS será mediante Ethernet/IP.

3.5.3 Planificación del desarrollo de entregables.

Los entregables desarrollados siguieron su ejecución como se indica en el siguiente en la Figura 22. Iniciando con el análisis de los diagramas de flujo de procesos (PFD) y con la validación de los criterios de diseño de instrumentación y control, estos serán las entradas de información necesaria para el diseño de los diagramas P&ID el cual es la base para generar toda la demás documentación técnica que finalmente termina con el estimado de costos de capital. Cabe aclarar que los criterios de diseño generan las especificaciones técnicas y además marca las bases técnicas para el desarrollo de todos los entregables de la disciplina de instrumentación.

Figura 22*Diagrama de plan de elaboración de entregables*

Nota. El gráfico indica el orden como desarrollar los entregables de la disciplina de instrumentación y control, además de la dependencia de uno con otro.

3.5.4 Diagrama de flujo de procesos (PFD)

Previo al diseño de los diagramas P&ID's es necesario analizar los diagramas de flujo de procesos, ya que estos nos dan una visión general acerca del proyecto. Estos diagramas muestran las distintas etapas del proyecto, los equipos a usarse y los datos de proceso (flujos, concentración de sólidos, gravedad específica, densidad, etc.) que son muy importantes para el desarrollo de hojas de datos de instrumentos. Para el presente proyecto los diagramas PFD se dividió en las siguientes zonas: Sistema de manejo de relaves, Sistema de recuperación de agua y Sistema de tratamiento de agua recuperada. (Ver diagramas PFD en Anexo A del presente informe).

3.5.4.1 Sistema de manejo de relaves. El relave de la planta concentradora es enviado al espesador de relaves desde el cajón de bombas 400-CJ-0101 impulsado por las bombas 400-BH-0101A/B/C/D.

En el espesador de relaves se adiciona floculante diluido al 0.05% de concentración y se dosifica a razón de 24 g/t de relave.

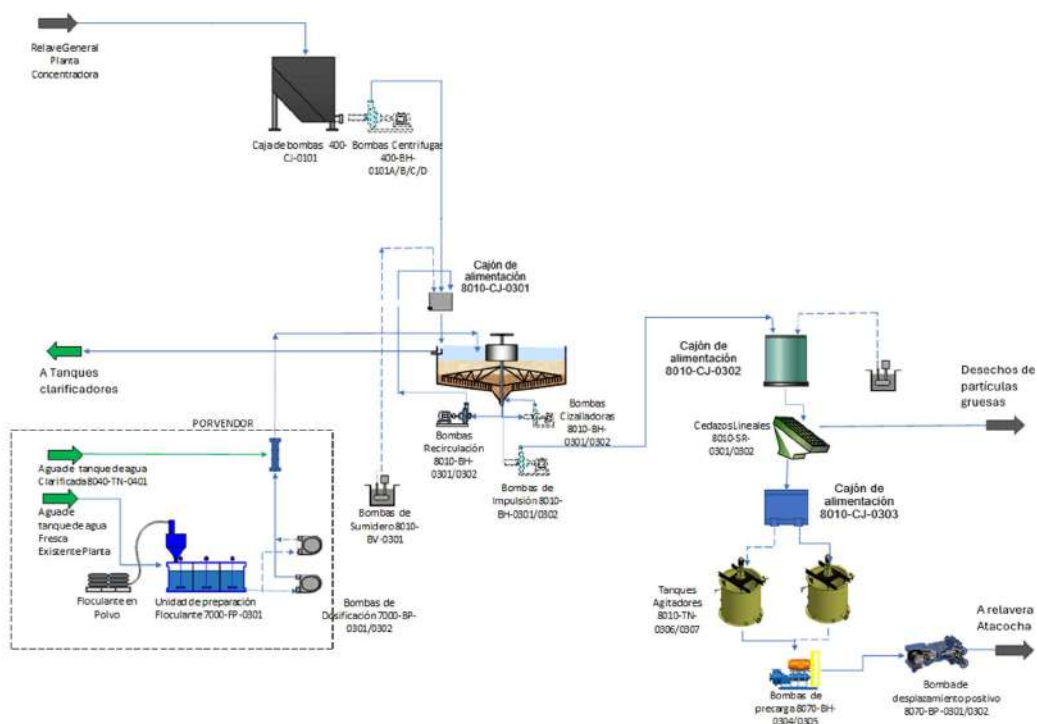
En el espesador mediante el proceso de separación de sólido líquido hace que las partículas sólidas sean sedimentadas y descargadas por

el inferior del espesador (Underflow) en un rango de 62.5 a 70% de concentración de sólidos. Por el rebose del espesador (Overflow) se obtiene el agua clarificada que es enviado hacia un tanque clarificador.

Desde la descarga inferior del espesador (Underflow) es enviado el relave con bombas centrífugas hacia el cajón de paso 8010-CJ-0302 y desde este cajón es enviado hacia sedazos lineales pasando a tanques agitadores, bombas de precarga y bombas de desplazamiento positivo que impulsan el relave espesado hasta el tanque pulmón en relavera Atacocha tal como se muestra en la Figura 23.

Figura 23

Diagrama de flujo sistema de manejo de relave



Nota. La figura muestra el diagrama de flujo del espesador de relaves y la línea de bombeo hasta la relavera Atacocha.

3.5.4.2 Sistema de recuperación de agua. El sistema de recuperación de agua se da principalmente en la recuperación desde

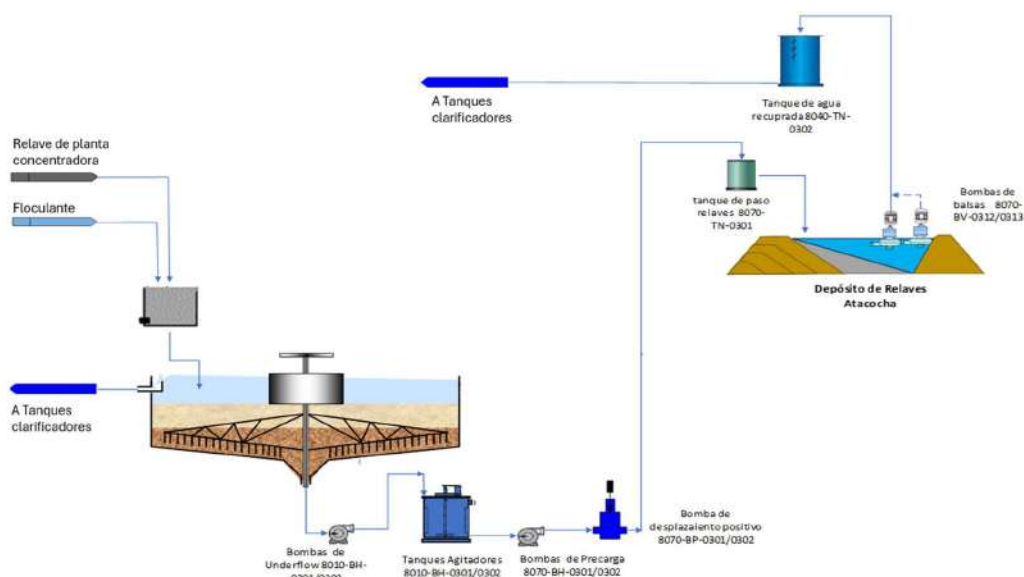
el rebose del espesador y desde el espejo de agua de la relavera Atacocha.

a) Recuperación de agua del rebose del espesador.

El espesador es un equipo en el cual se hace la separación sólido – líquido de donde se obtiene principalmente dos productos: El relave asentado denominado “underflow” y agua clarificada denominada “overflow”. Mediante una canaleta del overflow se recupera el agua y se envía por gravedad hacia los tanques clarificadores 8040-TH-0401/0402 para su tratamiento como se muestra en la Figura 24.

Figura 24

Diagrama de flujo, sistema de recuperación de agua



Nota. La figura muestra el diagrama de flujo de recuperación de agua desde el espesador de relaves y desde la relavera Atacocha.

b) Recuperación de agua de la laguna de la presa de relaves.

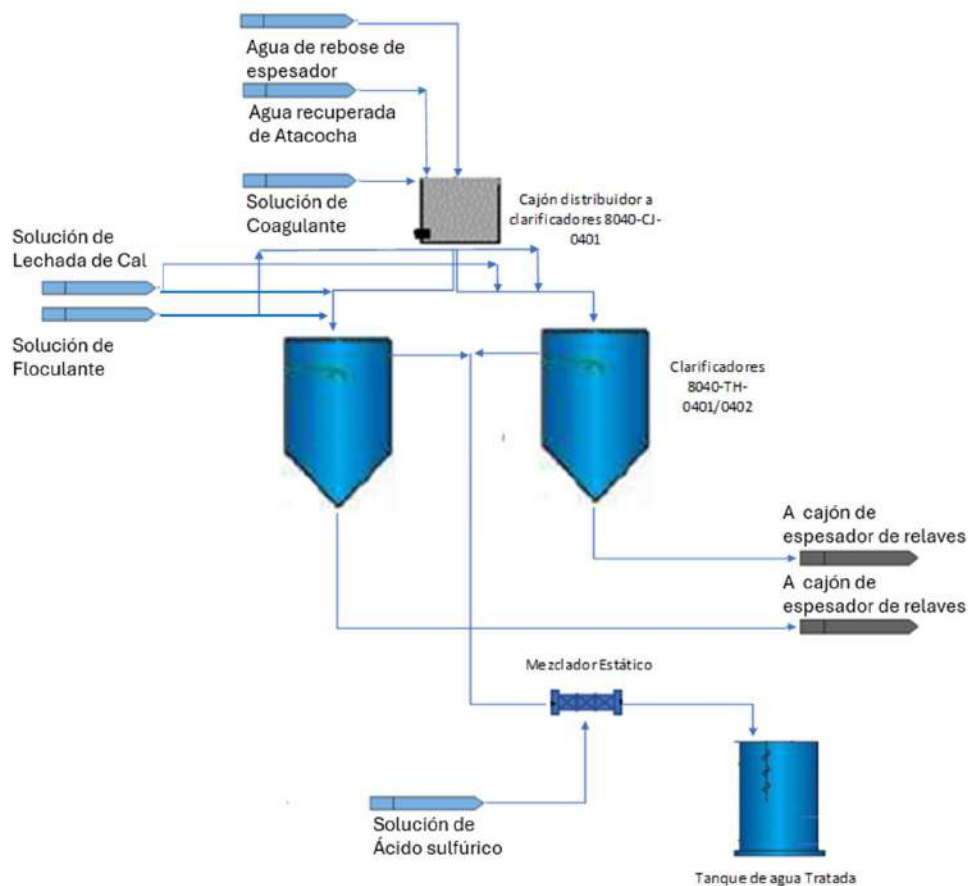
La recuperación de agua desde la laguna de presa de relaves se hace desde el espejo de agua formado en la relavera Atacocha, lo cual se forman principalmente por decantación del relave dispuestos en la presa relavera. El agua recuperada se impulsa por medio de bombas instaladas en barcas flotantes en las lagunas de la presa de relaves,

esta agua se envía hasta un tanque de agua instalado al borde de la presa de relaves Atacocha. Desde el tanque de agua recuperada en la presa de relaves de Atacocha el agua se descarga por gravedad hasta la planta El Porvenir que llega al tanque clarificador para su tratamiento como se muestra en la Figura 24.

3.5.4.3 Sistema de tratamiento de agua recuperada. La planta de tratamiento de agua (PTA) usa la tecnología de clarificación y su finalidad tratar las aguas residuales generadas por la Unidad minera El porvenir para su posterior reutilización.

Figura 25

Diagrama de flujo tratamiento de agua recuperada



Nota. La figura muestra el diagrama de flujo de agua recuperada y flujos de los reactivos necesarios para el tratamiento de agua.

Tal como se observa Figura 25 la recolección de agua proviene desde el rebose del espesador y la recuperación de agua desde la presa de relaves Atacocha. Estos flujos de agua recuperada ingresan a la planta de tratamiento de agua a través del cajón distribuidor 8040-CJ-0401 donde se adiciona cloruro férrico (Coagulante) al 42 %, floculante diluido al 0.05% y lechada de cal al 15%. Luego de la adición de los reactivos mencionados y mediante procesos físicos - químicos de neutralización y precipitación se obtiene en el rebose del clarificador un efluente con características de sólidos suspendidos y iones metálicos óptimos para su reutilización en la planta concentradora. Adicional a ello en la línea de rebose se adiciona ácido sulfúrico al 98% de concentración para regular el pH del agua tratada. El agua tratada se almacena en el tanque 8040-TN-0401 y desde ahí se distribuye hacia los tanques de agua industrial existente y para las distintas áreas del sistema de espesamiento y transporte de relave.

Los lodos sedimentados al inferior de los clarificadores son descargados mediante bombas peristálticas y recirculados hacia el espesador de relaves.

3.5.5 Diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID)

Los planos P&ID's son desarrollados en base a los diagramas de flujo de procesos (PFD's) y en coordinación conjunta con las disciplinas Mecánica & Piping y Procesos. Como parte de la disciplina de instrumentación se incluye la simbología de los instrumentos, actuadores, alarmas, enclavamientos y lazos de control necesarios para el monitoreo y automatización del sistema. El diseño de los diagramas P&ID en este proyecto se desarrolló en base a la norma internacional ISA 5.1. con la finalidad de hacer un diseño claro y estandarizado. En el proyecto se generaron un total de 25 planos P&ID's los cuales se presentan en el Anexo B de este informe.

3.5.5.1 Simbología. Toda la simbología de instrumentación y control para el desarrollo de los diagramas P&ID se hicieron siguiendo

al estándar de la Sociedad Internacional de Automatización (ISA). En ello se representa la simbología de los elementos primarios (sensores), transmisores, alarmas, PLC, DCS, señales eléctricas, señales por comunicación, señales radar, señales ultrasónicas entre otros. Ver más simbología desarrollada en el Anexo B, Figura 84.

Adicional a la simbología estandarizada es necesario diseñar típicos de control (Esquema P&ID abreviado) de motores y válvulas de control.

3.5.5.2 Esquemas típicos de control de motores. Los típicos de control de motores, hace referencia al diagrama en el que se indican los parámetros de funciones de comandos e indicadores del control de un motor, los parámetros cambian de acuerdo con la potencia y dispositivo de arranque con el que es diseñado como pueden ser los arrancadores suaves (Soft Starter), variadores de velocidad (VFD), arranque directo, entre otros.

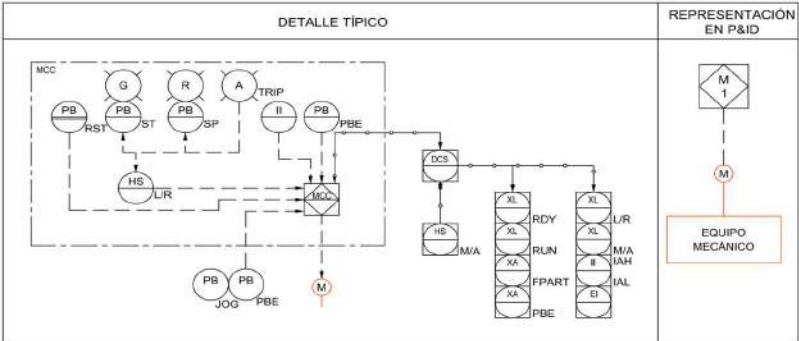
Figura 26

Nomenclatura de comandos e indicación de típicos de motor

NOMENCLATURA	
COMANDOS	INDICACIÓN
JOG: PARTIR/PARAR EN MANTO TERRENO "JOG"	FPART: FALLA PARTIDOR
PBE: PARADA EMERGENCIA	FCTROL: FALLA CONTROLADOR
R: MODO REMOTO	RUN: FUNCIONANDO
L: MODO LOCAL	DET: DETENIDO
OFF: MODO FUERA	CTE: CORRIENTE
A: MODO AUTOMATICO	FVDF: FALLA VDF
M: MODO MANUAL	VDF/DIR: VDF/DIRECTO
ST: PARTIR MOTOR	ALSEL: ALARMA RELÉ DE PROTECCIÓN
SP: PARAR MOTOR	FSEL: FALLA RELÉ DE PROTECCIÓN
SC: CONTROLADOR DE VELOCIDAD	VIBRA: VIBRACION
+VEL: INCREMENTAR VELOCIDAD DE MOTOR	T/DESC: TEMPERATURA DESCANSOS
-VEL: DISMINUIR VELOCIDAD DE MOTOR	T/MOT: TEMPERATURA DEL MOTOR
	VEL: VELOCIDAD DEL MOTOR
	V/DESC: VELOCIDAD DESCANSOS
	REF VEL: VELOCIDAD DE REFERENCIA

Nota. La figura representa las abreviaturas y significado de los comandos e indicación para la interpretación de los típicos de control de motores.

Figura 27
Típico M1 - Motores con arranque directo en baja tensión



Nota. La figura representa el típico de motor con arranque directo en baja tensión, de ello a la izquierda se muestran los comandos e indicadores del motor y a la derecha se muestra la representación abreviada en el P&ID.

Figura 28
Típico M2 – Motor con arranque por variador de baja tensión

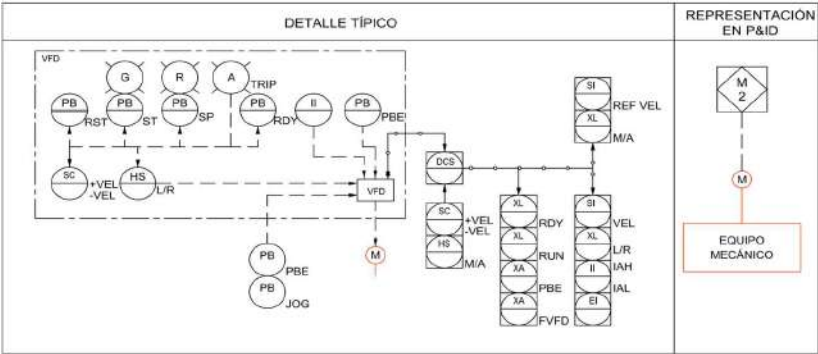


Figura 29
Típico M3 - Motores con arranque suave en baja tensión

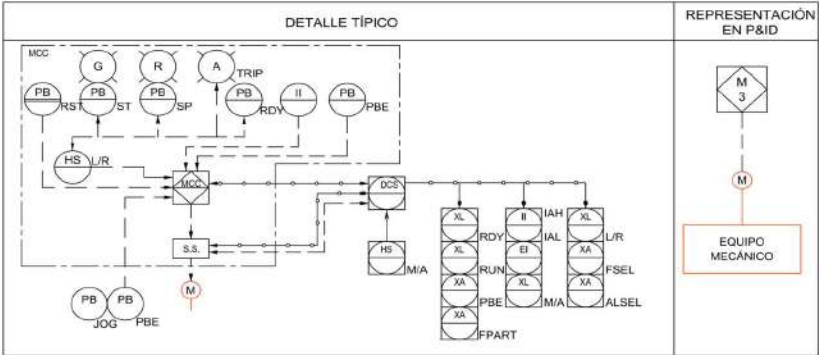
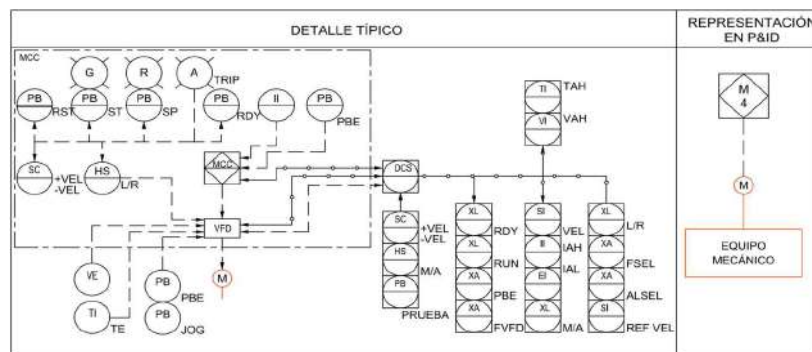
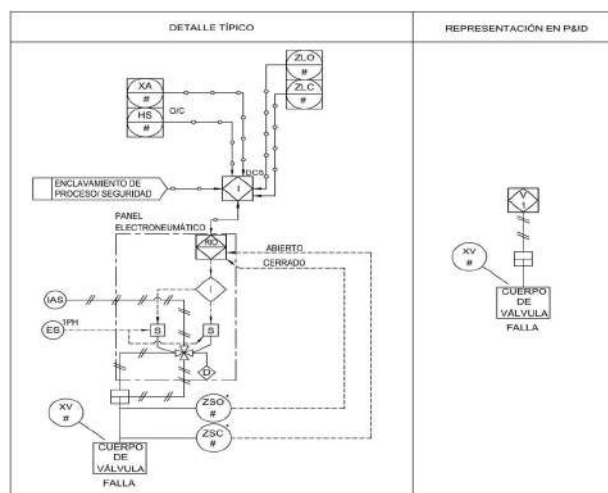
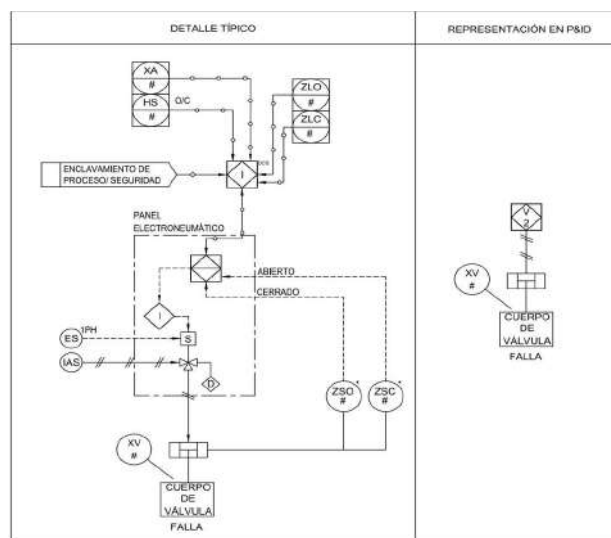


Figura 30*Típico M4 - Motores con variador en media tensión*

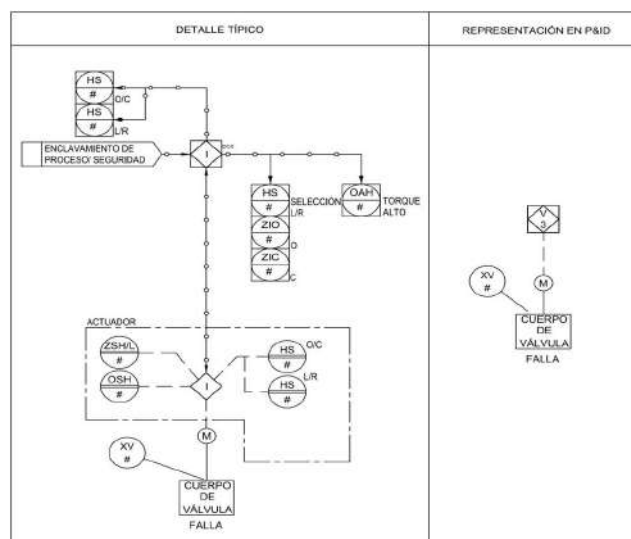
3.5.5.3 Esquemas típicos de control de válvulas. Los típicos de válvulas de control, hace referencia al esquema P&ID en el que se resume el modo de funcionamiento de una válvula de control, se indican parámetros de comandos de apertura y cierre, alarmas de confirmación, y tipo de fuente de accionamiento de actuador que puede ser neumático o motorizado según sea el requerimiento.

Figura 31*Típico V1 – Válvula ON/OFF neumática doble efecto*

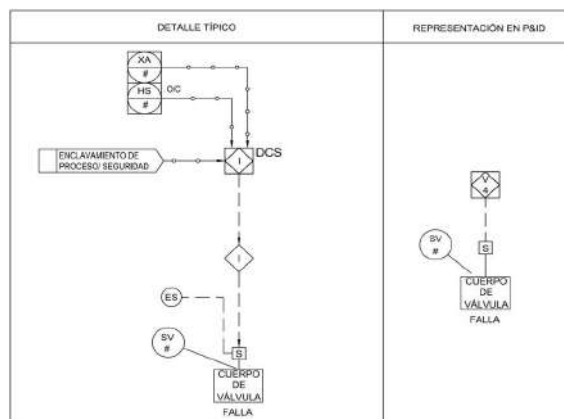
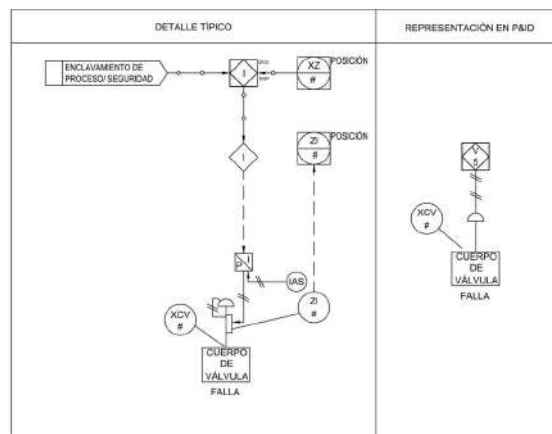
Nota. La figura representa el típico de control para una válvula con actuador neumático de doble efecto, de ello a la izquierda se muestran los comandos e indicadores de la válvula y a la derecha se muestra la representación abreviada en el P&ID.

Figura 32*Típico V2 – Válvula ON/OFF neumática simple efecto*

Nota. La figura representa el típico de control para una válvula con actuador neumático de simple efecto, de ello a la izquierda se muestran los comandos e indicadores de la válvula y a la derecha se muestra la representación abreviada en el P&ID.

Figura 33*Típico V3 - Válvula ON/OFF motorizada*

Nota. La figura representa el típico de control para una válvula de simple efecto, de ello a la izquierda se muestran los comandos e indicadores de la válvula y a la derecha se muestra la representación abreviada en el P&ID.

Figura 34*Típico V4 - Válvula ON/OFF Solenoide***Figura 35***Típico V5 - Válvula de control modulante*

3.5.6 Instrumentos y equipos de campo

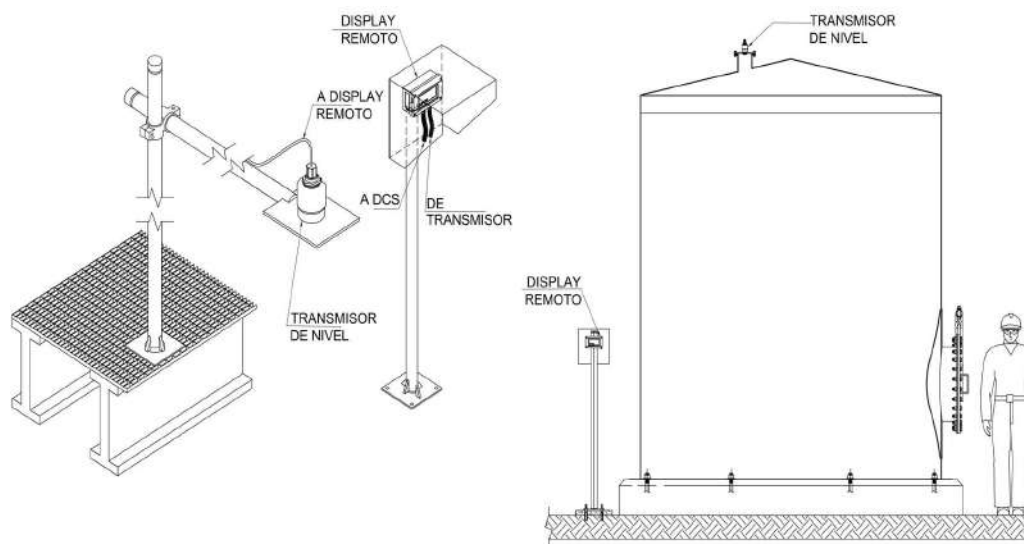
El proyecto se diseñó con los siguientes instrumentos:

3.5.6.1 Medición de nivel. Son usados los medidores de nivel para equipos como tanques de agua, clarificadores, cajones y tanques de relave. Dado que la aplicación en el proyecto es en un medio húmedo, abrasivo, y con alta agitación se ha optado por el uso de sensores de nivel de tipo radar.

El modelo tomado es el FMR50 de la marca Endress & Hauser con señal de salida de 4-20 mA + Hart y un indicador de nivel (LI) remoto modelo RIA15 instalado en un lugar accesible para el operador de planta tal como se indica en la Figura 36.

Figura 36

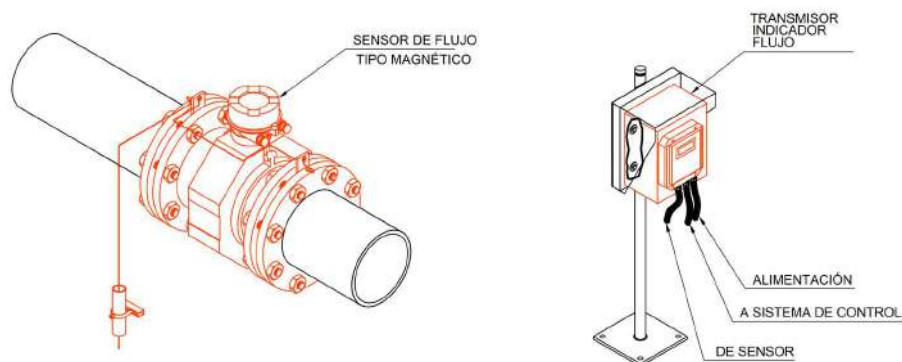
Montaje de Instrumentos de nivel



Nota. La figura muestra el montaje de instrumentos de nivel en soporte para tanques abiertos y en brida para tanques cerrados.

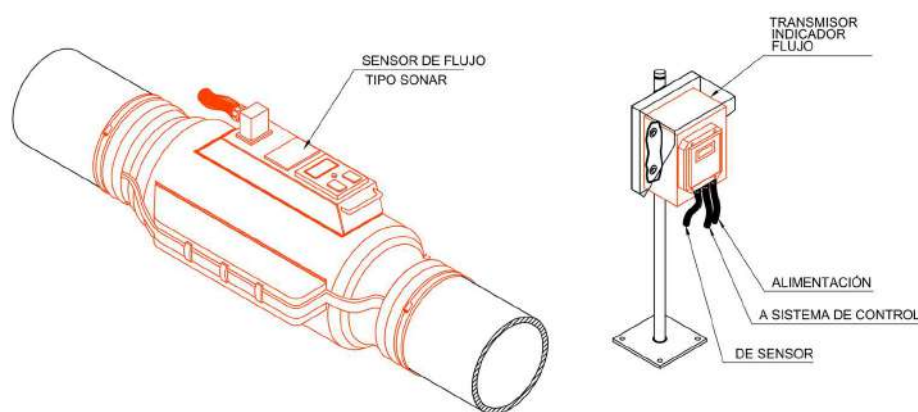
3.5.6.2 Medición de caudal. Los medidores de caudal se consideran los sensores de flujo (FE) instalados en la línea de proceso y sus transmisores e indicadores de flujo (FIT) para la lectura del operador de campo, la alimentación a los transmisores es considerado de 120 VAC y la señal de salida hacia DCS de 4-20 mA.

Se considera flujómetros de tipo magnético para aplicaciones de líneas con fluido conductivo, con bajo porcentaje de sólidos y presión moderada, para este caso aplica el uso en las líneas de agua recuperada. Para el proyecto se ha considerado el sensor de modelo PROMAG 400 de la marca Endress & Hauser.

Figura 37*Instalación de flujómetro magnético*

Nota. La figura muestra un sensor flujo tipo magnético instalado en tubería y su transmisor indicador de flujo instalado en un pedestal.

En las líneas de proceso donde fluye relave dado que son medios abrasivos y de altas presiones se hace el uso de flujómetros tipo sonar ya que estos son de tipo no invasivos y se instalan al exterior de la tubería de proceso el cual le permite soportar grandes presiones. Para el proyecto se consideró el sensor de flujo modelo SONARTRACK como se muestra en la Figura 38.

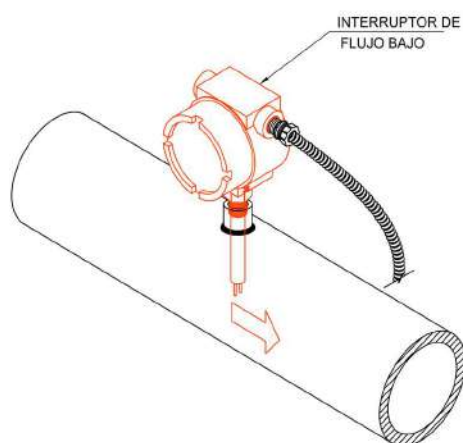
Figura 38*Instalación de flujómetro sonar*

Nota. La figura muestra un sensor flujo tipo sonar instalado en tubería y su transmisor indicador de flujo instalado en un pedestal.

En las líneas de proceso de agua de sello de bomba en el que es necesario mantener un flujo de agua constante, se usa interruptores térmicos de flujo bajo, este instrumento es alimentado a 120 VAC y activa un contacto cuando detecte flujo bajo en la línea de la tubería de agua de sello como se muestra en la Figura 39.

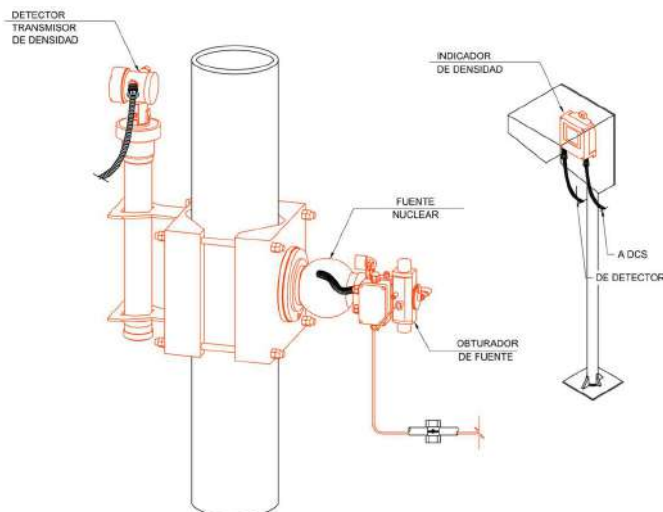
Figura 39

Instalación de interruptor de flujo bajo



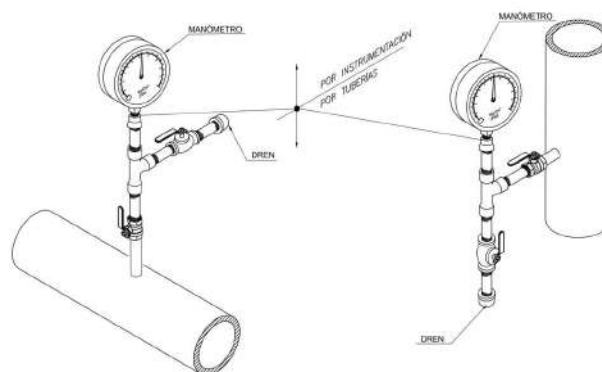
Nota. La figura muestra un switch de flujo bajo tipo térmico instalado en tubería.

3.5.6.3 Medición de densidad. Para medir densidad en las líneas de relave con características abrasivas y de altas presiones, se hace el uso de densímetros nucleares, conformados por la fuente nuclear y el detector transmisor, los cuales se instalan al exterior de la tubería y hacen la medición de manera no invasiva. Adicional a ello se instala un indicador remoto para la verificación de las lecturas en campo de parte del operador de la planta. Su señal de salida es de 4-20mA + HART y es alimentado por el mismo loop de la señal a 24 VDC. Por sus características y funcionalidades para el presente proyecto se ha optado por el detector cuyo modelo es FGM50 y la fuente radiactiva FGS60 ambos de la marca Endress & Hauser.

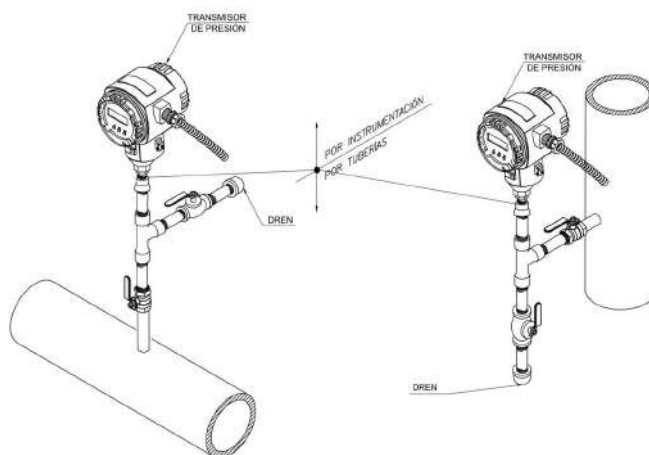
Figura 40*Montaje de densímetro nuclear*

Nota. La figura muestra un densímetro tipo nuclear instalado en tubería y su indicador de flujo instalado en pedestal.

Medición de presión. La medición de presión es realizada en su mayoría en la descarga de las bombas de agua y relave, los manómetros son usados para visualización de forma local (Ver Figura 41) y los transmisores de presión cuentan con una salida de señal a 4-20mA + Hart y son alimentados por el mismo loop a 24 VDC (Ver Figura 42).

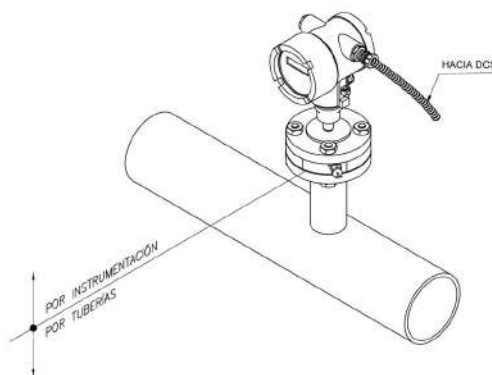
Figura 41*Instalación de manómetro.*

Nota. La figura muestra la instalación de manómetros en tubería horizontal y vertical.

Figura 42*Instalación de Transmisor de Presión*

Nota. La figura muestra la instalación de transmisores de presión en tubería horizontal y vertical.

Los transmisores de presión a ser instalados en tubería de lodos se consideran con sello diafragma y anillo de lavado (Flushing ring) dado que estarán expuestos a medios abrasivos como se muestra en la Figura 43.

Figura 43*Transmisor de presión para relaves*

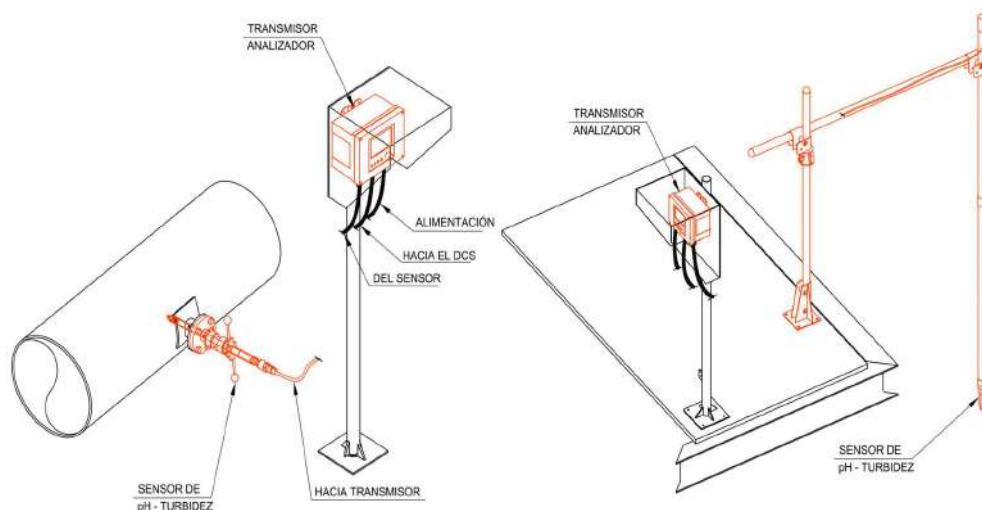
Nota. La figura muestra un transmisor de presión con anillo de lavado instalado en tubería horizontal de relaves.

3.5.6.4 Medición de pH y turbidez. La medición de PH y turbidez son instalados en los tanques y líneas de agua recuperada,

para el caso de tuberías los sensores son instalados en niples bridados y para el caso de tanques son sumergidos con la ayuda de soportes, los transmisores indicadores remotos son instalados en campo en lugares accesibles para la verificación del operador. Se alimentan a 120 VAC y la señal de salida es de 4-20mA.

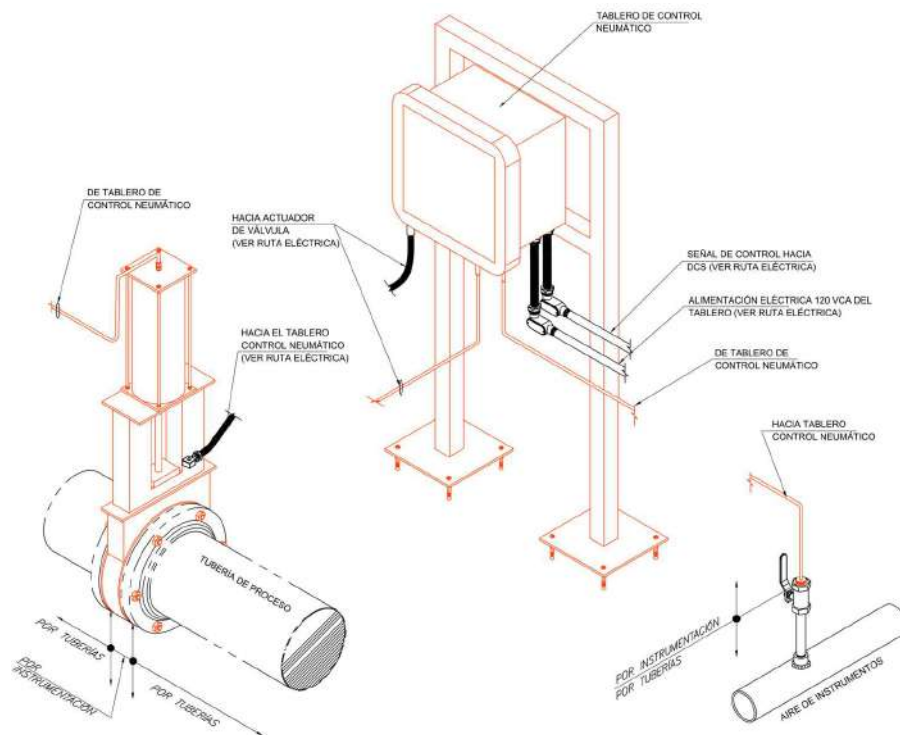
Figura 44

Instalación de sensor pH – Turbidez



Nota. La figura muestra sensores de pH o turbidez con brida para instalación de tubería y con soporte para instalación en tanques abiertos.

