



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

**MANUAL DE OPERACIÓN**  
**SISTEMA DE TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE RELAVES**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

**MARIO ABRAHAM MISLE SALAH**

**PROFESOR GUÍA:**  
**ALDO CASALI BACELLI**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:**  
**CHRISTIAN IHLE BASCUÑÁN**  
**GONZALO MONTES ATENAS**

**SANTIAGO DE CHILE**

**2020**

## RESUMEN

Toda faena minera que tenga dentro de sus procesos unitarios el transporte y la disposición de los relaves está expuesta a riesgos que debe administrar, detectar oportunamente, mitigar y controlar, con el objetivo de brindar una condición de confiabilidad a la operación del sistema, a fin de asegurar la continuidad operacional y el almacenamiento seguro de los relaves.

Los peligros que rodean a estos sistemas pueden clasificarse en tres tipos:

- peligros naturales
- peligros antrópicos
- peligros propios del sistema

El desarrollo de este Manual está asociado a los peligros propios del sistema, enfocado directamente a los procesos de Operación y Mantenimiento.

El Estado del Arte actual, en los casos analizados (Ref. 1, 27, 28 y 29), muestra que existe una tendencia donde los manuales de operación no son utilizados ni consultados. Si bien los manuales existen, estos se encuentran guardados en estanterías o en bibliotecas virtuales. En general, estos se desarrollan al inicio de las operaciones y cuentan con escasas o nulas actualizaciones, quedando prácticamente olvidados.

De esto nace la propuesta y motivación para desarrollar un manual de operaciones distinto, que sea utilizado como guía y elemento de consulta para los operadores, que sirva de base de las capacitaciones para operadores y supervisores, que permita estandarizar la operación, para finalmente, evitar los incidentes operacionales.

El contenido de este Manual corresponde a un sistema de transporte y disposición de los relaves de una faena minera que conduce sus relaves a través de una canaleta de hormigón armado y el crecimiento del muro del depósito es en base a la arena obtenida de los propios relaves.

Para una mejor comprensión y facilidad en su aplicación, este manual se ha organizado en cinco capítulos principales:

- Sistema de Transporte de Relaves
- Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro de Arena
- Sistema de Recirculación de Agua Clara
- Mantenimiento de los Sistemas e Instalaciones
- Procedimientos

El Sistema de Transporte de Relaves (STR) realiza el transporte hidráulico gravitacional de los relaves mediante una canaleta de hormigón de varios km de largo desde los espesadores de la Planta Concentradora Cordillera hasta el Depósito de Relaves en el valle.

El Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro (SDCR y CM) incluye la distribución del relave transportado por el STR a disposición en cubeta y a la etapa de clasificación, la clasificación del relave y la posterior construcción del muro con las arenas clasificadas. El objetivo fundamental de estos procesos es asegurar un llenado eficiente, adecuado, seguro y programado del Depósito, manteniendo la laguna confinada y permitiendo una construcción programada y óptima del muro de contención.

El Sistema de Recirculación de Agua tiene como objetivos mantener el volumen de agua de la laguna de agua clara, dentro de los valores de diseño y márgenes de seguridad; abastecer de agua al proceso

de Clasificación y Disposición de Arenas; mantener drenado el muro de arenas y abastecer al sistema de Recirculación de Agua.

El Mantenimiento de los Sistemas e Instalaciones corresponde a la indicación, para cada tipo de obra y sistema instalado, de las actividades requeridas para su mantenimiento y la periodicidad con la cual deben ser ejecutadas.

# TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo General.....	2
1.1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.2 ESTADO DEL ARTE.....	2
2 METODOLOGÍA.....	3
3 SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVES.....	4
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	4
3.1.1 Capacidad del Sistema.....	4
3.1.2 Diagrama de Flujos.....	5
3.1.3 Instalaciones Principales.....	5
3.2 COMPONENTES OPERACIONALES DEL SISTEMA.....	11
3.2.1 Sistema de Transporte.....	12
3.2.2 Sistema de monitoreo y Control.....	17
3.3 SUPERVISIÓN DEL SISTEMA.....	36
3.3.1 Inspectores de Ruta.....	36
3.3.2 Operador Sala de Control.....	37
3.4 VULNERABILIDADES Y RIESGOS OPERACIONALES.....	37
4 SISTEMA DE DISPOSICIÓN, CLASIFICACIÓN DE RELAVES Y CONSTRUCCIÓN DEL MURO.....	40
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	40
4.1.1 Procesos.....	42
4.1.2 Instalaciones Principales.....	45
4.2 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.....	77
4.2.1 Conceptos Generales.....	77
4.2.2 Sistema de Distribución de Relaves.....	78
4.2.3 Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta.....	81
4.2.4 Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación.....	90
4.2.5 Sistema de Clasificación de Relaves.....	94
4.2.6 Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro.....	97
4.2.7 Construcción del Muro.....	102
4.2.8 Pantallas de Monitoreo y Control.....	105
4.3 RIESGOS OPERACIONALES.....	109
4.4 RIESGOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.....	111
5 SISTEMA DE MANEJO DE AGUAS.....	113
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	113
5.1.1 Descripción de Instalaciones Principales.....	115
5.2 FILOSOFIA OPERACIONAL.....	130
5.2.1 Manejo de Agua de la Laguna.....	130
5.2.2 Alimentación a Estanque de Agua de Dilución y Lavado.....	133
5.2.3 Agua de Dilución y Lavado.....	135
5.2.4 Agua Recolectada de Drenes.....	137
5.2.5 Pantallas de Monitoreo y Control.....	141
5.3 VULNERABILIDADES Y RIESGOS OPERACIONALES.....	152
6 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS E INSTALACIONES.....	153
6.1 SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVES.....	153
6.1.1 Canaleta.....	153
6.1.2 Rápidos.....	153
6.1.3 Obras de arte y Badenes.....	154

6.1.4	Túneles .....	154
6.1.5	Puentes.....	155
6.1.6	Piscinas de Emergencia .....	155
6.1.7	Sistema de Control.....	155
6.2	RESUMEN OBRAS DE MANTENIMIENTO .....	156
7	PROCEDIMIENTOS .....	160
7.1	PROCEDIMIENTOS SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVES.....	160
7.1.1	Procedimiento de Puesta en Marcha STR .....	162
7.1.2	Procedimiento de Operación Normal STR.....	167
7.1.3	Procedimiento de Detención Normal STR .....	176
7.1.4	Procedimiento de Detención de Emergencia STR .....	178
7.1.5	PROCEDIMIENTOS DE CONTINGENCIA STR.....	184
7.2	PROCEDIMIENTOS SISTEMA DE DISPOSICIÓN, CLASIFICACIÓN DE RELAVES Y CONSTRUCCIÓN MURO .....	189
7.2.1	Procedimientos de Puesta en Marcha SDCR - CM .....	190
7.2.2	Procedimientos de Operación Normal SDCR-CM.....	210
7.2.3	Procedimientos de Detención Normal SDCR-CM .....	231
7.2.4	Procedimientos de Detención de Emergencia SDCR-CM .....	241
7.2.5	Procedimientos de Operación Eventual SDCR-CM .....	249
7.3	PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN SISTEMA DE MANEJO DE AGUA.....	252
7.3.1	Manejo de Agua de la Laguna.....	255
7.3.2	Agua de Piscina de Dilución a Estanque de Dilución .....	265
7.3.3	Agua de Dilución y Lavado.....	274
7.3.4	Agua Recolectada de Drenes .....	283
7.3.5	Procedimiento de Emergencia por Lluvias Intensas .....	293
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	299
8.1	CONCLUSIONES.....	299
8.2	ANÁLISIS CRÍTICO .....	299
8.3	RECOMENDACIONES .....	300
	GLOSARIO .....	301
	BIBLIOGRAFÍA.....	306
	ANEXO A: DIAGRAMAS DE FLUJO.....	307

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1: Caminos de Acceso .....	10
Tabla 3-2: Embalses de Seguridad STR .....	11
Tabla 3-3: Rápidos Sector I .....	12
Tabla 3-4: Cajones de Caída Sector I .....	13
Tabla 3-5: Túneles N°1, N°2 y N°3 .....	13
Tabla 3-6: Ubicación Cajones de Caída Sector II .....	14
Tabla 3-7: Embalses de Seguridad Sector II .....	14
Tabla 3-8: Rápidos Sector II .....	15
Tabla 3-9: Rápido N°11 .....	15
Tabla 3-10: Ubicación Cajones de Caída Sector III .....	15
Tabla 3-11: Embalses de Seguridad Sector III .....	15
Tabla 3-12: Ubicación Cajones de Caída Sector IV .....	16
Tabla 3-13: Embalses de Seguridad Sector IV .....	16
Tabla 3-14: Rápidos Sector V .....	16
Tabla 3-15: Ubicación Cajones de Derivación y Traspaso Sector V .....	17
Tabla 3-16: Resumen Información Pantallas Sala Control Tranque .....	25
Tabla 3-17: Tabla Resumen Casetas y Sensores de Nivel STR .....	32
Tabla 3-18: Suministro Eléctrico en STR .....	34
Tabla 3-20: Vulnerabilidades de la Operación .....	37
Tabla 4-1: Líneas de Impulsión Arenas .....	65
Tabla 4-2: Instrumentación Muros Tranque .....	104
Tabla 4-3: Riesgos Operacionales .....	109
Tabla 4-4: Riesgos de Seguridad y Salud Ocupacional .....	111
Tabla 5-1: Bombas Sentina Poniente .....	128
Tabla 5-2: Bombas que descargan en Sentina Poniente .....	129
Tabla 5-3: Bombas que descargan en Sentina Oriente .....	129
Tabla 5-4: Bombas Sentina Oriente .....	129
Tabla 5-5: Centros de operación del Sistema de Manejo de Aguas .....	141
Tabla 5-6: Posición Inicial Válvulas Sistema de impulsión .....	256
Tabla 5-7: Posición Inicial Válvulas Alimentación Agua Piscina a Estanque de Dilución .....	265
Tabla 5-8: Posición Inicial de Válvulas del Sistema Agua de Dilución y Lavado .....	276
Tabla 5-9: Posición Inicial de Válvulas del Sistema de Agua Recolectada de Drenes .....	284
Tabla 5-10: Vulnerabilidades y Riesgos de la Operación .....	152
Tabla 6-1 Resumen actividades mantenimiento STR .....	156
Tabla 7-1: Medios de Comunicación para Tránsito en Túneles .....	175
Tabla 7-2: Equipos a verificar previa Puesta en Marcha .....	191

Tabla 7-3: Válvulas a verificar previa Puesta en Marcha .....	192
Tabla 7-4: Válvulas Suministro de Agua a verificar previa Puesta en Marcha .....	193
Tabla 7-5: Puntos de Consumo de Agua a Verificar previa Puesta en Marcha .....	193
Tabla 7-6: Operación Normal Sistema de Distribución de Relaves .....	213
Tabla 7-7: Controles de Proceso Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación .....	216
Tabla 7-8: Controles de Proceso Sistema Clasificación de Relaves .....	219
Tabla 7-9: Controles de Proceso Sistema Impulsión y Distribución de Arenas al Muro .....	223
Tabla 7-10: Controles Construcción del Muro .....	227

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1: Emplazamiento STR .....	04
Figura 3-2: Diagrama de Flujos de STR .....	307
Figura 3-3: Sección Típica Plataforma Canaleta en Superficie y Semienterrada .....	06
Figura 3-4: Sección Transversal de Rápidos .....	07
Figura 3-5: Secciones de la Canaleta en Túneles.....	09
Figura 3-6: STR Sector I .....	308
Figura 3-7: STR Sector Túnel N°1 – Túnel N°2 y Sector II (primera parte) .....	309
Figura 3-8: STR Sector Túnel N°1 – Túnel N°2 y Sector II (segunda parte) .....	310
Figura 3-9: STR Sector III .....	311
Figura 3-10: STR Sector IV .....	312
Figura 3-11: STR Sector V .....	313
Figura 3-12: Pantalla General STR Sistema EPKS .....	18
Figura 3-13: Pantalla General STR Sistema PI System .....	18
Figura 3-14: Pantalla N°1, Sector I .....	19
Figura 3-15: Pantalla N°2, Sector Túneles .....	20
Figura 3-16: Pantalla N°3, Sector II .....	21
Figura 3-17: Pantalla N°4, Sector III .....	22
Figura 3-18: Pantalla N°5, Sector IV .....	23
Figura 3-19: Pantalla N°6, Sector V .....	24
Figura 3-20: Esquema Desvío Relaves a Embalse de Seguridad .....	26
Figura 3-21: Disposición Típica Caseta de Control de la Compuerta .....	27
Figura 3-22: Desvío de Aguas Alumbradas Sector Túneles .....	28
Figura 3-23: Cámaras en sector túneles N°1 y N°2 .....	30
Figura 3-24: Cámaras en embalses de seguridad .....	30
Figura 3-25: Cámaras en canaleta .....	31
Figura 4-1: Emplazamiento SDCR y CM .....	40
Figura 4-2: Diagrama de Flujos del SDCR y CM .....	314
Figura 4-3: Cajón de Traspaso .....	45
Figura 4-4: Esquema Sistema de Desripiado de Relaves .....	47
Figura 4-5: Esquema Cajón de Distribución .....	49
Figura 4-6: Esquema Cajón de Medición .....	50
Figura 4-7: Esquema Cajón de Alimentación Ciclones .....	56
Figura 4-8: Esquema Básico Reciclón .....	58
Figura 4-9: Esquema Cajón de Lamas Nuevo .....	59
Figura 4-10: Disposición General Instalaciones .....	61
Figura 4-11: Disposición de Líneas de Distribución de Arenas en Empalizada .....	67



Figura 4-12: Disposición General Distribución Arenas .....	69
Figura 4-13: Sección Muro de Arena .....	70
Figura 4-14: Filosofía General de Operaciones SDCR y CM .....	78
Figura 4-15: Filosofía de Operación Sistema de Distribución de Relaves .....	80
Figura 4-16: Filosofía de Operación Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta .....	82
Figura 4-17: Filosofía de Operación Sistema de Sellado de Cubeta .....	84
Figura 4-18: Filosofía de Operación Cajones de Derivación .....	85
Figura 4-19: Filosofía de Operación Derivación Relaves por Quebradas R3 Antigua y R3 Nueva .....	86
Figura 4-20: Filosofía de Operación Conducción Línea 1 – Línea 2 .....	89
Figura 4-21: Filosofía de Operación Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación .....	93
Figura 4-22: Filosofía de Operación de Clasificación de Relaves .....	96
Figura 4-23: Filosofía de Operación Sistema y Distribución de Arenas .....	101
Figura 4-24: Filosofía de Operación Construcción del Muro .....	104
Figura 4-25: Pantalla Cajón de Carga y Alimentación Ciclones .....	106
Figura 4-26: Pantalla Clasificación y Distribución de Relaves .....	107
Figura 4-27: Pantalla Impulsión de Arenas Muro .....	108
Figura 4-28: Pantalla Bombeos de Arena BDP .....	108
Figura 5-1: Esquema Simplificado de Manejo Aguas Tranque .....	113
Figura 5-2: Diagrama de flujos Sistema de Manejo de Aguas de Laguna .....	315
Figura 5-3: Principales Instalaciones para el Manejo de Aguas del Tranque.....	115
Figura 5-4: Capacidad del estanque de Agua de Dilución y Lavado .....	124
Figura 5-5: Filosofía Operacional Manejo de Agua de la Laguna .....	132
Figura 5-6: Filosofía Operacional Alimentación de Piscina a Estanque de Lavado y Dilución .....	134
Figura 5-7: Filosofía Operacional Agua de Dilución y Lavado .....	136
Figura 5-8: Filosofía Operacional Agua Recolectada de Drenes .....	139
Figura 5-9: Pantalla Torre de Captación .....	142
Figura 5-10: Estación de Bombeo Piscina Dilución .....	143
Figura 5-11: Pantalla Cajón de Carga y Alimentación Ciclones – Agua de Dilución y Lavado .....	144
Figura 5-12: Pantalla Clasificación y Distribución de Relaves – Agua de Dilución y Lavado .....	145
Figura 5-13: Pantalla Bombeo de Arenas – Agua Dilución y lavado .....	146
Figura 5-14: Pantalla Sentina Poniente .....	147
Figura 5-15: Pantalla Sentina Oriente .....	148
Figura 5-16: Sector Vialidad Sur 1 .....	149
Figura 5-17: Sector Vialidad Sur 2 .....	150
Figura 5-18: Pantalla Sentina Sur .....	151
Figura 7-1: Diagrama de Bloques – Procedimientos de Operación .....	161
Figura 7-2: Diagrama de Bloques – Requerimientos Previos Puesta en Marcha .....	164

Figura 7-3: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha .....	166
Figura 7-4: Resumen esquemático del Procedimiento de Operación Normal .....	167
Figura 7-5: Diagrama de Bloques – Operación Normal .....	169
Figura 7-6: Diagrama de Bloques - Actividades de Inspección Operación Normal .....	174
Figura 7-7: Diagrama de Bloques - Detención Normal .....	177
Figura 7-8: Diagrama de Bloques - Detención Emergencia Derrame Relaves .....	181
Figura 7-9: Diagrama de Bloques – Riesgo Derrame de Relaves casos a) y b) – Eventos Climáticos	182
Figura 7-10: Diagrama de Bloques – Riesgo de Derrame de Relaves Caso c), d) y e) .....	183
Figura 7-11: Diagrama de Bloques – Contingencias .....	186
Figura 7-12: Diagrama de Bloques – Otras Contingencias .....	188
Figura 7-13: Diagrama de Bloques – Procedimientos de Operación .....	189
Figura 7-14: Secuencia General de Puesta en Marcha .....	190
Figura 7-15: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Cajones de Derivación N°1 y N°2 .....	194
Figura 7-16: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Conducción Línea 1 y Línea 2 .....	196
Figura 7-17: Diagrama de Bloques – PEM Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación .....	198
Figura 7-18: Diagrama de Bloques – Puesta en Macha Sistema de Clasificación de Relaves .....	200
Figura 7-19: Diagrama de Bloques – PEM Sist. de Impulsión y Distribución de Arenas – con Agua ...	204
Figura 7-20: Diagrama de Bloques – PEM Sist. de Impulsión y Distribución de Arenas – con Arenas.	208
Figura 7-21: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Construcción del Muro .....	210
Figura 7-22: Operación Normal Sistema de Distribución de Relaves .....	212
Figura 7-23: Operación Normal Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta .....	214
Figura 7-24: Operación Normal Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación .....	217
Figura 7-25: Operación Normal Sistema Clasificación de Relaves .....	220
Figura 7-26: Operación Normal Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas .....	224
Figura 7-27: Operación Normal Construcción del Muro .....	230
Figura 7-28: Detención Normal Sist. de Disposición, Clasificación Relaves y Construcción Muro .....	231
Figura 7-29: Detención Líneas de Conducción de Relaves hacia la Cubeta .....	233
Figura 7-30: Detención Construcción del Muro .....	235
Figura 7-31: Detención Clasificación de Relaves .....	236
Figura 7-32: Detención Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas .....	238
Figura 7-33: Detención Normal Línea 3 .....	240
Figura 7-34: Emergencia por Detención del Sistema de Bombeo de Agua .....	242
Figura 7-35: Emergencia por Suspensión del Suministro Eléctrico .....	243
Figura 7-36: Emergencia por Falla en el Sistema de Bombeo de Arenas .....	245
Figura 7-37: Embanque de Línea de Conducción de Arenas .....	247
Figura 7-38: Falta de Suministro de Relaves .....	247
Figura 7-39: Detención por Lluvias Intensas .....	248