3.5.6.5 Válvula de control ON/OFF. El diseño se consideró válvulas tipo cuchilla, tipo bola, tipo mariposa y tipo dardo. Para el control de estos se consideró actuadores neumáticos para aplicaciones de líneas de agua o relaves de presión moderada, y de tipo motorizado para aplicaciones de líneas de relave de alta presión y para zonas donde no se tenga disponibilidad de aire de instrumentación. Las válvulas con accionamiento neumático son controladas desde tableros de control de válvulas (TCV), y las válvulas motorizadas son controladas por comunicación Ethernet/IP desde el DCS.

Figura 45*Válvula de control ON/OFF y tablero de control de válvulas*

Nota. La figura muestra una válvula de control on/off con accionamiento neumático controlado desde un tablero de control de válvulas (TCV).

3.5.7 Arquitectura de control de procesos

La arquitectura de control de procesos se diseñó en base al sistema DCS sistem 800xA de ABB esto con fines de compatibilizar en un solo sistema DCS todas las áreas de la unidad minera ya que la planta concentradora existente de la Unidad minera El Porvenir ya cuenta con dicha marca de sistema DCS. El proyecto cuenta con dos zonas geográficas, El Porvenir y Atacocha es por ello por lo que se diseñó arquitecturas de control para ambas zonas. Revisar arquitecturas de control en Anexo C.

3.5.7.1 Niveles de control.

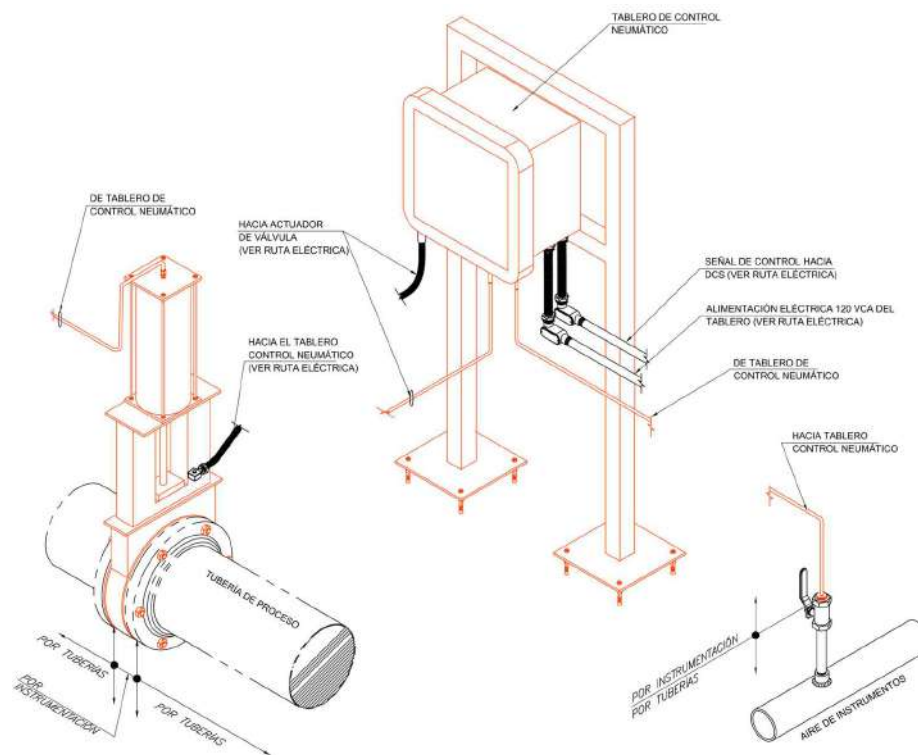
- **Nivel de campo:** Conformado por sensores y actuadores descritos en el ítem 3.5.6.

- **Nivel de control:** Está conformado por tablero de control de válvulas (TCV), gabinetes de entradas y salidas remotas (RIO), gabinetes de equipos específicos o vendor (PCC), tableros de válvulas motorizadas (COM), gabinete remoto inalámbrico (RC) y gabinetes de control principal (CP).

Los tableros de control de válvulas (TCV) son equipos diseñados específicamente para controlar actuadores neumáticos de válvulas de control on/off. Estos tableros son implementados con electroválvulas modulares y módulos I/O para señales de confirmación de válvulas; usan protocolo Ethernet/IP para su integración con DCS. En el proyecto se usaron un total de 16 tableros TCV cada una con capacidad para controlar hasta 12 válvulas.

Figura 46

Tablero de control de válvulas (TCV)

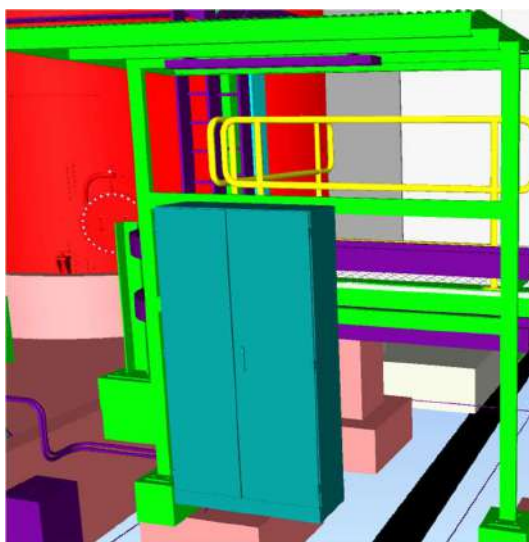


Nota. La figura muestra un tablero de control de válvulas (TCV) que controla una válvula on/off con accionamiento neumático.

Los gabinetes RIO son los que recolectan las señales de los instrumentos de campo, están integrados con módulos I/O analógicos de 4-20mA y módulos I/O digitales de 120 VAC, se enlazan a DCS por protocolo Profinet IO, en estos tableros también se incluye switches de comunicación para señales en Ethernet/IP para integración de tableros TCV y tableros de control vendor. Para la zona El Porvenir se implementa con un gabinete RIO (8010-RIO-001) y para la zona de Atacocha con el gabinete RIO (8070-RIO-002) ambos instalados en campo cerca a los instrumentos como se muestra en la Figura 47.

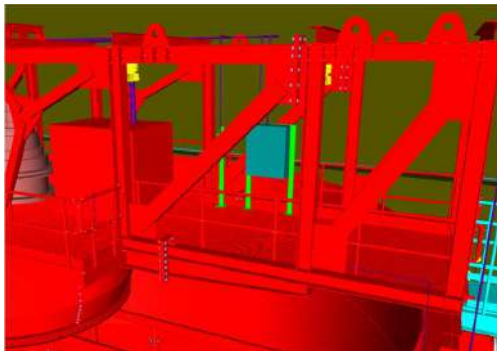
Figura 47

Gabinete RIO



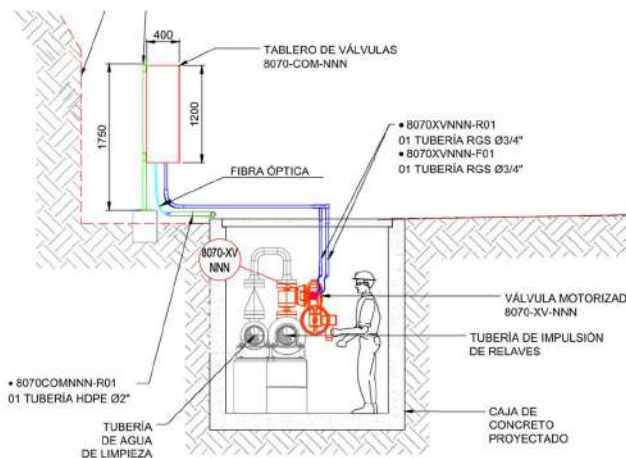
Nota. La figura muestra un gabinete RIO instalado en campo para recolección de señales de instrumentos.

Los gabinetes de equipos específicos o vendor (PCC) como los del espesador, bombas de desplazamiento, plantas de reactivos, entre otros, son enlazados al sistema de control por protocolo Ethernet/IP y se instalan cercano al equipo que controlan tal como se muestra la Figura 48.

Figura 48*Gabinete de control de espesador de relaves*

Nota. La figura muestra el gabinete de control del espesador de relaves instalado en campo sobre las estructuras del espesador.

Los tableros de válvulas motorizadas son instalados específicamente para las válvulas de lavado de emergencia en la línea de relave que va desde El Porvenir hasta Atacocha y se conectan al sistema de control por protocolo Ethernet/IP. El proyecto se diseñó con 11 tableros de válvulas motorizadas (8070-COM-120@130) ubicadas cerca de las válvulas de lavado de la línea de relaves hacia Atacocha como se muestra en la Figura 49.

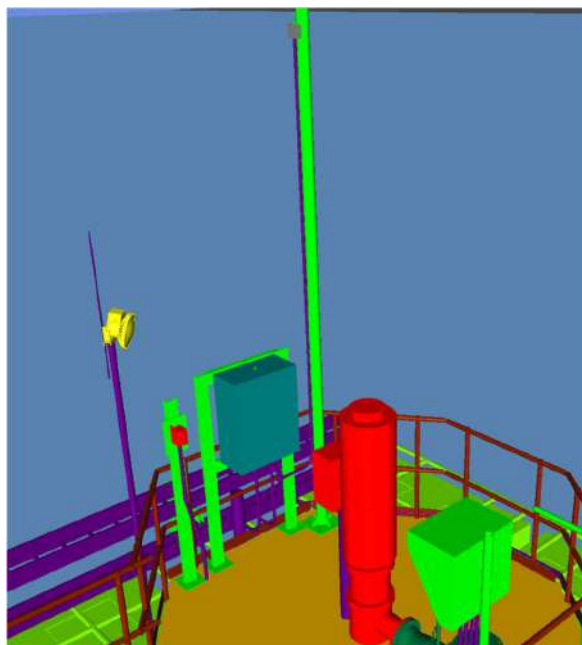
Figura 49*Tableros de válvulas motorizadas*

Nota. La figura muestra el tablero de válvula motorizadas instalado cerca de la válvula a controlar.

El gabinete remoto inalámbrico (8070-RC-001) es instalado en la barcaza de la relavera Atacocha, cuenta con módulos IO de 4-20 mA para los instrumentos de barcaza y para la integración de las señales con DCS cuenta con un módulo de radio enlace que se conecta con el gabinete de control del sector Atacocha como se muestra en la Figura 50.

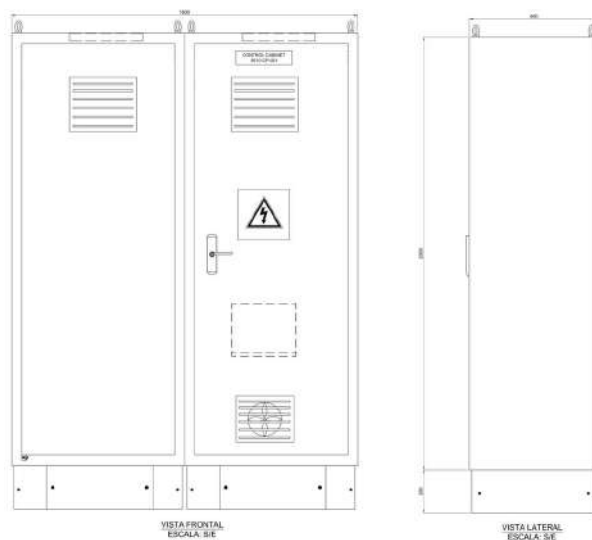
Figura 50

Gabinete remoto inalámbrico

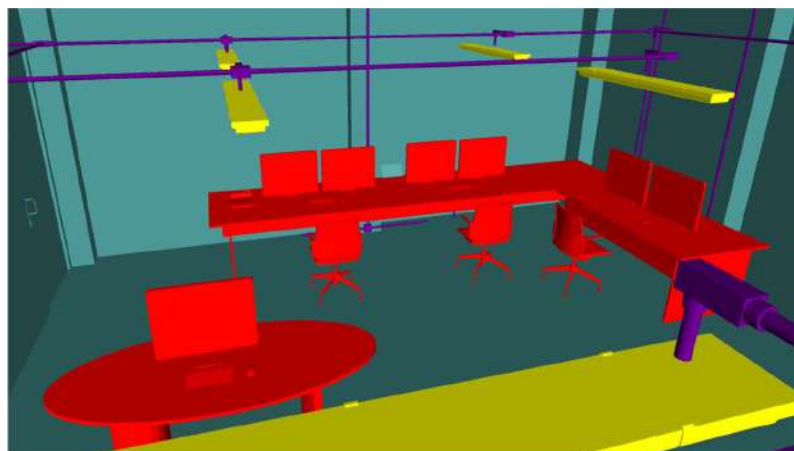


Nota. La figura muestra el gabinete remoto inalámbrico instalado en barcaza, al lado se ubica la antena de radio enlace para transmisión de datos.

Los gabinetes de control principal, como se muestra en la Figura 51 son los que contienen a los procesadores y los módulos de comunicación para la red industrial, el proyecto se ha diseñado con gabinetes de control tanto para la zona de El Porvenir (8010-CP-001) y para Atacocha (8040-CP-001) ambos enlazados por una red de fibra óptica de 24 hilos.

Figura 51*Gabinete de control principal*

- **Nivel de supervisión:** Esta instalado en la sala de control (8090-ER-001) ubicado en la zona de El Porvenir, está diseñado con dos pantallas para la estación de operación y dos pantallas para la estación de ingeniería como se muestra en la Figura 52. Desde esta sala se opera y monitorea todo el proyecto implementado en El Porvenir y Atacocha.

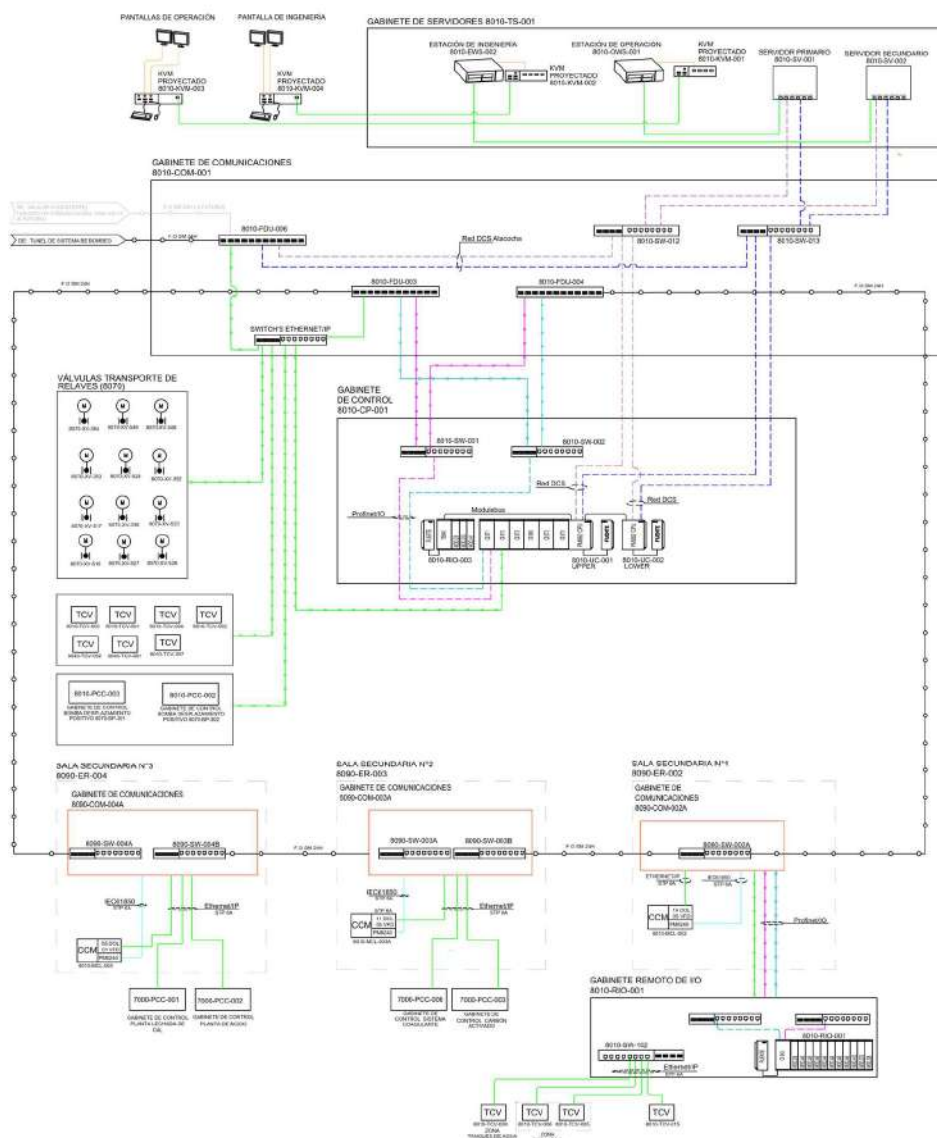
Figura 52*Sala de control*

Nota. La figura muestra la sala de control con las pantallas de las estaciones de operación e ingeniería.

3.5.7.2 Descripción arquitectura de control El Porvenir. El sistema de control considerado para el sector de El Porvenir está compuesto por un gabinete DCS (8010-CP-001) que incluye un controlador basado en DCS ABB modelo PM862 redundante. Cuenta con módulos de comunicación para protocolos Profinet IO, Ethernet/IP e IEC 61850 como se muestra en la Figura 53.

Figura 53

Arquitectura de control - El Porvenir



Nota. La figura muestra la arquitectura de control de la zona El Porvenir, en ello se indica todo el conexionado de equipos que intervienen en la planta.

De la Figura 53 se observa que aguas abajo del controlador DCS (8040-CP-001) se extiende una red de tableros de comunicación instalados en salas eléctricas secundarias, estos tableros de comunicación cuentan con switches de comunicación interconectados por un anillo de fibra óptica monomodo de 24 hilos. Estos switches de comunicación manejan principalmente protocolos de comunicación como Profinet IO, Ethernet/IP y IEC61850.

Los tableros RIO's (Remote Input Output) son comunicados por protocolo Profinet IO, los CCM's (Centro de control de motores), tableros de control de válvula y gabinetes de control de equipos especializados son comunicados por protocolo por Ethernet/IP, finalmente los relés de protección y medidores de las celdas de alimentación en salas eléctricas son comunicados por IEC-61850.

Aguas arriba del controlador se conectan los servidores DCS y las estaciones de operación e ingeniería, desde donde podrán configurar al sistema DCS y monitorear el sistema de manejo de relaves y recuperación de agua en El Porvenir. Ver Figura 53 para mayores detalles de arquitectura de control. Para la comunicación con la arquitectura de control Atacocha se da por medio de fibra óptica monomodo de 24 Hilos ver más detalles. Ver arquitectura de control completa en Anexo C del presente informe.

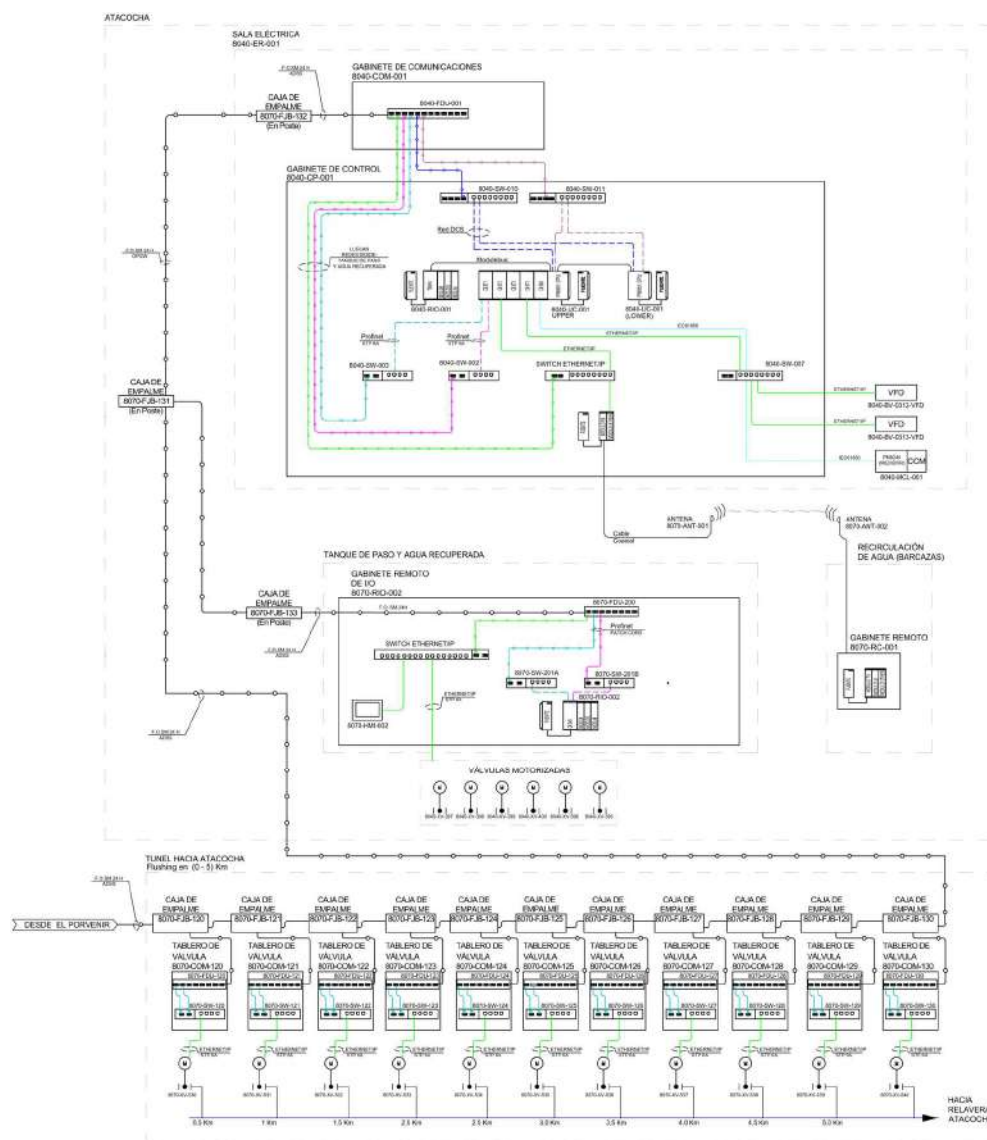
3.5.7.3 Descripción de arquitectura de control Atacocha. El sistema de control considerado para el sector de Atacocha está compuesto por un gabinete DCS (8040-CP-001) que incluye un controlador basado en DCS ABB modelo PM861. Cuenta con módulos de comunicación para protocolos Profinet, Ethernet IP, IEC 61850 y módulos de comunicación inalámbrica por radioenlace como se muestra en la Figura 54.

En el sector Atacocha se cuenta con una zona de tanque de paso y tanque de agua recuperada donde se considera un rack remoto (8070-RIO-002), el cual se comunica por Profinet IO con el gabinete de control (8040-CP-001) para la integración a DCS de las señales de los

instrumentos asociados a la zona. Las válvulas de control motorizadas de la zona son controladas por comunicación Ethernet/IP y cada una es conectada al switch de comunicación alojado en el rack remoto (8070-RIO-002). La comunicación entre el gabinete DCS (8040-CP-001) y el rack remoto (8070-RIO-002) es mediante enlace de fibra óptica monomodo, canalizado por postes.

Figura 54

Arquitectura de control Atacocha



Nota. La figura muestra la arquitectura de control de la zona Atacocha y la línea relé, en ello se indica todo el conexionado de equipos que intervienen en la planta.

Como se indica en la Figura 54 en la relavera Atacocha se considera una barcaza que aloja los motores y bombas para la recuperación de agua, además se considera un gabinete remoto (8070-RC-001) que cuenta con módulos de transmisión inalámbrica y módulo de entradas análogas de 4-20 mA en el cual se conecta las señales de los instrumentos de la zona y son transmitidos los datos por radio enlace hasta el gabinete de control DCS (8040-CP-001).

Para la conexión del gabinete DCS (8040-CP-001) en Atacocha con el DCS de la planta Porvenir es a través de fibra óptica monomodo, esta fibra óptica sigue la ruta de la línea de bombeo de relaves de El Porvenir a Atacocha con la finalidad de comunicar los tableros de comunicación (8070-COM-120@130) de las válvulas ON/OFF motorizadas para lavado de la línea de relave. Estas válvulas de lavado se comunican por Ethernet/IP usando una un par de hilos de la fibra óptica y son enlazados al DCS de 8010-CP-001 de la planta El Porvenir. Ver detalles de arquitectura de control en Anexo C del presente informe.

3.5.8 Filosofía de Control

La filosofía de control es el documento que tiene como objetivo describir los requerimientos generales para la programación del sistema de control de los procesos involucrados en el diseño de la planta de manejo de relaves espesados y recuperación de agua.

La filosofía de control para el proyecto de “Sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua” consta de las siguientes partes:

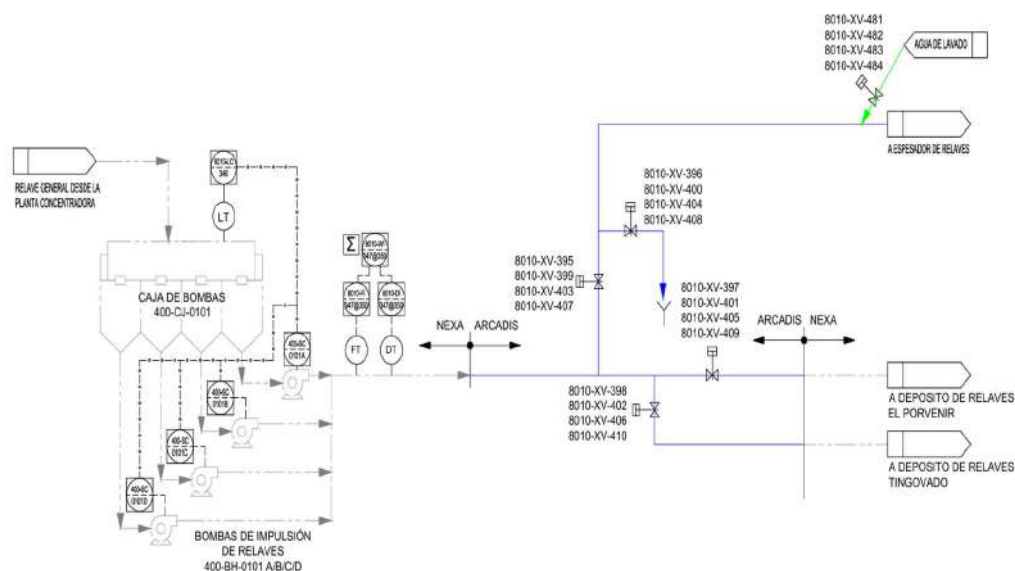
- Relaves desde planta concentradora
- Espesamiento de relaves
- Cedazos lineales y tanques agitadores
- Bombas de precarga
- Bombas de desplazamiento positivo
- Tubería de relaves y lavado de línea de El porvenir a Atacocha
- Tanque de paso de relaves y recuperación de agua – Atacocha

- Planta de tratamiento de agua

3.5.8.1 Relaves desde planta concentradora. El relave que provienen desde la planta concentradora existente es derivado directamente al cajón existente 400-CJ-0101, se ubica un instrumento de nivel 8010-LT-346 para protección de las bombas cuando el cajón este completamente vacío, por medio de cuatro bombas 400-BH-0101A/B/C/D es enviado el relave hacia el cajón de alimentación del espesador de relaves 8010-CJ-0301. El tonelaje de los relaves de la descarga de las bombas 400-BH-0101A/B/C/D son medidos con instrumentos de flujo tipo sonar y densímetros nucleares (8010-FI-347@350 Y 8010-DI-347@350) instalados en cada línea. En cada descarga de las bombas se instala válvulas automáticas con accionamiento neumático ON/OFF para habilitar el paso del flujo al espesador de relaves o hacia la relavera El Porvenir / Tingovado tal como se muestra en la Figura 55. Ver detalles en los P&ID's Anexo B del presente informe.

Figura 55

Diagrama de control de procesos bombeo de relaves desde planta concentradora



- **Equipos e Instrumentación**

A continuación, en la Tabla 1 se muestra la instrumentación y equipos mecánicos involucrados en el área de relaves desde la planta concentradora, la distribución de estos se puede ver en los diagramas P&ID (Ver Anexo B, Figura 87).

Tabla 1

Equipos e instrumentos de estación de bombeo de cajón de relaves 400-CJ-101

N°	TAG	DESCRIPCIÓN
CAJÓN DE RELAVES EXISTENTE		
1	400-CJ-101	Cajón de bombas
2	8010-LT/LI-346	Transmisor de nivel tipo radar en Cajón 400-CJ-101
LÍNEAS DE BOMBEO N°1 / 2 / 3 / 4		
3	400-BH-0101A/B/C/D	Bombas de impulsión de relave existentes
4	8010-XV-395/399/403/407	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática hacia espesador 8010-TH-0301
5	8010-XV-396/400/404/408	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática drenaje en línea hacia espesador 8010-TH-0301
6	8010-XV-397/401/405/409	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática hacia relavera Dique
7	8010-XV-398/402/406/410	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática hacia relavera Tingovado
8	8010-FE/FIT-347/348/349/350	Flujómetro magnético descarga de bomba 400-BH-0101A/B/C/D
9	8010-DE/DIT-347/348/349/350	Densímetro nuclear Descarga de bomba 400-BH-0101A/B/C/D

- **Alarmas**

Las alarmas del área de relaves desde la planta concentradora son parámetros definidos como se muestra en la Tabla 2 para ser programados en el sistema de control para alertar al operador sobre situaciones de anomalía en el proceso y poder tomar acción oportuna sobre ello.

Tabla 2

Alarmas de instrumentos en estación de bombeo de cajón de relaves 400-CJ-101

ITEM	TAG	UN.	SP	LL	L	H	HH
1	8010-LT-346	(%)	-	20	30	70	80
2	8010-FE/FIT-347/348/349/350	(m3/h)	-	820	840	860	900
3	8010-DE/DT-347/348/349/350	(t/m3)	1,18	1	1,1	1.5	1.8

- **Permisivos**

Los permisivos para el área de recepción de relaves se indican en la Tabla 3, y son aquellas condiciones lógicas que deben cumplirse para permitir que un equipo pueda funcionar correctamente.

Tabla 3

Permisivos de la estación de bombeo de cajón de relaves 400-CJ-101

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Válvula 8010-XV-395 CERRADA	8010-XV-396/397/398	Válvula puede abrir
Válvula 8010-XV-399 CERRADA	8010-XV-400/401/402	Válvula puede abrir
Válvula 8010-XV-403 CERRADA	8010-XV-404/405/406	Válvula puede abrir
Válvula 8010-XV-407 CERRADA	8010-XV-408/409/410	Válvula puede abrir
Válvula 8010-XV-395 o 8010-XV-397 o 8010-XV-398 ABIERTA	400-BH-0101A	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-399 o 8010-XV-401 o 8010-XV-402 ABIERTA	400-BH-0101B	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-403 o 8010-XV-405 o 8010-XV-406 ABIERTA	400-BH-0101C	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-407 ABIERTA o 8010-XV-409 o 8010-XV-410 ABIERTA	400-BH-0101D	Bomba puede arrancar
Nivel en cajón 400-CJ-101 $8010LI346 \geq 8010LAL346$	400-BH-0101A/B/C/D	Bombas puede arrancar

- **Enclavamientos**

Los enclavamientos o interlocks para el área de recepción de relaves se muestran en la Tabla 4, y son aquellas condiciones lógicas de seguridad programadas en el sistema de control para proteger a los equipos, procesos o personas.

Tabla 4

Enclavamientos de la estación de bombeo de cajón de relaves 400-CJ-101

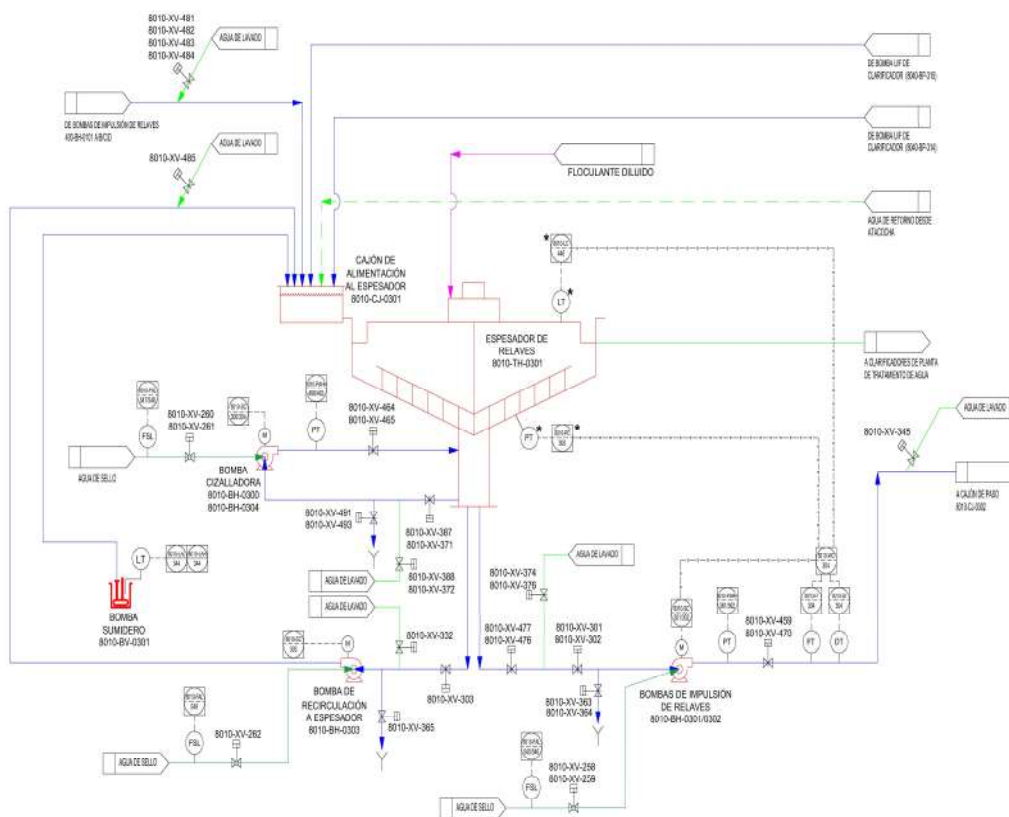
VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Alarma baja – baja en nivel de cajón 400-CJ-101 $8010-LI-346 \leq 8010-LALL-346$	400-BH-001A/B/C/D	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-395, 8010-XV-397 y 8010-XV-397 Cerradas	400-BH-001A	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-399, 8010-XV-401 y 8010-XV-402 Cerradas	400-BH-001B	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-403, 8010-XV-405 y 8010-XV-406 Cerradas	400-BH-001C	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-407, 8010-XV-409 y 8010-XV-410 Cerrada	400-BH-001D	Apagado de Bomba

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Flujo bajo en descarga 8010-FAL-347/348/349/350 Activada	400-BH-001A/B/C/D	Apagado de Bomba

3.5.8.2 Espesamiento de relaves. El relave de la planta concentradora es enviado al espesador de relaves desde el cajón de bombas 400-CJ-0101 impulsado por las bombas 400-BH-0101A/B/C/D y llega al cajón de alimentación de espesador 8010-CJ-0301. El espesador cuenta con dos bombas de descarga 8010-BH-0301/0302, dos bombas cizalladoras 8010-BH-0300/0304 y una bomba de recirculación 8010-BH-0303 como se indica en la Figura 56.

Figura 56

Diagrama de control de procesos en espesador de relaves



Nota. La figura muestra el diagrama de control del espesador de relaves con las bombas e instrumentos que forman parte del sistema.

El espesador 8010-TH-0301 cuenta con un sensor de nivel interface 8010-LT-446 que indica el nivel de cama de lodo formado en el espesador, en la parte inferior del espesador también cuenta con un sensor de presión 8010-PT-300 que se encarga de medir la masa de la cama de lodo formado.

- **Equipos e instrumentos**

A continuación, en la Tabla 5 se muestra la instrumentación y equipos mecánicos involucrados en el sistema de espesamiento de relaves, la distribución de estos se puede ver en los diagramas P&ID, (Ver Anexo B, Figura 88 y Figura 89).

Tabla 5

Lista de instrumentos y equipos espesamiento de relaves

N°	TAG	DESCRIPCIÓN
ESPEADOR DE RELAVES		
1	8010-TH-0301	Espesador de relaves
2	8010-XV-481/482/483/484/485	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática, Lavado de espesador
3	8010-XV-486/487/488	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática distribución de sumidero
5	8010-FE/FIT-304	Flujómetro sonar, descarga de bombas U/F
6	8010-DE/DIT-304	Densímetro nuclear, descarga de bombas U/F
BOMBAS UNDERFLOW (U/F) N°1 y N°2		
7	8010-BH-0301/0302	Bombas de impulsión de relaves U/F
8	8010-XV-477/476	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática succión de bomba U/F
9	8010-XV-374/376	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumático lavado de línea de succión
10	8010-XV-301/302	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática succión de bomba U/F
11	8010-XV-363/364	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumático drenaje de línea de succión
12	8010-XV-459/470	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática descarga de bomba
13	8010-PIT-361/362	Transmisor de presión, descarga de bombas
14	8010-FSL-545/546	Interruptor de flujo bajo, agua de sello
15	8010-XV-258/259	Válvula mariposa de control ON/OFF neumática de agua de sello
BOMBAS CIZALLADORAS N°1 Y N°2		
22	8010-BH-0300/0304	Bomba de impulsión de relaves de cizallamiento
23	8010-XV-387/371	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática succión de bomba
24	8010-XV-388/372	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumático para lavado de línea de succión
25	8010-XV-491/493	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumático drenaje de línea de succión
26	8010-XV-464/465	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática descarga de bomba
27	8010-PIT-466/463	Transmisor de presión descarga de bomba

N°	TAG	DESCRIPCIÓN
28	8010-FSL-547/548	Interruptor de flujo bajo agua de sello
29	8010-XV-260/261	Válvula mariposa de control ON/OFF neumática agua de sello
BOMBA DE RECIRCULACIÓN		
30	8010-BH-0303	Bomba de recirculación
31	8010-XV-303	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática succión de bomba
32	8010-XV-332	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática lavado de línea de succión
33	8010-XV-365	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática drenaje de línea de succión
34	8010-PIT-540	Transmisor de presión descarga de bomba
35	8010-FSL-549	Interruptor de flujo bajo agua de sello
36	8010-XV-262	Válvula mariposa de control ON/OFF neumática agua de sello
BOMBA SUMIDERO		
37	8010-BV-0301	Bomba sumidero sumergible vertical
38	8010-LT-344	Transmisor de nivel tipo radar

- **Alarmas**

Las alarmas del sistema de espesamiento de relaves son indicadas en la Tabla 6, estos son parámetros definidos para ser programados en el sistema de control para alertar al operador sobre situaciones de anomalía en el proceso y se pueda tomar acción oportuna sobre ello.

Tabla 6

Lista de alarmas espesamiento de relaves

ITEM	TAG	UN.	SP	LL	L	H	HH
1	8010-LT-344	(%)	---	20	30	70	80
2	8010-PIT-461/462	(psi)	---			81	88
3	8010-PIT-463/466	(psi)	---			61	65
4	8010-FE/FIT-340	(m3/h)	---	200	226	273	280.5
5	8010-DE/DT-340	(t/m3)	---	1.	1.11	1.81	1.9
6	8010-FSL-545@549	(m3/h)	---	240	245	255	260

- **Permisivos**

Los permisivos para el sistema de espesamiento de relaves se indican en la Tabla 7, y son aquellas condiciones lógicas que deben cumplirse para permitir que un equipo pueda funcionar correctamente.

Tabla 7*Lista de permisivos espesamiento de relaves*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Válvulas 8010-XV-477 & 8010-XV-301 ABIERTA	8010-BH-0301	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-459 ABIERTA	8010-BH-0301	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-258 ABIERTA	8010-BH-0301	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-476 & 8010-XV-302 ABIERTA	8010-BH-0302	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-470 ABIERTA	8010-BH-0302	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-259 ABIERTA	8010-BH-0302	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-303 ABIERTA	8010-BH-0303	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-262 ABIERTA	8010-BH-0303	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-371 ABIERTA	8010-BH-0304	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-261 ABIERTA	8010-BH-0304	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-465 ABIERTA	8010-BH-0304	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-387 ABIERTA	8010-BH-0300	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-260 ABIERTA	8010-BH-0300	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-464 ABIERTA	8010-BH-0300	Bomba puede arrancar
Cedazos lineales operativos	8010-BH-0803A@B	Bombas pueden arrancar
Alarma nivel alto de cajón sumidero 8010-LI-344 $\geq$ 8010-LAH-344	8010-BV-0301	Bomba puede arrancar

- Enclavamientos**

Los enclavamientos o interlocks para el sistema de espesamiento de relaves se indican en la Tabla 8, son aquellas condiciones lógicas de seguridad programadas en el sistema de control para proteger a los equipos, procesos o personas.

Tabla 8*Lista de enclavamientos espesamiento de relaves*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Alarma baja – baja en nivel de espesador 8010-LI-446 $\leq$ 8010-LALL-446	8010-BH-0301@0305	Apagado de Bomba
Falla en HPU de 8010-TH-0301	8010-TH-0301	Apagado de Espesador
Válvula 8010-XV-477 y 8010-XV-301 Cerrada	8010-BH-0301	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-459 Cerrada	8010-BH-0301	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-258 Cerrada	8010-BH-0301	Apagado de Bomba
Flujo bajo en línea de sello 8010-FAL-545 Activada	8010-BH-0301	Apagado de Bomba
Presión alta en descarga 8010-PAHH-461 Activada	8010-BH-0301	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-476 y 8010-XV-302 Cerrada	8010-BH-0302	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-470 Cerrada	8010-BH-0302	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-259 Cerrada	8010-BH-0302	Apagado de Bomba
Flujo bajo en línea de sello 8010-FAL-546 Activada	8010-BH-0302	Apagado de Bomba
Presión alta en descarga	8010-BH-0302	Apagado de Bomba

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
8010-PAHH-462 Activada		
Válvula 8010-XV-387 Cerrada	8010-BH-0300	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-464 Cerrada	8010-BH-0300	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-260 Cerrada	8010-BH-0300	Apagado de Bomba
Flujo bajo en línea de sello	8010-BH-0300	Apagado de Bomba
8010-FAL-547 Activada		
Presión alta en descarga	8010-BH-0300	Apagado de Bomba
8010-PAHH-466 Activada		
Válvula 8010-XV-371 Cerrada	8010-BH-0304	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-465 Cerrada	8010-BH-0304	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-261 Cerrada	8010-BH-0304	Apagado de Bomba
Flujo bajo en línea de sello	8010-BH-0304	Apagado de Bomba
8010-FAL-548 Activada		
Presión alta en descarga	8010-BH-0304	Apagado de Bomba
8010-PAHH-463 Activada		
Válvula 8010-XV-303 Cerrada	8010-BH-0303	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-262 Cerrada	8010-BH-0303	Apagado de Bomba
Flujo bajo en línea de sello	8010-BH-0303	Apagado de Bomba
8010-FAL-549 Activada		
Presión alta en descarga	8010-BH-0303	Apagado de Bomba
8010-PAHH-540 Activada		
Alarma nivel bajo de cajón sumidero	8010-BV-0801	Apagado de Bomba
8010-LI-358 < = 8010-LALL-358		

• Lazos de control

El control de dosificación de floculante diluido al 0.05% de concentración según estudios de la disciplina de procesos se hace a razón de 24 g/t de relave, la medición de tonelaje de relave se hace a partir de la sumatoria de flujos máscicos de los sensores de flujo y densidad cuyas señales son 8010-FI-347@350 y 8010-DI-347@350 y de acuerdo al tonelaje de relave que entra al espesador se hará la dosificación de floculante al mismo.

Figura 57

Lazo de control dosificación de floculante a espesador

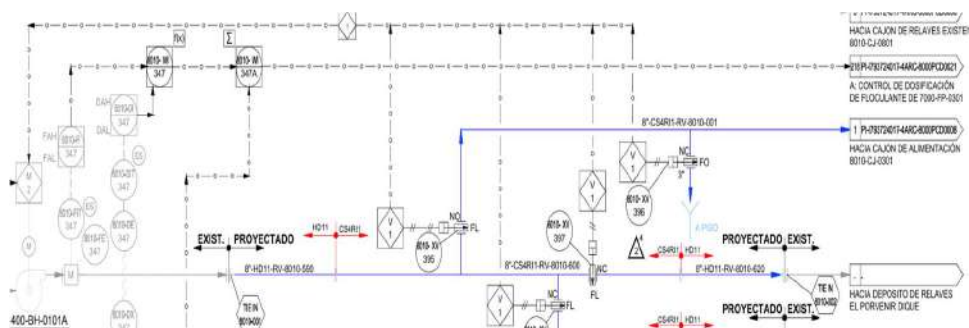
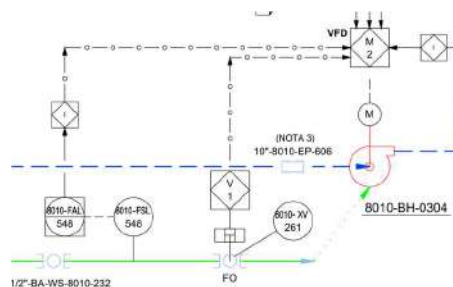
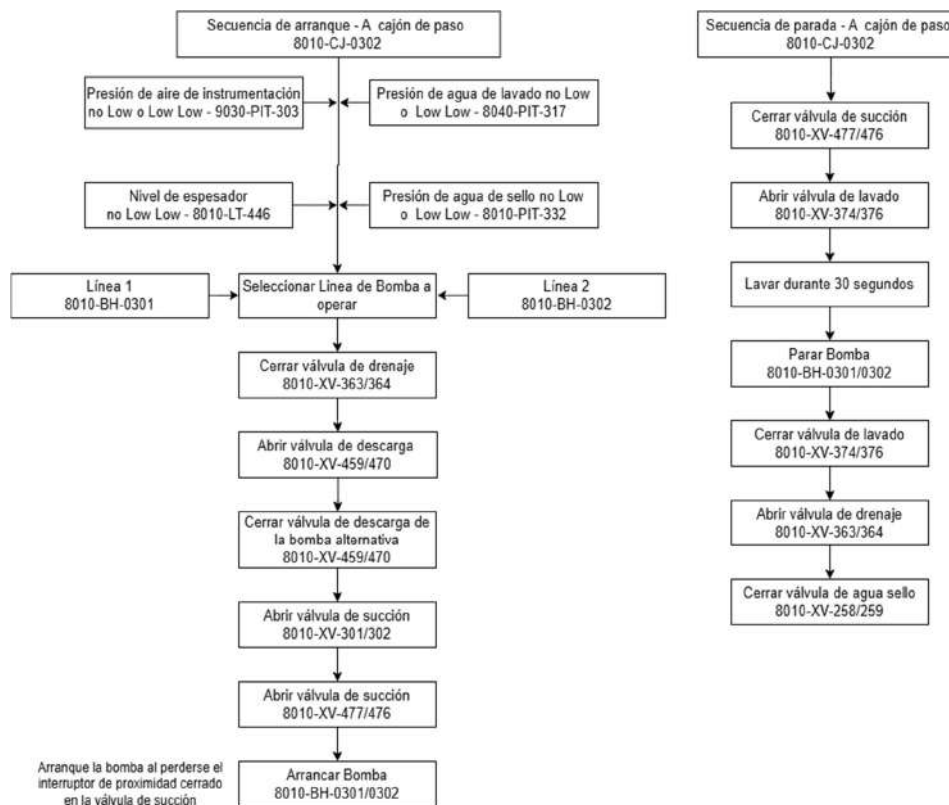


Figura 59*Lazo de control agua de sello de bomba*

- Secuencia de arranque y parada**

Las bombas de descarga underflow del espesador siguen la siguiente secuencia de arranque y parada como se muestra en la Figura 60, el cual es programado en el sistema de control para su correcto funcionamiento.

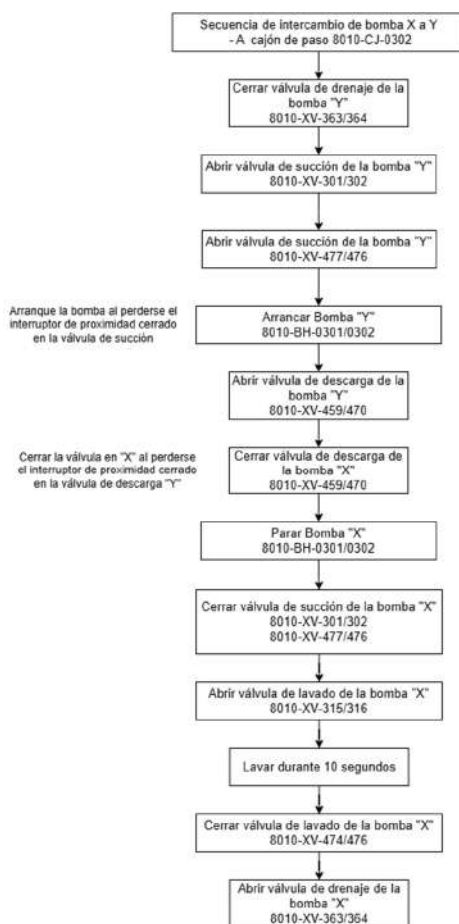
Figura 60*Secuencia de arranque y parada de bombas de espesador*

- **Secuencia de intercambio de bomba**

Las bombas de descarga underflow del espesador funcionan de forma alterna, es decir, uno funcionando y el otro en espera. Por ello para poder hacer un correcto intercambio en el funcionamiento de las bombas sin parar el proceso general se sigue la siguiente secuencia automática indicada en la Figura 61.

Figura 61

Secuencia de intercambio de bombas de espesador



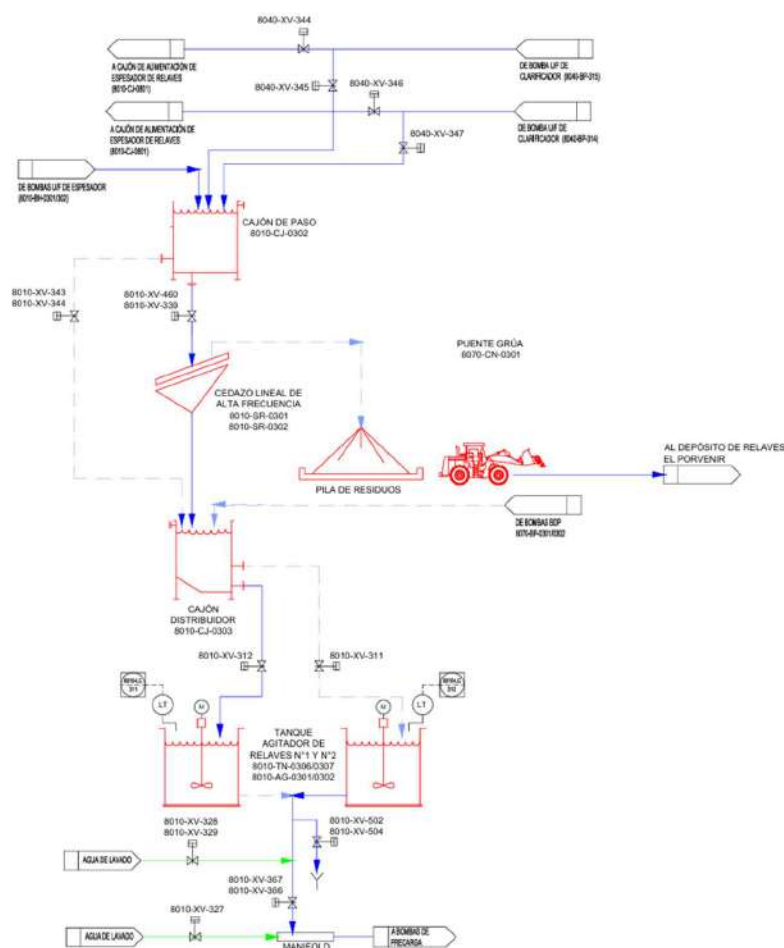
3.5.8.3 Cedazos lineales y tanques agitadores. El relave espesado (Underflow) es impulsado con las bombas 8010-BH-0301/0302 hasta el cajón de paso 8010-CJ-0302, y desde este cajón el relave es distribuido hacia los cedazos lineales de alta frecuencia. Estos cedazos se encargan clasificar partículas finas de gruesas, las partículas finas son derivadas hacia el cajón de paso 8010-CJ-0303 y

los gruesos son derivados hacia un cúmulo de residuos como se indica en la Figura 62.

Desde el cajón distribuidor se reparte el relave hacia los tanques agitadores 8010-TN-0306/0307 y tienen como descarga un manifold de relaves a donde se conectan las bombas de precarga 8070-BH-0304/0305.

Figura 62

Diagrama de control de procesos cedazos lineales y tanques agitadores



- **Equipos e Instrumentación**

A continuación, en la Tabla 9 se muestra la instrumentación y equipos mecánicos involucrados en el sistema de cedazos lineales y tanques

agitadores, la distribución de estos se puede ver en los diagramas P&ID's (Ver Anexo B, Figura 90 y Figura 91).

Tabla 9

Equipos e instrumentos sistema de cedazos lineales y tanques agitadores

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN
CAJÓN DE PASO		
1	8010-CJ-0302	Cajón de paso a cedazos lineales
CEDAZOS LINEALES		
4	8010-SR-0301	Cedazo lineal #1
5	8010-SR-0302	Cedazo lineal #2
6	8010-CJ-0303	Cajón distribuidor a tanques agitadores de relaves
7	8010-XV-460	Válvula de control ON/OFF neumática Descarga a cedazo operativo
8	8010-XV-339	Válvula de control ON/OFF neumática Descarga a cedazo espera
9	8010-XV-343	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática Descarga de emergencia a cajón 8010-CJ-0303
10	8010-XV-344	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática Descarga de emergencia a cajón 8010-CJ-0303
11	8010-XV-311	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática Descarga de cajón (espera)
12	8010-XV-312	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática Descarga de cajón (operativa)
SISTEMA DE TANQUES AGITADORES		
13	8010-AG-0301/0302	Agitador #1 y #2
14	8010-TN-0306/0307	Tanque agitador de relaves #1 y #2
15	8010-MN-0301	Manifold de descarga de relaves
16	8010-LIT/LI-312/311	Transmisor de nivel tipo radar Medición en tanque agitador #1 y #2
17	8010-XV-367/366	Válvula de descarga de tanques agitadores 8010-TN-0306/0307
18	8010-XV-502/504	Válvulas de drenaje de descarga de tanques agitadores 8010-TN-0306/0307
19	8010-XV-328/329	Válvulas de lavado de descarga de tanques agitadores 8010-TN-0306/0307
20	8010-XV-327	Válvula de lavado manifold 8010-MN-0301

- **Alarmas**

Las alarmas del sistema de cedazos lineales y tanques agitadores de relaves se muestran en la Tabla 10, estos son parámetros definidos para ser programados en el sistema de control para alertar al operador sobre situaciones de anomalía en el proceso y se pueda tomar acción oportuna sobre ello.

Tabla 10*Alarmas sistema de cedazos lineales y tanques agitadores*

ITEM	TAG	UN.	SP	LL	L	H	HH
1	8010-LT-311	(%)	-	20	30	70	80
2	8010-LT-312	(%)	-	20	30	70	80

- Permisivos**

Los permisivos para el sistema de cedazos lineales y tanques agitadores se indican en la Tabla 11, y son aquellas condiciones lógicas que deben cumplirse para permitir que un equipo pueda funcionar correctamente.

Tabla 11*Permisivos sistema de cedazos lineales y tanques agitadores*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Bomba N°1 o N°2 operativa (descarga de espesador)	8010-SR-0301 o 8010-SR-0302	Cedazo puede arrancar
Válvula 8010-XV-460 o Válvula 8010-XV-339 ABIERTA	8010-SR-0301 o 8010-SR-0302	Cedazo puede arrancar
Nivel en tanque agitador 8010-LI-311 $\geq$ 8010-LALL-311	8010-AG-0301	Agitador puede arrancar
Nivel en tanque agitador 8010-LI-312 $\geq$ 8010-LALL-312	8010-AG-0302	Agitador puede arrancar

- Enclavamientos**

Los enclavamientos o interlocks para el sistema de cedazos lineales y tanques agitadores se indican en la Tabla 12, son aquellas condiciones lógicas de seguridad programadas en el sistema de control para proteger a los equipos, procesos o personas.

Tabla 12*Enclavamiento sistemas de cedazos lineales y tanques agitadores de relaves*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Válvula 8010-XV-460 o 8010-XV-339 CERRADA	8030-SR-301 o 8030-SR-302	Apagado de cedazo
Válvula 8010-XV-343 o 8010-XV-344 ABIERTA	8030-SR-301 o 8030-SR-302	Apagado de cedazo

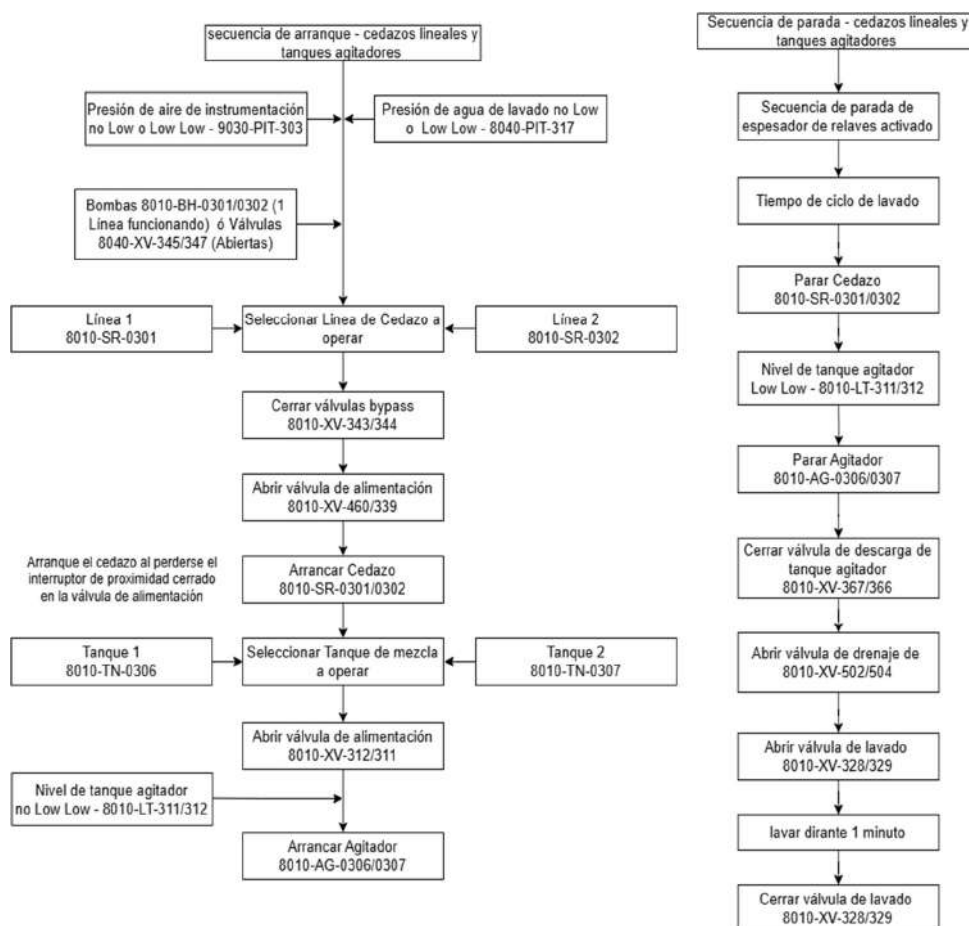
VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Alarma baja – baja en nivel de tanque 8010-TN-0306 8010-LI-311 $\leq$ 8010-LALL-311	8010-AG-0301	Apagado de Agitador
Alarma baja – baja en nivel de tanque 8010-TN-0307 8010-LI-312 $\leq$ 8010-LALL-312	8010-AG-0302	Apagado de Agitador

- **Secuencia de arranque y parada cedazos lineales y tanques agitadores.**

Los cedazos lineales y tanque agitadores siguen la siguiente secuencia de arranque y parada, el cual es programado en el sistema de control para su correcto funcionamiento tal como se indica en la Figura 63.

Figura 63

Secuencia de arranque y parada de cedazos lineales y tanques agitadores

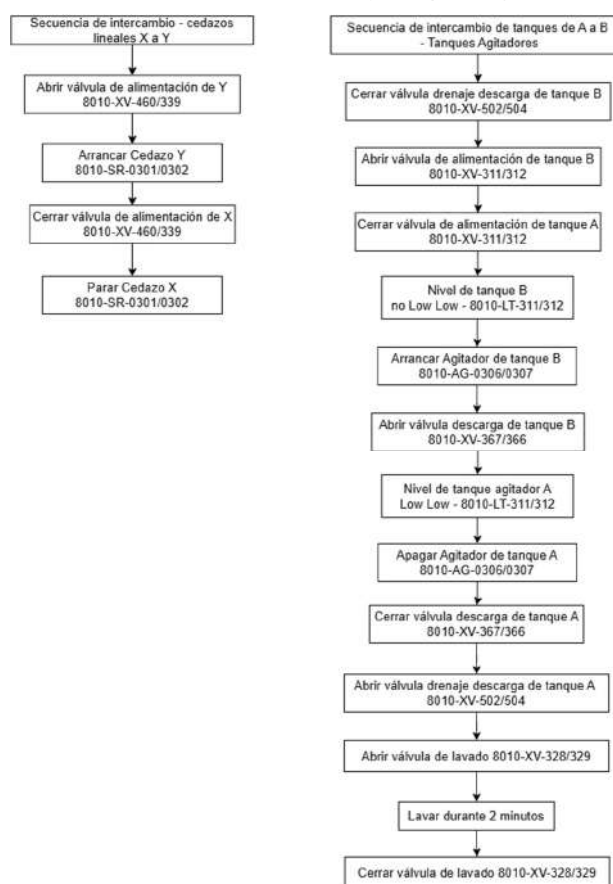


- **Secuencia de arranque e intercambio de cedazos lineales y tanques agitadores.**

Los cedazos lineales y tanques agitadores funcionan de forma alterna, es decir, uno funcionando y el otro en stand by. Por ello para poder hacer un correcto intercambio en el funcionamiento de las bombas sin parar el proceso general se sigue la siguiente secuencia automática como se indica en la Figura 64.

Figura 64

Secuencia de intercambio de cedazos lineales y tanques agitadores

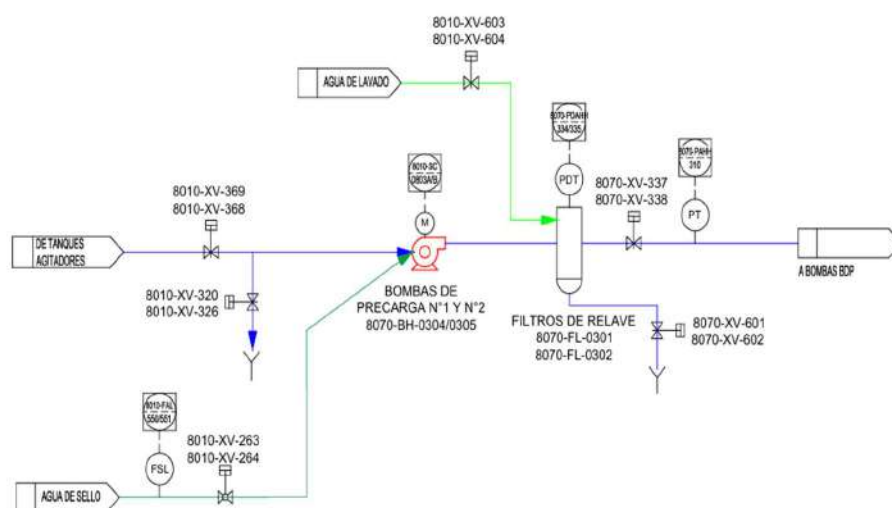


3.5.8.4 Bombas de precarga. Desde el manifold de descarga de los tanques agitadores el relave es impulsado por las bombas de precarga 8070-BH-0304/0305, en la descarga de cada bomba se instala un filtro de relave con fines de proteger que alguna partícula

gruesa pase a las líneas de las bombas de desplazamiento positivo. Se instala sensores de presión diferencial antes y después de los filtros para detectar obstrucciones y proceder con el lavado de este. La razón de las bombas de precarga es enviar el relave con el flujo y la presión requerida por las bombas de desplazamiento positivo. La presión en la línea de succión de las bombas de desplazamiento positivo es censada por el transmisor de presión 8070-PIT-310 el cual habilita el funcionamiento de las bombas de desplazamiento positivo cuando la presión es mayor o igual a 5 bares (Ver Figura 65)

Figura 65

Diagrama de control de procesos bombas de precarga



- Equipos e Instrumentación**

A continuación, en la Tabla 13 se muestra la instrumentación y equipos mecánicos involucrados en el sistema de bombas de precarga, la distribución de estos se puede ver en los diagramas P&ID's (Ver Anexo B, Figura 91).

Tabla 13*Equipos e instrumentos de sistema de bombas de precarga.*

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN
SISTEMA DE BOMBEO DE PRECARGA		
1	8070-BH-0304/0305	Bomba de precarga #1 y #2
2	8010-FL-0301/0302	Filtros de relaves
3	8070-XV-369/368	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática en succión de bomba
4	8070-XV-320/326	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática en drenaje de succión de bomba
5	8070-XV-337/338	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática en descarga de bomba
6	8070-XV-601/602	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática en drenaje de filtros
7	8070-FSL-550/551	Interruptores de flujo bajo
8	8070-XV-263/264	Agua de sello Válvulas mariposa ON/OFF
9	8070-PDIT-334/335	Agua de sello Transmisores de presión diferencial
10	8070-PIT-310	Descarga de bomba Transmisor de presión descarga de bomba

- Alarmas**

Las alarmas del sistema de bombas de precarga son mostradas en la Tabla 14, estos son parámetros definidos para ser programados en el sistema de control para alertar al operador sobre situaciones de anomalía en el proceso y se pueda tomar acción oportuna sobre ello.

Tabla 14*Alarmas sistema de bombas de precarga*

ITEM	TAG	UN.	SP	LL	L	H	HH
1	8070-PDIT-334/335	(psi)	-	-	100	112	120
2	8070-PIT-310	(psi)	-	-	100	112	120

- Permisivos**

Los permisivos para el sistema de bombas de precarga son mostrados en la Tabla 15, y son aquellas condiciones lógicas que deben cumplirse para permitir que un equipo pueda funcionar correctamente.

Tabla 15*Permisivos del sistema de bombas de precarga*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Válvulas 8010-XV-367 o 8010-XV-366 o 8010-XV-327 ABIERTA y 8010-XV-369 ABIERTA	8070-BH-0304	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-337 ABIERTA	8070-BH-0304	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-263 ABIERTA	8070-BH-0304	Bomba puede arrancar
Bomba BDP N°1 o 2 operativa	8070-BH-0304	Bomba puede arrancar
Válvula 8010-XV-367 o 8010-XV-366 o 8010-XV-327 ABIERTA y 8010-XV-368 ABIERTA	8070-BH-0305	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-338 ABIERTA	8070-BH-0305	Bomba puede arrancar
Bomba BDP N°1 o N° 2 operativa	8070-BH-0305	Bombas pueden arrancar
Válvula 8010-XV-264 ABIERTA	8070-BH-0305	Bomba puede arrancar
Nivel en cajón de relaves Atacocha 8070LI552 > 8070LAL552	8070-BP-0301@0302	Bombas puede arrancar
Válvula 8070-XV-345 ABIERTA	8070-BP-0301	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-548 ABIERTA	8070-BP-0301	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-346 ABIERTA	8070-BP-0302	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-549 ABIERTA	8070-BP-0302	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-527 y 8070-XV-528 ABIERTA	8070-BP-0301 o 0302	Bomba puede arrancar

- Enclavamientos**

Los enclavamientos o interlocks para el sistema de bombas de precarga son mostrados en la Tabla 16, muestran aquellas condiciones lógicas de seguridad programadas en el sistema de control para proteger a los equipos, procesos o personas.

Tabla 16*Enclavamientos del sistema de bombas de precarga*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Alarma baja – baja en nivel de tanque 8010-TN-0306	8070-BH-0304	Apagado de Bomba
8010-LI-311 < = 8010-LALL-311		
Alarma baja – baja en nivel de tanque 8010-TN-0307	8070-BH-0305	Apagado de Bomba
8010-LI-311 < = 8010-LALL-312		
Válvula 8010-XV-369 Cerrada	8070-BH-0304	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-368 Cerrada	8070-BH-0305	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-263 Cerrada	8070-BH-0304	Apagado de Bomba

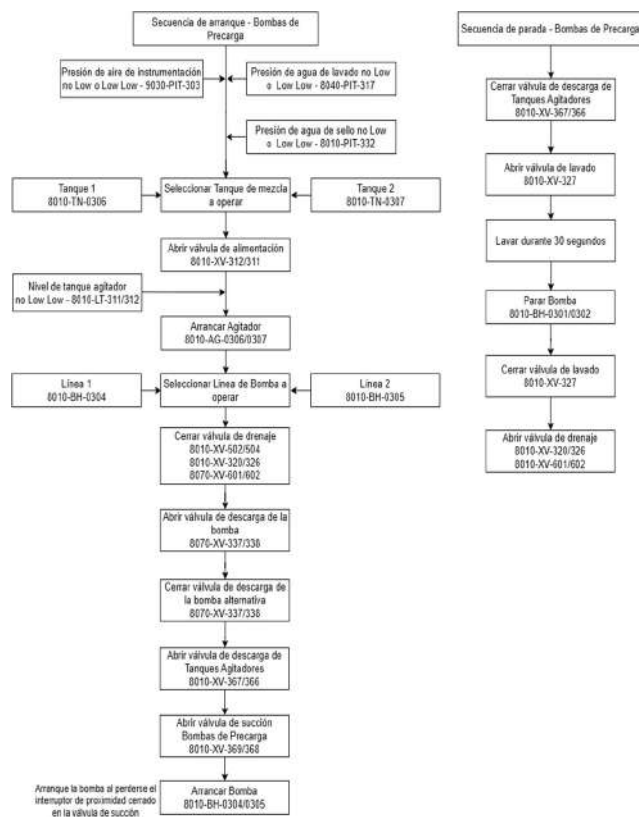
VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Flujo bajo en línea de agua de sello 8010-FAL-550 Activada	8070-BH-0304	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-264 Cerrada	8070-BH-0305	Apagado de Bomba
Flujo bajo en línea de agua de sello 8010-FAL-551 Activada	8070-BH-0305	Apagado de Bomba
Presión alta en descarga 8070-PDAH-334 Activada	8010-BH-0304	Apagado de Bombas
Presión alta en descarga 8070-PDAH-335 Activada	8010-BH-0305	Apagado de Bombas
Válvula 8010-XV-337 Cerrada	8070-BH-0304	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-338 Cerrada	8070-BH-0305	Apagado de Bomba
Presión alta en descarga 8070-PAHH-310 Activada	8070-BH-0304/ 0305	Apagado de Bombas

• Secuencia de arranque y parada

Las bombas de precarga siguen la siguiente secuencia de arranque y parada mostrado en la Figura 66, el cual es programado en el sistema de control para su correcto funcionamiento.

Figura 66

Secuencia de arranque y parada bombas de precarga

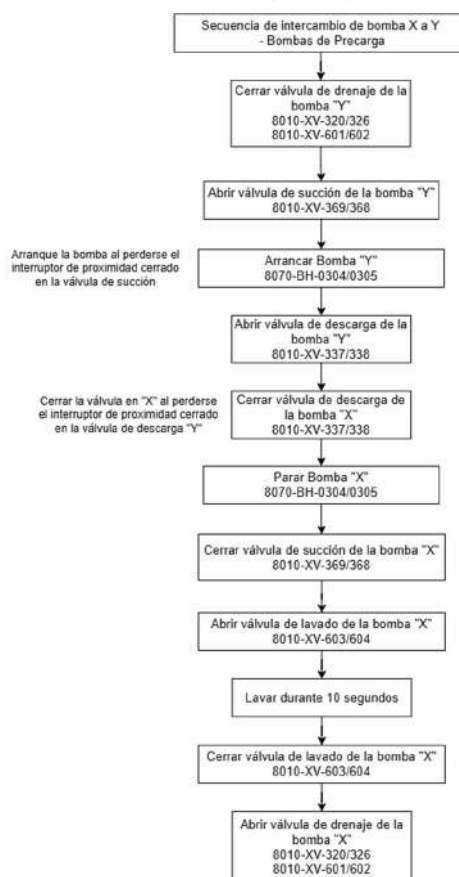


- **Secuencia de intercambio de bomba**

Las bombas de precarga funcionan de forma alterna, es decir, uno funcionando y el otro en espera. Por ello para poder hacer un correcto intercambio en el funcionamiento de las bombas sin parar el proceso general se sigue la siguiente secuencia automática mostrada en la Figura 67.

Figura 67

Secuencia de intercambio de bombas de precarga



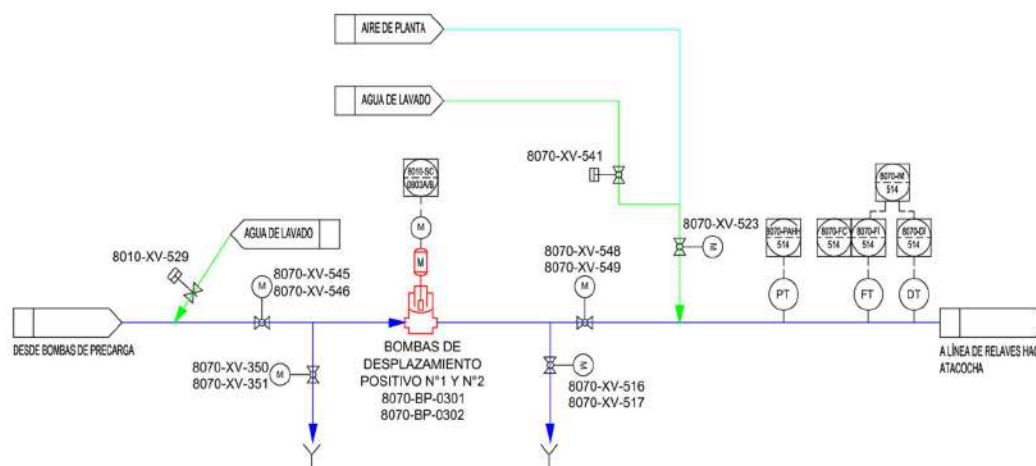
3.5.8.5 Bombas de desplazamiento positivo (BDP). Estas bombas son las encargadas de enviar el relave espesado desde la planta El Porvenir hasta la relavera Atacocha impulsando una línea de aproximadamente 6km. Se instalan válvulas automáticas on/off en succión y descarga dado que las bombas funcionan una a la vez y la

otra permanece en espera. Dado que la presión en la descarga de las bombas de desplazamiento positivo es muy alta se optó en el diseño el uso de las valvulas de descarga con accinamiento motorizado para líneas de clase 1500 en descarga de bombas BDP.

En la descarga se instala un flujómetro tipo sonar y un densímetro tipo nuclear para que mediante el algoritmo apropiado en el DCS pueda obtenerse el flujo másico o tonelaje de relave que se está enviando hacia Atacocha como se indica Figura 68.

Figura 68

Diagrama de control de procesos bombas de desplazamiento positivo



- Equipos e Instrumentación**

A continuación, en la Tabla 17 se muestra la instrumentación y equipos mecánicos involucrados en el sistema de bomba de desplazamiento positivo, la distribución de estos se puede ver en los diagramas P&ID, (Ver Anexo B, Figura 92).

Tabla 17

Equipos e instrumentos del sistema de bombas de desplazamiento positivo

N°	TAG	DESCRIPCIÓN
SISTEMA DE BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO		
1	8070-BP-0301/0302	Bombas de desplazamiento positivo #1 y # 2

N°	TAG	DESCRIPCIÓN
2	8070-FE/FIT-514	Flujómetro sonar
3	8070-DE/DIT-514	Descarga de bombas de BDP Densímetro radiactivo Descarga de bombas de BDP
4	8070-PIT-310	Transmisore de presión descarga de bomba
5	8070-XV-529	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática Lavado en succión de bomba
6	8070-XV-545/546	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática Lavado en succión de bomba
7	8070-XV-350/351	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática Drenaje en succión de bomba
8	8070-XV-548/549	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Descarga de bomba
9	8070-XV-516/517	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Drenaje en descarga de bomba

- Alarmas**

Las alarmas del sistema de bombas de desplazamiento positivo se muestran en la Tabla 18, estos son parámetros definidos para ser programados en el sistema de control para alertar al operador sobre situaciones de anomalía en el proceso y se pueda tomar acción oportuna sobre ello.

Tabla 18

Alarmas del sistema de bombas de desplazamiento positivo

ITEM	TAG	UN.	SP	LL	L	H	HH
1	8070-PIT-514	(psi)	-	1600	1700	1997	2100
2	8070-FIT-514	(m3/h)	-	100	111	280	290
3	8070-DIT-514	(t/m3)	-	1	1.15	1.31	1.5

- Permisivos**

Los permisivos para el de sistema de bombas de desplazamiento positivo son aquellas condiciones lógicas que deben cumplirse para permitir que un equipo pueda funcionar correctamente como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19*Permisivos del sistema de bombas de desplazamiento positivo*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Bombas de precarga N°1 o N° 2 operativa	8070-BP-0301/0302	Bombas pueden arrancar
Nivel en cajón de relaves Atacocha 8070LI552 > 8070LAL552	8070-BP-0301@0302	Bombas puede arrancar
Válvula 8070-XV-545 ABIERTA	8070-BP-0301	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-548 ABIERTA	8070-BP-0301	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-546 ABIERTA	8070-BP-0302	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-549 ABIERTA	8070-BP-0302	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-527 y 8070-XV-528 ABIERTA	8070-BP-0301 o 0302	Bomba puede arrancar

- **Enclavamientos**

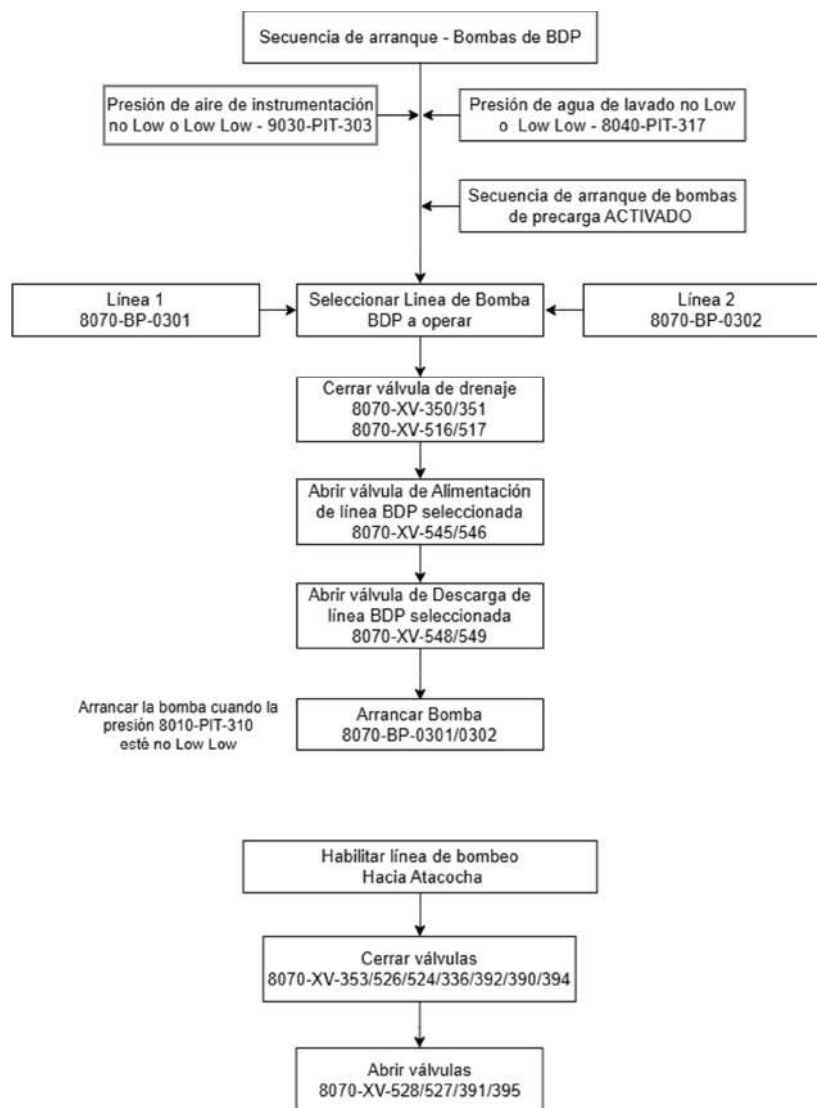
Los enclavamientos o interlocks para el sistema de bombas de desplazamiento positivo son mostrados en la Tabla 20, estos son aquellas condiciones lógicas de seguridad programadas en el sistema de control para proteger a los equipos, procesos o personas.

Tabla 20*Enclavamiento del sistema de bombas de desplazamiento positivo*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Válvula 8010-XV-545 Cerrada	8030-BP-0301	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-546 Cerrada	8030-BP-0302	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-548 Cerrada	8030-BP-0301	Apagado de Bomba
Válvula 8010-XV-549 Cerrada	8030-BP-0302	Apagado de Bomba
Flujo bajo en descarga 8070-FAL-514 Activada	8070-BP-0301/ 0302	Apagado de Bombas
Falla en HPU de 8010-TH-0301	8070-BP-0301/ 0302	Apagado de bomba BDP
Ruptura de disco en válvula de alivio 8070-ZS-501/ 502	8070-BP-0301/ 0302	Apagado de Bombas

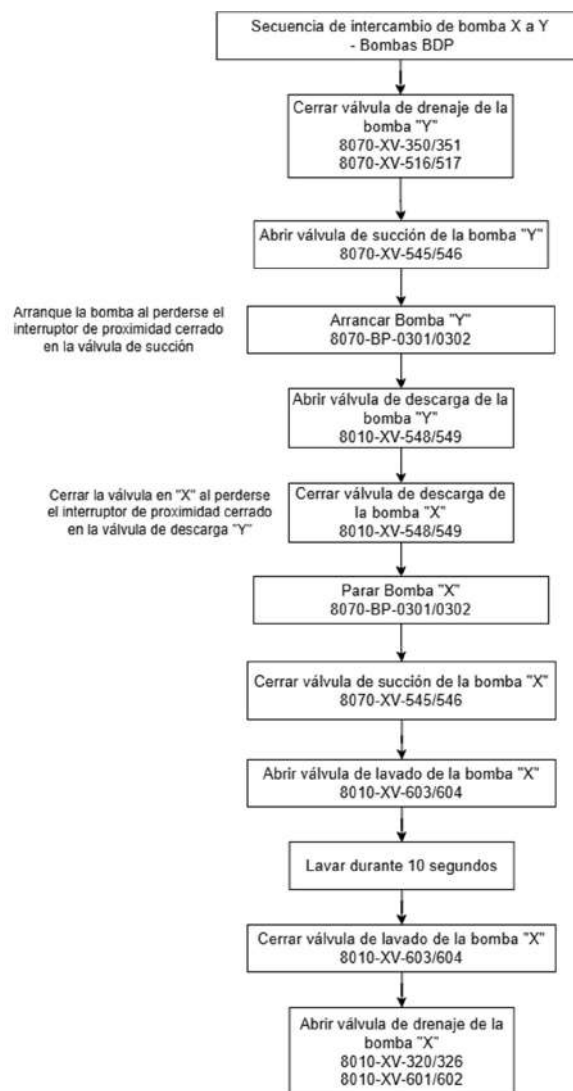
- **Secuencia de arranque**

Las bombas de BDP siguen la siguiente secuencia de arranque y parada como se indica en la Figura 69, el cual es programado en el sistema de control para su correcto funcionamiento.