Figura 7-40: Detención por Ocurrencia de un Sismo .....	249
Figura 7-41: Construcción Nueva Empalizada .....	250
Figura 7-42: Levante de Tuberías de Relaves .....	250
Figura 7-43: Instalación de Membrana Impermeable .....	251
Figura 7-44: Diagrama de Bloques – Procedimientos de Operación .....	253
Figura 7-45: Procedimiento Puesta en Marcha Manejo de Agua de la Laguna .....	255
Figura 7-46: Procedimiento Operación Normal Manejo de Agua de la Laguna .....	258
Figura 7-47: Procedimiento Detención Normal Manejo de Agua de la Laguna .....	260
Figura 7-48: Procedimiento de Detención de Emergencia Manejo de Agua de la Laguna .....	262
Figura 7-49: Procedimiento PEM Alimentación Agua de Piscina a Estanque de Dilución .....	266
Figura 7-50: Procedimiento Operación Normal Agua de Piscina a Estanque de Dilución .....	268
Figura 7-51: Procedimiento Detención Normal Agua de Piscina a Estanque de Dilución .....	269
Figura 7-52: Proc. Detención de Emergencia Agua de Piscina de dilución a Estanque de Dilución ...	272
Figura 7-53: Procedimiento Puesta en Marcha Agua de Dilución y Lavado .....	274
Figura 7-54: Procedimiento Puesta en Marcha Agua de Dilución y Lavado .....	275
Figura 7-55: Diagrama de Bloques Proc. Detención de Emergencia Agua de Dilución y Lavado .....	280
Figura 7-56: Procedimiento Puesta en Marcha Agua Recolectada de Drenes .....	283
Figura 7-57: Diagrama de Bloques Proc. Operación Normal Agua Recolectada de Drenes .....	287
Figura 7-58: Procedimiento Detención Normal Agua Recolectada de Drenes .....	288
Figura 7-59: Procedimiento Detención de Emergencia Agua Recolectada de Drenes .....	291
Figura 7-60: Diagrama de Bloques Riesgos Potenciales por Lluvia y Acciones Previas .....	293
Figura 7-61: Diagrama de Bloques Acciones de Emergencia por Lluvia (1/2) .....	296
Figura 7-62: Diagrama de Bloques Acciones de Emergencia por Lluvia (2/2) .....	297

## LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1: Canaleta del STR .....	06
Fotografía 3-2: Rápidos de Descarga .....	08
Fotografía 3-3: Cajón de Caída.....	08
Fotografía 3-4: Portales de Ingreso o Salida Túneles.....	10
Fotografía 3-5: Embalse de Seguridad N°1 .....	11
Fotografía 3-6: Tubería Aguas en Túnel N°1 .....	14
Fotografía 3-7: Caseta de Control y Compuerta Embalse de Seguridad N°1 .....	28
Fotografía 3-8: Compuerta en Portal Salida Túnel N°2 .....	29
Fotografía 3-9: Casetas de Monitoreo STR .....	34
Fotografía 3-10: Fibra Óptica .....	35
Fotografía 4-1: Instalaciones Sistema de Distribución Relaves .....	51
Fotografía 4-2: Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta .....	55
Fotografía 4-3: Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación (Línea 3) .....	57
Fotografía 4-4: Sistema de Clasificación de Relaves .....	62
Fotografía 4-5: Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro .....	67
Fotografía 4-6: Vistas Construcción Muro Principal y Muro Secundario .....	71
Fotografía 4-7: Piezómetros en Muro Principal .....	73
Fotografía 4-8: Sistema de Agua de Dilución y Lavado .....	76
Fotografía 5-1: Laguna de Agua Clara .....	116
Fotografía 5-2: Canal de aproximación, Bombas y líneas de agua recuperada Torre de Captación.....	117
Fotografía 5-3: Descarga de Agua Recuperada y Canal de Contorno .....	119
Fotografía 5-4: Bombas de agua en tranque de acumulación nocturna (TAN) .....	120
Fotografía 5-5: Obra de toma piscina agua de dilución .....	120
Fotografía 5-6: Rápido de Descarga .....	121
Fotografía 5-7: Rápido de Descarga a Canal Evacuador .....	122
Fotografía 5-8: Piscina de Agua de Dilución .....	122
Fotografía 5-9: Sistema de Bombeo Piscina de Agua de Dilución .....	123
Fotografía 5-10: Estanque de Agua de Dilución y Lavado y Válvulas .....	123
Fotografía 5-11: Agua de Lavado a Cajón Distribuidor a Muro .....	124
Fotografía 5-12: Válvulas Tubería de Agua de Lavado a Línea 2 .....	125
Fotografía 5-13: Dilución y Lavado a Cajón Alimentación Ciclones .....	125
Fotografía 5-14: Tubería de Agua que Alimenta al Anillo de Reciclones .....	126
Fotografía 5-15: Agua de Dilución en Estanque Colector Underflow Reciclones .....	126
Fotografía 5-16: Torre de Evacuación .....	128

# 1 INTRODUCCIÓN

Toda faena minera que tenga dentro de sus procesos unitarios el transporte y la disposición de los relaves está expuesta a riesgos que debe administrar, detectar oportunamente, mitigar y controlar, con el objetivo de brindar una condición de confiabilidad a la operación del sistema, a fin de asegurar la continuidad operacional y el almacenamiento seguro de sus relaves.

La medición del riesgo se obtiene del producto entre Peligro y Consecuencia, donde:

Peligro corresponde a un fenómeno o condición que actúa sobre el elemento central de análisis, siendo capaz de inducir por sí solo o en conjunto a otras variables de peligro un Evento de Falla. Estos peligros pueden agruparse en 3 tipos o familias:

- Peligros Naturales: corresponden a los del tipo Geológicos (Caída de Rocas y Flujos Aluvionales), Avalanchas (en sectores donde se registran y acumulan precipitaciones nivales), Hídricos (ocasionados por el escurrimiento de agua líquida, sin la presencia de sólidos y por tanto sin las propiedades de un flujo aluvional) y Sísmicos (asociado a los efectos que puede tener sobre el sistema un sismo considerable)
- Peligros del Sistema: asociados a los procesos de Operación y Mantenimiento de los sistemas.
- Peligros Antrópicos: son aquellos que pudiesen ser generados por terceros ajenos a la Compañía, afectando al sistema por acciones que no son propias de la operación.

Consecuencia corresponde al efecto que un Evento de Falla tendría sobre el medio receptor objetivo, que puede expresarse en varias formas, entre ellas, daño material a la infraestructura, pérdida de producción, daño ambiental, imagen pública, lesiones o pérdida de vidas humanas, etc.

El desarrollo de este trabajo apunta a mitigar los riesgos asociados a los peligros propios del sistema (segunda viñeta), generando un Manual de Operaciones que minimice las fallas operacionales, y, por ende, sus consecuencias.

El contenido de este Manual corresponde a un sistema de transporte y disposición de los relaves de una faena minera que conduce sus relaves a través de una canaleta de hormigón armado y el crecimiento del muro del depósito es en base a la arena obtenida de los propios relaves.

Este manual se ha organizado en cinco capítulos principales:

3. Sistema de Transporte de Relaves
4. Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro de Arena
5. Sistema de Manejo de Aguas
6. Mantenimiento de los Sistemas e Instalaciones
7. Procedimientos

El Sistema de Transporte de Relaves (STR) realiza el transporte hidráulico gravitacional de los relaves mediante una canaleta de hormigón de varios km de largo desde la descarga de los espesadores de la Planta Concentradora Cordillera hasta el Depósito de Relaves en el valle. En su recorrido atraviesa algunas singularidades importantes, tales como túneles y rápidos de caída.

El Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro (SDCR y CM) incluye la distribución del relave transportado por el STR a disposición en cubeta y a la etapa de clasificación, la clasificación del relave y su posterior construcción del muro con las arenas clasificadas. El objetivo fundamental de estos procesos es asegurar un llenado eficiente, adecuado, seguro y programado del Depósito de relaves, manteniendo la laguna de aguas claras confinada y alejada del muro, y lograr una construcción programada y óptima del muro de contención.

El Sistema de Recirculación de Agua tiene como objetivos mantener el volumen de agua de la laguna de agua clara, dentro de los valores de diseño y márgenes de seguridad; abastecer de agua al proceso de Clasificación y Disposición de Arenas; mantener drenado el muro de arenas y abastecer al sistema de Recirculación de Agua para uso en el proceso.

El Mantenimiento de los Sistemas e Instalaciones corresponde a la indicación, para cada tipo de obra y sistema instalado, de las actividades requeridas para su mantenimiento y la periodicidad con la cual deben ser ejecutadas, con la finalidad de evitar fallas en la operación de los distintos sistemas.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo General**

El objetivo principal es elaborar un Manual de Operaciones actualizado para el Sistema de Transporte y Disposición de Relaves.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos secundarios son los siguientes:

- Entregar elementos para la estandarización de la operación mediante el estudio de un sistema de disposición de relave específico
- Que el Manual sea utilizado como guía y elemento de consulta para los operadores.
- Que el Manual sea la base de las capacitaciones para todos los operadores.
- Cumplir con los compromisos con la Autoridad.
- Cumplimiento Normativo.
- Evitar incidentes operacionales.

## **1.2 ESTADO DEL ARTE**

En los casos analizados (Ref. 1, 8, 12, 24, 27, 28 y 29) existe una tendencia donde los manuales de operación no son utilizados ni consultados. Si bien los manuales existen, estos se encuentran guardados en estanterías o en bibliotecas virtuales. En general, estos se desarrollan al inicio de las operaciones y cuentan con escasas o nulas actualizaciones.

En consecuencia, el estado del arte se resume en los siguientes puntos:

- En general los manuales de operación no son actualizados, no incorporan las modificaciones y optimizaciones realizadas a la forma de operar ni a los cambios en la infraestructura. Normalmente se desarrollan al inicio de las operaciones y quedan guardados y muchas veces olvidados.
- No son considerados como un elemento de consulta y guía para la operación. Los operadores casi no tienen conciencia de su existencia.
- No existe una operación estandarizada. Cada turno opera según su propia manera de hacer las cosas.
- No se utilizan para capacitación y reforzamiento a los operadores. Vinculado al punto anterior, los nuevos operadores aprenden según el “tutor” de turno.
- Es común que las faenas mineras se encuentran en un incumplimiento normativo. El Decreto Supremo 248 “Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves”, del Ministerio de Minería, es claro al indicar

que los Manuales de Operación deben estar actualizados y se debe cumplir con el Plan de Capacitación.

## 2 METODOLOGÍA

Las principales actividades desarrolladas para la elaboración del Manual de Operaciones se detallan a continuación:

a. Revisión de Antecedentes

Se realizó una revisión completa de los antecedentes disponibles (Ref. 1, 2, ..., 26) para determinar la información disponible con que se cuente y el estado de arte actual.

b. Recorrido de las Instalaciones

Actividad fundamental para entender la dimensión de la infraestructura, la ubicación de las instalaciones, los peligros que la rodean y el funcionamiento de los sistemas. También permitió reconocer las dificultades que tienen los Operadores en el desarrollo de sus funciones y las vulnerabilidades de los sistemas.

c. Reunión con Operadores y Supervisores

Reuniones con cada uno de los Operadores y Supervisores que están vinculados a la Operación de este sistema para conocer de primera fuente como interpretan y desarrollan las funciones asignadas. Determinar cómo operan y su vinculación con los manuales existentes.

d. Revisión de Manuales de Operación existentes

Esta actividad estuvo enfocada en conocer los manuales de operación existentes (Ref. 1, 12, 16, 20, 21 y 24), verificar su estado y su aplicabilidad. Confrontar el Manual con la Infraestructura actual y con la forma de operar que cada miembro de esta organización tiene, tanto Supervisores como Operadores.

e. Revisión de Manuales de Operación en faenas Similares

Se revisaron los manuales de operaciones similares (Ref. 27, 28 y 29) para entender como enfrentan situaciones parecidas y así poder recoger las buenas prácticas para incorporarlas a este nuevo manual.

f. Desarrollo del Manual

Esta actividad corresponde al producto final de este proceso. El manual a desarrollar busca producir un cambio positivo en los operadores, por ende, debe cumplir con ciertos requisitos para su validación:

- Considerar todos los procedimientos y la infraestructura vigente. Manual actualizado.
- Incorporar las buenas prácticas propias y las de faenas similares. Manual eficiente.
- Estar diseñado para un fácil entendimiento, con instrucciones simples. Manual amigable.
- Procurar que se utilice como consulta y para capacitación. Manual didáctico.

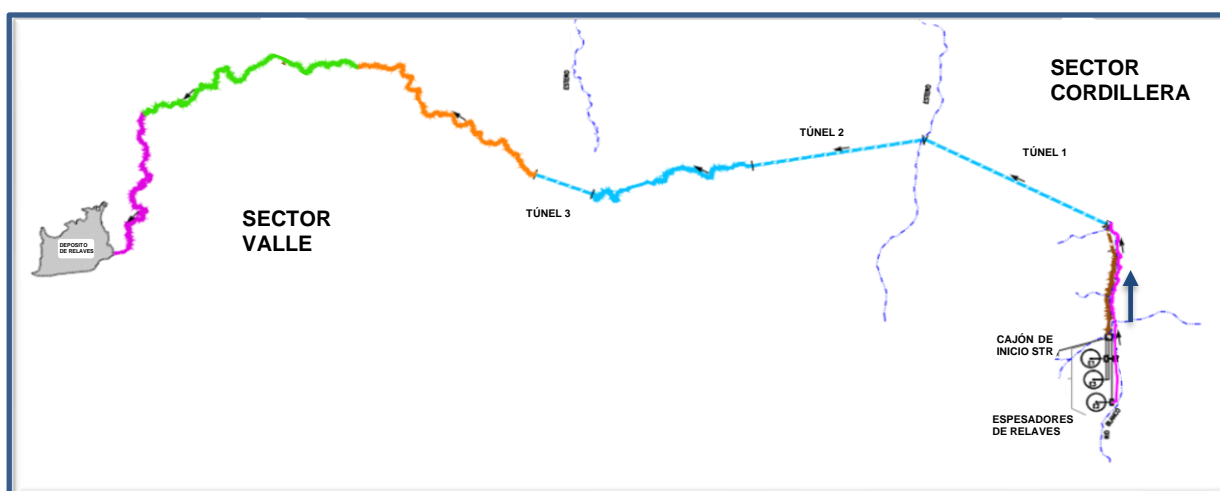
### 3 SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVES

Para efectos de este manual, el Sistema de Transporte de Relaves, STR, se inicia en el Cajón de Inicio del STR donde se reciben los relaves desde los espesadores (cajones incluidos) y finaliza, aguas abajo, en el Cajón de Traspaso ubicado después del Cajón de Derivación, en el sector del Depósito. Las instalaciones aguas abajo de este punto se incluyen en el Manual de Operación del Sistema de Clasificación, Disposición de Relaves y Crecimiento del Muro.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El Sistema de Transporte de Relaves (STR), está conformado por una canaleta de hormigón armado que transporta el relave de forma gravitacional, con pendiente uniforme del 1,2 %, cuyo trayecto comprende túneles, puentes, rápidos, tramos enterrados, tramos sobre terreno y obras desvío a embalses de seguridad. Comienza en el Cajón de Inicio del STR (Km 0,0) y se extiende hasta el Cajón de Traspaso ubicado en el Km 87,0 (Sector Depósito de Relaves). En la Figura 3-1 se muestra el trazado del Sistema de Transporte de Relaves.

Figura 3-1: Emplazamiento STR



##### 3.1.1 Capacidad del Sistema

Para un nivel de tratamiento de 94.000 t/d en la Planta Concentradora, la capacidad del STR permite manejar caudales que varían desde un mínimo eventual de 419 l/s o 1508 m<sup>3</sup>/h (Planta de Molienda en operación parcial) hasta un máximo de 1405 l/s o 5058 m<sup>3</sup>/h (plena operación). Esto equivale a un nivel de escurrimiento del relave en la canaleta mínimo de 20 cm y máximo de 51 cm, medido en el sensor de nivel N°1 al inicio del STR (Caseta N°1).

Para caudal máximo se tiene un rango de variación del porcentaje de sólidos de 55% a 62%:

- Cp = 55%, equivale a una producción instantánea de 4256 t/h, correspondiendo a una producción nominal de 87000 t/d.



- $C_p = 62\%$ , correspondiente a una operación óptima para reducir el consumo de agua, y equivale a una producción instantánea de 5144 t/h y producción nominal de 105000 t/d.

Para caudal mínimo, considerando el mismo rango de variación del porcentaje de sólidos, se tiene:

- $C_p = 55\%$ , equivale a una producción instantánea de 1471 t/h, correspondiendo a una producción nominal de 30000 t/d.
- $C_p = 62\%$ , correspondiente a una operación óptima para reducir el consumo de agua, y equivale a una producción instantánea de 1789 t/h y producción nominal de 36500 t/d.