Figura 69*Secuencia de arranque bombas BDP*

- Secuencia de intercambio de bomba**

Las bombas de BDP funcionan de forma alterna, es decir, uno funcionando y el otro en espera. Por ello para poder hacer un correcto intercambio en el funcionamiento de las bombas sin parar el proceso general se sigue la siguiente secuencia automática como se indica en la Figura 70.

Figura 70*Secuencia de intercambio de bombas BDP*

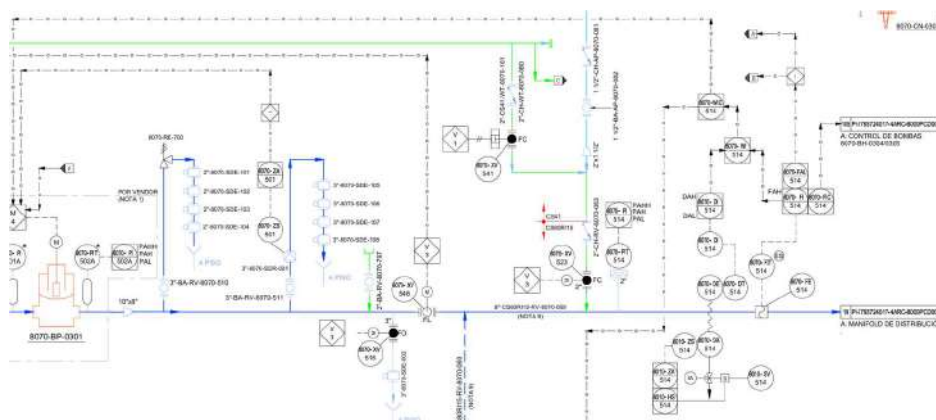
- **Lazo de control**

En la descarga de las bombas de desplazamiento positivo se implementa un control de flujo de relaves, para ello se instala un sensor de flujo tipo sonar en la descarga de las bombas, y como actuadores participan los variadores de velocidad de las bombas DBP y las bombas de precarga, cuando el operador asigne un flujo de bombeo hacia Atacocha se comparará con la señal de flujómetro y a razón de

eso aumentará o disminuirá la velocidad de las bombas de precarga y BDP tal como se muestra en la Figura 71.

Figura 71

Lazo de control de flujo en descarga de bombas BDP



3.5.8.6 Tubería de relaves y lavado de línea de El Porvenir a Atacocha. A la descarga de las bombas de desplazamiento positivo el relave es transportado por una línea de tubería de aproximadamente 6 km hasta la relavera Atacocha. En la línea de tubería cuenta con un conjunto de válvulas automáticas on/off con accionamiento motorizado para que el operador pueda desviar el flujo de relave hacia el cajón 8010-CJ-0303 o de forma alternativa hacia el depósito de relaves Tingovado.

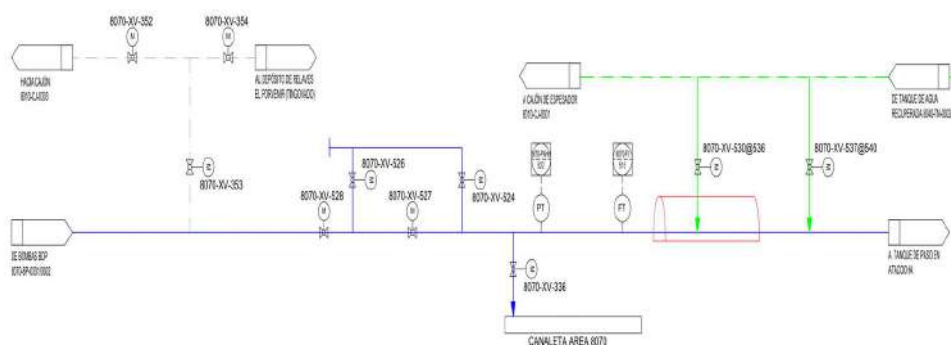
También se cuenta con un lanzador de PIG el cual es usado para para la limpieza e inspección de la tubería.

En el recorrido de la tubería de relaves hacia Atacocha se instalan válvulas motorizadas on/off aproximadamente cada 500 metros, estas válvulas están implementadas con tableros UPS y su propósito es ser usado para lavado de la línea de relave en situaciones de emergencia. En la zona El porvenir en la línea de relaves hacia Atacocha se instala un flujómetro tipo sonar cuyo valor será comparado con otro flujómetro sonar instalado en la llegada de relaves en la zona Atacocha, la

comparación de estos flujos indica al operador de posibles fugas en la línea de relave.

Figura 72

Diagrama de control de procesos tubería de relaves y lavado de El Porvenir a Atacocha



- **Instrumentos y equipos.**

A continuación, en la Tabla 21 se muestra la instrumentación y equipos mecánicos involucrados en el sistema de tubería de relaves y lavado de El Porvenir a Atacocha, la distribución de estos se puede ver en los diagramas P&ID's, (Ver Anexo B, Figura 93).

Tabla 21

Instrumentos y equipos en la tubería de relaves y lavado de El Porvenir a Atacocha

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN
MANIFOLD DE RELAVES Y LANZADOR PIG		
1	8070-XV-353	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Contingencia
2	8070-XV-352	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Hacia cajón 8010-CJ-0303
3	8070-XV-354	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Contingencia a depósito de relaves Tingovado.
4	8070-XV-528	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Hacia manifold de relave
5	8070-XV-526	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Habilitar lanzador de PIG.
6	8070-XV-527	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Hacia manifold de relave

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN
7	8070-XV-524	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Habilitar lanzador de PIG.
8	8070-XV-336	Válvula bola de control ON/OFF motorizada Contingencia de manifold
9	8070-PIT-522	Transmisor de presión Línea de relave hacia Atacocha
10	8070-FE/FIT-515	Flujómetro sonar Descarga de bombas en línea hacia Atacocha
11	8070-XV-530 @ 536	Válvulas bola de control ON/OFF motorizada Lavado de túnel

• Alarmas

Las alarmas del sistema de tubería de relaves y lavado son mostradas en la Tabla 22, estos parámetros son definidos para ser programados en el sistema de control para alertar al operador sobre situaciones de anomalía en el proceso y se pueda tomar acción oportuna sobre ello.

Tabla 22

Instrumentos en la tubería de relaves y lavado de El Porvenir a Atacocha

ITEM	TAG	UN.	SP	LL	L	H	HH
1	8070-PIT-522	(psi)	-	1600	1700	1997	2100
2	8070-FIT-515	(m3/h)	-	100	111	280	290

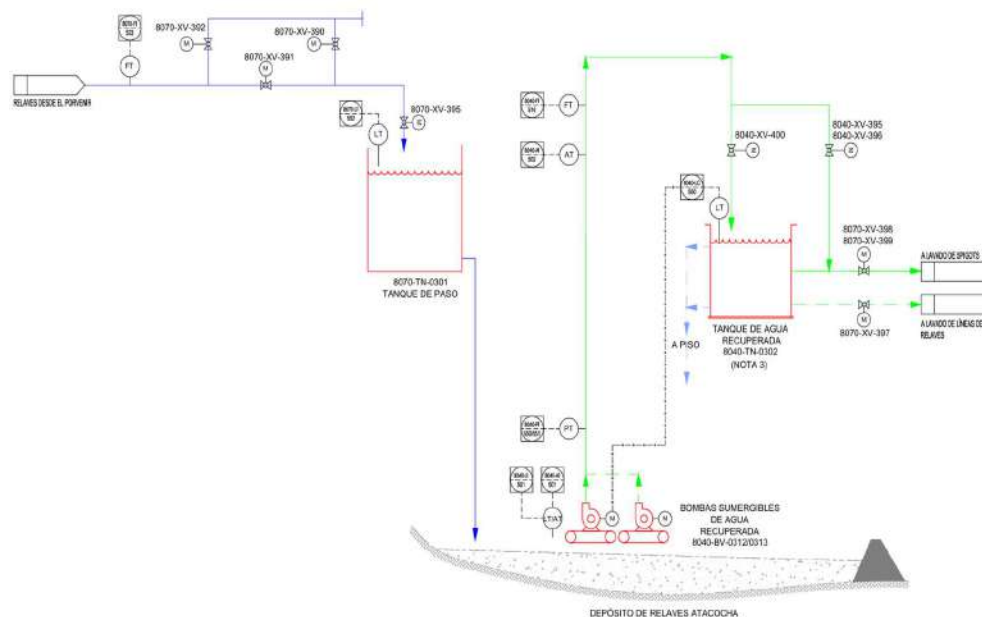
3.5.8.7 Tanque de paso de relaves y recuperación de agua en Atacocha. El tanque de paso de relaves 8070-TN-0301 está ubicado en Atacocha y es donde se recepciona los relaves bombeados desde El Porvenir para luego ser distribuido hacia la relavera Atacocha. La recuperación de agua se realiza desde el espejo de agua formado en la relavera en el que se implementa una barcaza flotante para alojar las bombas sumergibles 8040-BV-0312/0313. En la barcaza se instalan sensores de nivel interface y turbidez para detectar el nivel bajo de espejo de agua respecto al fondo de la relavera como se indica en la Figura 73.

El agua recuperada es bombeada hasta el tanque 8040-TN-0302 y desde este mediante las válvulas de control automáticas puede dirigirse su uso para lavado de spigots o para el lavado de la línea de relave en caso su uso sea necesario, si no es usado para lavado de línea de relave

llega directamente al clarificador en El Porvenir para ser tratado y almacenado.

Figura 73

Diagrama de control de procesos tanque de paso de relaves y recuperación de agua.



- Instrumentación y equipos**

A continuación, en la Tabla 23 se muestra la instrumentación y equipos mecánicos involucrados en el sistema de tanque de paso de relaves y recuperación de agua en Atacocha, la distribución de estos se puede ver en los diagramas P&ID's, (Ver Anexo B, Figura 94 y Figura 95).

Tabla 23

Instrumentos y equipos en sistema de tanque de paso de relaves y recuperación de agua.

N°	TAG	DESCRIPCIÓN
TANQUE DE PASO		
1	8070-TN-0301	Tanque de paso

N°	TAG	UN.	SP	H	HH	L	LL
1	8070-LT-552	(%)	---	20	30	70	80
2	8070-FE/FIT-533	(m3/h)	---	255	260	245	240
Recuperación de agua							
1	8070-PIT-550	psi	---	2010	2000	1900	1890
2	8070-PIT-551	psi	---	2010	2000	1900	1890
3	8070-FE/FIT-516	m3/h	---	175	170	155	150
4	8070-FE/FIT-517	m3/h	---	--	--	--	--
5	8040-LT/LI-550	%	65	20	30	70	80
6	8040-LT/LI-551	%	--	20	30	70	80
7	8040-AE/AIT-551	NTU	--	100	120	--	--

- Permisivos**

Los permisivos para el sistema de tanque de paso de relaves y recuperación de agua son mostrados en la Tabla 25, estos son aquellas condiciones lógicas que deben cumplirse para permitir que un equipo pueda funcionar correctamente.

Tabla 25

Permisivos en sistema tanque de paso de relaves y recuperación de agua

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
TANQUE DE PASO		
Nivel en cajón de relaves Atacocha 8070-LI-552<=8070-LAHH-552	8070-BP-0301/302	Bomba puede arrancar
Válvula 8070-XV-391/395 ABIERTA	8070-BP-0301/302	Bomba puede arrancar
RECUPERACIÓN DE AGUA		
Válvula 8040-XV-400 o 8040-XV-395/396 ABIERTA	8040-BV-0312/0313	Bomba puede arrancar
Nivel en tanque de agua Atacocha 8040-LI-550<=8040-LAHH-550	8040-BV-0312/0313	Bomba puede arrancar

- Enclavamientos**

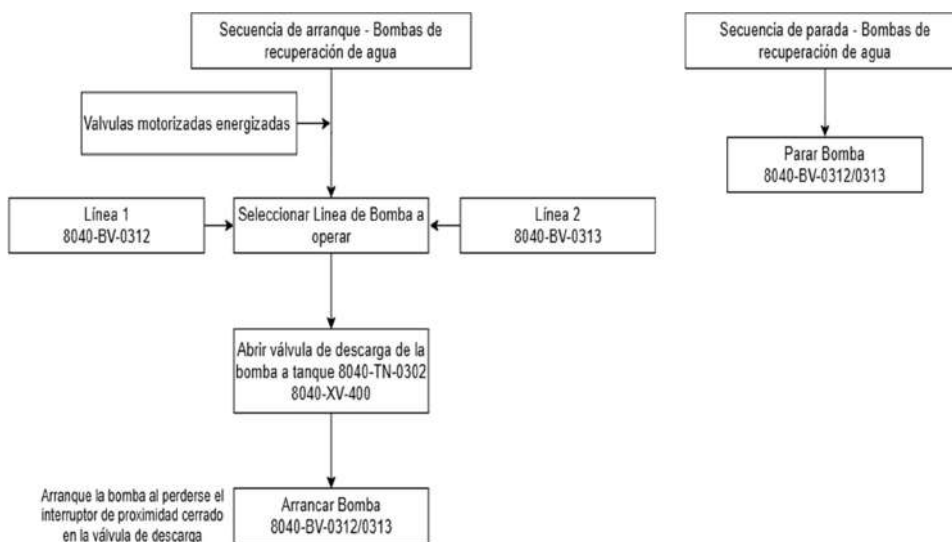
Los enclavamientos o interlocks para el sistema de tanque de paso de relaves y recuperación de agua son mostrados en la Tabla 26, estos son aquellas condiciones lógicas de seguridad programadas en el sistema de control para proteger a los equipos, procesos o personas.

Tabla 26*Enclavamientos en sistema de tanque de paso de relaves y recuperación de agua*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Alarma alta – alta en nivel de tanque 8040-TN-0302	8070-BV-0312/0313	Apagado de Bomba
8040-LI-550 > = 8040-LALL-550		
Alarma alto – alto presión de descarga de bombas	8070-BV-0312/0313	Apagado de Bomba
8040-PI-550/551 >= 8040-PAHH- 550/551		
Alarma alto – alto en de turbidez en descarga de bombas	8070-BV-0312/0313	Apagado de Bomba
8040-AI-502 > = 8040-AAHH-502		

- **Secuencia de arranque y parada en bombas de recuperación de agua**

Las bombas de recuperación de agua siguen la siguiente secuencia de arranque y parada mostrada en la Figura 74, el cual es programado en el sistema de control para su correcto funcionamiento.

Figura 74*Secuencia de arranque y parada de bombas de recuperación de agua*

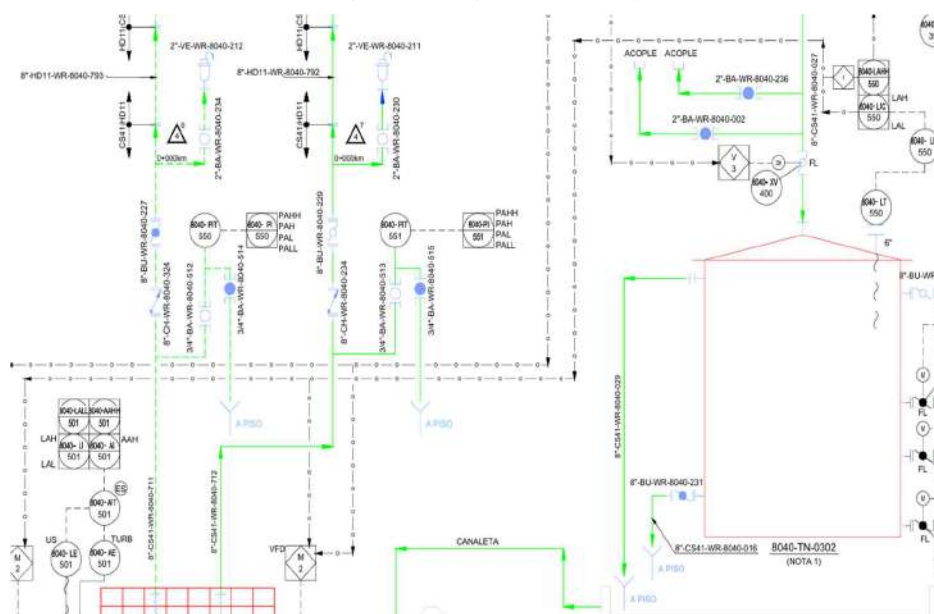
- **Lazos de control**

El sistema de recuperación de agua necesita mantener el nivel del tanque 8040-TN-0302 para ello se ha implementado un control de nivel

8040-LIC-550 conformado por el sensor de nivel 8040-LT-5050 instalado en el tanque y como actuador los variadores de velocidad de los motores de las bombas en barcaza. Dado que el nivel del tanque depende directamente del flujo de descarga de las bombas y flujo depende de la velocidad de la bomba se puede hacer este control sin ningún inconveniente como se muestra en la Figura 75.

Figura 75

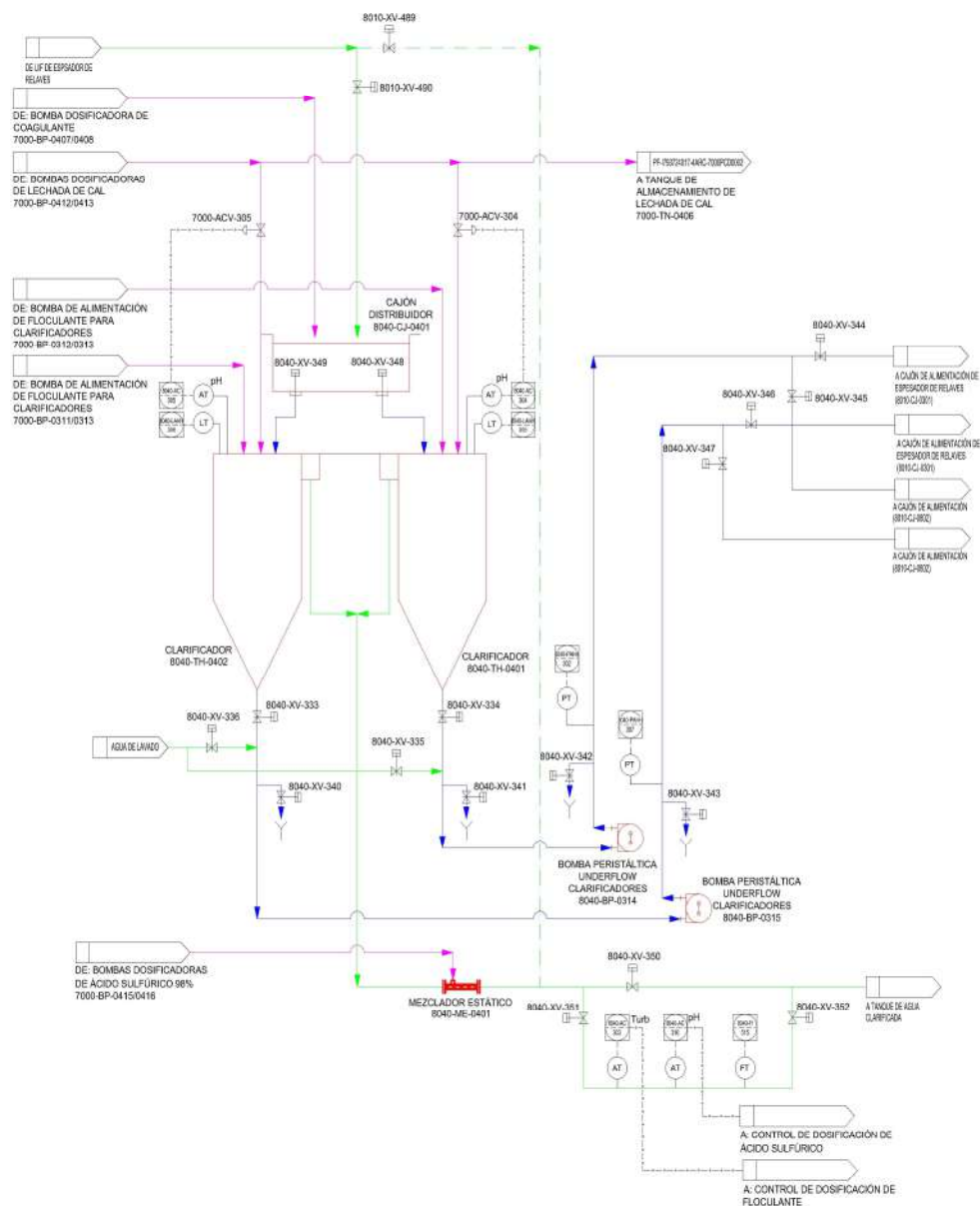
Lazo de control de nivel de tanque de recuperación de agua



3.5.8.8 Planta de tratamiento de agua (PTA). La recuperación de agua se dá desde el espejo de agua en la relavera Atacocha y desde el overflow del espesador, ambos flujos llegan al clarificador para poder tratarse y posteriormente almacenarse en tanques para su uso en el lavado de tuberías de relave y en la planta concentradora existente. Para el tratamiento de agua en los clarificadores se dosifica reactivos como floculante, coagulante y lechada de cal. Estos reactivos son previamente preparados en pequeñas plantas para su posterior dosificación.

Figura 76

Diagrama de control de procesos de planta de tratamiento de agua (PTA)



- **Instrumentación y equipos**

A continuación, en la Tabla 27 se muestra la instrumentación y equipos mecánicos involucrados en el sistema de la planta de tratamiento de agua, la distribución de estos se puede ver en los diagramas P&ID, (Ver Anexo B, Figura 96).

Tabla 27*Instrumentos y equipos en planta de tratamiento de agua (PTA)*

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN
CLARIFICADOR N°1		
1	8040-BP-0314	Bomba peristáltica N°1
2	8040-TH-0401	Clarificador N°1
3	8040-PIT-307	Transmisor de presión
4	8040-LIT/LI-305	Transmisor de nivel tipo radar
5	8040-AIT/AI-304	Transmisor de análisis de pH
6	8040-AIT/AI-303	Transmisor de análisis de turbidez
7	8040-AIT/AI-310	Transmisor de análisis de pH
8	7000-ACV-304	Válvula de bola segmentada
9	8040-XV-348	Válvula dardo de control ON/OFF neumática
		Distribuidor a clarificador
10	8040-XV-334	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Succión de bomba
11	8040-XV-335	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Lavado en succión de bomba
12	8040-XV-341	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Drenaje en succión de bomba
13	8040-XV-343	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Drenaje en descarga de bomba
14	8040-XV-346	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Descarga de bomba hacia 8010-CJ-0301
15	8040-XV-347	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Descarga de bomba hacia 8010-CJ-0302
CLARIFICADOR N°2		
16	8040-BP-0315	Bomba peristáltica N°2
17	8010-TH-0402	Clarificador N°2
18	7000-ACV-305	Válvula de bola segmentada
19	8040-PIT-302	Transmisor de presión
20	8040-LIT/LI-306	Transmisor de nivel tipo radar
21	8040-AIT/AI-305	Transmisor de análisis de pH
22	8040-XV-349	Válvula dardo de control ON/OFF neumática
		Distribuidor a clarificador
23	8040-XV-333	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Succión de bomba
24	8040-XV-336	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Lavado en succión de bomba
25	8040-XV-340	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Drenaje en succión de bomba
26	8040-XV-342	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Drenaje en descarga de bomba
27	8040-XV-344	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Descarga de bomba hacia 8010-CJ-0301
28	8040-XV-345	Válvula cuchilla de control ON/OFF neumática
		Descarga de bomba hacia 8010-CJ-0302
29	8040-FE/FIT-304	Flujómetro ultrasónico
		Descarga rebose del clarificador

- Alarmas**

Las alarmas del sistema de tratamiento de agua recuperada son mostradas en la Tabla 28, estos parámetros son definidos para ser programados en el sistema de control para alertar al operador sobre situaciones de anomalía en el proceso y se pueda tomar acción oportuna sobre ello.

Tabla 28*Instrumentos y equipos en la planta de tratamiento de agua (PTA)*

ITEM	TAG	UN.	SP	LL	L	H	HH
1	8040-LT-305/ 306	(%)	-	20	30	70	80
2	8040-AIT-304/ 305	pH	-	5	6	10	11
3	8040-AIT-310	pH	-	5	6	9	10
4	8040-AIT-303	NTU	-	-	-	110	160
5	8040-PIT-302/307	PSI	-	-	35	45	-
6	8040-FIT-304	(m3/h)	-	450	485	600	715

- **Permisivos**

Los permisivos para la planta de tratamiento de agua son mostrados en la Tabla 29, y son aquellas condiciones lógicas que deben cumplirse para permitir que un equipo pueda funcionar correctamente.

Tabla 29*Permisivos en la planta de tratamiento de agua (PTA)*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Válvula 8040-XV-334 ABIERTA	8040-BP-0314	Bomba puede arrancar
Válvula 8040-XV-334 CERRADA y Válvula 8040-XV-335 ABIERTA	8040-BP-0314	Bomba puede arrancar
Válvula 8040-XV-346 o Válvula 8040-XV-347 ABIERTA	8040-BP-0314	Bomba puede arrancar
Válvula 8040-XV-333 ABIERTA	8040-BP-0315	Bomba puede arrancar
Válvula 8040-XV-333 CERRADA y Válvula 8040-XV-336 ABIERTA	8040-BP-0315	Bomba puede arrancar
Nivel en Clarificador 8040-TH-0401 8040LI305 > 8040LAH305	8040-BP-0314	Bomba puede arrancar
Nivel en Clarificador 8040-TH-0402 8040LI306 > 8040LAH306	8040-BP-0315	Bomba puede arrancar

- **Enclavamientos**

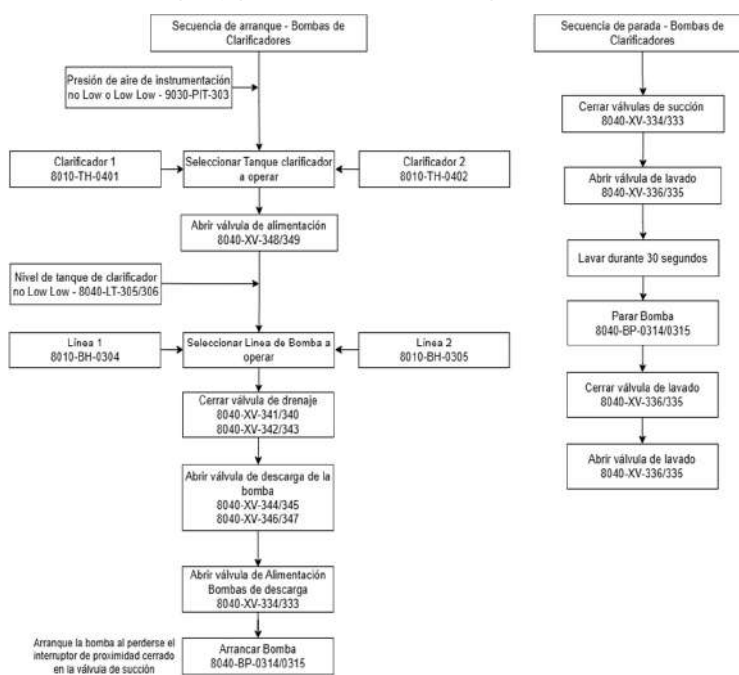
Los enclavamientos o interlocks para la planta de tratamiento de agua son mostrados en la Tabla 30, y son aquellas condiciones lógicas de seguridad programadas en el sistema de control para proteger a los equipos, procesos o personas.

Tabla 30*Enclavamientos en la planta de tratamiento de agua (PTA)*

VARIABLE DE PROCESO	EQUIPO ASOCIADO	ACCIÓN
Válvula 8040-XV-334 CERRADA y Válvula 8040-XV-335 CERRADA	8040-BP-0314	Apagado de Bomba
Válvula 8040-XV-346 o Válvula 8040-XV-347 CERRADA	8040-BP-0314	Apagado de Bomba
Válvula 8040-XV-333 CERRADA y Válvula 8040-XV-336 CERRADA	8040-BP-0315	Apagado de Bomba
Válvula 8040-XV-344 y Válvula 8040-XV-345 CERRADA	8040-BP-0315	Apagado de Bomba
Nivel en Clarificador 8040-TH-0401 8040LI305 ≤ 8040LALL305	8040-BP-0314	Apagado de Bomba
Nivel en Clarificador 8040-TH-0402 8040LI306 ≤ 8040LALL306	8040-BP-0315	Apagado de Bomba
Presión alta en descarga 8010-PAH-307 Activada	8010-BP-0314	Apagado de Bombas
Presión alta en descarga 8010-PAH-306 Activada	8010-BP-0315	Apagado de Bombas

- Secuencia de arranque y parada**

Las bombas de descarga underflow del clarificador siguen la siguiente secuencia de arranque y parada mostrada en la Figura 77, el cual es programado en el sistema de control para su correcto funcionamiento.

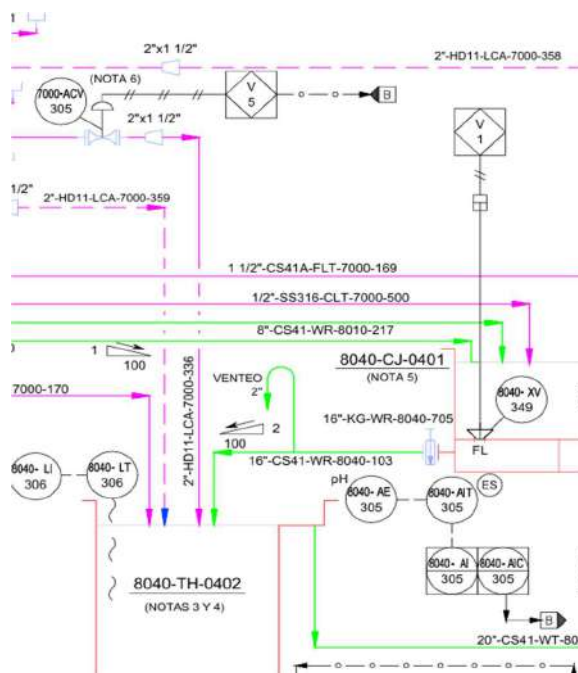
Figura 77*Secuencia de arranque y parada de bombas de planta de tratamiento de agua*

- **Lazos de control**

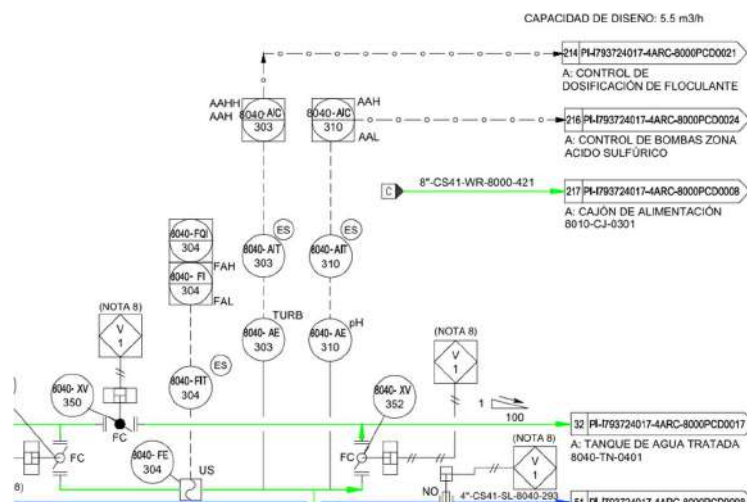
En los clarificadores para optimizar la precipitación de iones metálicos disueltos en el agua es necesario elevar el pH adicionando lechada de cal. Para ello se implementa en el diseño un control de pH el cual está conformado por un sensor de pH y una válvula modulante tipo pinch para dosificar lechada de cal y mantener el pH en el clarificador de acuerdo con valor seteado por el operador de sala de control. Ver lazo de control en la Figura 78.

Figura 78

Lazo de control de pH



Para el agua de rebose del clarificador se debe obtener agua con características optimas de turbidez y pH, para asegurar ello se implementa un control de turbidez que está conformado por un sensor de turbidez y la bomba dosificadora de floculante, y para el control de pH se hace el control con un sensor de pH y la bomba dosificadora de ácido sulfúrico como actuador. Ver lazo de control en la Figura 79.

Figura 79*Lazos de control de turbidez y pH*

3.5.9 Documentación Técnica

Como parte del diseño del proyecto, la disciplina de instrumentación y control realiza la documentación técnica cuya finalidad es asegurar la ejecución del proyecto conforme a los lineamientos establecidos del diseño, estos son elaborados conforme a la planificación del desarrollo de entregables indicado en el ítem 3.5.3. Entre la documentación técnica tenemos:

3.5.9.1 Listados de instrumentos. Los listados de instrumentos son desarrollados una vez se culmine el diseño de los diagramas P&ID, este listado consiste en una tabla que recopila la información técnica más relevante de todos los instrumentos asociados al proyecto diseñado. Este documento incluye datos como: Código de identificación de instrumento (tag), descripción funcional, ubicación de instalación, tipo de señal, tensión eléctrica, entre otros. Ver Anexo G del presente informe.

3.5.9.2 Listado de equipos. Este listado de equipos es elaborado después de completar la arquitectura de control y consiste en una tabla que recopila información relevante de todos los equipos

del sistema de control y comunicación que se consideraron en el diseño del proyecto. Este listado debe incluir datos de como código de identificación de equipo (tag), características importantes del equipo, ubicación de instalación, entre otros.

3.5.9.3 *Listado de señales.* El listado de señales o también llamado listado de entradas y salidas (I/O list) es un documento que permite identificar y clasificar todas las señales que van desde los sensores y actuadores hasta el sistema de control. Estos pueden ser señales de entradas y salidas análogas de 4-20 mA o digitales 0 – 120 Vac. Este es un documento muy importante para realizar el dimensionamiento de la cantidad de módulos y características del sistema de control. Ver Anexo I del presente informe.

3.5.9.4 *Diagramas de lazo.* Los diagramas de lazo representan el conexionado que hay desde las borneras de los instrumentos (sensores, transmisores e indicadores) y actuadores (válvulas) hasta las borneras imagen y módulos I/O (entradas y salidas) del sistema de control (PLC o DCS). Estos diagramas de lazo incluyen información como tipo de instrumento, tipo de señal (análoga o digital), códigos de identificación de instrumentos y asignación de los módulos y canales donde incorporar las señales. Ver anexo D del presente informe.

3.5.9.5 *Hojas de datos.* La hoja de datos es un documento estandarizado que permite indicar datos específicos y relevantes de instrumentos y equipos de control. Se debe indicar los datos necesarios para que el proveedor del producto pueda suministrar el equipo o instrumento correcto de acuerdo con las características y parámetros indicados. Estas características para los instrumentos deben ser indicados según los datos de proceso de los diagramas PFD's y según las características de ubicación y control de los P&ID's.

3.5.9.6 *Diagramas unifilares.* En este diagrama se representa el tablero que alimenta todas las cargas del sistema de instrumentación y control, al ser equipos electrónicos normalmente debe estar respaldado por un UPS (Fuente de poder ininterrumpido).

3.5.9.7 *Listado de cables.* Los listados de cables tienen como finalidad registrar toda la información relacionada con el tendido y conexionado de cables del sistema de control e instrumentación. Se organiza en una tabla en el que se indica el código de identificación del cable (tag), características del cable, origen y destino que conecta el cable, longitud, entre otros. Ver Anexo H del presente informe.

3.5.9.8 *Listado de materiales.* El listado de materiales es una tabla organizada que contiene información detallada de los elementos requeridos para la construcción, montaje o implementación de un sistema de instrumentación y control. La tabla incluye información como descripción del material, cantidad requerida, unidad de medida y especificaciones técnicas.

3.5.9.9 *Planos de ubicación y canalización de instrumentos.* Estos planos representan la ubicación geográfica de los instrumentos y equipos del sistema de instrumentación y control, además también se representa la canalización de los cables de señal y alimentación por tuberías conduit, bandejas porta cables y/o banco de ductos. Ver Anexo E del presente informe.

3.5.10 Estimación de costos

Una vez completado el diseño de ingeniería del proyecto, se procede a realizar la estimación de costos y presupuestos del proyecto. Para ello se desarrolló la Tabla 31 con las principales partidas.

Tabla 31

Lista de partidas

LISTA DE PARTIDAS- INSTRUMENTACIÓN	DESCRIPCIÓN DE COSTOS
Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 7000 (Planta de reactivos)	Se considera costos de 2 válvulas proporcionales, para dosificación de reactivos.
Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 7000 (Planta de reactivos)	Se considera el costo de los cables y accesorios de instalación usados para la canalización.
Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 8000 (Relaves general)	Para esta área se considera costo de 1 instrumento de nivel en cajón de relave existente.
Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8000 (Relaves general)	Se considera el costo de los cables y accesorios de instalación usados para la canalización.
Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 8010 (Espesamiento de relaves)	Para esta área se considera costos de 34 instrumentos, 66 válvulas ON/OFF automáticas, 13 equipos de control y comunicación.
Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8010 (Espesamiento de relaves)	Se considera el costo de los cables y accesorios de instalación usados para la canalización.
Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 8040 (Recuperación y tratamiento de agua)	Para esta área se considera costos de 44 instrumentos, 31 válvulas ON/OFF automáticas, 5 equipos de control y comunicación.
Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8040 (Recuperación y tratamiento de agua)	Se considera el costo de los cables y accesorios de instalación usados para la canalización.
Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 8070 (Transporte de relaves)	Para esta área se considera costos de 7 instrumentos, 48 válvulas ON/OFF automáticas, 3 equipos de control y comunicación.
Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8070 (Transporte de relaves)	Se considera el costo de los cables y accesorios de instalación usados para la canalización.
Suministro e instalación de equipos del área 8090 (Salas eléctricas)	Para esta área se considera costos de 8 equipos de control, comunicación y alimentación instalados en las salas eléctricas.
Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8090 (Salas eléctricas)	Se considera el costo de los cables y accesorios de instalación usados para la canalización.
Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 9030 (Servicios de aire comprimido)	Para esta área se considera costos de 4 instrumento de presión en salida de aire de compresores.
Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 9030 (Servicios de aire comprimido)	Se considera el costo de los cables y accesorios de instalación usados para la canalización.
Servicios	Se considera la programación y configuración de sistema de control (DCS), como también el comisionado y puesta en marcha de Instrumentos.
Actividades generales	Se considera costos de los trabajos provisionales y preliminares como: Instalación de facilidades obra, movilización y desmovilización, suministro y desarrollo de planos As Built

Nota: La tabla muestra el listado de partidas de la disciplina de instrumentación y control, los cuales son indicados de acuerdo con el área del proyecto.

A partir de la lista de partidas se ha realizado la estimación de costos CAPEX para la disciplina de instrumentación y control el cual se muestra un resumen en la Tabla 32. Ver anexo J.

Tabla 32

Resumen de estimación de costos

ITEM	LISTADO DE PARTIDAS DE INSTRUMENTACIÓN	TOTAL EN US\$
1.0	PROCURA E IMPLEMENTACIÓN	5,678,308
1.1	Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 7000 (Planta de reactivos)	58,229
1.2	Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 7000 (Planta de reactivos)	22,061
1.3	Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 8000 (Relaves general)	0,000
1.4	Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8000 (Relaves general)	8,458
1.5	Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 8010 (Espesamiento de relaves)	1,271,245
1.6	Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8010 (Espesamiento de relaves)	60,219
1.7	Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 8040 (Recuperación y tratamiento de agua)	1,370,677
1.8	Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8040 (Recuperación y tratamiento de agua)	54,939
1.9	Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 8070 (Transporte de relaves)	1,351,121
1.10	Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8070 (Transporte de relaves)	41,740
1.11	Suministro e instalación de equipos del área 8090 (Salas eléctricas)	1,423,463
1.12	Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 8090 (Salas eléctricas)	1,163
1.13	Suministro e instalación de equipos, Instrumentos y actuadores del área 9030 (Servicios de aire comprimido)	11,753
1.14	Suministro e instalación de cables de control, señal, comunicación y alimentación área 9030 (Servicios de aire comprimido)	3,239
2.0	SERVICIOS	85,500
3.0	ACTIVIDADES GENERALES	50,000
A	COSTO DIRECTO	5,813,808
B	COSTO INDIRECTO	71,776
C	SUBTOTAL	5,885,584
D	CONTINGENCIA (12%)	706,270
	TOTAL US\$	6,591,854

Nota: La tabla muestra un resumen de la estimación de costos de la disciplina de instrumentación y control.

3.6 Resultado de la actividad

Como resultado del desarrollo del diseño de la instrumentación y control para un sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua en la unidad minera El Porvenir, se desarrolló un total de 143 entregables entre documentos y planos. Además, también se desarrolló el modelo 3D de la ubicación y canalización de los instrumentos y equipos de control en planta. A continuación, se muestra las tablas con los entregables más relevantes desarrollados.

- **Diagramas P&ID:** Se ha desarrollado un total de 25 P&ID's como se detalla en la Tabla 33, estos incluyen la simbología, típicos de control de válvulas y motores, y las distintas áreas de la planta de manejo de relaves y recuperación de agua. Ver diagramas en el Anexo B del presente informe.

Tabla 33

Diagramas P&ID desarrollados

N°	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLES
1	P&ID - Plano de Simbología de P&ID – Hoja 1 de 2
2	P&ID - Plano de Simbología de P&ID – Hoja 2 de 2
3	P&ID - Planos típicos de control de motores
4	P&ID - Planos típicos de control de válvulas
5	P&ID - Tie-in de tuberías hacia El Porvenir / Tingovado
6	P&ID – Espesador de relaves
7	P&ID – Bombas cizalladoras
8	P&ID – Cedazo lineal
9	P&ID – Tanques agitadores
10	P&ID – Bombas de desplazamiento positivo
11	P&ID – Manifold de descarga de relaves
12	P&ID – Descarga de relaves en relavera Atacocha
13	P&ID – Sistema de bombeo de agua recuperada
14	P&ID – Agua Tratada de Clarificadores
15	P&ID – Tanque de agua tratada
16	P&ID – Agua tratada para floculante
17	P&ID – Tanque de agua de sello
18	P&ID – Tanque de agua fresca
19	P&ID – Preparación y dosificación de floculante
20	P&ID – Planta de lechada de cal – Hoja 1 de 2

N°	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLES
21	P&ID – Planta de lechada de cal – Hoja 2 de 2
22	P&ID – Ácido sulfúrico
23	P&ID – Preparación y dosificación de coagulante
24	P&ID – Carbón activado
25	P&ID – Área de compresores

- **Especificaciones técnicas:** Se realizó 4 especificaciones técnicas para instrumentos, equipos y cables de control, comunicación y alimentación como se indica en la Tabla 34.