### 3.1.2 Diagrama de Flujos

El diagrama de flujos se presenta en la Figura 3-2 (Anexo A), donde se muestra el límite de batería del STR, las instalaciones existentes a lo largo de su trazado y las instalaciones principales del SCR.

Aguas arriba del STR, el relave de los espesadores N°1 y N°2, se descarga en forma controlada en los cajones de descarga N°1 y N°2, respectivamente. Una de las descargas del espesador N°3 conduce el relave al cajón de descarga N°1, mientras la otra descarga del espesador N°3 dirige el relave directamente al Cajón de Inicio del STR.

El relave es conducido al Cajón de Inicio del STR desde el cajón de descarga N°1 mediante una tubería y desde el cajón de descarga N°2 mediante una canaleta de hormigón. Finalmente, desde el Cajón de Inicio del STR el relave es conducido en canaleta única hasta el Embalse.

### 3.1.3 Instalaciones Principales

Las instalaciones principales que forman parte del Sistema de Transporte de Relaves se describen a continuación:

#### a) Canaleta

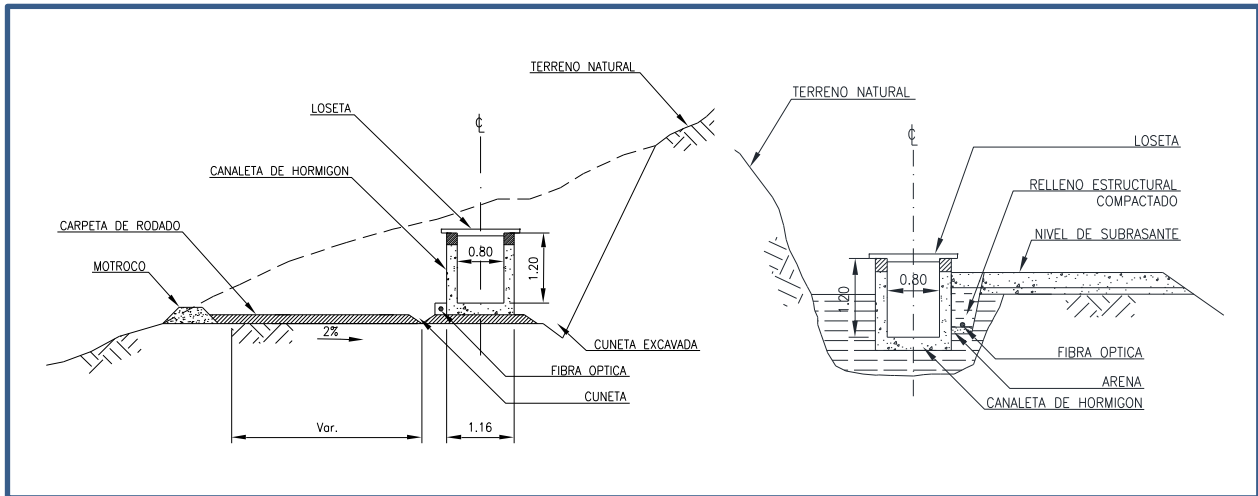
El trazado de la canaleta de conducción de relaves se extiende en una longitud total aproximada de 87 km, de los cuales cerca de 22 km se emplazan en cuatro túneles.

La canaleta es de hormigón armado, con pendiente uniforme de 1,2%, sección útil de 0,8 m de ancho y 1,20 m de alto en casi toda su extensión. Al interior de túneles la altura es de 1 m y en la salida de los cajones de caída se encuentra peraltada en 80 cm, completando una altura total de 1,80 m. En general, queda emplazada sobre una plataforma de conducción de ancho aproximado 6 m y se ubica al costado interior del corte en el terreno, dejando un espacio para cuneta y muro de protección con material común (motroco), ambos elementos tienen la función de contener el relave en la plataforma en el caso que ocurra un derrame. En el sector cordillerano se encuentra semienterrada y cubierta con material común debido al riesgo de avalanchas.

**La canaleta se encuentra cubierta en todo el trazado, incluyendo rápidos y el interior de túneles. Adicionalmente, en zonas con riesgo de deslizamiento de material posee, sobre la cubierta, membrana HDPE y un relleno de protección. En la Figura 3-3 se muestra una sección típica de la canaleta en sector de plataforma en superficie y semienterrada, mientras que en la**

Fotografía 3-1 se presentan las diferentes condiciones de la canaleta en la extensión del trazado, (enterrada, con relleno de protección, cubierta sólo con loseta, en superficie con protección y en túneles).

**Figura 3-3: Sección Típica Plataforma Canaleta en Superficie y Semienterrada**



**Fotografía 3-1: Canaleta del STR**



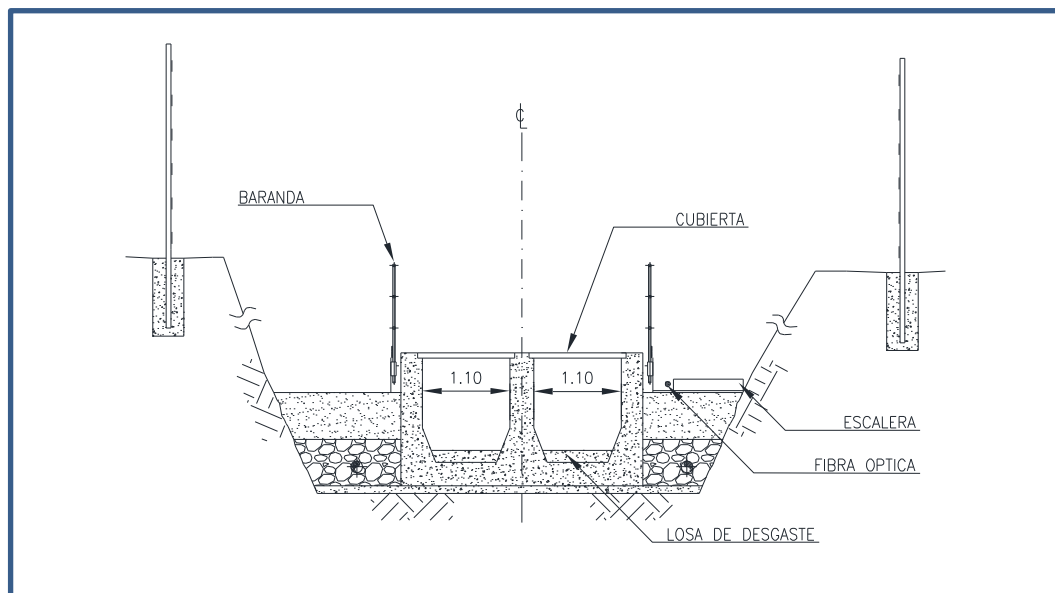
## b) Rápidos

Los Rápidos son canaletas dobles de alta pendiente, éstos permiten absorber las diferencias de cota que no son posibles de compensar con la pendiente constante de la canaleta (1,2%). Su diseño consiste en una canaleta doble de hormigón, construida semi-enterrada y sin juntas de dilatación, ubicada sobre laderas formadas por conos de deyección o en piques inclinados en roca. La sección útil de la canaleta en estas obras es de 1,1 m de ancho y 1,0 m de alto para cada canal o nave del rápido (Figura 3-4), cabe destacar que la sección transversal de los Rápidos no fue peraltada.

Todos los rápidos consideran cajones al inicio y término de la obra. Los cajones de inicio están provistos de compuertas que permiten el desvío del relave, para operar por una u otra nave del rápido, en caso de necesidad o mantención, ya que normalmente el relave fluye por ambas naves. Los cajones de salida cumplen la función de disipar la energía excedente y amortiguar la velocidad de escurrimiento del relave antes de ser introducido a otro tramo en canaleta (ver Fotografía 3-2).

Los rápidos de mayor extensión y mayor pendiente consideran cajones intermedios que disipan energía y amortiguan la velocidad de escurrimiento antes de ingresar al siguiente tramo de alta pendiente del rápido. Las naves de los rápidos se encuentran cubiertas, según su ubicación, con durmientes o con tapas livianas, de fácil remoción, constituidas por placas carpinteras con tratamiento asfáltico (ver Fotografía 3-2).

**Figura 3-4: Sección Transversal de Rápidos**



**Fotografía 3-2: Rápidos de Descarga**



### **c) Cajones de Caída**

La función de los cajones de caída es permitir cambios bruscos de cota de la canaleta, para mantener la pendiente del 1,2 % del trazado y disipar la energía excedente en forma tal que no cause daños a las paredes de este. El trazado del STR posee 33 cajones de caída. En la Fotografía 3-3 se presenta un Cajón de Caída.

**Fotografía 3-3: Cajón de Caída**



## d) Túneles

En el trazado del STR hay 3 túneles principales:

- Túnel N°1: 9.943 m de longitud.
- Túnel N°2: 8.699 m de longitud.
- Túnel N°3: 2.873 m de longitud.

Existe un Túnel menor antes del Túnel N°1 que posee 320 m de longitud.

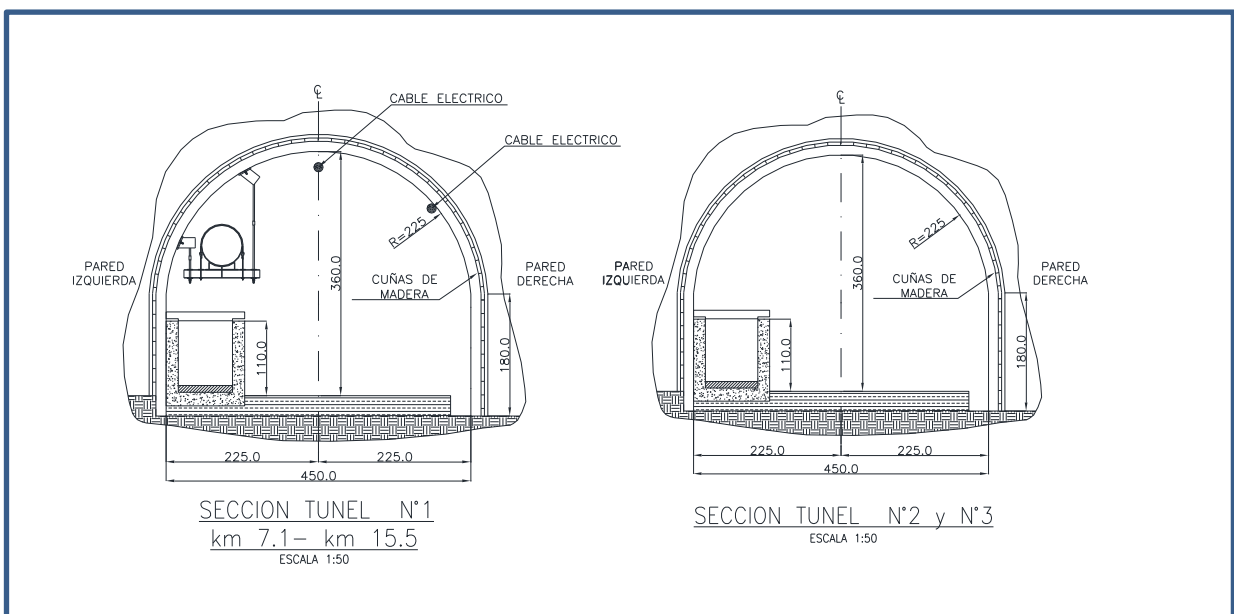
Por el interior de los túneles la canaleta va adosada al costado izquierdo y cubierta totalmente con losetas de hormigón. Actualmente, la loseta lleva sobre ella una membrana de HDPE y bolsas de arenas para evitar su deslizamiento. Los túneles principales en los portales de ingreso y salida tienen portones de acceso que permanecen cerrados con candado y cámaras de vigilancia monitoreadas desde la sala Panel Cordillera.

Dadas las características de la zona, en los túneles N°1 y N°2 se producen filtraciones de aguas afloradas, las que escurren por el piso hacia la cuneta opuesta al trazado de la canaleta. Normalmente las aguas alumbradas son vertidas a cauces naturales, sin embargo en caso que por accidente se presentaran derrames de relave en el interior de algún túnel y se contaminara el agua alumbrada, ésta debe ser ingresada a la canaleta junto con el relave derramado.

Las aguas alumbradas que afloran en el Túnel N°1 se vierten a cauces naturales o pueden desviarse al interior de la canaleta de relaves en caso de que sean contaminadas por un derrame de relave al interior del túnel. Además, dentro de este túnel existen otras obras que no pertenecen al STR, como una tubería de transporte de agua sobre la canaleta y cables eléctricos.

En la Figura 3-5 se muestran las secciones típicas de la canaleta en túneles y en la Fotografía 3-4 se muestra una imagen de los portales de ingreso del Túnel Menor y Túnel N°1 y de los portales de salida del Túnel N°2 y Túnel N°3. El Túnel Menor presenta un peralte de la canaleta de 80 cm aproximadamente.

**Figura 3-5: Secciones de la Canaleta en Túneles**



**Fotografía 3-4: Portales de Ingreso o Salida Túneles**



Ingreso Túnel Menor

Portal entrada Túnel N°1

### e) Caminos de Acceso al STR

Junto a la canaleta de relaves existe un camino de operación que la recorre en su totalidad. Este camino se construye en la época de la construcción de la canaleta y hoy se utiliza para operación, monitoreo, control y para realizar los mantenimientos necesarios.

El acceso a este camino está en ambos extremos. Sin embargo, para facilitar el acceso rápido a puntos intermedios existen caminos auxiliares a lo largo de su recorrido. En la Tabla 3-1 se detalla los caminos de acceso que se ubican a lo largo del STR.

**Tabla 3-1: Caminos de Acceso**

CAMINO ACCESO	DESCRIPCIÓN
Km 17	Acceso al portal de salida del Túnel N°1 y de entrada al Túnel N°2 (11 km de longitud)
Km 42	Acceso al portal de salida del Túnel N°2 (22 km de longitud)
Km 65	Acceso al sector del Embalse de Seguridad N°4 (16 km de longitud)

### f) Embalses de Seguridad

Los embalses de seguridad o piscinas de emergencia permiten vaciar la canaleta ante cualquier situación de emergencia que ocurra en el STR. Cada embalse, se encuentra impermeabilizado con membrana de HDPE, con cierre perimetral, provistos de iluminación y de una cámara de monitoreo para la descarga de relave.

En la Tabla 3-2 se detallan los embalses de seguridad que se presentan a lo largo del trazado del STR, indicando su ubicación, capacidad y tiempo de llenado (considerando flujo máximo, si el flujo es menor tardará más tiempo en llenarse el embalse).

**Tabla 3-2: Embalses de Seguridad STR**

OBRA	KILOMETRAJE	CAPACIDAD (m3)	TIEMPO DE LLENADO [ h ]
Embalse de Seguridad N°1	31,055	28.500	5,6
Embalse de Seguridad N°2	40,324	27.000	5,3
Embalse de Seguridad N°3	54,599	21.586	4,3
Embalse de Seguridad N°4	65,865	28.887	5,7
Embalse de Seguridad N°5	71,670	19.815	3,9

La Fotografía 3-5 muestra el embalse de seguridad N°1

**Fotografía 3-5: Embalse de Seguridad N°1**



### **3.2 COMPONENTES OPERACIONALES DEL SISTEMA**

El Sistema Operacional está constituido por dos componentes principales, que hacen factible la conducción del relave, la supervisión y control de este proceso:

- Sistema de Transporte: está constituido por la canaleta propiamente tal más sus obras anexas. Su objetivo es transportar en forma eficiente y segura el relave desde el Cajón de Inicio del STR hasta el Cajón de Traspaso ubicado en el sector del Tranque de relaves.
- Sistema de Monitoreo y Control: involucra las herramientas que permiten al operador monitorear el proceso de transporte de relaves y las operaciones asociadas que permiten la supervisión y control del proceso.

### 3.2.1 Sistema de Transporte

Para el caso del STR se ha dividido en 6 sectores, los que se detallan a continuación:

- Sector I.
- Sector Túneles N°1, N°2 y N°3.
- Sector II
- Sector III
- Sector IV
- Sector V

#### a) Sector I

El Sector I corresponde al tramo inicial del STR, ubicado a continuación del sistema cabeza. Se extiende desde el cajón de inicio del STR ubicado en el Km 0,683 hasta el portal de entrada del Túnel N°1, ubicado en el Km 7,126, a 2.487 msnm. Se considera como kilómetro 0,00 el cajón de descarga del espesador N°2, a 2.801 msnm. El trazado de la canaleta se encuentra protegido de avalanchas y se desarrolla por la ladera poniente del cajón del río. La Figura 3-6 (Anexo A) muestra este sector del trazado en el STR.

En la Tabla 3-3 se detallan los rápidos del sector indicando su ubicación en el trazado.

**Tabla 3-3: Rápidos Sector I**

OBRA	NOMBRE	UBICACIÓN		PENDIENTE (%)
		Cajón Inicio (Km)	Cajón Final (Km)	
Rápidos	R 1	0,491		50,97
			0,669	38,95
	R 2	1,510	1,587	80,00
	R 3	2,887	2,990	45,00
	R 4	4,625	4,756	46,96
	R 5	5,504	5,714	80,00
	R 6	6,254	6,395	51,73

El rápido R1 pertenece al sistema de cabeza y se ubica en la línea de descarga del espesador N°2. Los rápidos R2 y R5 corresponden a chimeneas de 2 x 2 m, excavados en roca, sin revestimiento. El acceso a los rápidos R2 y R5 es a través de túneles desarrollados para este propósito. Los rápidos R3, R4 y R6 corresponden a estructuras de canaleta doble con pendiente fuerte, ubicadas sobre laderas formadas por conos de deyección o en piques inclinados en roca.

El diseño de los cajones de caída de este sector consideró alturas de caída de 1,5 y 3,4 m, de acuerdo a las características topográficas del sector. La Tabla 3-4 resume la ubicación de los cajones de caída N°1 a N°5, sin embargo, sólo este último pertenece al Sector I, los demás pertenecen al sistema de cabeza y se ubican en la línea de descarga del espesador N°2.