Tabla 34

Especificaciones técnicas desarrolladas

N°	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLE
1	Especificación Técnica de montaje de instrumento
2	Especificación técnica de Cables de Instrumentación y comunicaciones
3	Especificaciones Técnicas de Tableros de Válvulas Electroneumáticas
4	Especificaciones Técnicas de Sistema de Control

- **Arquitecturas de control:** Se ha desarrollado arquitecturas de control para la zona El Porvenir y para la zona Atacocha (Ver Tabla 35), formando una sola red entre ambas zonas para el control y monitoreo eficiente desde sala de control proyecto en El porvenir. Ver Anexo C del presente informe para ver diagrama de las arquitecturas diseñadas.

Tabla 35

Arquitecturas de control desarrollados

N°	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLES
1	Arquitectura del Sistema de Control El Porvenir
2	Arquitectura del Sistema de Control Atacocha

- **Listados:** En el proyecto ha desarrollado 5 listados los cuales son descritos en la Tabla 36. Ver Anexo D, E, G, M y N del presente informe para revisar los listados desarrollados.

Tabla 36*Listados desarrollados*

Nº	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLES
1	Listado de Instrumentos
1	Listado de Equipos
2	Listado de Señales
4	Listado de Cables
5	Listado de Materiales

- **Hojas de datos:** Se realizó un total de 16 hojas de datos (Ver Tabla 37) para instrumentos, válvulas y equipos de control. Ver ejemplos de hojas de datos realizados en Anexo F del presente informe.

Tabla 37*Hojas de datos desarrollados*

Nº	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLE
1	Hojas de datos tableros de control de válvulas
2	Hojas de datos analizador turbidez y pH
3	Hojas de datos densímetro nuclear
4	Hojas de datos transmisor de nivel
5	Hojas de datos transmisor de nivel para sumideros
6	Hojas de datos flujómetro electromagnético y ultrasónico
7	Hojas de datos flujómetro sonar
8	Hojas de datos switch de flujo
9	Hojas de datos manómetros
10	Hojas de datos transmisor indicador de presión
11	Hojas de datos transmisor indicador de presión diferencial
12	Hojas de datos sistema de control
13	Hojas de datos de válvulas de control modulante neumática
14	Hojas de datos de válvulas de control on&off motorizada
15	Hojas de datos de válvulas de control on&off neumática
16	Hojas de datos de válvulas de control on&off neumática - agua de sello y agua tratada

- **Diagramas de lazo:** En base al listado de señales se desarrolló un total de 24 diagramas de lazo para los diferentes instrumentos y válvulas de control (Ver Tabla 38). Ver diagramas de lazo desarrollados en el Anexo H del presente informe.

Tabla 38*Diagramas de lazo desarrollados*

N°	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLE
1	Diagramas de Lazo Interruptores de Flujo
2	Diagramas de lazo transmisor de nivel en sumidero
3	Diagramas de Lazo Flujómetros Tipo Sonar/Electromagnético
4	Diagramas de Lazo Densímetros Tipo Nuclear
5	Diagramas de Lazo Analizadores PH y Turbidez
6	Diagramas de Lazo Transmisores de Presión Diferencial
7	Diagramas de Lazo Transmisores de Presión
8	Diagramas de Lazo Instrumentos de Nivel Radar – Tanques de agua
9	Diagramas de Lazo Instrumentos de Nivel radar- Tanques de relave
10	Diagramas de Lazo Válvulas Solenoides
11	Diagramas de Lazo Válvulas Motorizadas
12	Diagramas de Lazo Válvulas Proporcionales
13	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-001, 8010-TCV-002, 8010-TCV-003)
14	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-004)
15	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-005)
16	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-006)
17	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-007)
18	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-008)
19	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-009)
20	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-010)
21	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-011, 8010-TCV-012)
22	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8010-TCV-013, 8010-TCV-014)
23	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8040-TCV-001)
24	Diagramas de Lazo Válvulas Neumáticas (8040-TCV-002)

- **Diagramas unifilares:** Se ha desarrollado un total de 6 diagramas unifilares para tableros de alimentación de instrumentos y equipos de control (Ver Tabla 39), estos tableros distribuyen la electricidad en 120 VAC estabilizados. Ver Anexo G del presente informe para diagrama unifilar desarrollado.

Tabla 39*Diagramas unifilares desarrollados*

N°	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLES
1	Diagrama unifilar de tablero: 8010-TDI-001
2	Diagrama unifilar de tableros: 8010-TDI-002 Y 8010-TDI-004
3	Diagrama unifilar de tablero: 8010-TDI-003

N°	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLES
4	Diagrama unifilar de tablero: 8040-TDI-001
5	Diagrama Unifilar 8040-TDI-002 y 8040-TDI-003
6	Diagrama Unifilar Tableros de Válvulas - Línea de lavado

- **Filosofías de control:** Se ha desarrollado filosofías de control para las zonas de El Porvenir y Atacocha. Para revisar la descripción de la filosofía revisar ítem 3.5.8 de este informe.

Tabla 40

Filosofías de control desarrolladas

N°	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLES
1	Filosofía de control - Porvenir
2	Filosofía de control - Atacocha

- **Planos de estándares de instalación de instrumentos y equipos:**
Se ha desarrollado típicos de instalación de instrumentos, válvulas y equipos de automatización (Ver Tabla 41), en estos planos se indica como realizar la instalación en campo, para ver diagramas desarrollados en el proyecto ver Anexo J del presente informe.

Tabla 41

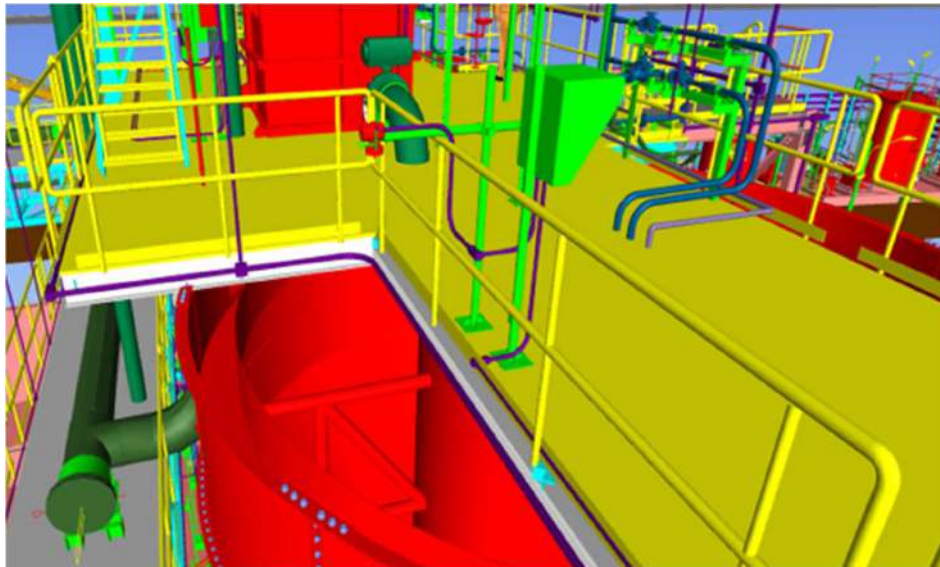
Planos de detalles típicos de montaje

N°	DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLES
1	Planos de detalles típicos de montaje soportería de instrumentos
2	Planos de detalles típicos de montaje flujómetros y densímetros
3	Planos de detalles típicos de montaje manómetros y transmisores de presión
4	Planos de detalles típicos de montaje transmisor de nivel
5	Planos de detalles típicos de montaje válvulas de control ON/OFF
6	Planos de detalles típicos de montaje analizadores pH y Turbidez
7	Planos de detalles típicos de montaje instalación comunicación y alimentación
8	Planos de detalles típicos de montaje transmisor de presión diferencial
9	Planos de detalles típicos de montaje válvula proporcional
10	Planos de detalles típicos de montaje gabinete de control

- **Modelo 3D:** Otro de los resultados obtenidos que es parte del diseño de instrumentación y control es el modelo 3D de la ubicación y canalización de instrumentos, válvulas, tableros y gabinetes de control. La representación en el modelo 3D está en base a los equipos e instrumentos seleccionados durante el diseño, esto facilita mucho en la construcción del proyecto ya que se localizan las interferencias multidisciplinarias durante el diseño de ingeniería y no en la construcción. Para ver modelo completo de la planta revisar Anexo K.

Figura 80

Modelo 3D de disposición y canalización de instrumentos y equipos



Nota. La figura representa el modelado de instrumentos y transmisores, como también el canalizado de los cables de alimentación y señal.

- **Planos de ubicación y canalización de instrumentos:** Después de culminar el 3D del proyecto, se genera las vistas para los planos 2D de ubicación y canalización de instrumentos y equipos. La cantidad de planos generados por áreas se detalla en la Tabla 42. Ver Anexo E del presente informe de para ver ejemplo de plano de ubicación y canalización de instrumentos.

Tabla 42*Planos de ubicación y canalización desarrollados*

PLANOS DE INSTRUMENTACIÓN	CANTIDAD
Arreglos Generales	3
Planos de ubicación y canalización de instrumentos - Área 8000 (Planta y sección)	2
Planos de ubicación y canalización de instrumentos - Área 8010 (Planta y sección)	6
Planos de ubicación y canalización de instrumentos - Área 8040 (Planta y sección)	4
Planos de ubicación y canalización de instrumentos - Área 8070 (Planta y sección)	2

- **Estimado de costos:** El estimado de costos que incluyen la compra, traslados, instalación y puesta en marcha de los equipos de instrumentación y control, el cual ascienden a un total de 6,574,147 USD. Ver Anexo Ñ para revisar el resumen de la estimación de costos.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Descripción de la implementación

El presente describe el diseño de la instrumentación y control de la ingeniería de detalle de un sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua en la unidad minera El Porvenir. Se describe el procedimiento de diseño desde el análisis de los diagramas de flujo de proceso (PFD), elaboración de P&ID's estandarizado según la normativa ISA 5.1, arquitecturas de control basado en DCS, filosofías de control, y demás documentación técnica para la construcción y operación del sistema mencionado.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Se desarrolló el diseño de la instrumentación y control del sistema de manejo de relaves espesados y recuperación de agua, con los equipos e instrumentos necesarios para garantizar una implementación y operación segura y eficiente del proyecto.
- Los diagramas P&ID, son uno de los documentos más importantes en el diseño de instrumentación y control, pues son en estos entregables donde se visualizan todos los instrumentos, equipos, tuberías y los lazos de control para la automatización que tendrá el sistema.
- La arquitectura de control basada en DCS y RIO's es la más apropiada para proyectos con gran cantidad de instrumentos y equipos a controlar, además de ello la interconexión de estos por topología de anillo hace que sea más robusto a pérdidas de conexión.
- El diseño de los P&ID's y arquitecturas de control brinda información de cantidades y tipos de instrumentos y equipos a usarse en el proyecto, esto abre paso a desarrollar la documentación técnica necesaria de instrumentos y equipos, como hojas de datos, especificaciones técnicas, listados, costos y presupuestos.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

Como buenas prácticas para el diseño de proyectos se tiene las siguientes recomendaciones.

- El conocimiento de los estándares equipos de control de la Unidad Minera como: tipo de tecnología, marcas de instrumentos y sistemas de control, etc. Es de vital importancia para evitar incompatibilidades entre el diseño realizado y los sistemas existentes.
- El uso de software de diseño como Autocad Plant 3D, vincula directamente los diagramas P&ID's con el modelo 3D. Además de generar reportes como lista de instrumentos, lista de alarmas, lista de válvulas, etc. Esto permite tener una base de datos sin errores.
- Para un mejor diseño de la arquitectura de control, es muy provechoso reunir a las tres partes implicadas en este entregable: La casa de ingeniería, el cliente dueño del proyecto y el representante de la marca del sistema DCS elegido. De esta manera se concreta un diseño en la que las tres partes implicadas estén de acuerdo.
- La constante coordinación multidisciplinaria con las especialidades de mecánica, piping y electricidad evita incompatibilidades en los diseños de instrumentación y control.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

ANSI/ISA-5.1. (2024). *Instrumentation and Control Symbols and Identification*.
www.isa.org

Arellano Medina, A. M. (2024). *Diseño de estrategia de control para espesadores de concentrado colectivo, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi*. [Universidad de Concepción].
<https://repositorio.udec.cl/handle/11594/1334>

BioprocessH2O. (2025, 15 de julio). *How Clarifiers Work in Wastewater Treatment*. <https://www.bioprocessh2o.com/blog/clarifiers-in-wastewater-treatment>

Bolton, W. (2021). Instrumentation and control System. En *Instrumentation and Control Systems*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823471-6.00014-9>

Casos Baca, D. (2020). *Criterios para el diseño del sistema de control de proceso para planta concentradora de cobre* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12683>

Concha, F. (2001). *Manual de filtración y separación* (Universidad de Concepción, Ed.).

Creus, A. (2011). *Instrumentación Industrial* (Alfaomega & Marcombo, Eds.; 8va edición).

Dypro. (2025, 15 de agosto). *Aplicación válvulas de control bajo espesadores - dypro*. <https://dypro.cl/aplicacion-valvulas-de-control-bajo-espesadores/>

- Endress & Hauser. (2011). *Radiometric measurement technology A safe principle that meets the highest demands*.
https://portal.endress.com/wa001/dla/5000638/8272/000/00/CP00017F24EN_US%20Radiometric%20measurement.pdf
- Gutiérrez, M., & Iturralde, S. (2017). *Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control*.
- Nautilus company. (2023). *¿Qué son las barcasas para sistemas de bombeo?* - Nautilus Company. <https://nautilus.com.pe/que-son-las-barcasas-para-sistemas-de-bombeo/>
- Oliva, N. (2013). *Redes de Comunicaciones Industriales*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Panamá Carrión, L. X., & Rojas Aguilar, C. X. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos en el área de molienda de la planta concentradora de minerales Multicoexpa Cia. Ltda.* [Universidad Politécnica Salesiana Ecuador].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21334>
- Rittal. (2025, 15 de agosto). *Diferencia entre grado de protección IP y NEMA*.
<https://expert.rittal.es/diferencia-entre-grado-de-proteccion-ip-y-nema>
- Sanchis, R., Romero, J. A., Ariño, / C V, Sanchis, R., Julio, L., Romero, A., Carlos, P., & Latorre, V. A. (2010). *Automatización Industrial*.
www.sapientia.uji.es
- SMC. (2025, 15 de agosto). *Pirámide de automatización*.
<https://www.smctraining.com/es-es/conoce-smc-international-training/piramide-de-automatizacion>
- Torres Santos, Y. W., & Sotelo Otero, E. E. (2024). Desarrollo de un sistema de control de bombeo de agua recuperada de relaves [UPC]. En *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/683576>

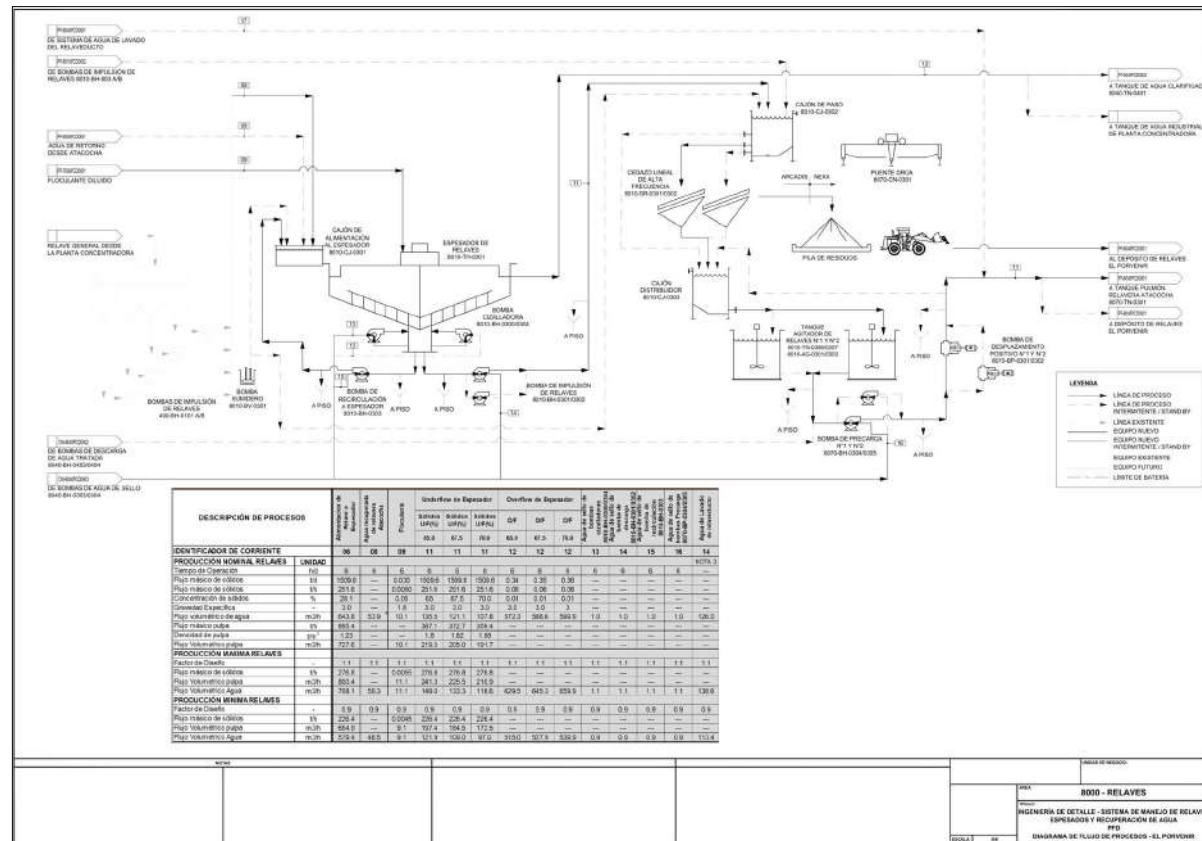
WEIR. (2025, 15 de agosto). *Bombas y equipos de bombeo Weir*.
<https://www.global.weir/es/product-catalogue/pumps/>

CAPÍTULO VIII: ANEXOS

ANEXO A: DIAGRAMAS PFD

Figura 81

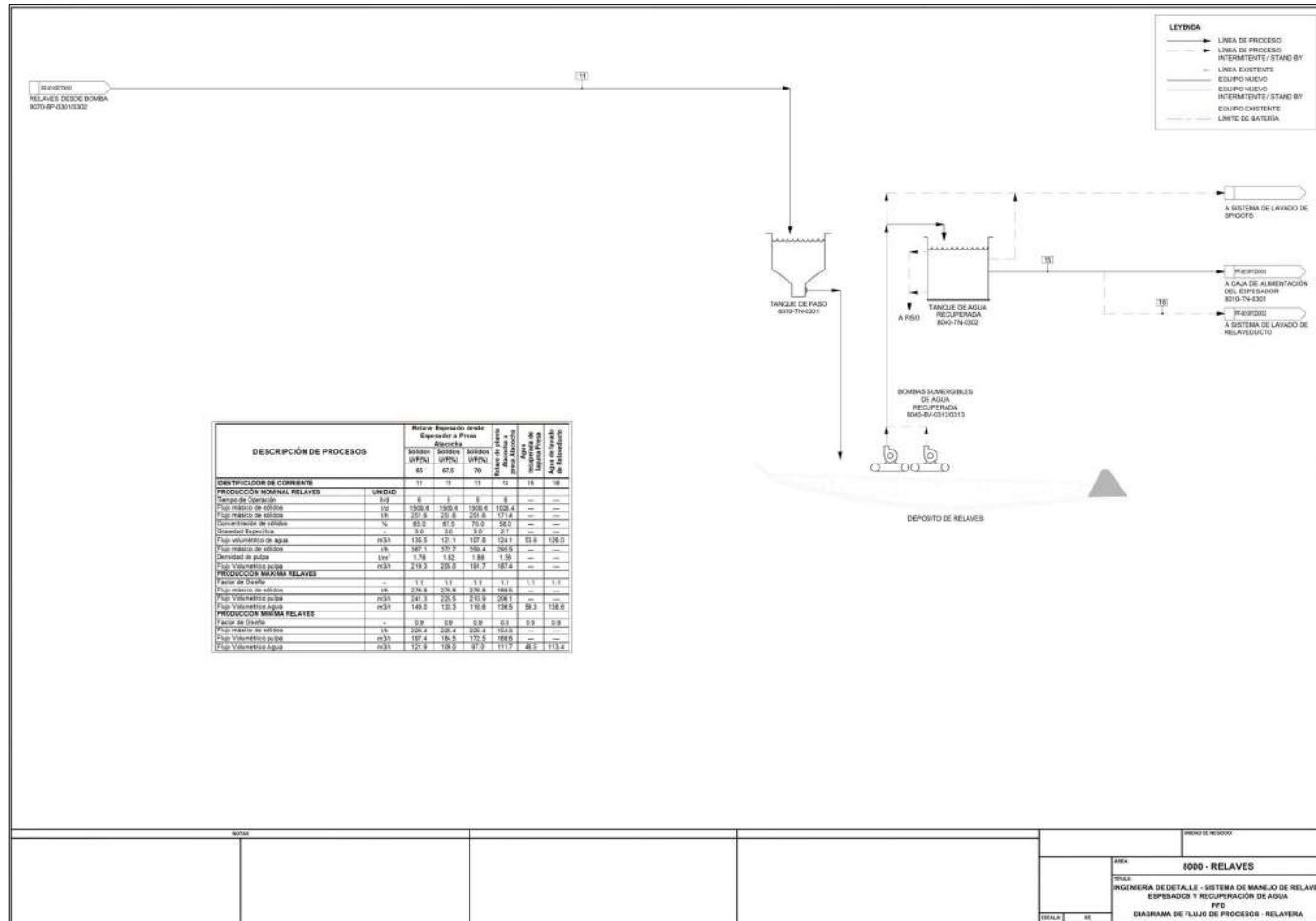
Diagrama PFD El Porvenir



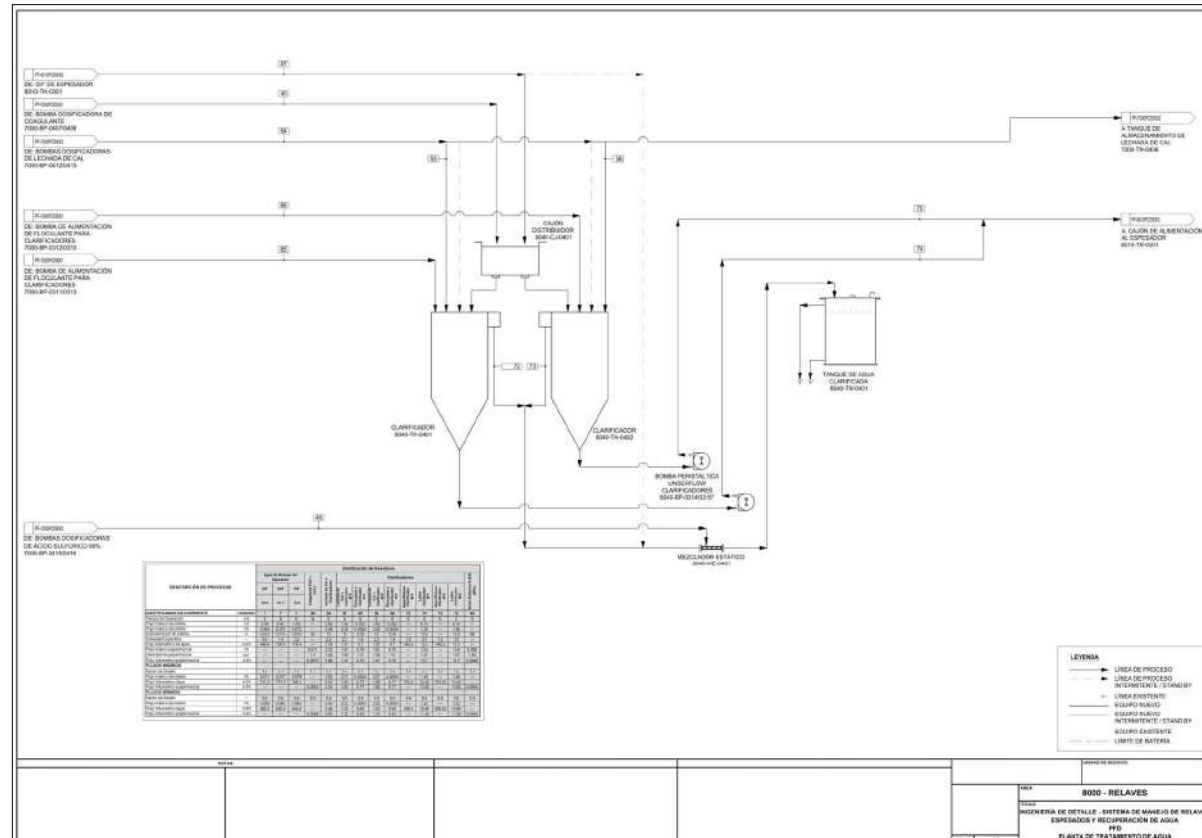
Nota. La figura muestra el diagrama de flujo de procesos (PFD) de la zona El Porvenir, en la parte inferior se indica en una tabla los datos de proceso de las líneas de agua y relave.

Figura 82

Diagrama PFD Atacocha



Nota. La figura muestra el diagrama de flujo de procesos (PDF) de la zona Atacocha, en la parte inferior indica en una tabla los datos de proceso de las líneas.

Figura 83*Diagrama PFD planta de tratamiento de agua*

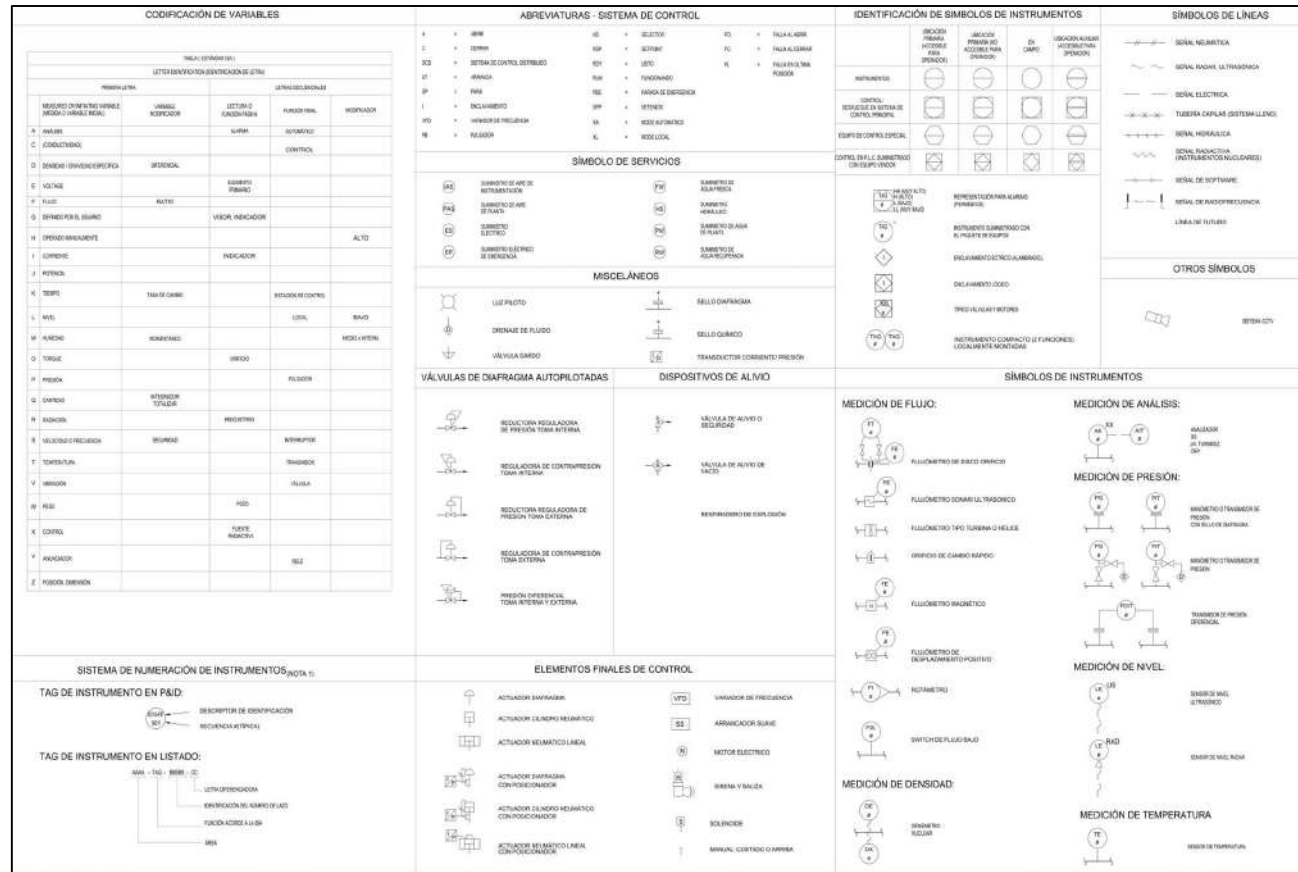
Nota. La figura muestra el diagrama de flujo de procesos (PFD) de la planta de tratamiento de agua, en la parte inferior indica en una tabla los datos de proceso de las líneas.

ANEXO B:

DIAGRAMAS P&ID

Figura 84

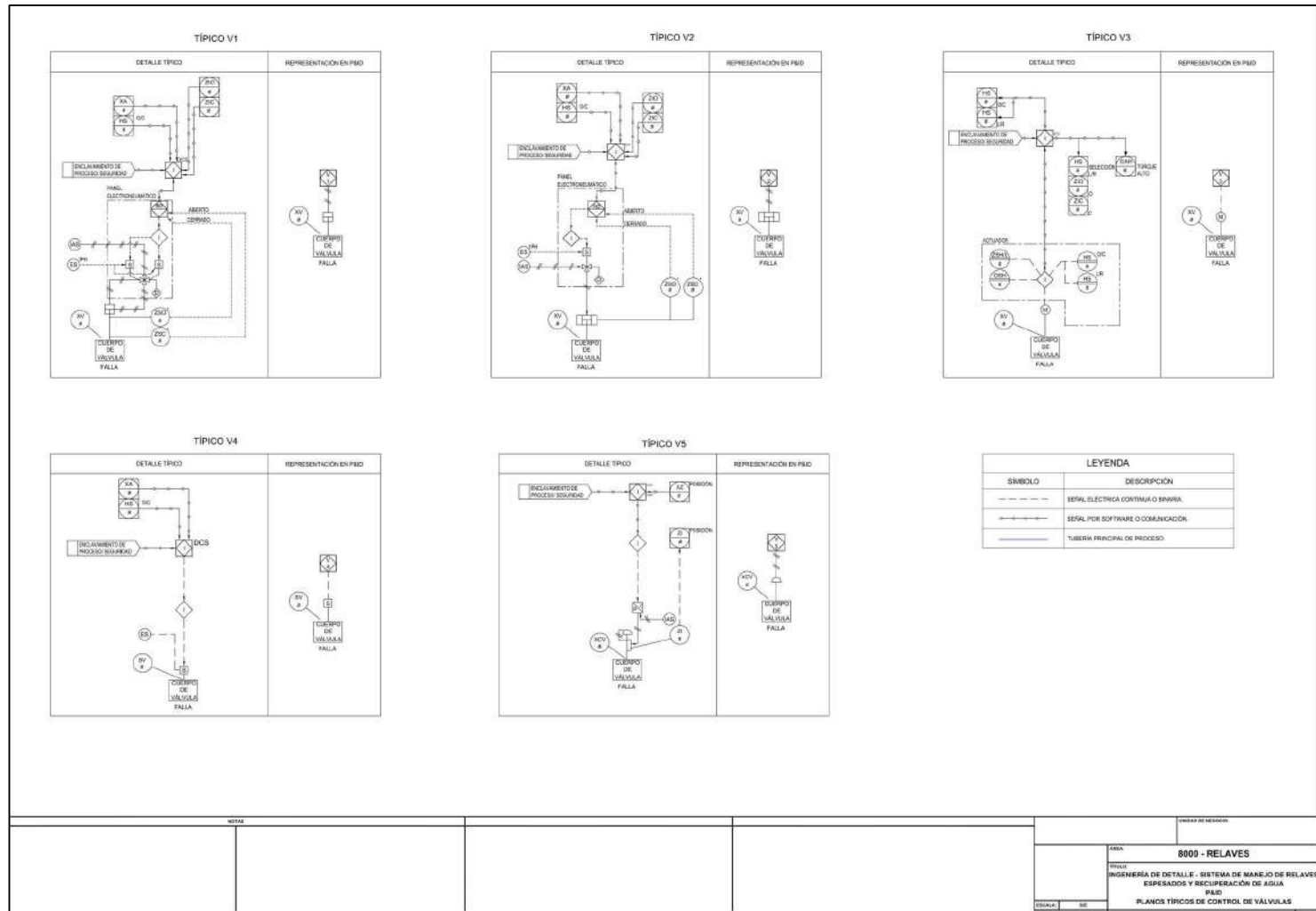
Diagrama P&ID simbología de instrumentación y control



Nota. La figura muestra el plano de simbología de instrumentación y control basados en las normas ISA 5.1

Figura 85

Diagrama P&ID típicos de control de válvulas



Nota. La figura muestra el plano con los 5 típicos de control de válvulas, que incluyen las de accionamiento neumático, motorizado y las de tipo solenoide.

Figura 86

Diagrama P&ID típicos de control de motor

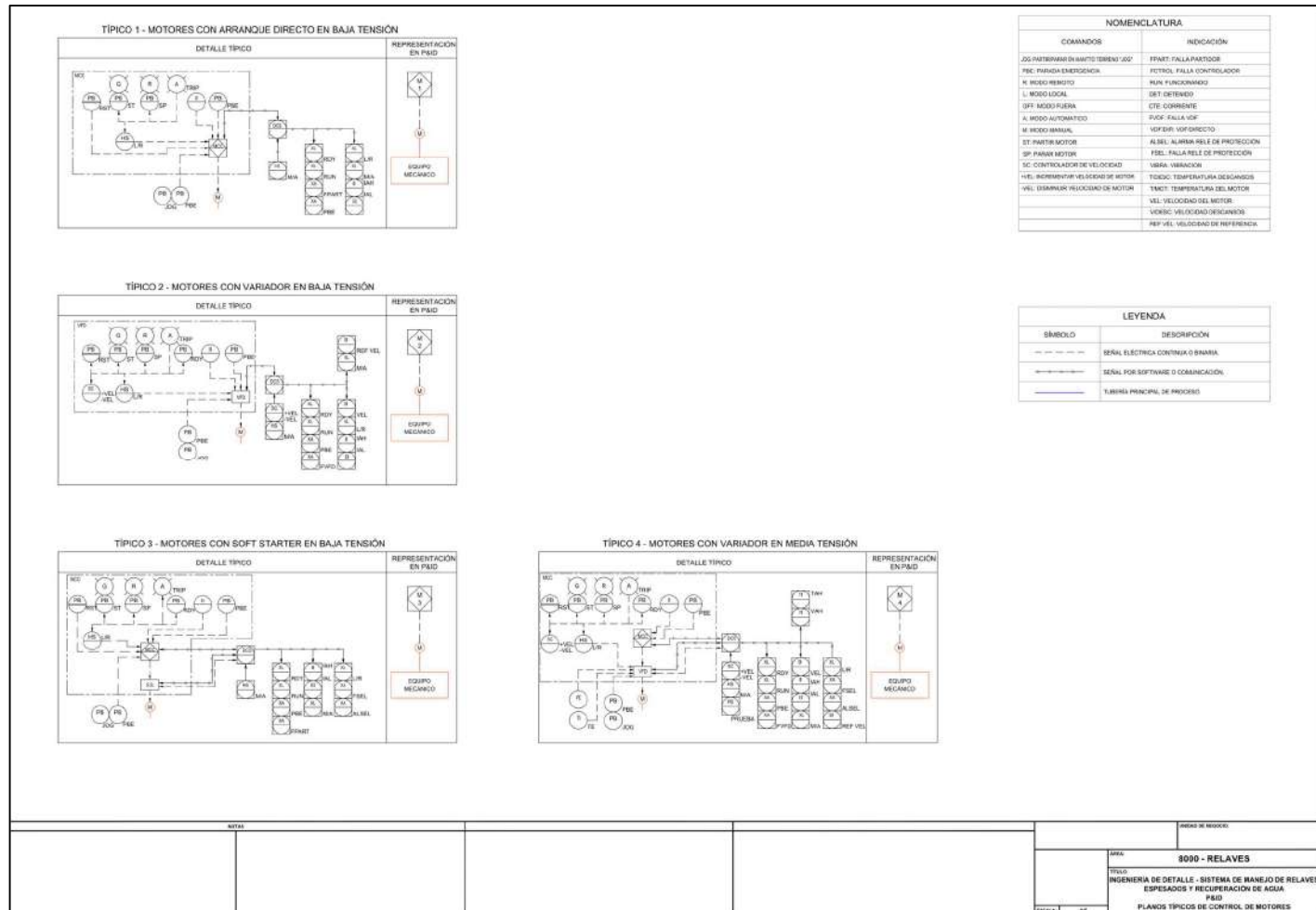
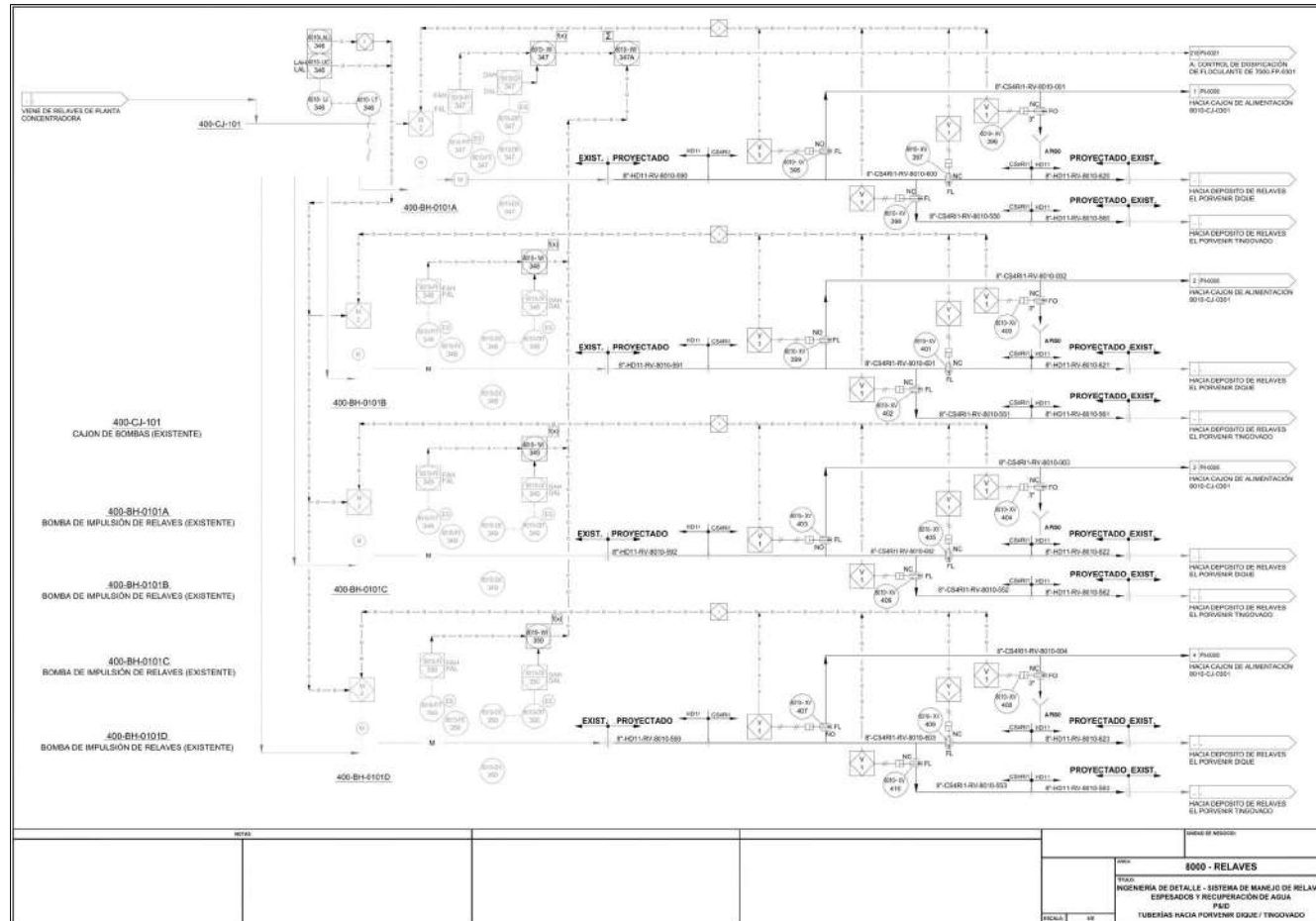


Figura 87

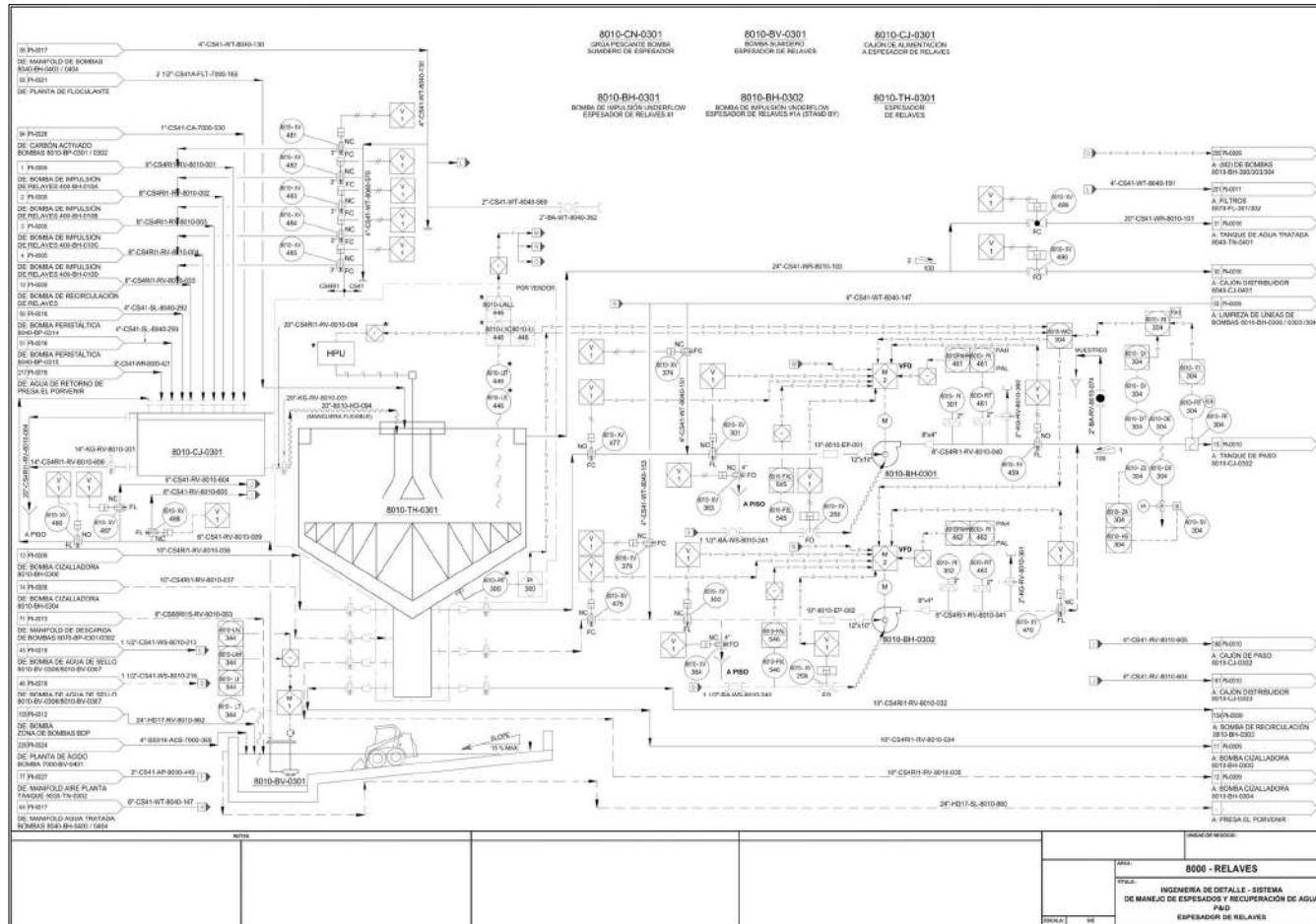
Diagrama P&ID tuberías de relave desde planta concentradora existente



Nota. La figura muestra el plano P&ID de las líneas de relave bombeadas desde la planta concentradora hasta el espesador y/o dique tingovado.