**Tabla 3-4: Cajones de Caída Sector I**

OBRA	NÚMERO	UBICACIÓN (Km)
Cajones de Caída	1	0,000
	2	0,029
	3	0,301
	4	0,325
	5	6,638

## b) Sector Túneles N°1, N°2 y N°3

A pesar de que los Túneles N°1 y N°2 no se encuentran ubicados adyacentes al Túnel N°3, se han agrupado en un solo sector. En la Tabla 3-5 se indica la ubicación y longitud de los Túneles N°1, N°2 y N°3

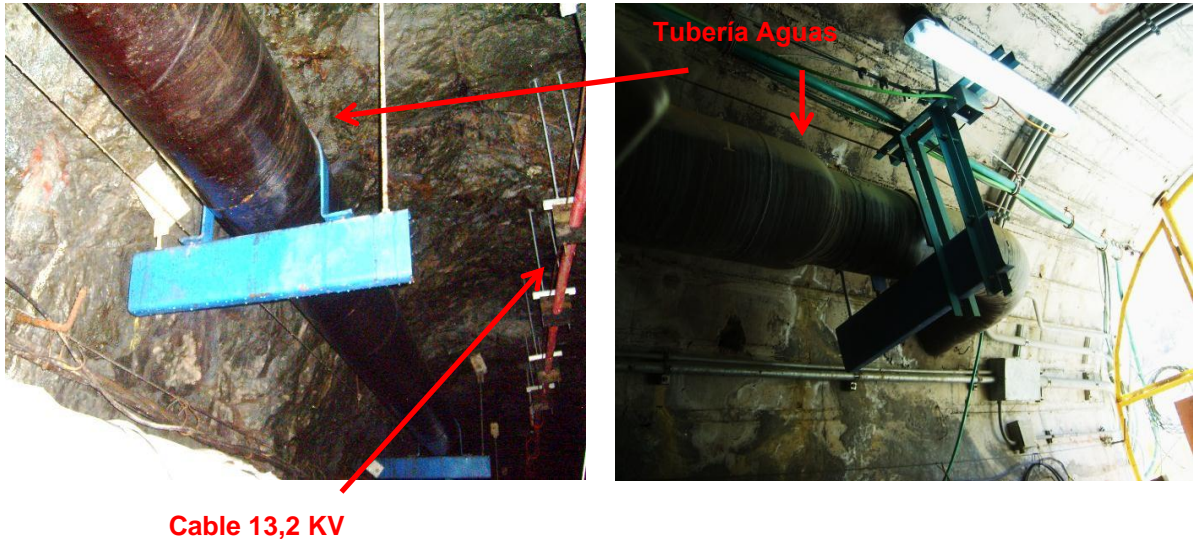
**Tabla 3-5: Túneles N°1, N°2 y N°3**

OBRA	NOMBRE	UBICACIÓN		LONGITUD (Km)
		Km, Portal Inicio	Km, Portal Final	
Túneles	Túnel N°1	7,126	17,069	9,941
	Túnel N°2	17,416	26,115	8,699
	Túnel N°3	40,632	43,505	2,873

En el interior del Túnel N°1 existen instalaciones que no están directamente relacionadas con STR, que se describen a continuación:

- Sistema eléctrico consistente en cable conductor de energía eléctrica que recorre el Túnel N°1 en toda su extensión, adosado a la pared norte y una subestación eléctrica ubicada en la entrada del portal, en un recinto cerrado y señalizado. El cable de energía eléctrica tiene algunas cajas de conexión distribuidas en el interior del túnel y ha sido utilizado para obtener suministro eléctrico para trabajos de contratistas en esta área.
- Tubería de conducción gravitacional de agua a lo largo del túnel. En la Fotografía 3-6 se muestra el interior del túnel indicando la ubicación de la tubería de aguas (no relacionada con el STR).
- Cable eléctrico de 13,2 KV que recorre toda la extensión del túnel montado en marcos de sujeción adosados al techo en el centro del túnel. Este cable transporta la alimentación eléctrica al sistema de bombeo de un proyecto que envía aguas alumbradas captadas en el túnel N°1 a la planta concentradora.

**Fotografía 3-6: Tubería Aguas en Túnel N°1**



### c) Sector II

El Sector II se inicia en el portal de salida del Túnel N°2, Km 26,115 aproximadamente, a 2.237 msnm y termina en el portal de entrada del Túnel N°3, km 40,632, según se puede apreciar en la Figura 3-7 (Anexo A) y Figura 3-8 (Anexo A).

En la Tabla 3-6, Tabla 3-7 y Tabla 3-8 se detallan los cajones de caída, embalses de seguridad y rápidos existentes en el Sector II.

**Tabla 3-6: Ubicación Cajones de Caída Sector II**

UBICACIÓN CAJONES N°6 AL N°21 (Km)							
6	7	8	9	10	11	12	13
26,622	26,669	27,050	27,248	27,291	27,324	27,625	28,404
14	15	16	17	18	19	20	21
28,432	28,466	30,463	31,053	33,765	33,820	40,322	40,535

Nota: Cajones de caída N° 17 y N° 20 forman parte de los embalses de seguridad N°1 y N°2, respectivamente.

**Tabla 3-7: Embalses de Seguridad Sector II**

EMBALSE DE SEGURIDAD	CAPACIDAD (m <sup>3</sup> )	UBICACIÓN (Km)
N°1	28.500	31,055
N°2	27.000	40,324

**Tabla 3-8: Rápidos Sector II**

RÁPIDO	UBICACIÓN	N° CAJONES INTERMEDIOS	CAJÓN INICIO (Km)	CAJÓN FINAL (Km)	PENDIENTE (%)
N°7 (129 m de descenso)	Sobre ladera derecha quebrada	2	26,698		50,00
				26,812	54,58
			26,812		42,24
				26,908	47,53
N°8 (167 m de descenso)	Sobre ladera derecha quebrada	0	26,908	26,996	55,83
			28,294		53,00
				28,300	43,97
N°9 (192 m de descenso)	Sobre ladera derecha quebrada	3			53,00
			36,527		50,00
				36,638	54,91
			36,638		58,68
				36,747	48,96
			36,747		46,00
				36,892	19,46
N°10 (52 m de descenso)	Sobre ladera derecha quebrada	0	36,892		57,92
				37,037	38,04
			38,081		15,00
			38,215	48,47	

#### d) Sector III

El Sector III corresponde al primer sector del área baja de la conducción. De acuerdo con la Figura 3-9 (Anexo A), se inicia en la salida del Túnel N°3 en el Km 43,505 a 1.580 msnm, y termina en el Km 64,155 a 1.283 msnm, con una longitud aproximada de 21 Km.

El único rápido del Sector III es el rápido N°11, cuya información se presenta en la Tabla 3-9. En la Tabla 3-10 se indica la ubicación de los cajones de caída del Sector III y en la Tabla 3-11 se indica la capacidad y ubicación del embalse de seguridad N°3 ubicado en este tramo.

**Tabla 3-9: Rápido N°11**

RÁPIDO	UBICACIÓN	N° CAJONES INTERMEDIOS	CAJÓN INICIO (Km)	CAJÓN FINAL (Km)	PENDIENTE (%)
N°11 (21,4 m de descenso)	En la quebrada	0	58,597	58,658	51,30

**Tabla 3-10: Ubicación Cajones de Caída Sector III**

UBICACIÓN CAJONES N°22 AL N°30 (Km)								
22	23	24	25	26	27	28	29	30
43,517	43,573	48,276	51,565	54,568	57,886	60,404	62,288	64,155

**Tabla 3-11: Embalses de Seguridad Sector III**

EMBALSE DE SEGURIDAD	CAPACIDAD (m³)	UBICACIÓN (Km)
N°3	21.586	54,599

## e) Sector IV

El Sector IV se inicia en el Km 64,155, aguas abajo del cajón de caída N°30, extendiéndose hasta el cajón de inicio del Rápido N°12, en el Km 77,092 como se muestra en la Figura 3-10 (AnexoA).

Este sector no presenta rápidos. En la Tabla 3-12 se indica la ubicación de los cajones de caída y en la Tabla 3-13 se indica la capacidad y ubicación de los embalses de seguridad N°4 y N°5 del este tramo.

**Tabla 3-12: Ubicación Cajones de Caída Sector IV**

UBICACIÓN CAJONES N°31 AL N°33 (Km)		
31	32	33
65,863	71,668	76,236

Nota: Los cajones de caída N°31 y N°32 desvían relaves hacia los embalses de seguridad N°4 y N°5, respectivamente.

**Tabla 3-13: Embalses de Seguridad Sector IV**

EMBALSE DE SEGURIDAD	CAPACIDAD (m3)	UBICACIÓN (Km)
N°4	28.887	65,865
N°5	19.815	71,670

## f) Sector V

El Sector V que forma parte del STR comprende desde el cajón de entrada del Rápido N°12 en el km 77,092 hasta el cajón de traspaso ubicado aguas abajo del cajón de derivación N°2, en el Km 87,390. La Figura 3-11 (Anexo A) muestra este sector del trazado en el STR.

En la Tabla 3-14 se presenta información de los tres rápidos localizados en el sector y en la Tabla 3-15 se presenta la ubicación de los dos cajones de derivación y del cajón de traspaso del Sector V.