Figura 88

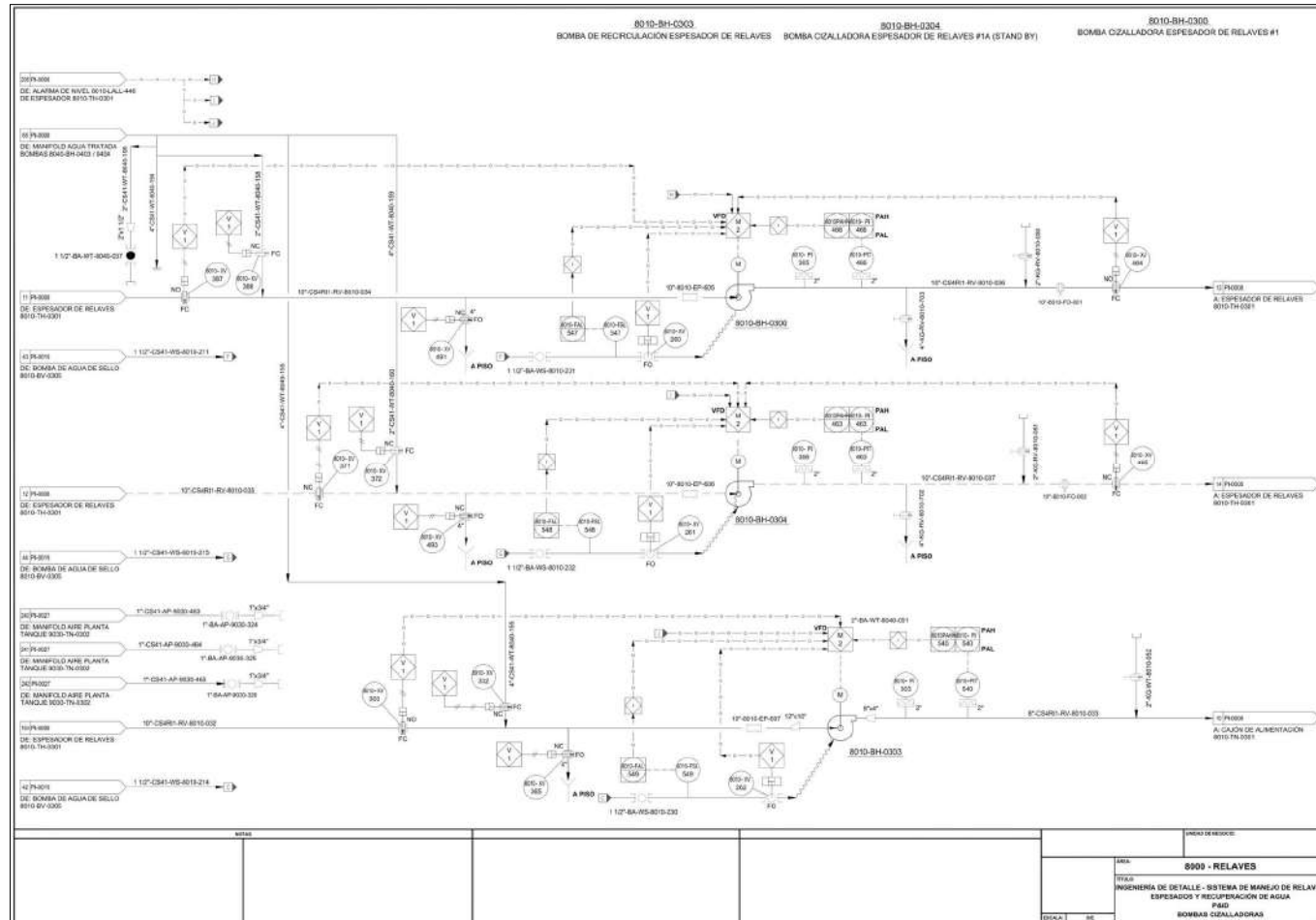
Diagrama P&ID espesador de relaves



Nota. La figura muestra el plano P&ID del espesador de relaves con toda la instrumentación y lazos de control para su correcta implementación..

Figura 89

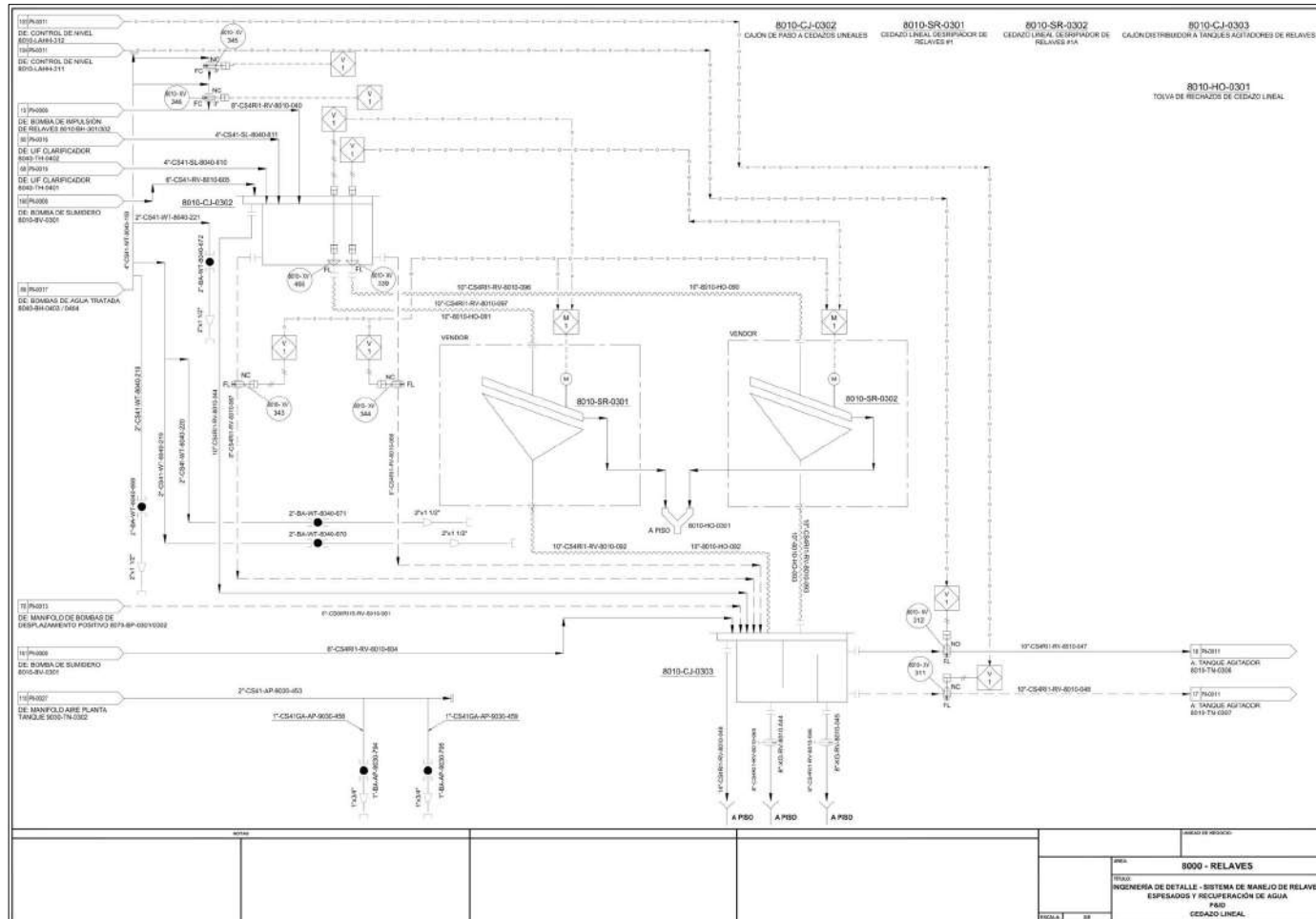
Diagrama P&ID bombas cizalladoras



Nota. La figura muestra el plano P&ID de las bombas cizalladoras y de recirculación del espesador, se indica la instrumentación, lazos de control, enclavamientos y alarmas.

Figura 90

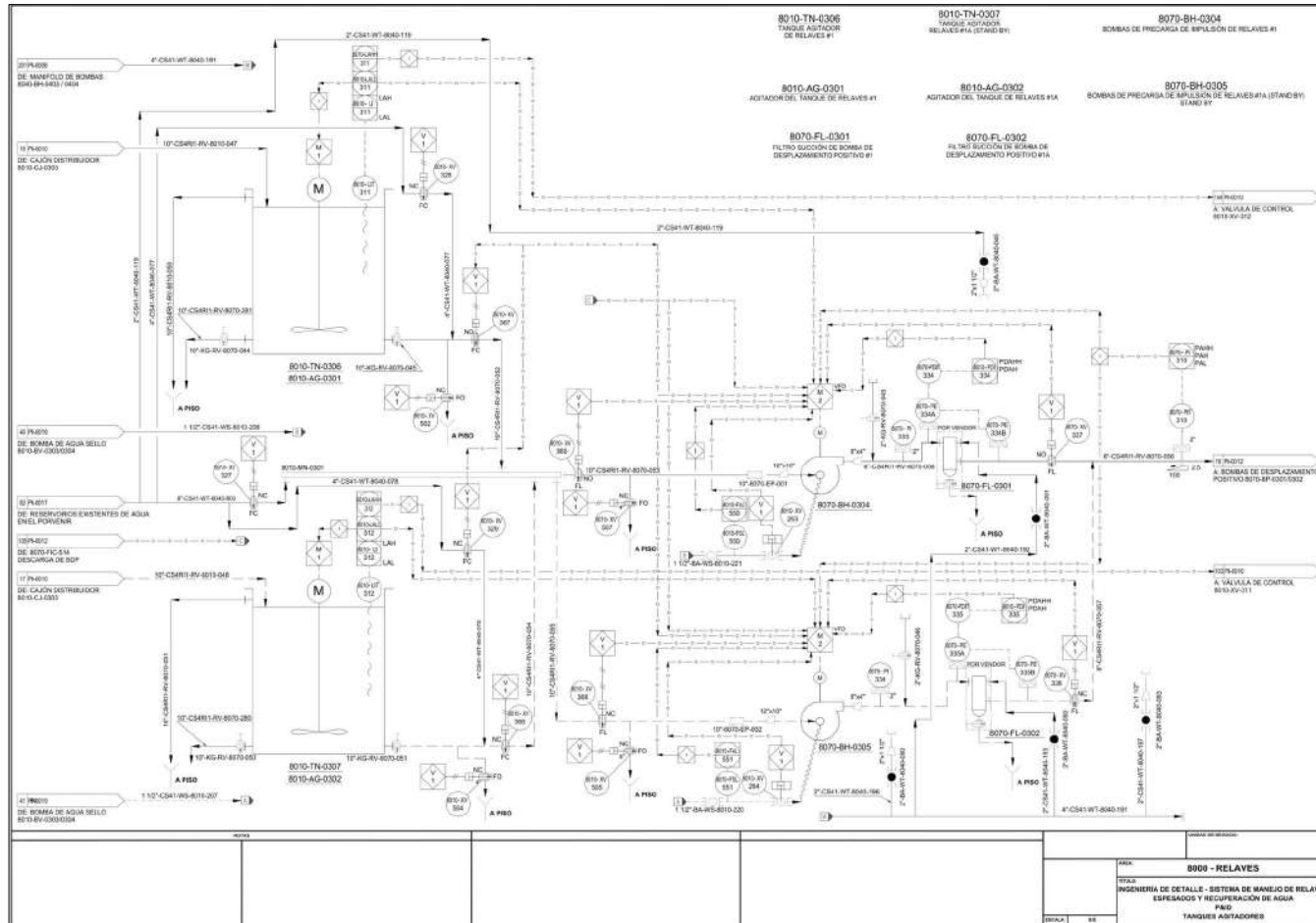
Diagrama P&ID cedazos lineales



Nota. La figura muestra el plano P&ID de sedazos lineales de alta frecuencia, se muestra las válvulas de control on/off que intervienen en este proceso.

Figura 91

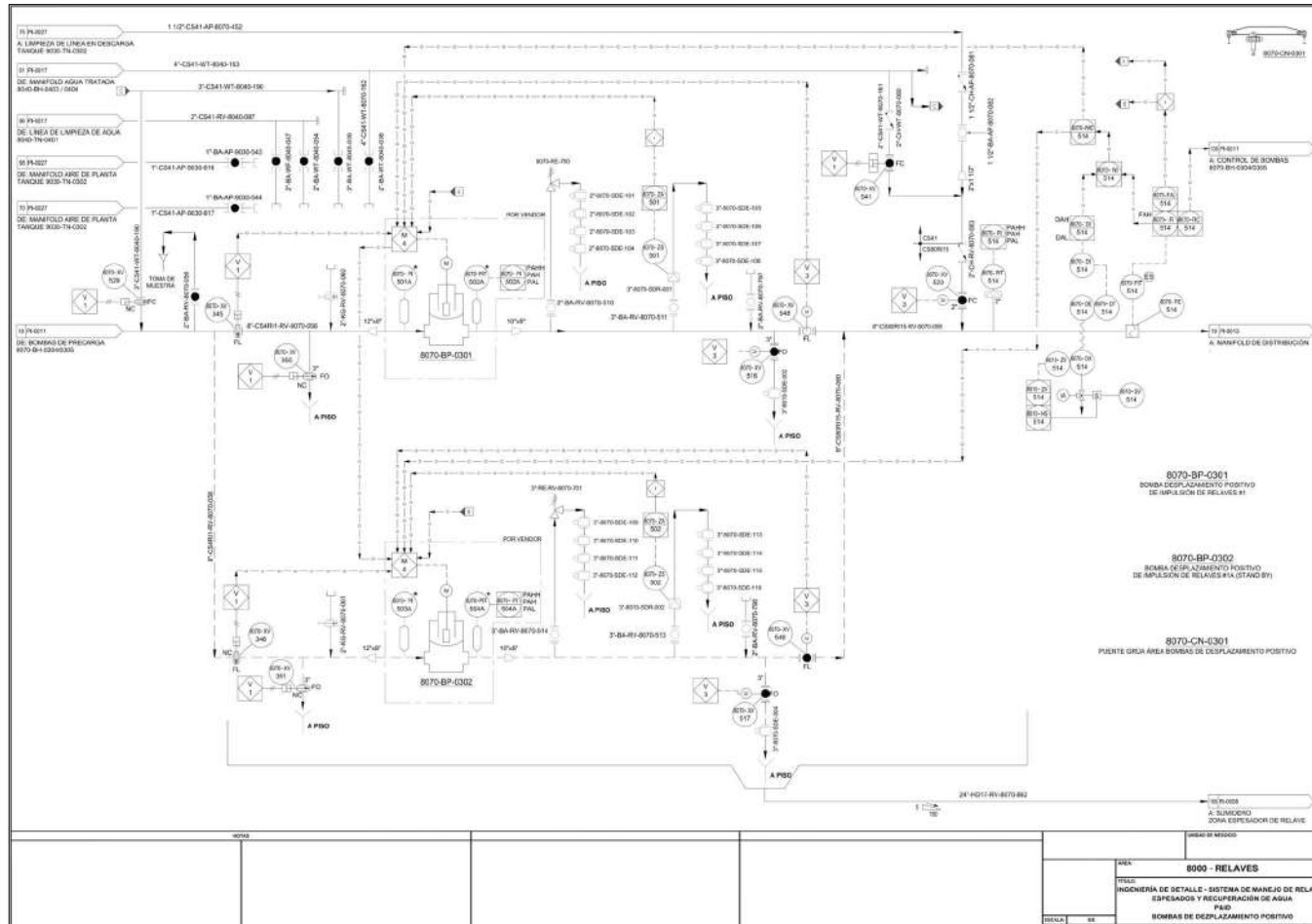
Diagrama P&ID tanques agitadores



Nota. La figura muestra el plano P&ID de los tanques agitadores, se indica la instrumentación, lazos de control, enclavamientos y alarmas.

Figura 92

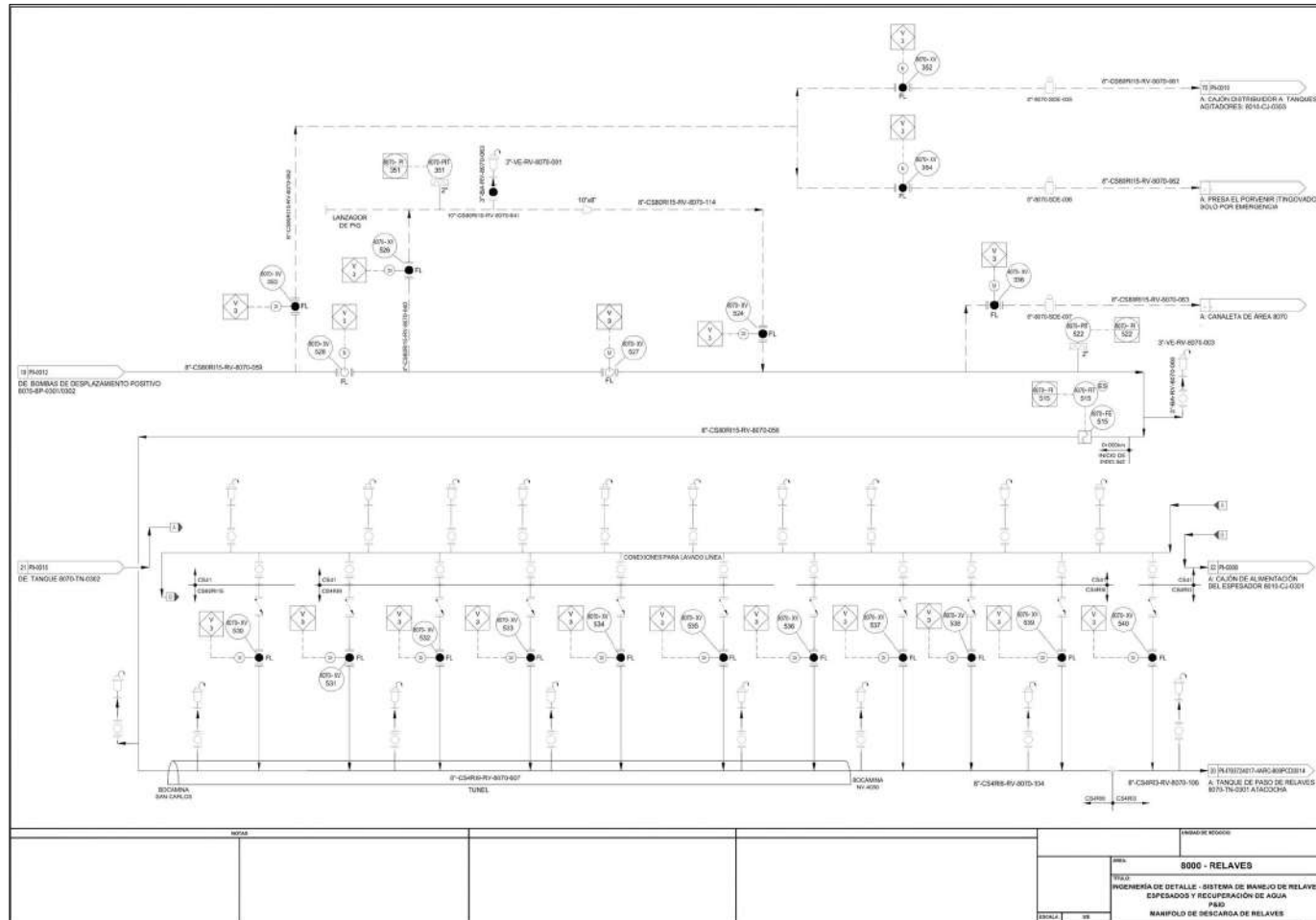
Diagrama P&ID Bombas de desplazamiento positivo



Nota. La figura muestra el plano P&ID de las bombas de desplazamiento positivo (BDP), se indica la instrumentación, lazos de control, enclavamientos y alarmas.

Figura 93

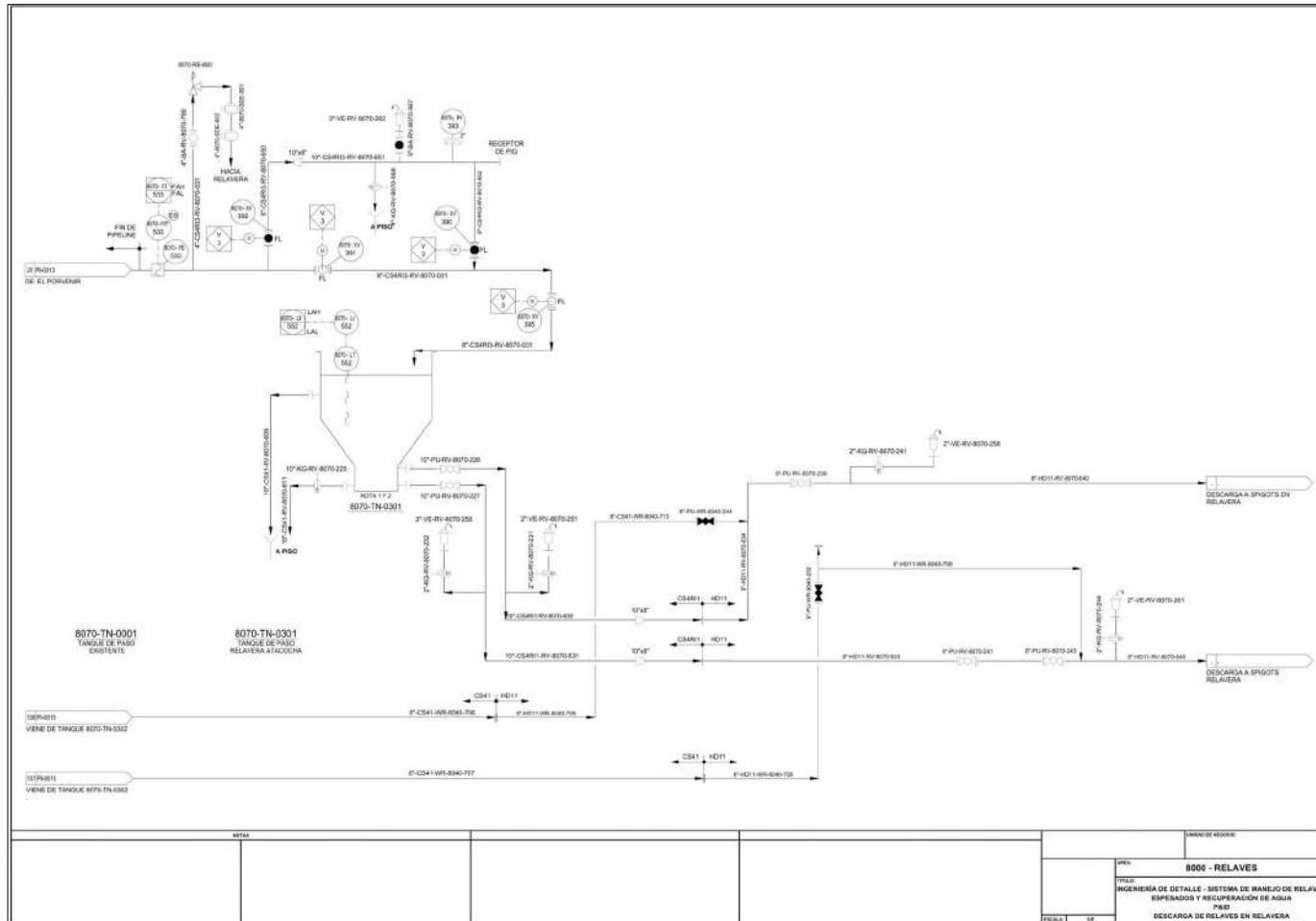
Diagrama P&ID línea de relaves hacia Atacocha



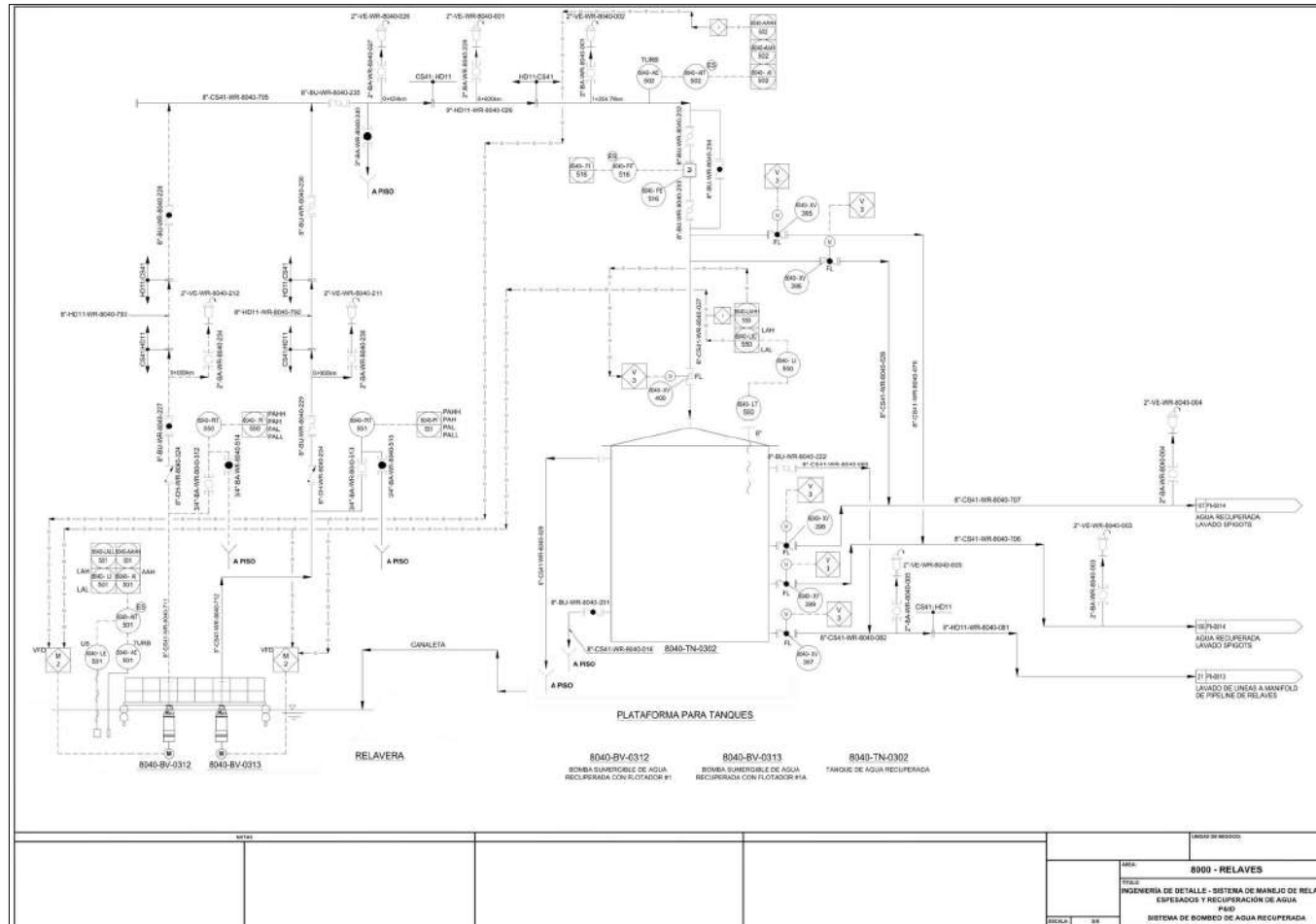
Nota. La figura muestra el plano P&ID de la línea de transporte de relaves y sistema de lavado de emergencia que va desde El Porvenir hasta Atacocha, se indica la instrumentación, lazos de control, enclavamientos y alarmas.

Figura 94

Diagrama P&ID descarga de relaves Atacocha



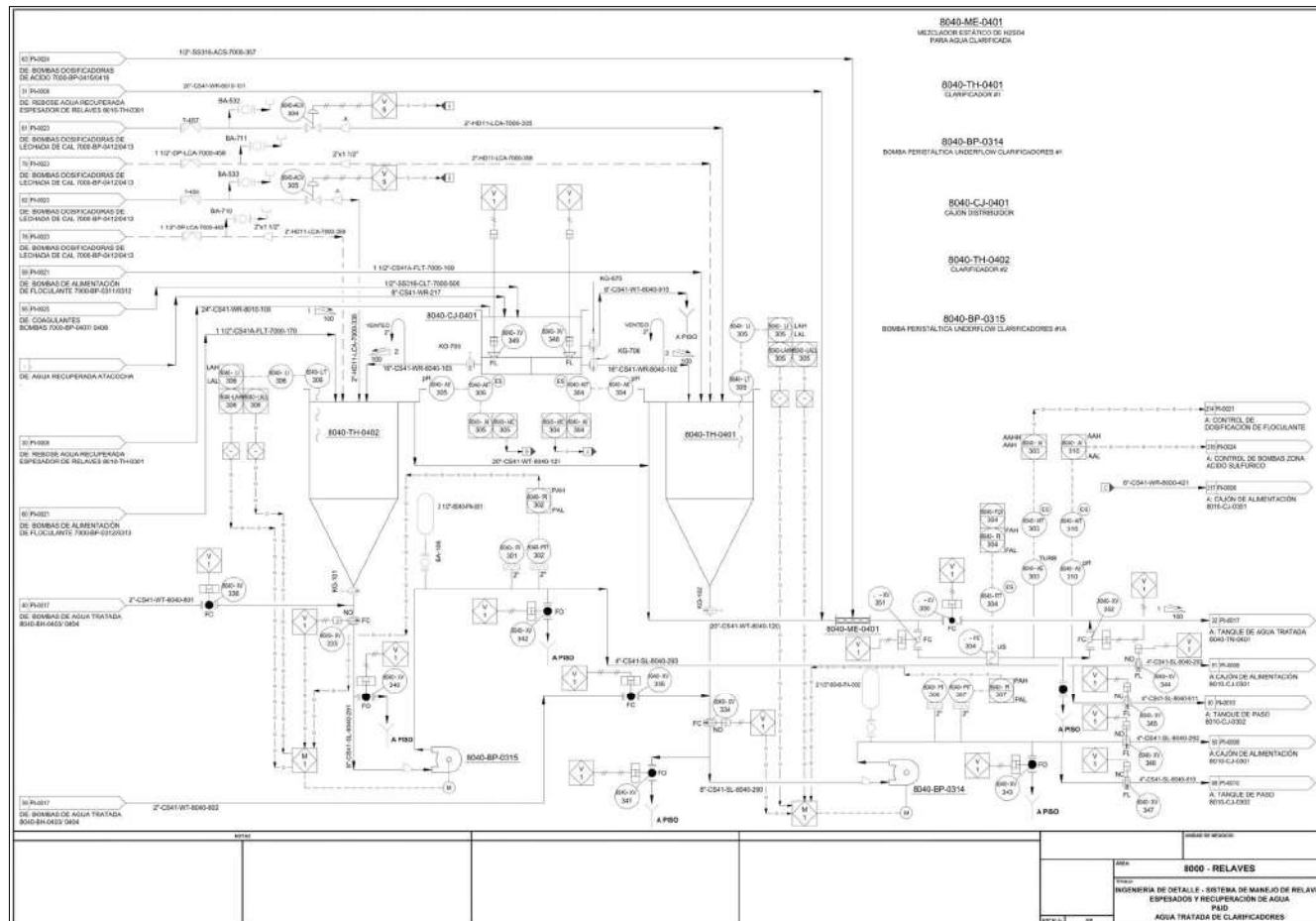
Nota. La figura muestra el plano P&ID del cajón de descarga de relaves en la zona Atacocha, se indica la instrumentación, lazos de control, enclavamientos y alarmas.

Figura 95*Diagrama P&ID bombeo de agua recuperada*

Nota. La figura muestra el plano P&ID del sistema de bombeo de agua recuperada desde la relavera Atacocha , se indica la instrumentación, lazos de control, enclavamientos y alarmas.

Figura 96

Diagrama P&ID agua tratada de clarificadores

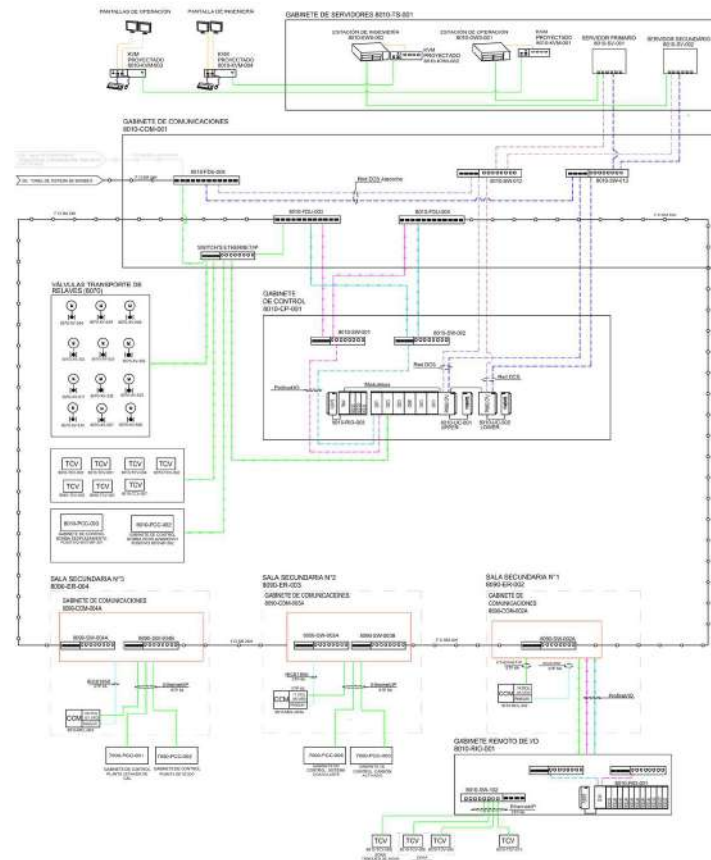


Nota. La figura muestra el plano P&ID de los tanques clarificadores usados para el tratamiento de agua recuperado, se indica la instrumentación, lazos de control, enclavamientos y alarmas.

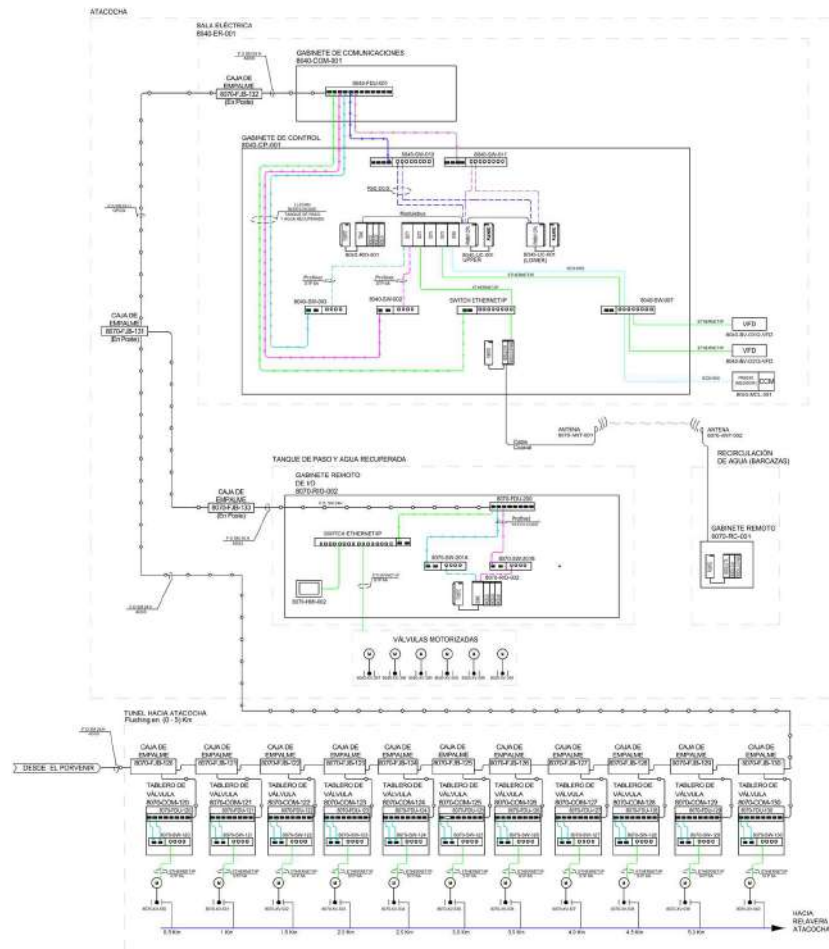
ANEXO C: ARQUITECTURAS DE CONTROL

Figura 97

Arquitectura de control El Porvenir



Nota. La figura muestra el plano de arquitectura de control de El porvenir, se indica el conexionado y tipo de red de todos los equipos de automatización.

Figura 98*Arquitectura de control Atacocha*

Nota. La figura muestra el plano de arquitectura de control de Atacocha, se indica el conexionado y tipo de red de todos los equipos de automatización.

ANEXO D:

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Figura 99

Listado de instrumentos

[illegible]

Nota. La figura muestra una parte del listado de instrumentos desarrollado, en las columnas se puede apreciar la información asociada a cada instrumento con el que se diseñó la planta.

ANEXO E: LISTADO DE EQUIPOS

Figura 100

Listado de equipos

TÍTULO PROYECTO: SISTEMA DE MANEJO DE RELAJES ESPESADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUA DOCUMENTO: LISTADO DE EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN										Rev. 0
Item	Tag	Descripción del Equipo	Servicio	Ubicación o localización	Año	Alimentación Eléctrica	Diagrama unifilar	Foja de Datos	Plano de Ubicación	Comentarios
1.00	8010-CP-001	Cabinete de sistema de control Autoprotegido (2000x1000x600)	Integración de sistema control de la planta (El Ponerse - CPU PM802 (8010-CP-001 upper y 8010-CP-002 Lower), ACN 8001, ABS de bomba redundante y se componen de las siguientes partes: 01 módulo CPU; Servicio para protocolo Ethernet/IP 01 módulo CPU; Servicio para protocolo PROFIBET 01 módulo CPU; Servicio para protocolo IEC 61131-3 01 módulo DI; Servicio de entradas digitales (8010-RED-001) 01 módulo DO; Servicio de salidas digitales (8010-RED-002) 01 módulo AI; Servicio de entradas analógicas (8010-RED-003) 02 Unidades distribuidoras de línea monomodo, conector LC de 12 pines, 8010-DCU-000A y 000B.	8000-ER-001 (1° piso)	8000 - Sala Eléctrica y de Control - El Ponerse	8010-TG-001	LN-8000N0001	HD-8000AU70001	DM-8000N0001	10
2.00	8010-COM-001	Cabinete de sistema de comunicaciones Autoprotegido (80 RU)	Integración de sistema control, comunicación y sistema contra incendios. Incluye: 8010-FCU-001, 00A, 00B, 00F, 04 Unidades distribuidoras de línea monomodo, conector LC de 12 pines, switches de comunicación.	8000-ER-001 (1° piso)	8000 - Sala Eléctrica y de Control - El Ponerse	8010-TG-001	LN-8000N0001	-	DM-8000N0001	
3.00	8010-TS-001	Cabinete de variadores Autoprotegido (40 RU)	Sistema de monitoreo para DCS. Incluye: 01 Transceptor de radio de 2.4 GHz 01 Antena bidireccional	8000-ER-001 (1° piso)	8000 - Sala Eléctrica y de Control - El Ponerse	8010-TG-001	LN-8000N0001	HD-8000AU70001	DM-8000N0001	
4.00	8010-RED-001	Cabinete de señales autoprotegido (2000x1000x600)	Integración de señales de instrumentación de campo y motores mediante comunicación. Incluye: 01 Módulo de Entradas Digitales 01 Módulo de Entradas Analógicas 01 Módulo de Salidas Analógicas 01 Módulo de Salidas Digitales 01 Módulo de Comunicación Profibus 8010-FCU-100A, 100B, 02 Unidades distribuidoras de línea monomodo, conector LC de 12 pines.	Planta de relaves espesados	8010 - Planta de relaves espesados	8010-TG-002	LN-8000N0002	HD-8000AU70001	DM-8000N0001	
5.00	8000-COM-000A	Cabinete de Comunicaciones	Integración de sistema control, incluye: 8000-FCU-000A, 000B, 02 Unidades distribuidoras de línea monomodo, conector LC de 12 pines.	Sala Secundaria N°4 8000-EPH-000	8010 - Tanque de Mezcla	8010-TG-00A	LN-8000N0002	HD-8000AU70001	DM-8000N0001	
7.00	8000-COM-000A	Cabinete de Comunicaciones	8000-FCU-000A, 000B, 02 Unidades distribuidoras de línea monomodo, conector LC de 12 pines.	Sala Secundaria N°2 8000-EPH-002	8040 - Clarificadores	8010-TG-001	LN-8000N0003	HD-8000AU70001	DM-8000N0001	
8.00	8000-COM-000A	Cabinete de Comunicaciones	Integración de sistema control, incluye: 8000-FCU-000A, 000B, 02 Unidades distribuidoras de línea monomodo, conector LC de 12 pines.	Sala Secundaria N°3 8000-EPH-004	8040 - Clarificadores	8010-TG-003	LN-8000N0003	HD-8000AU70001	DM-8000N0001	
9.00	8000-COM-000A	Cabinete de Comunicaciones	Integración de sistema control, incluye: 8000-FCU-000A, 000B, 02 Unidades distribuidoras de línea monomodo, conector LC de 12 pines.	Sala Secundaria N°1 8000-EPH-002	8010 - Planta de relaves espesados	8010-TG-002	LN-8000N0002	HD-8000AU70001	DM-8000N0001	
10.00	8010-TG-001	Tablero de alimentación de tensión estabilizada	Suministro de energía para instrumentación y equipos de control	8000-ER-001 (1° piso)	8000 - Sala Eléctrica y de Control - El Ponerse	8010-LPS-001	LN-8000N0001	(Nota 4)	DM-8000N0001	
11.00	8010-TG-002	Tablero de alimentación de tensión estabilizada	Suministro de energía para instrumentación y equipos de control	Planta de relaves espesados	8010 - Planta de relaves espesados	8010-TG-001	LN-8000N0002	(Nota 4)	DM-8000N0001	
12.00	8010-TG-003	Tablero de alimentación de tensión estabilizada	Suministro de energía para instrumentación y equipos de control	Planta de relaves espesados	8010 - Planta de relaves espesados	8010-TG-001	LN-8000N0003	(Nota 4)	DM-8000N0001	
13.00	8010-TG-004	Tablero de alimentación de tensión estabilizada	Suministro de energía para instrumentación y equipos de control	Sala Secundaria N°5 8000-EPH-00A	8010 - Planta de relaves espesados	8010-TG-001	LN-8000N0002	(Nota 4)	DM-8000N0001	
14.00	8010-PCC-001	Cabinete vector de (Espeador de valle) torque (8010-TP-000)	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Empaqueo de relaves	8010 - Espequeo de relaves - El Ponerse	8010-TG-002	LN-8000N0002	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	(Nota 5)
15.00	8010-PCC-002	Cabinete vector de bomba(BQP) (8010-BP-002)	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Bombas de Desplazamiento Positivo	8010 - Bombas de Inyección BQP - El Ponerse	8010-TG-001	LN-8000N0001	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	(Nota 6)
16.00	8010-PCC-003	Cabinete vector de bomba(BQP) (8010-BP-001)	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Bombas de Desplazamiento Positivo	8010 - Bombas de Inyección BQP - El Ponerse	8010-TG-001	LN-8000N0001	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	(Nota 6)
17.00	7000-PCC-001	Cabinete vector de planta de reactivo (Luchada de val)	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Reactivos	7000 - Reactivos - El Ponerse	8010-TG-003	LN-8000N0003	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	(Nota 7)
18.00	7000-PCC-002	Cabinete vector de planta de reactivo (Planta de carbón activado)	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Reactivos	7000 - Reactivos - El Ponerse	8010-TG-003	LN-8000N0003	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	(Nota 7)
19.00	7000-PCC-003	Cabinete vector de planta de reactivo (Planta de carbón activado)	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Reactivos	7000 - Reactivos - El Ponerse	8010-TG-003	LN-8000N0003	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	(Nota 7)
20.00	7000-PCC-004	Cabinete vector de planta de reactivo (Planta de floculante 7000-PP-0001)	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Reactivos	7000 - Reactivos - El Ponerse	8010-TG-001	LN-8000N0004	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	(Nota 7)
21.00	7000-PCC-005	Cabinete vector de planta de reactivo (Planta de floculante 7000-PP-0002)	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Reactivos	7000 - Reactivos - El Ponerse	8010-TG-001	LN-8000N0001	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	(Nota 7)
22.00	7000-PCC-006	Cabinete vector de planta de reactivo (Planta de coagulante)	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Reactivos	7000 - Reactivos - El Ponerse	8010-TG-002	LN-8000N0003	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	(Nota 7)
23.00	8030-CP-0001	Panel vector de control total compresor de aire de instrumentación	Integración de lógica de control de equipo vector con sistema DCS mediante 01 PLC (A, se define por proveedor)	Reactivos	8030 - Aire comprimido	-	-	Por proveedor de equipo mecánico	DM-8000N0001	

Nota. La figura muestra una parte del listado de equipos desarrollado, en las columnas se puede apreciar la información asociada a cada equipos de control con el que se diseñó la planta.

ANEXO F:

HOJAS DE DATOS DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Figura 101

Hoja de datos de instrumento

PROYECTO: SISTEMA DE MANEJO DE RELAVES ESPESADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUA	:	HOJA:
Hojas de datos Flujómetro Ultrasónico	Nº CONSULTOR:	REV.:
		0

4.0 HOJAS DE DATOS

Tabla 4-1: Hoja de datos Flujómetro Ultrasónico

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UN	REQUERIDO	OFERTADO
General				
1	Fabricante	-	Endress+Hauser	
2	Modelo	-	Proline Prosonic Flow W 400	
3	Servicio	-	Medición de flujo en línea de transporte por gravedad a tanque 8040-TN-0401	
4	N° TAG	-	8040-FIT-304	
5	P&ID		PI-1793724017-4CTP-8000PCD0008	
6	Servicio		Agua tratada	
7	Aplicación		-	
8	Ubicación		Intemperie	
Proceso				
9	Fluido	-	Agua	
10	% Sólidos (En peso)	%	1.67	
11	Viscosidad	cP	0.001	
12	Clasificación de área (no clasificada/explosiva)	-	No Clasificada	
13	Rango calibrado	m³/h	Ver Tabla 4-2	
14	Flujo	m³/h	Ver Tabla 4-2	
15	Velocidad del fluido	m/s	0.72-1.53	
16	Sólidos:	%	1.67	
Línea				
17	Diámetro	inch (*).	Ver Tabla 4-2	
18	TAG Línea		Ver Tabla 4-2	
19	Material de línea		Ver Tabla 4-2	
Sensor				
20	Tag No.		Ver Tabla 4-2	
21	Transductor		02 juegos de sensores	
22	Primary head/ Tube/Type		(*)	
23	Tipo de Sensor		Ultrasónico	
24	Conexión a proceso / Tipo		Clamp On/ No Invasivo	
25	Tamaño de conexión		-	
26	Mounting Hardware		(*)	
27	Protección		NEMA 4X	
28	Configuración de ruta acústica		(*)	
29	Conexión eléctrica		(*)	
30	Transmisor		Remoto	
31	Detección de tubería vacía		Requerido	
Transmisor				
32	Tag No.		Ver Tabla 4-2	
33	Rango (m³/h) *		Ver Tabla 4-2	
34	Calibración		(*)	
35	Indicador		LCD, 4 líneas mínimo, luz de fondo	
36	Tablizador		Requerido	
37	Montaje (Local/Remoto)		Remoto	
38	Tipo de cable		(*)	
39	Material del alojamiento		Por proveedor	
40	Grado de protección		NEMA 4X	
41	Auto Diagnóstico		Requerido	
42	Modo de falla		(*)	
43	Alimentación eléctrica (Volts / Hz)		120 VAC / 60 Hz	
44	Conexión eléctrica		1/2" NPT - F	
45	Señal de salida		4-20mA	
46	Precisión		0.3% del rango	
47	Clase del encerramiento eléctrico		Propósito general	
48	Protección RFI		(*)	
Accesorios				
49	Cable gland / DIN Plug *		Requerido	
50	Longitud de cable (sensor-transmisor)	m	25	
51	Empaques *		(*)	
52	Kit de instalación *		Requerido	
53	Placa de identificación (TAG)		Requerido	
54	Material		315 SS	

Tabla 4-2: Aplicación de Flujómetro Ultrasónico

Item	Tag	Descripción de instrumento	Servicio Empleado No.	Proceso	Densidad (kg/m³)	Viscosidad (cP)	PROCESO										INSTALACIONES		Estandar Sensor	Conexión de Proceso	Rango de Medida Min-Max	P&ID
							% Sólidos (Vol.)		Operación Flujo		Presión (psig)		Temperatura (°C)				Velocidad Flujo (m/s)	Tipo Instal.				
							Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.						
1	8040-FIT-304	Transmisor-Tablador de Flujos	Medición de flujo en línea de transporte por gravedad a tanque 8040-TN-0401	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Montado en soporte lateral 8"	0-1000	PI-1793724017-4CTP-8000PCD0008			
2	8040-FIT-304	Sensor de Flujos tipo ultrasonico	Medición de flujo en línea de transporte por gravedad a tanque 8040-TN-0401 - 25"	Agua	0.98	0.001	1.07	404.9	150.74	715.4	Atm.	Atm.	-E-	-	25	0.72-1.53	4-20mA-HART	Abrazado a tubería 25"	0-1000	PI-1793724017-4CTP-8000PCD0008		

Nota. La figura muestra la hoja de datos de un flujómetro tipo ultrasónico, se muestra como ejemplo para tener en cuenta los datos necesarios para el desarrollo de hojas de datos de instrumentos.

Figura 102

Hoja de datos de equipo

PROYECTO: SISTEMA DE MANEJO DE RELAVES ESPESADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUA EN LA UNIDAD MINERA EL FORVENIR		HOJA: REV.: 2		
4.0 HOJAS DE DATOS				
Tabla 4-1: Hoja de Datos Gabinete de Control 8819-CP-001				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	REQUERIDO	OFERTADO
2 GABINETE DE CONTROL				
2.01	Fabricante	-	Biller Institute	
2.02	Modelo	-	Especifico	
2.03 Gabinete				
2.04	Tipo de instalación	-	Autoaportado	
2.05	Dimensiones (Alto/Ancho/Profundidad)	mm	210X100X800 (")	
2.06	Grado de protección	-	NEMA 12	
2.07	Material	-	Acero inoxidable	
2.08	Exterior de la carcasa - Estructura	USG	Especifico	
2.09	Exterior de la carcasa - Color	USG	Especifico	
2.10	Color de moldura - Exterior	-	RAL 7016 (gris claro)	
2.11	Color de moldura - Interior	-	Especifico	
2.12	Entrada y salida de cables (Inferior/Superior/Lateral)	-	Inferior	
2.13	Accesos (Dobleros/Carroceras y Trasteros solamente)	-	Distintos solamente	
2.14	Vista de control en la parte delantera	-	No aplica	
2.15	Tipo de cerradura	-	Cerradura con llave Veto	
2.16	Etiquetado (apilado)	-	C/0	
2.17	Ventilación (si tiene)	-	Si, con filtro	
2.18	Ocupación Física	%	en 80	
2.19	Puanteo	-	Puente de andaje	
3 CONTROLADOR				
3.01 CPU REDUNDANTE				
3.02	Procesador	-		
3.03	Fabricante	-	ABB	
3.04	Caricador	an	01	
3.05	Señal de controlador	-	PM82 (")	
3.06	Placa base	-	TP530 (")	
3.07	Memoria RAM	MB	16 (")	
3.08	Memoria Flash (firmware)	MB	2 (")	
3.09	Dispositivos de entrada de la memoria	-	Especifico	
3.10	Frecuencia de reloj	MHz	60 (")	
3.11	Número de puertos Ethernet	an	2	
3.12	Tipo de puerto de comunicación Ethernet	-	10 Mbps	
3.13	Puerto de comunicación serie RS485	an	2 (Serial)	
3.14	Puerto de comunicación serie RS485	an	2 (Serial)	
3.15	Posición de instalación (vertical/horizontal)	-	horizontal	
3.16	Protección	-	IP20	
3.17	Señal de redundancia	-	SI	
3.18	Evento por cliente CRC	eventos	1000	
3.19	Alimentación	Vdc	24	
3.20	Consumo	W	10.2 (máx.)	
3.21	Montaje	-	en DIN	
3.22		-		
3.23	Módulo de comunicación Ethernet/IP	-		
3.24	Modelo	-	C873 (")	
3.25	Fabricante	-	ABB	
3.26	Caricador	an	4	
3.27	Servicio	-	Integración de señales de 8819-SW-04A/04B Integración de CCM Control (8819-SC-002)	
3.28		-	Integración de comunicación a CPU (8819-SW-001)	
3.29		-	Integración de posición vector (8819-SW-005)	
3.30	Placa base	-	TP530 (")	
3.31	Tasa de comunicación	Mbps	10/100	
3.32	Número de puertos Ethernet	an	2	
3.33	Puerto de interconexión	-	RJ-45	
3.34	Alimentación	Vdc	24	
3.35	Consumo	W	5.6 (")	
3.36	Montaje	-	en DIN	
3.37		-		
3.38	Módulo de comunicación PROFIBET IO	-		
3.39	Modelo	-	C871 (")	
3.40	Fabricante	an	01	
3.41	Caricador	an	01	
3.42	Servicio	-	Integración de RED Primario & Secundario (8819-SW-031 & 032)	
3.43	Placa base	-	TP530 (")	
3.44	Tasa de comunicación	Mbps	10/100	
3.45	Número de puertos Ethernet	-	2	
3.46	Puerto de interconexión	-	RJ-45	
3.47	Alimentación	Vdc	24	
3.48	Consumo	W	3.5 (")	
3.49	Montaje	-	en DIN	
3.50		-		
3.51 Alimentación				
3.52	Puerto de alimentación redundante	-		
3.53	Caricador	-	SI	
3.54	Fabricante	-	ABB	
3.55	Modelo	-	SD432 (")	
3.56	Servicio	-	Montaje de energía de puerto RS (8819-SW-002)	
3.57	Placa base	-	TP530 (")	
3.58	Tasa de comunicación	Mbps	10/100	
3.59	Número de puertos Ethernet	-	2	
3.60	Puerto de interconexión	-	RJ-45	
3.61	Alimentación	Vdc	24	
3.62	Consumo	W	3.5 (")	
3.63	Montaje	-	en DIN	
3.64		-		
3.65 ALIMENTACIÓN				
3.66	Puerto de alimentación redundante	-		
3.67	Caricador	-	SI	
3.68	Fabricante	-	ABB	
3.69	Modelo	-	SD432 (")	
3.70	Servicio	-	Etiquetado de Red Primario & Secundario	
3.71	Placa base	-	TP530 (")	
3.72	Tasa de comunicación	Mbps	1	
3.73	Interfaz	-	Clasificación de módulo de bus	
3.74	Alimentación	Vdc	24	
3.75	Consumo	W	2.8	
3.76	Montaje	-	en DIN	
3.77	Consumo	-	Reservado	
3.78		-		
3.79 Módulo de Entradas Digitales				
3.80	Caricador	-	SI	
3.81	Fabricante	-	ABB	
3.82	Modelo	-	D828 (")	
3.83	Placa base	-	TP530 (")	
3.84	Cable de entrada	-	Reservado	
3.85	Voltage de entrada (range de funcionamiento)	Vdc/Hz	120/60	
3.86	Número de entradas	-	16	
3.87	Alimentación por estado	an	SI	
3.88		-		
3.89 Módulo de Salidas Digitales				
3.90	Caricador	-	SI	
3.91	Fabricante	-	ABB	
3.92	Modelo	-	DCR29 (")	
3.93	Placa base	-	TP530 (")	
3.94	Caricador de salida nominal por punto	mA	Especifico	
3.95	Potencia máxima de disipación	W	Especifico	
3.96	Tipo de salida (Vdc/Voltage/Termistor)	-	Relé	
3.97	Número de salidas	-	16	
3.98	Voltage de salida (rango de operación) Frecuencia	Vdc/Hz	120/60	
3.99	Redundancia	an	No	
3.100	Alimentación por estado	an	SI	
3.101		-		
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107		-		
3.108		-		
3.109		-		
3.110		-		
3.101	Alimentación por estado	an	SI	
3.102		-		
3.103		-		
3.104		-		
3.105		-		
3.106		-		
3.107				

ANEXO G:

LISTADO DE SEÑALES

Figura 103

Listado de señales

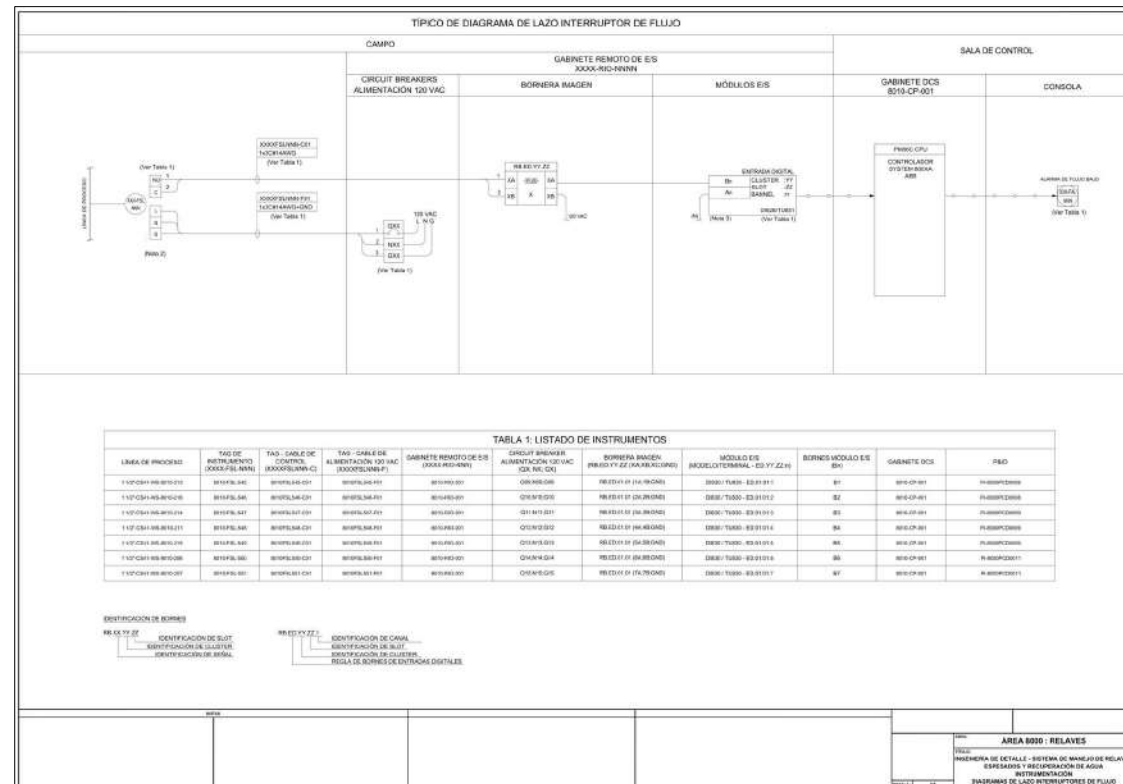
TÍTULO PROYECTO : SISTEMA DE MANEJO DE RELAVES ESPESADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUA EN LA UNIDAD MINERA EL PORVENIR DOCUMENTO: LISTADO DE SEÑALES												
LISTADO DE SEÑALES DE INSTRUMENTOS												
Item	Tag	Descripción de señal	Servicio	Gabinete de Control	Gabinete RIO	Alimentación Eléctrica	Señal		MÓDULO RIO	SLOT	CANAL	Diagrama de Lazo
							Tipo	Particular				
1.00	8010-LI-346	Indicación de nivel	Medición de nivel en Caja de bombas 400-CJ-101	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	4	6	DL-8000IN50008
2.00	8010-FI-347	Indicación de flujo	Medición de flujo en línea de impulsión de bomba 400-BH-0101A a espesador	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	2	1	DL-8000IN50003
3.00	8010-DI-347	Indicación de densidad	Medición de densidad en línea de impulsión de bomba 400-BH-0101A a espesador	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	3	1	DL-8000IN50004
4.00	8070-ZA-501	Sensor de detección de disco de ruptura	Detección de ruptura de disco 3" 8070-SDR-001	8010-CP-001	8010-RIO-001	120 VAC	DI	120 VAC	DI828 / TU851	1	12	DL-8000IN50001
5.00	8070-ZA-502	Sensor de detección de disco de ruptura	Detección de ruptura de disco 3" 8070-SDR-002	8010-CP-001	8010-RIO-001	120 VAC	DI	120 VAC	DI828 / TU851	1	13	DL-8000IN50001
6.00	8010-FI-348	Indicación de flujo	Medición de flujo en línea de impulsión de bomba 400-BH-0101B a espesador	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	2	2	DL-8000IN50003
7.00	8010-DI-348	Indicación de densidad	Medición de densidad en línea de impulsión de bomba 400-BH-0101B a espesador	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	3	2	DL-8000IN50004
8.00	8010-FI-349	Indicación de flujo	Medición de flujo en línea de impulsión de bomba 400-BH-0101C a espesador	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	2	3	DL-8000IN50003
9.00	8010-DI-349	Indicación de densidad	Medición de densidad en línea de impulsión de bomba 400-BH-0101C a espesador	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	3	3	DL-8000IN50004
10.00	8010-FI-350	Indicación de flujo	Medición de flujo en línea de impulsión de bomba 400-BH-0101D a espesador	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	2	4	DL-8000IN50003
11.00	8010-DI-350	Indicación de densidad	Medición de densidad en línea de impulsión de bomba 400-BH-0101D a espesador	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	3	4	DL-8000IN50004
12.00	8010-PI-412	Indicación de presión	Medición de presión en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0801A	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	4	1	DL-8000IN50007
13.00	8010-PI-414	Indicación de presión	Medición de presión en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0801B	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	4	2	DL-8000IN50007
14.00	8010-DI-419	Indicación de densidad	Medición de densidad en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0801A a nido de ciclones	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	3	5	DL-8000IN50004
15.00	8010-ZSO-419	Obturator abierto de fuente emisora de rayos gamma	Protección de fuente emisora 8010-DX-419	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	DI	120 VAC	DI828 / TU851	1	9	DL-8000IN50004
16.00	8010-ZSO-419	Obturator cerrado de fuente emisora de rayos gamma	Protección de fuente emisora 8010-DX-419	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	DI	120 VAC	DI828 / TU851	1	10	DL-8000IN50004
17.00	8010-HS-419	Control de obturador de fuente emisora de rayos gamma	Protección de fuente emisora 8010-DX-419	8010-CP-001	8010-RIO-002	-	DO	120 VAC	DO840 / TU819	6	5	DL-8000IN50004
18.00	8010-FI-419	Indicación de flujo	Medición de flujo en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0801A a nido de ciclones	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	2	5	DL-8000IN50003
19.00	8010-LI-352	Indicación de nivel	Medición de nivel en cajón de bombas 8010-CJ-0803	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	4	7	DL-8000IN50008
20.00	8010-LI-353	Indicación de nivel	Medición de nivel en cajón de bombas 8010-CJ-0802	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	4	8	DL-8000IN50008
21.00	8010-FI-420	Indicación de flujo	Medición de flujo en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0801B a nido de ciclones 8010-CS-0801@0802	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	2	6	DL-8000IN50003
22.00	8010-DI-420	Indicación de densidad	Medición de densidad en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0801B a nido de ciclones 8010-CS-0801@0802	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	3	6	DL-8000IN50004
23.00	8010-ZSO-420	Obturator abierto de fuente emisora de rayos gamma	Protección de fuente emisora 8010-DX-420	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	DI	120 VAC	DI828 / TU851	1	11	DL-8000IN50004
24.00	8010-ZSO-420	Obturator cerrado de fuente emisora de rayos gamma	Protección de fuente emisora 8010-DX-420	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	DI	120 VAC	DI828 / TU851	1	12	DL-8000IN50004
25.00	8010-HS-420	Control de obturador de fuente emisora de rayos gamma	Protección de fuente emisora 8010-DX-420	8010-CP-001	8010-RIO-002	-	DO	120 VAC	DO840 / TU819	6	6	DL-8000IN50004
26.00	8010-PI-339	Indicación de presión	Medición de presión en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0803A/B	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	4	3	DL-8000IN50007
27.00	8010-PI-343	Indicación de presión	Medición de presión en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0803A/B	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	4	4	DL-8000IN50007
28.00	8010-FI-340	Indicación de flujo	Medición de flujo en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0803A/B	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	2	7	DL-8000IN50003
29.00	8010-DI-340	Indicación de densidad	Medición de densidad en línea de impulsión de bomba 8010-BH-0803A/B	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	3	7	DL-8000IN50004
30.00	8010-ZSO-340	Obturator abierto de fuente emisora de rayos gamma	Protección de fuente emisora 8010-DX-340	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	DI	120 VAC	DI828 / TU851	1	13	DL-8000IN50004
31.00	8010-ZSO-340	Obturator cerrado de fuente emisora de rayos gamma	Protección de fuente emisora 8010-DX-340	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC	DI	120 VAC	DI828 / TU851	1	14	DL-8000IN50004
32.00	8010-HS-340	Control de obturador de fuente emisora de rayos gamma	Protección de fuente emisora 8010-DX-340	8010-CP-001	8010-RIO-002	-	DO	120 VAC	DO840 / TU819	6	7	DL-8000IN50004
33.00	8010-LI-318	Indicación de nivel	Tanque de mezcla 8010-TN-0801	8010-CP-001	8010-RIO-002	120 VAC (Loop Powered)	AI	4 - 20 mA	AI815 / TU810	5	1	DL-8000IN50008

Nota. La figura muestra una parte del listado de señales de los instrumentos, en la columnas se indica los datos necesarios para un correcto entendimiento para la integración de estas señales al DCS.

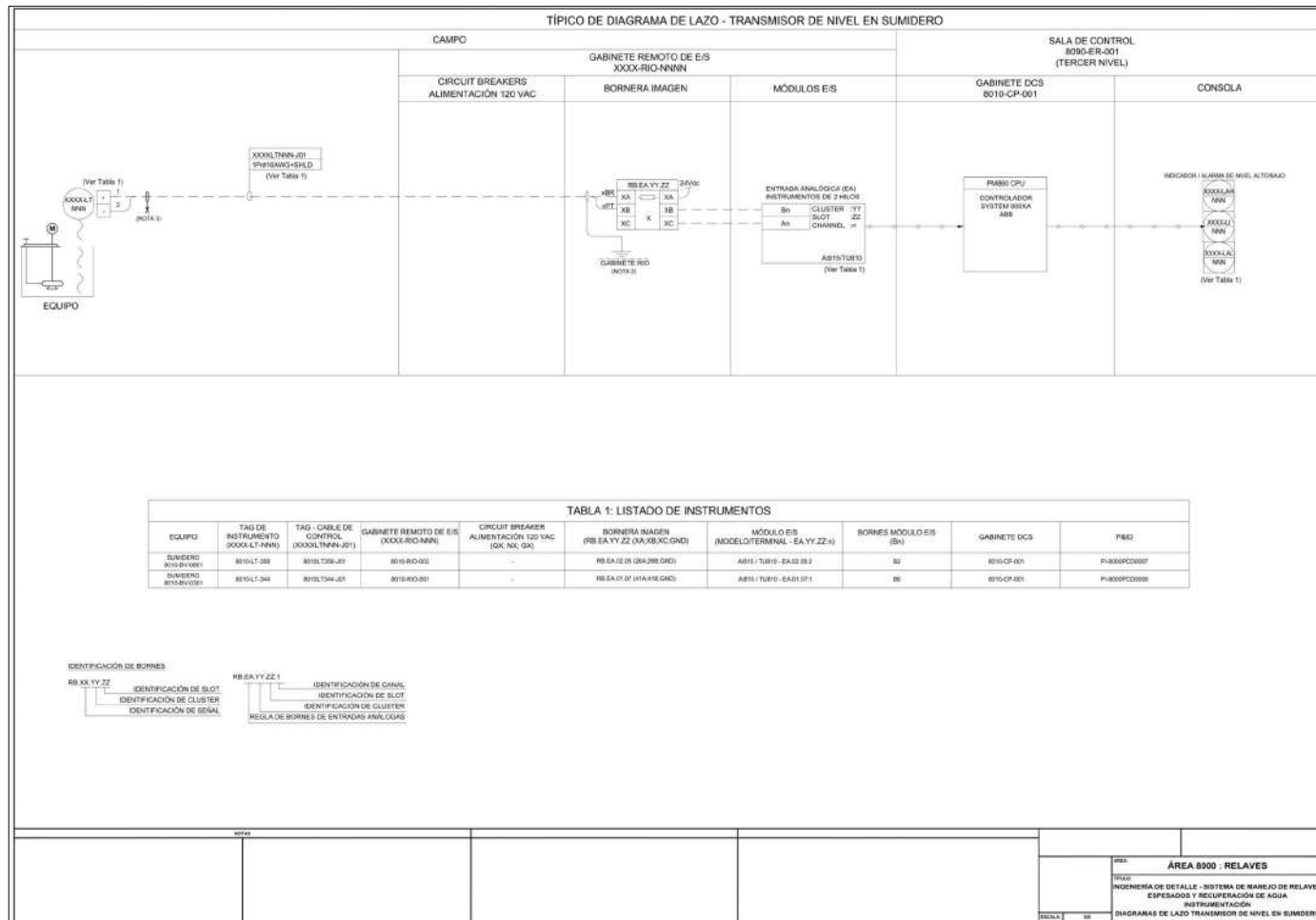
ANEXO H: DIAGRAMAS DE LAZO

Figura 104

Diagramas de lazo de interruptor de flujo



Nota. La figura muestra el diagrama de lazo de un interruptor de flujo, se observa el conexionado de señales de contacto 120 vac y alimentación 120 vac. En la parte inferior se observa una tabla con el listado de interruptores de flujo.

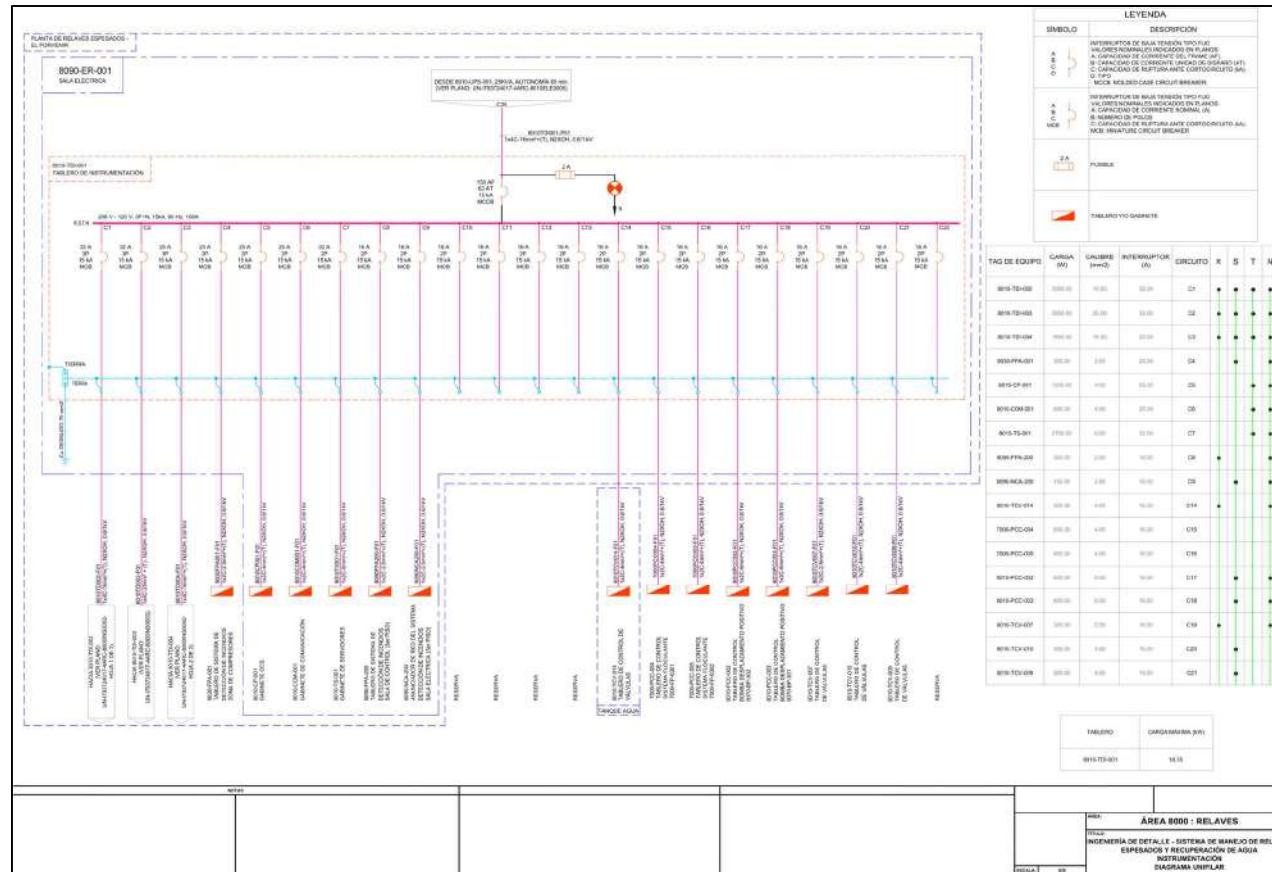
Figura 105*Diagramas de lazo de transmisor de nivel*

Nota. La figura muestra el diagrama de lazo de un transmisor de nivel, se observa el conexionado de instrumentos de 2 hilos (4-20 mA loop powered). En la parte inferior se observa una tabla con el listado de transmisores de nivel para sumidero.

ANEXO I: DIAGRAMAS UNIFILARES

Figura 107

Diagrama unifilar de instrumentación



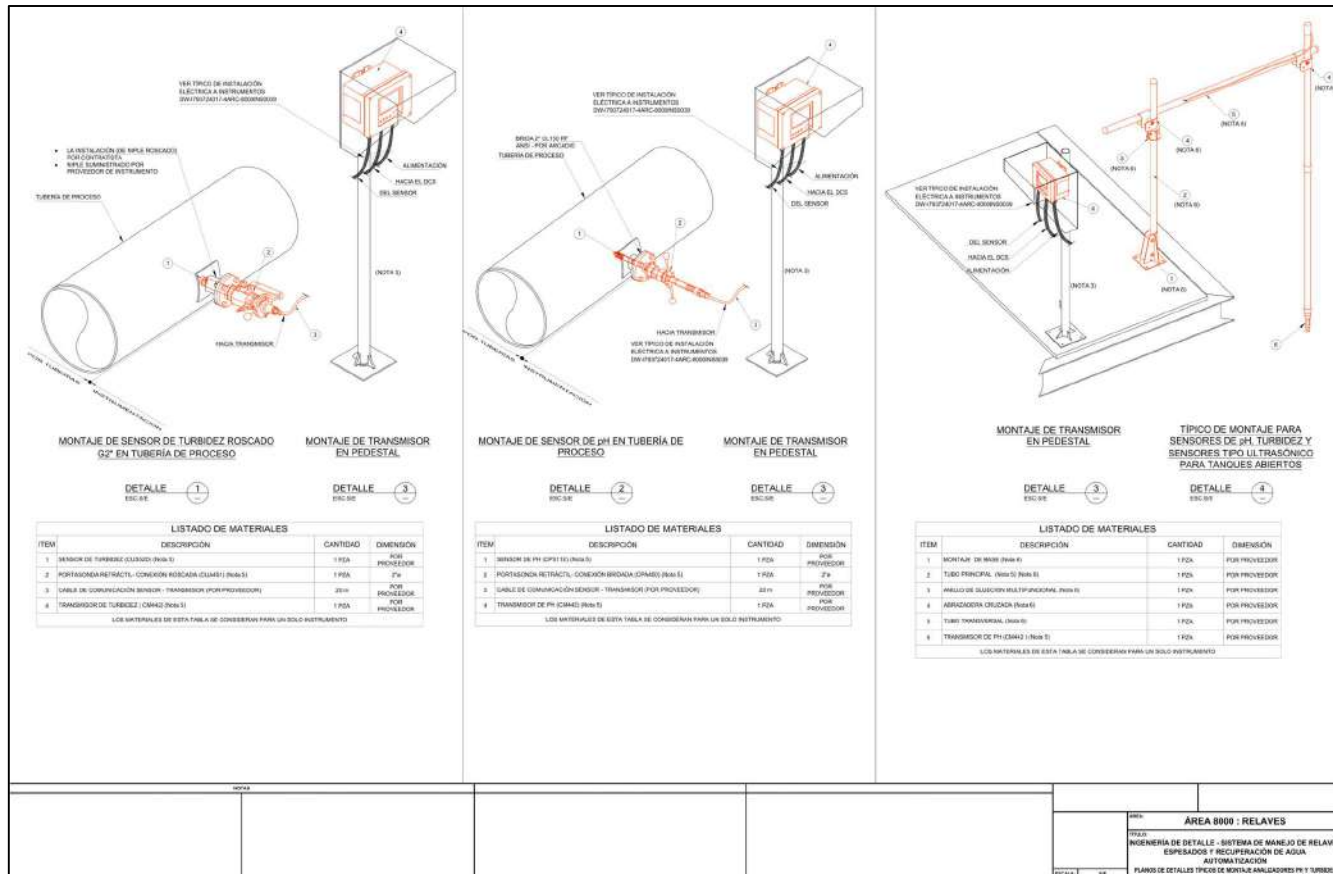
Nota. La figura muestra el diagrama unifilar de instrumentación en 120 Vac, el cual es usado para alimentar exclusivamente equipos de control y comunicación, en la parte derecha se observa el balance de cargas y las potencias de cada equipo conectados a este unifilar.

ANEXO J:

PLANOS ESTÁNDARES DE INSTALACIÓN

Figura 108

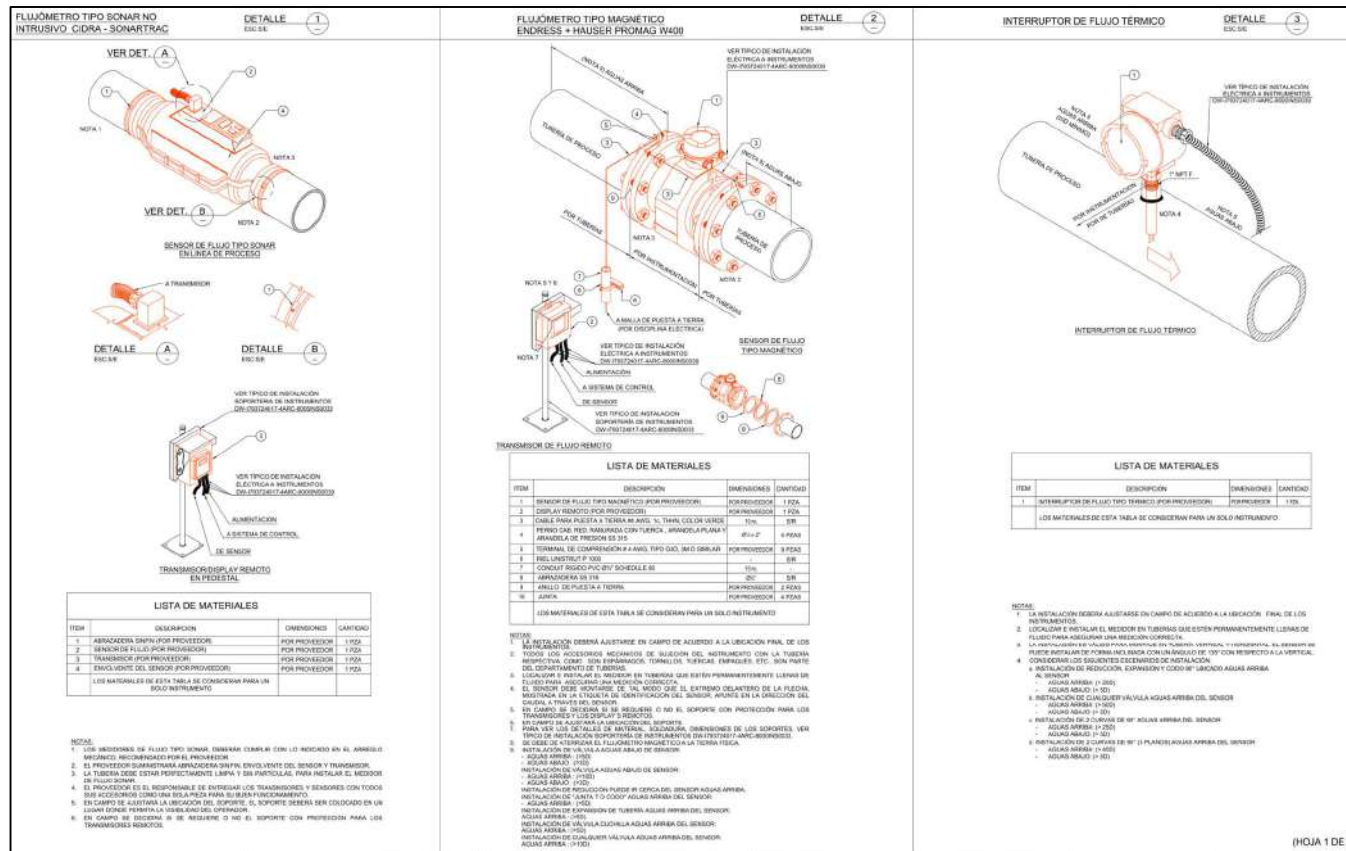
Plano estándar de instalación de analizadores



Nota. La figura muestra el plano de estandar de instalación de analizadores de pH y turbidez para montajes en brida, niple y soporte. Incluyen una tabla con la lista de materiales necesarios para el correcto montaje del instrumento.

Figura 109

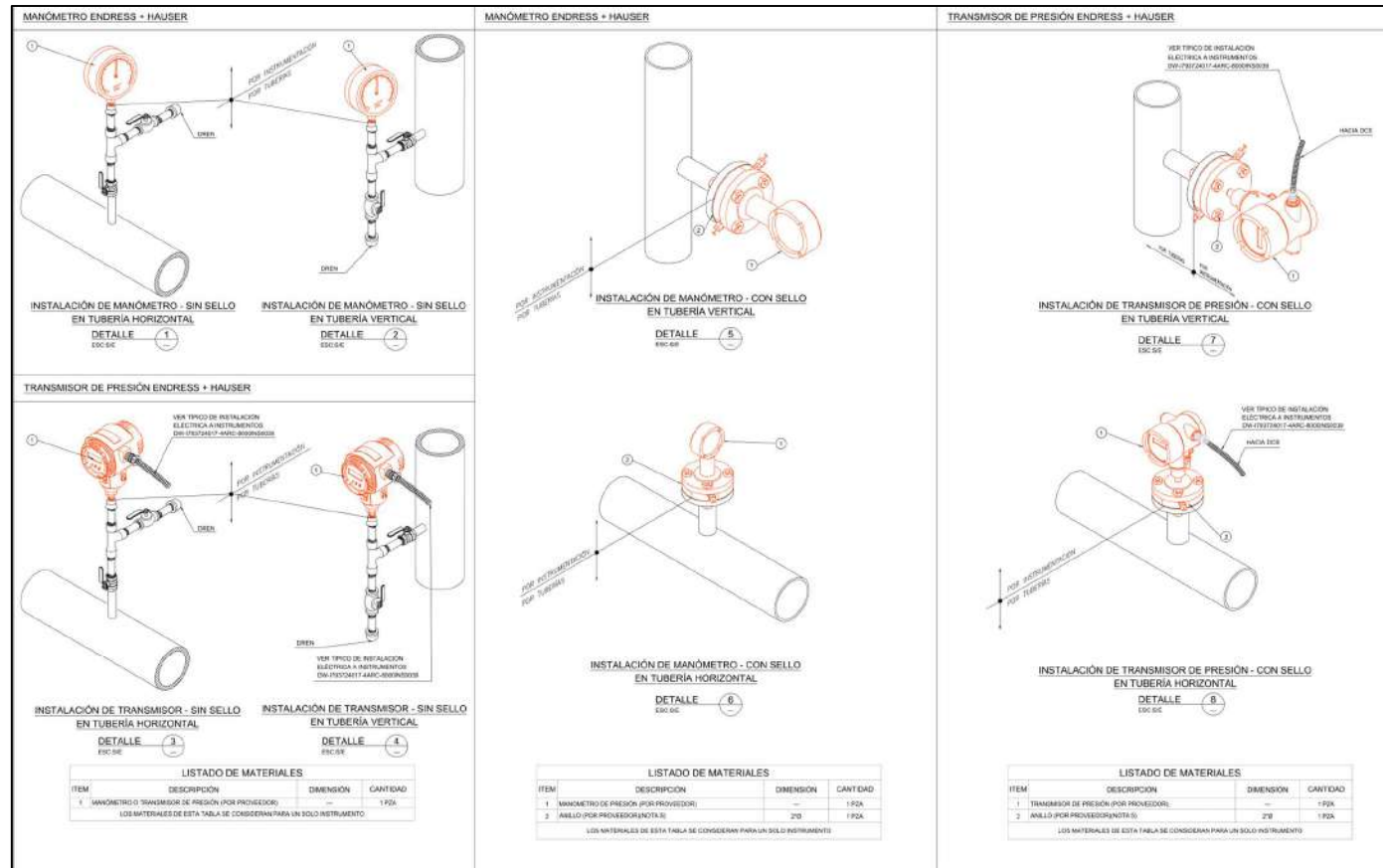
Plano estándar de instalación de flujómetros



Nota. La figura muestra el plano de estandar de instalación de flujómetros tipo sonar, magnético e interruptor de flujo, incluyen una tabla con la lista de materiales necesarios para el correcto montaje del instrumento y además las notas necesarias que el constructor deberá tener en cuenta para su correcto funcionamiento.

Figura 110

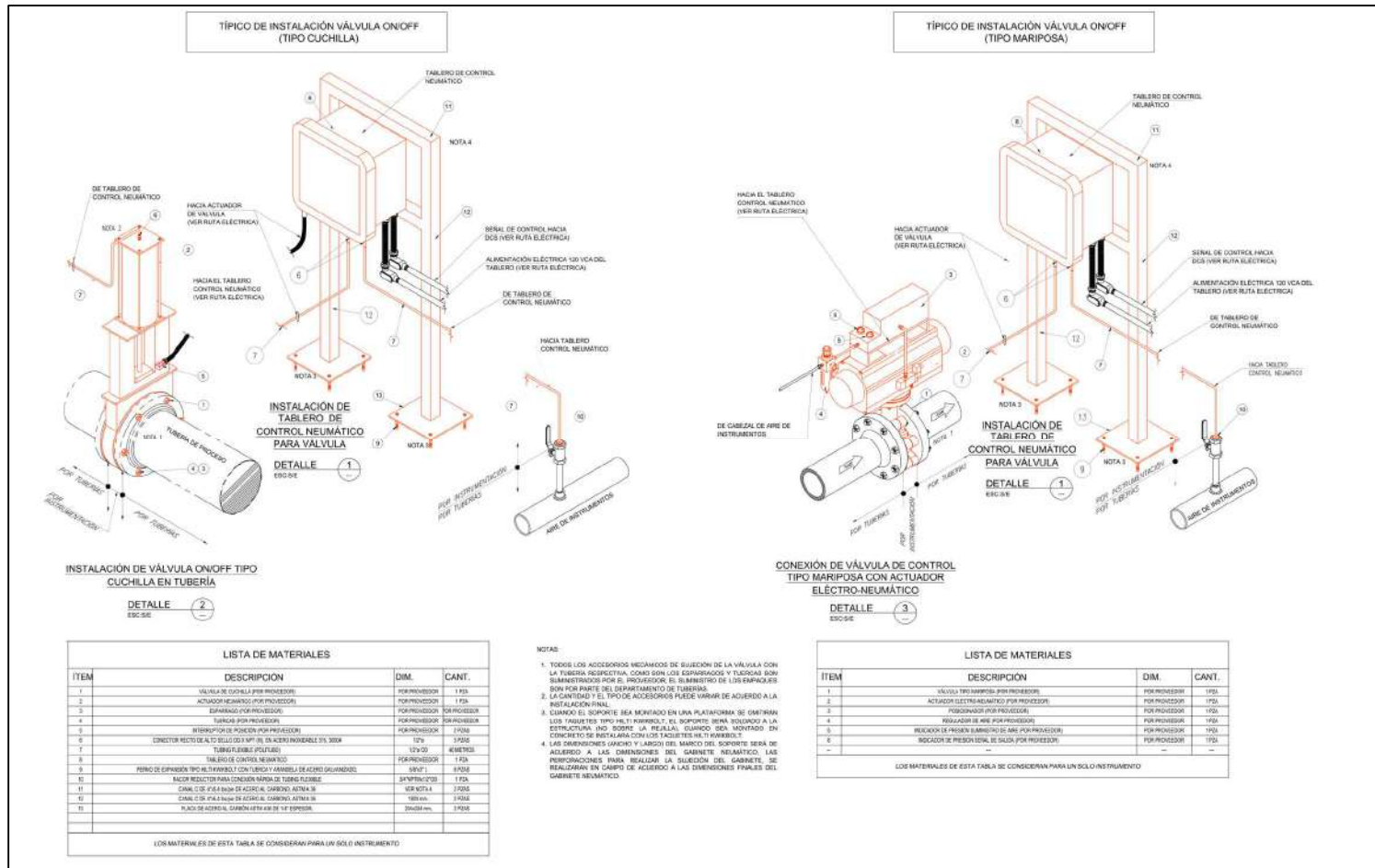
Plano estándar de instalación sensores de presión



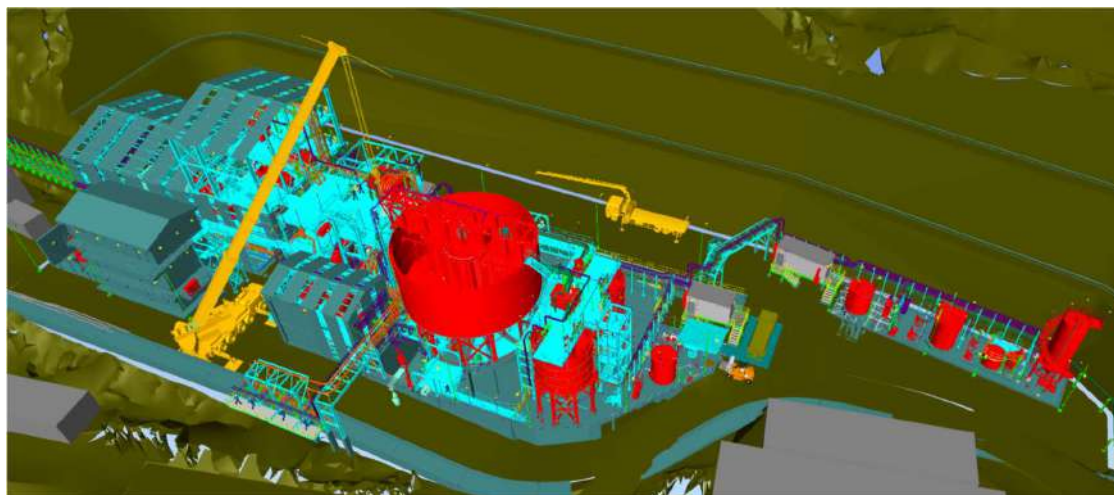
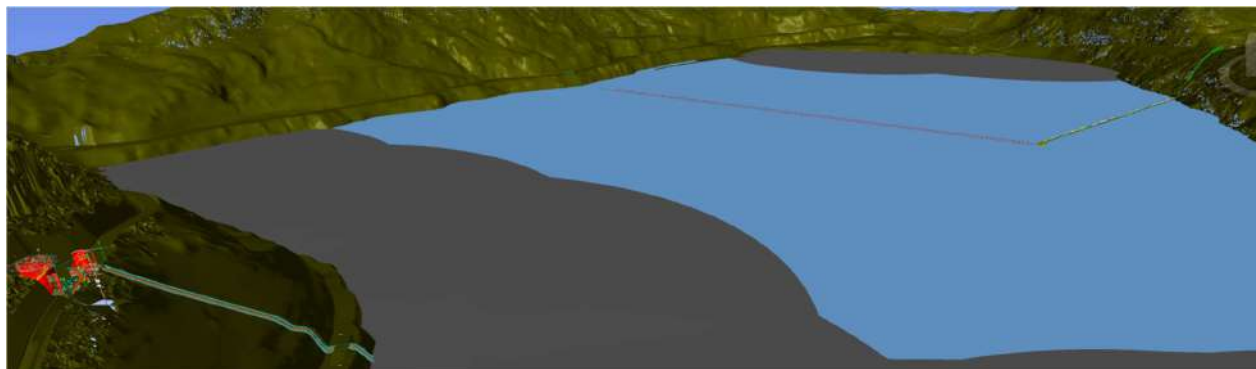
Nota. La figura muestra el plano de estandar de instalación sensores de presión, incluyen una tabla con la lista de materiales necesarios para el correcto montaje del instrumento y además las notas necesarias que el constructor deberá tener en cuenta para su correcto funcionamiento.

Figura 111

Plano estándar de instalación válvulas de control on/off



Nota. La figura muestra el plano de estandar de instalación válvulas de control on/off con accionamiento neumático y su tablero de control de válvulas (TCV), incluyen una tabla con la lista de materiales necesarios para el correcto montaje de la válvula.

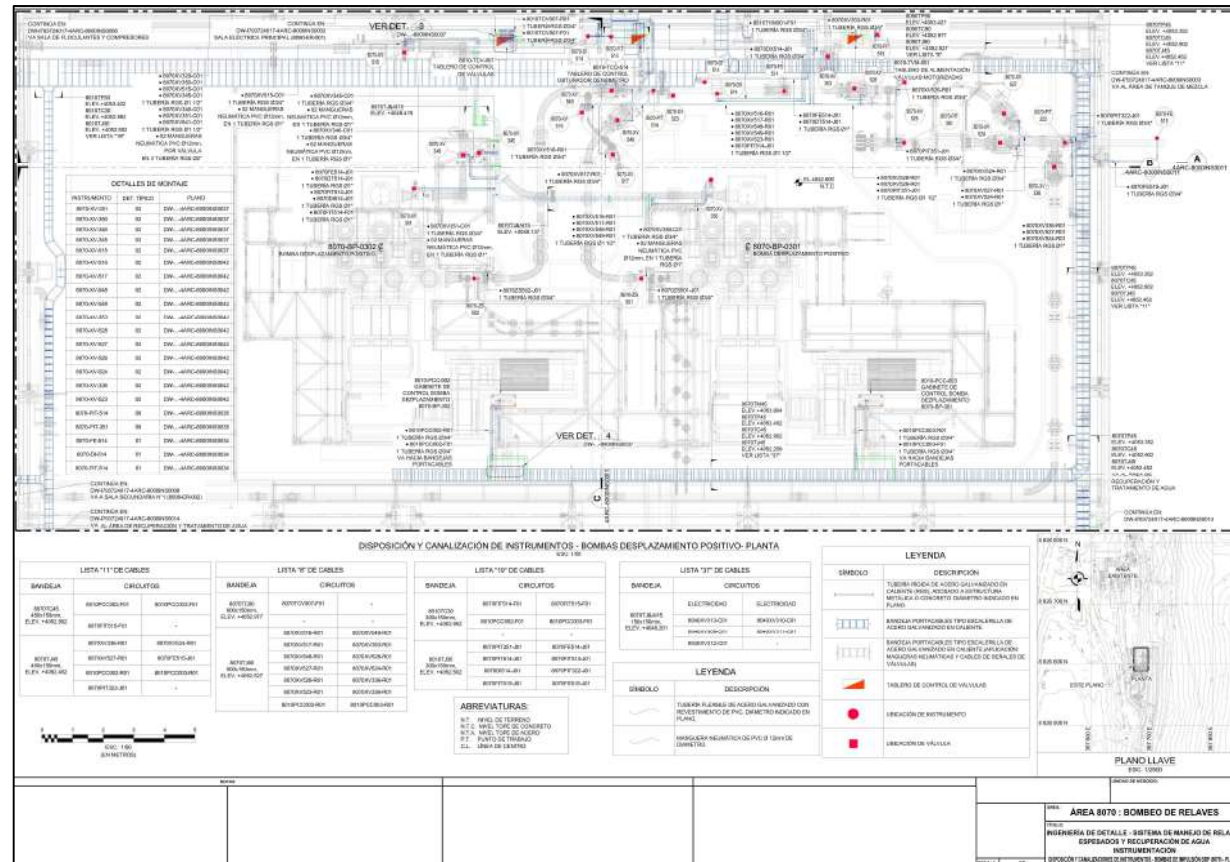
ANEXO K:**MODELO 3D DE LA PLANTA****Figura 112***Modelo 3D planta El Porvenir***Figura 113***Modelo 3D planta Atacocha*

ANEXO L:

UBICACIÓN Y CANALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Figura 114

Plano de ubicación y canalización de instrumentos y equipos



Nota. La figura muestra el plano de canalización de instrumentos y equipos del área de bombas de desplazamiento positivo (8070), se puede observar el tipo de simbología que se usa para identificar a instrumentos y válvulas, como también el tag y recorrido de los circuitos de señal y alimentación.

ANEXO M:

LISTADO DE CABLES

Figura 115

Listado de cables

PROYECTO:

SISTEMA DE MANEJO DE RELAVES ESPESADORES Y RECUPERACIÓN DE AGUA

DOCUMENTO:

LISTA DE CABLES

LISTADO DE CABLES

ITEM	Tipo de cable	Tipo de cable	Tipo de señal	Función	DESDE	HASTA	RUTEO DE CIRCUITO		Conductores	Longitud total (m)	Diagrama de lazo y conexiones	Plano de ubicación
							Conductores	Longitud				
1	8010PFL345-C01	C01	1x6 #14 AWG	120 VAC	Señal de control	8010-PFL-345	8010-PFL-001	13	13	40	DL-8000000001	DW-8000000008
2	8010PFL346-C01	C01	1x6 #14 AWG	120 VAC	Señal de control	8010-PFL-346	8010-PFL-001	12	12	35	DL-8000000002	DW-8000000009
3	8010PFL347-C01	C01	1x6 #14 AWG	120 VAC	Señal de control	8010-PFL-347	8010-PFL-001	12	12	35	DL-8000000003	DW-8000000010
4	8010PFL348-C01	C01	1x6 #14 AWG	120 VAC	Señal de control	8010-PFL-348	8010-PFL-001	12	12	35	DL-8000000004	DW-8000000011
5	8010PFL349-C01	C01	1x6 #14 AWG	120 VAC	Señal de control	8010-PFL-349	8010-PFL-001	12	12	35	DL-8000000005	DW-8000000012
6	8010PFL350-C01	C01	1x6 #14 AWG	120 VAC	Señal de control	8010-PFL-350	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000006	DW-8000000013
7	8010PFL351-C01	C01	1x6 #14 AWG	120 VAC	Señal de control	8010-PFL-351	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000007	DW-8000000014
8	8010PFL352-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-352	8010-PFL-001	13	13	40	DL-8000000008	DW-8000000015
9	8010PFL353-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-353	8010-PFL-001	13	13	40	DL-8000000009	DW-8000000016
10	8010PFL354-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-354	8010-PFL-001	12	12	35	DL-8000000010	DW-8000000017
11	8010PFL354-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-354	8010-PFL-001	12	12	35	DL-8000000010	DW-8000000017
12	8010PFL354-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-354	8010-PFL-001	12	12	35	DL-8000000010	DW-8000000017
13	8010PFL355-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-355	8010-PFL-001	12	12	35	DL-8000000011	DW-8000000018
14	8010PFL355-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-355	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000011	DW-8000000018
15	8010PFL355-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-355	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000011	DW-8000000018
16	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
17	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
18	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
19	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
20	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
21	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
22	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
23	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
24	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
25	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
26	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
27	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
28	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
29	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
30	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
31	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
32	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
33	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
34	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
35	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
36	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
37	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
38	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
39	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
40	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
41	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
42	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
43	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
44	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
45	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
46	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
47	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
48	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
49	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
50	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
51	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
52	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
53	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
54	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
55	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
56	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
57	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
58	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
59	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
60	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
61	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
62	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
63	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
64	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
65	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
66	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
67	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
68	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
69	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
70	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
71	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
72	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
73	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
74	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
75	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
76	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
77	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
78	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
79	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
80	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	DW-8000000019
81	8010PFL356-F01	F01	1x2x12 #16 AWG	-	Alimentación eléctrica	8010-PFL-356	8010-PFL-001	15	15	30	DL-8000000012	

Nota. La figura muestra una parte del listado de cables desarrollado, en las columnas se indica los datos necesarios para un correcto entendimiento para el tendido en campo durante la implementación.

ANEXO N: LISTADO DE MATERIALES

Figura 116

Listados de materiales tanques agitadores

TÍTULO							HOJA:
PROYECTO: SISTEMA DE MANEJO DE RELAYES ESPESADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUA							
DOCUMENTO: LISTADO DE MATERIALES							Rev.
Item	Description	Dimensiones	Unid.	Qty	Allowance	Qty Total	Observations
1 TANQUES DE PRECARGA - AREA 0010							
1 EQUIPOS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN							
8010-TCV-005/006	Gabinete electroneumático (800x600x300) mm, Integración de señales de posición de válvulas de control ON/OFF neumáticas mediante RIO y comando de apertura y/o cierre mediante manifold con protocolo Ethernet/IP. Equipos se deben integrar en un switch de comunicación con Ethernet/IP. Manifold de aire dispone de: 3/2 solenoides para simple efecto, 5/3 solenoides para doble efecto.	-	Gib	2	0	2	
2 INSTRUMENTOS Y VALVULAS DE CONTROL DE CAMPO							
8010-XV-004	válvula tipo Cuchilla, actuadorLineal - Electroneumático, ON/OFF, Brides 4" FF ANSI/ASME B16.5, clase150	4"	Un.	1	0	1	
8010-XV-505	válvula tipo Cuchilla, actuadorLineal - Electroneumático, ON/OFF, Brides 4" FF ANSI/ASME B16.5, clase150	4"	Un.	1	0	1	
8010-XV-398	válvula tipo Cuchilla, actuadorLineal - Electroneumático, ON/OFF, Brides 10" FF ANSI/ASME B16.5, clase150	10"	Un.	1	0	1	
8010-XV-507	válvula tipo Cuchilla, actuadorLineal - Electroneumático, ON/OFF, Brides 4" FF ANSI/ASME B16.5, clase150	4"	Un.	1	0	1	
8010-XV-502	válvula tipo Cuchilla, actuadorLineal - Electroneumático, ON/OFF, Brides 4" FF ANSI/ASME B16.5, clase150	4"	Un.	1	0	1	
8010-XV-387	válvula tipo Cuchilla, actuadorLineal - Electroneumático, ON/OFF, Brides 10" FF ANSI/ASME B16.5, clase150	10"	Un.	1	0	1	
8010-XV-263	válvula tipo Bola, actuadorRotativo - Electroneumático, ON/OFF, Rosca NPT 1 1/2", clase150	1 1/2"	Un.	1	0	1	
8010-XV-264	válvula tipo Bola, actuadorRotativo - Electroneumático, ON/OFF, Rosca NPT 1 1/2", clase150	1 1/2"	Un.	1	0	1	
3 ACCESORIOS ELECTRICOS							
	Curva vertical de 90° interior de Bandaje Portacable tipo escalerita de acero galvanizado. Incluye: Placas de empalmes, 150x150mm	150 mm x 150 mm	Un.	1	15%	1	
	Curva horizontal de 90° de Bandaje Portacable tipo escalerita de acero galvanizado. Incluye: Placas de empalmes, 150x150mm	150 mm x 150 mm	Un.	7	15%	8	
	Curva vertical de 90° exterior de Bandaje Portacable tipo escalerita de acero galvanizado. Incluye: Placas de empalmes, 150x150mm	150 mm x 150 mm	Un.	2	15%	2	
	Curva vertical de 90° interior de Bandaje Portacable tipo escalerita de acero galvanizado. Incluye: Placas de empalmes, 300x150mm	300 mm x 150 mm	Un.	7	15%	8	
	Curva horizontal de 90° de Bandaje Portacable tipo escalerita de acero galvanizado. Incluye: Placas de empalmes, 300x150mm	300 mm x 150 mm	Un.	12	15%	14	
	Curva vertical de 90° exterior de Bandaje Portacable tipo escalerita de acero galvanizado. Incluye: Placas de empalmes, 300x150mm	300 mm x 150 mm	Un.	9	15%	10	
	Curva vertical de 90° interior de Bandaje Portacable tipo escalerita de acero galvanizado. Incluye: Placas de empalmes, 200x150mm	200 mm x 150 mm	Un.	2	15%	2	
	Curva vertical de 90° interior de Bandaje Portacable tipo escalerita de acero galvanizado. Incluye: Placas de empalmes, 200x150mm	200 mm x 150 mm	Un.	1	15%	1	
	Tee de Bandaje Portacable tipo escalerita de acero galvanizado. Incluye: Placas de empalmes, 300x150mm	300 mm x 150 mm	Un.	3	15%	3	
	Bandejas escalerita Acero Galvanizado 150x150 x 3 m Clase 20C. Incluye Placas de empalmes	150 mm x 150 mm x 3 m	Un.	11	15%	13	
	Bandejas escalerita Acero Galvanizado 200x150 x 3 m Clase 20C. Incluye Placas de empalmes	200 mm x 150 mm x 3 m	Un.	9	15%	10	
	Bandejas escalerita Acero Galvanizado 300x150 x 3 m Clase 20C. Incluye Placas de empalmes	300 mm x 150 mm x 3 m	Un.	32	15%	37	
	Conduit de Acero Galvanizado RGS Ø3/4"x3m.	Ø 3/4" x 3 m	Un.	140	15%	161	
	Conduit de Acero Galvanizado RGS Ø1"x3m.	Ø 1" x 3 m	Un.	170	15%	196	
	Conduit de Acero Galvanizado RGS Ø1 1/2"x3m.	Ø 1 1/2" x 3 m	Un.	39	15%	45	
	Conduit de Acero Galvanizado RGS Ø2"x3m.	Ø 2" x 3 m	Un.	13	15%	15	
	Conduit flexible liquid-tight, ø3/4", material: acero, acabado: galvanizado, material de recubrimiento: PVC.	Ø 3/4"	m.	30	15%	32	
	Conduit flexible liquid-tight, ø1", material: acero, acabado: galvanizado, material de recubrimiento: PVC.	Ø 1"	m.	100	15%	115	
	Conduit flexible liquid-tight, ø1 1/2", material: acero, acabado: galvanizado, material de recubrimiento: PVC.	Ø 1 1/2"	m.	100	15%	115	
	Conduit flexible liquid-tight, ø2", material: acero, acabado: galvanizado, material de recubrimiento: PVC.	Ø 2"	m.	20	15%	23	
	Curva conduit 90°, ø1", material: acero, acabado: galvanizado, material de recubrimiento: PVC.	Ø 1 1/2"	Un.	91	15%	105	
	Curva conduit 90°, ø1", material: acero, acabado: galvanizado, material de recubrimiento: PVC.	Ø 1"	Un.	167	15%	192	
	Curva conduit 90°, ø2", material: acero, acabado: galvanizado, material de recubrimiento: PVC.	Ø 2"	Un.	33	15%	38	
	Curva conduit 90, 3/4", material: acero, acabado: galvanizado, material de recubrimiento: PVC.	Ø 3/4"	Un.	128	15%	147	
	Rod unistrut, 1 5/8" x 1 5/8", tipo: Half Slot, material: acero, acabado: galvanizado, longitud: 3 m.	1 5/8" x 1 5/8" x 3 m	Un.	18	15%	21	
	Abrazadera para tubería, ø3/4", material: acero, acabado: galvanizado. Incluye: tornillo y tuerca.	Ø 3/4"	Un.	45	15%	52	
	Abrazadera para tubería, ø1 1/2", material: acero, acabado: galvanizado. Incluye: tornillo y tuerca.	Ø 1"	Un.	80	15%	92	
	Abrazadera para tubería, ø1", material: acero, acabado: galvanizado. Incluye: tornillo y tuerca.	Ø 3/4"	Un.	45	15%	52	
	Abrazadera para tubería, ø2", material: acero, acabado: galvanizado. Incluye: tornillo y tuerca.	Ø 1"	Un.	30	15%	35	
	Conector recto liquid-tight, ø3/4", material: zinc, conexión: rosca, protección: NEMA 4X.	Ø 1 1/2"	Un.	30	15%	35	
	Conector recto liquid-tight, ø1", material: zinc, conexión: rosca, protección: NEMA 4X.	Ø 2"	Un.	25	15%	29	
	Conector recto liquid-tight, ø1 1/2", material: zinc, conexión: rosca, protección: NEMA 4X.	Ø 2"	Un.	35	15%	40	
	Unión, ø3/4", conexión: rosca, material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	20	15%	23	
	Unión, ø1", conexión: rosca, material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 1 1/2"	Un.	30	15%	35	
	Unión, ø1 1/2", conexión: rosca, material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	30	15%	35	
	Unión, ø2", conexión: rosca, material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 1 1/2"	Un.	15	15%	17	
	Conduit LB, ø3/4", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	49	15%	56	
	Conduit LB, ø1", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	46	15%	53	
	Conduit T, ø3/4", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	4	15%	5	
	Conduit LB, ø1 1/2", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 1 1/2"	Un.	3	15%	3	
	Conduit LB, ø2", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 1 1/2"	Un.	5	15%	6	
	Conduit T, ø1", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	10	15%	12	
	Conduit T, ø1 1/2", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	2	15%	2	
	Conduit T, ø1" - ø1" - ø3/4", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	13	15%	15	
	Conduit T, ø1 1/2" - ø1 1/2" - ø3/4", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	2	15%	2	
	Conduit T, ø1 1/2" - ø1 1/2" - ø1", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	2	15%	2	
	Conduit LB, ø1" - ø3/4", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	2	15%	2	
	Conduit T, ø2", material: acero, acabado: galvanizado.	Ø 3/4"	Un.	5	15%	6	
	Caja de piso de acero galvanizado - Sistema Eléctrico, 100x100x50 mm	100x100x50 mm	Un.	6	15%	7	
	Tubing flexible ø3/4", PVC	ø 3/4"	m.	480	15%	552	
	Bushing 3/4"	ø 3/4"	m.	16	15%	18	
5 CABLES DE ALIMENTACIÓN							
	Cable de alimentación, 2c+G, 14 AWG, clase B, stranded bare copper, aislamiento XLPE/XHHW-2 (90°C), UL tipo TC, 600V, cubierta PVC retardante a flama y resistente UV.	2c+G, 14 AWG	m.	478	15%	550	
	Cable de alimentación, 2C+T, 5mm2, clase B, stranded bare copper, aislamiento XLPE/XHHW-2 (90°C), UL tipo TC, 600V, cubierta PVC retardante a flama y resistente UV.	2C+T, 5mm2	m.	78	15%	90	
	Cable de alimentación, 2C+T, 4mm2, clase B, stranded bare copper, aislamiento XLPE/XHHW-2 (90°C), UL tipo TC, 600V, cubierta PVC retardante a flama y resistente UV.	2C+T, 4mm2	m.	206	15%	238	
	Cable de alimentación, 2C+T, 2.5mm2, clase B, stranded bare copper, aislamiento XLPE/XHHW-2 (90°C), UL tipo TC, 600V, cubierta PVC retardante a flama y resistente UV.	2C+T, 2.5mm2	m.	104	15%	120	
	Cable de alimentación, 2C+T, 6mm2, clase B, stranded bare copper, aislamiento XLPE/XHHW-2 (90°C), UL tipo TC, 600V, cubierta PVC retardante a flama y resistente UV.	2C+T, 6mm2	m.	26	15%	30	
6 CABLES DE INSTRUMENTACIÓN							
	Cable de Control, 1-5C14AWG, Clase B, Stranded Bare copper, aislamiento XLPE/XHHW-2 (90°C), UL tipo TC, 600V, cubierta PVC retardante a flama y resistente UV.	5C14AWG	m.	550	15%	633	
7 CABLES DE COMUNICACIÓN							
	Cable de comunicación 5FTP Cat.6A, doble revestimiento de aluminio y malla, cubierta sin halógenos, ignífuga.	-	m.	150	15%	173	
	Conectores ethernet RJ45 Cat6A	-	Un.	20	15%	23	
8 SERVICIOS DE PRUEBAS Y MISCELANEA							
	Pruebas de cables	-	Gib	1	0	1	
	Pruebas de equipos	-	Gib	1	0	1	
	Asistencia en la puesta en marcha	-	Gib	1	0	1	

Nota. La figura muestra una parte del listado materiales desarrollado, se considera cantidad de instrumentos, equipos, accesorios de instalación, cables, etc.

ANEXO Ñ: ESTIMACIÓN DE COSTOS

Figura 117

Estimado de costos de instrumentación y control

PRESUPUESTO CAPEX													
PROYECTO: SISTEMA DE MANEJO DE RELAVES ESPESADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUA EN LA UNIDAD MINERA EL PORVENIR													
Rev.: Fecha:													
Item	Descripción de Item - COSTO DIRECTO	Unidad	Cant.	Factor d/Crecim.	Cantidad Total	Labor Construcción		Equipos		Materiales		Total en US\$	Notas
						P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$		
A	PROCURA E INSTALACIÓN											5,678,368	
1.0	EQUIPOS Y MATERIALES												
	Área 7000 - Planta de Reactivos											80,290	
1.2	Instrumentación												
1.2.1	Instrumentos y Equipos												
1.2.1.1	(Suministro e instalación) Equipos, instrumentos y actuadores del área 7000	GLB										58,229	
1.2.2	Cables												
1.2.2.1	(Suministro e instalación) Cables de control, señal, comunicación y alimentación	GLB										22,061	
	Área 8000 - Relaves											8,458	
1.3	Instrumentación												
1.3.1	Instrumentos y Equipos												
1.3.1.1	(Suministro e instalación) Equipos, instrumentos y actuadores del área 8000	GLB										0	
1.3.2	Cables												
1.3.2.1	(Suministro e instalación) Cables de control, señal, comunicación y alimentación	GLB										8,458	
	Área 9010 - Espesamiento de relaves											1,331,465	
1.4	Instrumentación												
1.4.1	Instrumentos y Equipos												
1.4.1.1	(Suministro e instalación) Equipos, instrumentos y actuadores del área 8010	GLB										1,271,245	
1.4.2	Cables												
1.4.2.1	(Suministro e instalación) Cables de control, señal, comunicación y alimentación	GLB										60,219	
	Área 8040 - Recuperación y tratamiento de agua											1,425,616	
1.5	Instrumentación												
1.5.1	Instrumentos y Equipos												
1.5.1.1	(Suministro e instalación) Equipos, instrumentos y actuadores del área 8040	GLB										1,370,677	
1.5.2	Cables												
1.5.2.1	(Suministro e instalación) Cables de control, señal, comunicación y alimentación	GLB										54,939	
	Área 8070 - Transporte de relaves											1,392,861	
1.6	Instrumentación												
1.6.1	Instrumentos y Equipos												
1.6.1.1	(Suministro e instalación) Equipos, instrumentos y actuadores del área 8070	GLB										1,351,121	
1.6.2	Cables												
1.6.2.1	(Suministro e instalación) Cables de control, señal, comunicación y alimentación	GLB										41,740	
	Área 8090 - Salas eléctricas											1,424,626	
1.7	Instrumentación												
1.7.1	Instrumentos y Equipos												
1.7.1.1	(Suministro e instalación) Equipos del área 8090	GLB										1,423,463	
1.7.2	Cables												
1.7.2.1	(Suministro e instalación) Cables de control, señal, comunicación y alimentación	GLB										1,163	
	Área 9030 - Servicios de aire comprimido											14,992	
1.8	Instrumentación												
1.8.1	Instrumentos y Equipos												
1.8.1.1	(Suministro e instalación) Equipos, instrumentos y actuadores del área 9030	GLB										11,753	
1.8.2	Cables												
1.8.2.1	(Suministro e instalación) Cables de control, señal, comunicación y alimentación	GLB										3,239	

Item	Descripción de Item - COSTO DIRECTO	Unidad	Cant.	Factor d/Crecim.	Cantidad Total	Labor Construcción		Equipos		Materiales		Total en US\$	Notas
						P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$		
2.0	SERVICIOS											70,000.00	
2.0.2	Programación y Configuración de Sistema de Control (DCS)	GLB										50,000	
2.0.3	Comandado y Puesta en Marcha de Instrumentos	GLB										20,000	
3.0	ACTIVIDADES GENERALES											50,000.00	
3.1	Trabajos provisionales y preliminares												
3.1.1	Instalación, mantenimiento y retiro de facilidades de obra	GLB										10,000	
3.1.2	Movilización y desmovilización	GLB										20,000	
3.1.3	Suministro y desarrollo de planos As Built	GLB										20,000	
SUB TOTAL COSTO DIRECTO US \$							250,000.0		5,100,000		448,308	5,798,368	

COSTO INDIRECTO						Labor Construcción		Equipos		Materiales		Total en US\$	Notas
						P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$		
1.0	COSTOS INDIRECTOS DE LA CONTRATISTA					15%	37,500		0		0	37,500	
2.0	COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCIÓN					3%	7,500		0		0	7,500	
3.0	SEGURO DE CONSTRUCCION CAR					2.0%	5,000		0		0	5,000	
4.0	INSTALACIONES TEMPORALES					2.0%	5,000		0		0	5,000	
5.0	UTILIDAD					3%	7,500		0		0	7,500	
6.0	REPRESENTANTES DE VENDEDORES COMISIONADO					2%	0		0		0	0	
7.0	REPUESTO PARA PUESTA EN MARCHA					2%	0		0		0	0	
8.0	FLETE Y TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES					2%	0		0		8,966	8,966	
SUB TOTAL COSTO INDIRECTO US \$							62,500		0		8,966	71,466	

RESUMEN						Labor Construcción		Equipos		Materiales		Total en US\$	Notas
						P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$		
1.0	COSTO DIRECTO						250,000		5,100,000		448,308	5,798,308	
2.0	COSTO INDIRECTO						62,500		0		8,966	71,466	
C	SUBTOTAL (PROCURA + EJECUCION)											5,869,774	
D	CONTINGENCIA DEL PROYECTO (12%)					12%						704,373	
COSTO TOTAL US \$							312,500.00		5,100,000.00		457,273.87	6,574,147	

ANEXO O:

NORMAS DE GRADO DE PROTECCIÓN DE EQUIPOS

Existe principalmente dos normas internacionales que regulan el grado de protección de los equipos, estos son: Las normas IEC 60529 y NEMA 250.

- Grado de protección IP: Según IEC 60529 clasifica el grado de protección contra polvo y agua. El código de clasificación inicia con IP seguido de dos dígitos tal como indica la siguiente figura.

Figura 118

Normas de protección IP

Grados de protección para la protección contra contactos y cuerpos extraños: primer dígito			Grados de protección contra agua: segundo dígito		
Primer dígito	Alcance de la protección	Descripción	Segundo dígito	Alcance de la protección	Descripción
1	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 50 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 50 mm de diámetro no debe penetrar por completo ¹⁾ .	1	Protección contra goteo	El goteo vertical no debe tener efectos nocivos.
2	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 12,5 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 12,5 mm de diámetro no debe penetrar por completo ¹⁾ . El elemento de ensayo articulado puede penetrar hasta 80 mm, aunque manteniendo una distancia suficiente con las piezas de riesgo.	2	Protección contra goteo, en caso de inclinación de la envolvente en hasta 15°	El goteo vertical no debe tener efectos nocivos, en caso de instalación de la caja inclinada en un ángulo de hasta 15° con relación a la plomada.
3	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 2,5 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 2,5 mm de diámetro no debe penetrar lo más mínimo ¹⁾ .	3	Protección contra pulverización de agua	La pulverización de agua en un ángulo de hasta 60° a ambos lados con relación a la plomada, no debe tener efectos nocivos.
4	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 1,0 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 1,0 mm de diámetro no debe penetrar lo más mínimo ¹⁾ .	4	Protección contra salpicadura de agua	La salpicadura de agua desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.
5	Protección contra el polvo	La penetración de polvo no se impide completamente, pero éste no debería penetrar en cantidades que pudieran perjudicar el funcionamiento o la seguridad del aparato.	5	Protección contra agua proyectada a presión	El chorro de agua contra la caja desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.
6	Estanto al polvo	No hay penetración de polvo en la caja a una baja presión de 20 mbar.	6	Protección contra fuertes proyecciones de agua	El fuerte chorro de agua contra la caja desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.
			7	Protección contra una sumersión temporal en agua	No debe penetrar una cantidad de agua que pueda ser perjudicial al sumergir el armario temporalmente en agua bajo condiciones de presión y tiempo estandarizadas.
			8	Protección contra una sumersión constante en agua	No debe penetrar una cantidad de agua que pueda ser perjudicial al mantener el armario de forma permanente bajo el agua (el fabricante y el usuario deben acordar las condiciones para que esto no ocurra). Las condiciones deben ser más difíciles que las establecidas para el dígito 7.
			9	Protección contra proyecciones de agua a elevada presión y elevada temperatura	El potente chorro de agua contra la caja a una elevada presión desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.

¹⁾ El diámetro total del objeto usado como sonda no debe penetrar por una abertura de la caja.

Nota. La figura muestra los distintos grados de protección IP según la norma IEC 60529 y su alcance de protección. Tomado de “Grado de protección IP” [imagen], por Rittal, 2025 (<https://expert.rittal.es/diferencia-entre-grado-de-proteccion-ip-y-nema>). Todos los derechos reservados 2025 por Rittal Co.

- Grado de protección NEMA: Según NEMA 250 clasifica el grado de protección de acuerdo con la resistencia a condiciones del medio ambiente como polvo, agua, corrosión, hielo, impactos mecánicos, etc. Como se indica en la siguiente figura

Figura 119
Normas de protección NEMA

Tipo UL/NEMA	Aplicación y descripción
1	Envoltorio para aplicación en interiores Protección contra la penetración de cuerpos extraños sólidos
3	Envoltorio para aplicación en interiores y exteriores Protección contra lluvia, granizo, polvo, formación de hielo, así como daños producidos por heladas
3R	Envoltorio para aplicación principalmente en exteriores Protección contra lluvia, granizo, formación de hielo, así como daños producidos por heladas
3S	Envoltorio para aplicación principalmente en exteriores Protección contra lluvia, granizo y polvo Los mecanismos externos pueden accionarse a pesar de la presencia de hielo
4	Envoltorio para aplicación en interiores o exteriores Protección contra lluvia, cuerpos extraños, salpicadura de agua y chorro de agua, así como contra daños producidos por la formación de hielo en el exterior de la caja
4x	Envoltorio para aplicación en interiores o exteriores Protección contra lluvia, cuerpos extraños, salpicadura de agua y chorro de agua, así como contra daños producidos por la formación de hielo en el exterior de la caja Elevada protección contra la corrosión
12, 12K	Envoltorio para aplicación en interiores Protección contra acumulación de polvo, cuerpos extraños, aceite y goteo de medios refrigerantes no corrosivos
13	Envoltorio para aplicación en principalmente en interiores Protección contra acumulación de polvo, pulverización de agua, aceite y medios refrigerantes no corrosivos

Nota. La figura muestra los distintos tipos de protección NEMA y su aplicación. Tomado de “Grado de protección IP” [imagen], por Rittal, 2025 (<https://expert.rittal.es/diferencia-entre-grado-de-proteccion-ip-y-nema>). Todos los derechos reservados 2025 por Rittal Co.