**Tabla 3-14: Rápidos Sector V**

RÁPIDO	N° CAJONES INTERMEDIOS	CAJÓN INICIO (Km)	CAJÓN FINAL (Km)	PENDIENTE (%)
N°12 (72 m de descenso)	1	77,092		3,20
			77,215	54,05
		77,215		50,38
				31,10
			77,340	38,60
N°13 (122 m de descenso)	1	78,697		5,00
			78,891	52,28
		78,891		54,6
				34,98
N°14 (77 m de descenso)	1		79,048	51,01
		79,525		54,50
			79,608	48,70
		79,608		21,70
		79,714	45,46	

**Tabla 3-15: Ubicación Cajones de Derivación y Traspaso Sector V**

<b>UBICACIÓN CAJONES DERIVACIÓN Y TRASPASO (Km)</b>		
<b>Derivación N°1</b>	<b>Derivación N°2</b>	<b>Traspaso</b>
82,714	85,801	87,390

En este sector también se encuentran las obras de desvío del relave directo a cubeta, cuyo objetivo es conducir relave fresco desde el STR hasta algunos sectores del tranque de relaves para el manejo de la posición de la laguna de aguas claras.

### **3.2.2 Sistema de monitoreo y Control**

El Sistema de Monitoreo y Control provee al operador de las herramientas necesarias para controlar el proceso de transporte de relaves y las operaciones asociadas, de tal manera de evaluar la operación en forma continua, y de esta forma evitar o detectar la presencia de anomalías permitiendo tomar decisiones y realizar las acciones correctas en forma oportuna, según los requerimientos del proceso.

#### **a) Instrumentación**

El STR posee la instrumentación que se menciona a continuación:

- El inicio del STR se encuentra instrumentado con un densímetro nuclear y sensores de nivel ubicados en el cajón de inicio del STR en el km 0,683. Uno de los sensores de nivel y el densímetro nuclear son controlados desde el Concentrador, un segundo sensor de nivel es monitoreado a través de la sala PANEL CORDILLERA, y el tercer sensor de nivel instalado en el cajón inicio STR se encuentra enlazado con las válvulas pinch de descarga de los espesadores N°1 y N°2. Este lazo de control hace que la válvula se cierre parcialmente cuando se detecta un nivel alto en el cajón STR.
- Medidores de turbidez, pH y conductividad, ubicados en la salida de los túneles.
- Sensores de nivel, ubicados a lo largo del trazado del STR.
- En forma adicional, en el Sector I se encuentran cinco sensores de nivel ubicados a la salida del cajón inferior de los rápidos. Estos sensores están comunicados en serie y su señal es recibida indistintamente por las casetas N°1 y N°2 ubicadas en el km 0,683 y km 7,128, respectivamente.

Toda la conducción está acompañada por un cable de fibra óptica de 12 hebras, que se conectan a las salas de control, una ubicada en el sector cordillera, "Sala PANEL CORDILLERA", y otra ubicada en el sector valle, Sala de Control Tranque", cubriendo toda la extensión del trazado del STR. Esta fibra óptica es la encargada de transportar las señales de los distintos instrumentos instalados a lo largo del STR, cuya operación es comandada por sala PANEL CORDILLERA. La sala de Control Tranque eventualmente puede asumir el control del STR ante falla o pérdida de señal/comunicación de la sala PANEL CORDILLERA.

#### **b) Sala de Control**

La sala de control que comanda al STR se ubica en Planta Concentradora, y se denomina Sala PANEL CORDILLERA.

Desde este punto el Operador de Panel Cordillera puede acceder a toda la información referente al STR a través de las pantallas de monitoreo y operación del sistema de transporte de relaves, las cámaras

del circuito cerrado de TV que monitorean el STR, del contacto radial con el grupo de inspección y del contacto con la red telefónica de comunicaciones.

Pantallas de monitoreo y operación

El monitoreo y control Operacional del STR se realiza mediante el despliegue de una pantalla del sistema EPKS en el PANEL CORDILLERA, que muestran la información generada por los instrumentos o equipos existentes a lo largo del sistema. Adicionalmente, el Operador de Panel Cordillera cuenta con el sistema PI SYSTEM que también monitorea la información y sirve para gestionarla. A continuación, en la Figura 3-12 y Figura 3-13 se muestran las pantallas de ambos sistemas.

Figura 3-12: Pantalla General STR Sistema EPKS

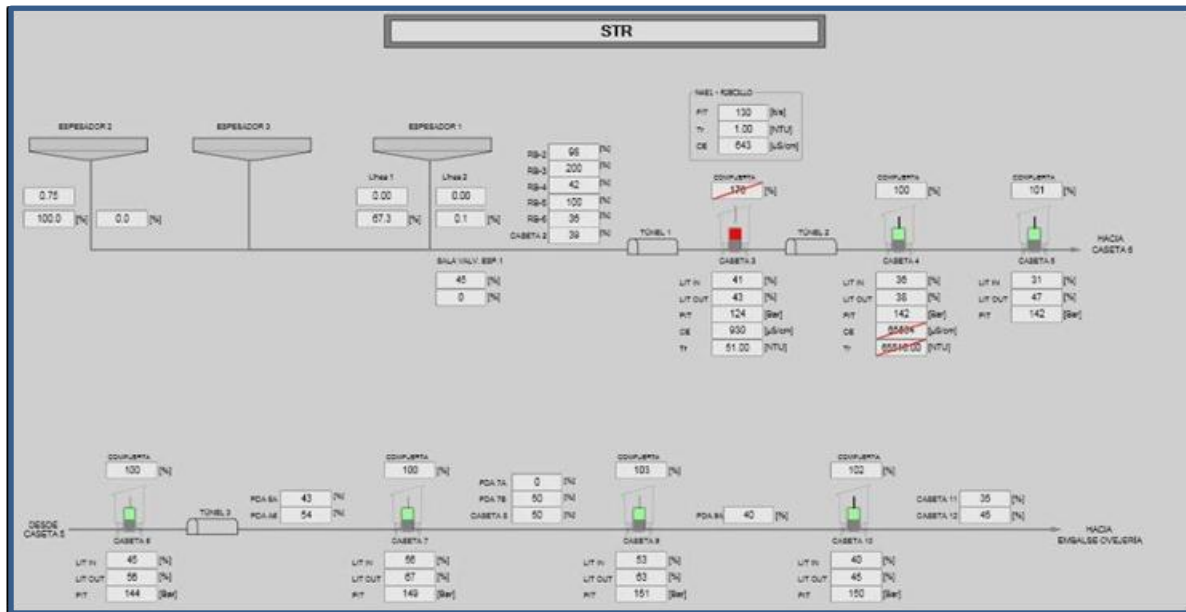
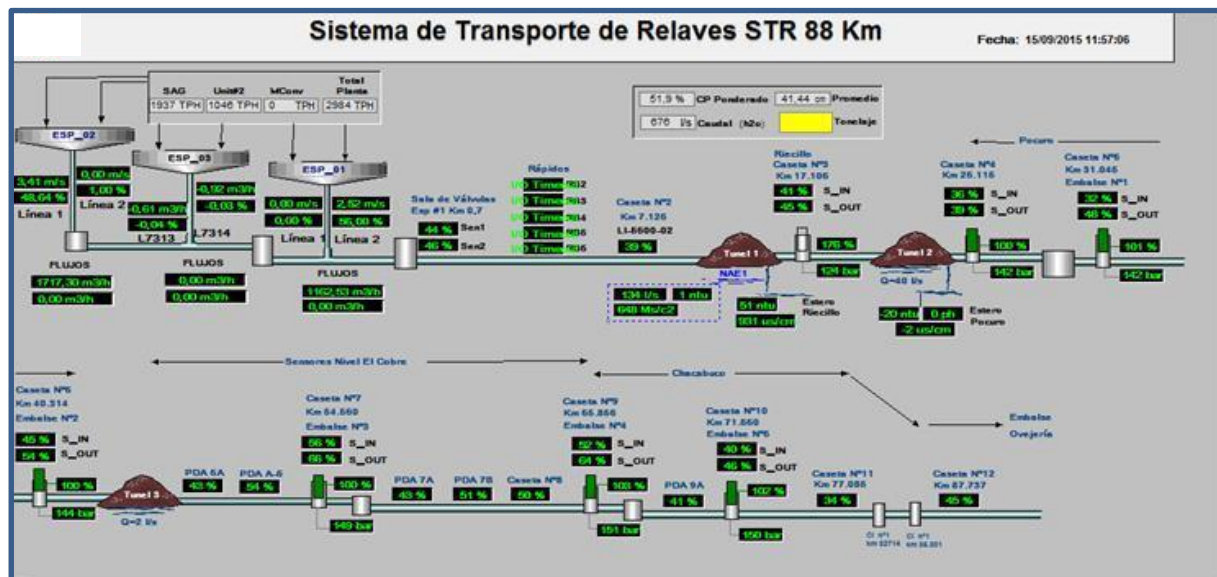


Figura 3-13: Pantalla General STR Sistema PI System



Como control complementario a los sistemas existentes en Panel Cordillera, la sala de control del Tranque cuenta con pantallas del sistema FIX, las cuales también permiten el monitoreo del STR. La Tabla 3-16 entrega un resumen de la información principal que entrega cada pantalla.

### Pantalla N°1: Sector I

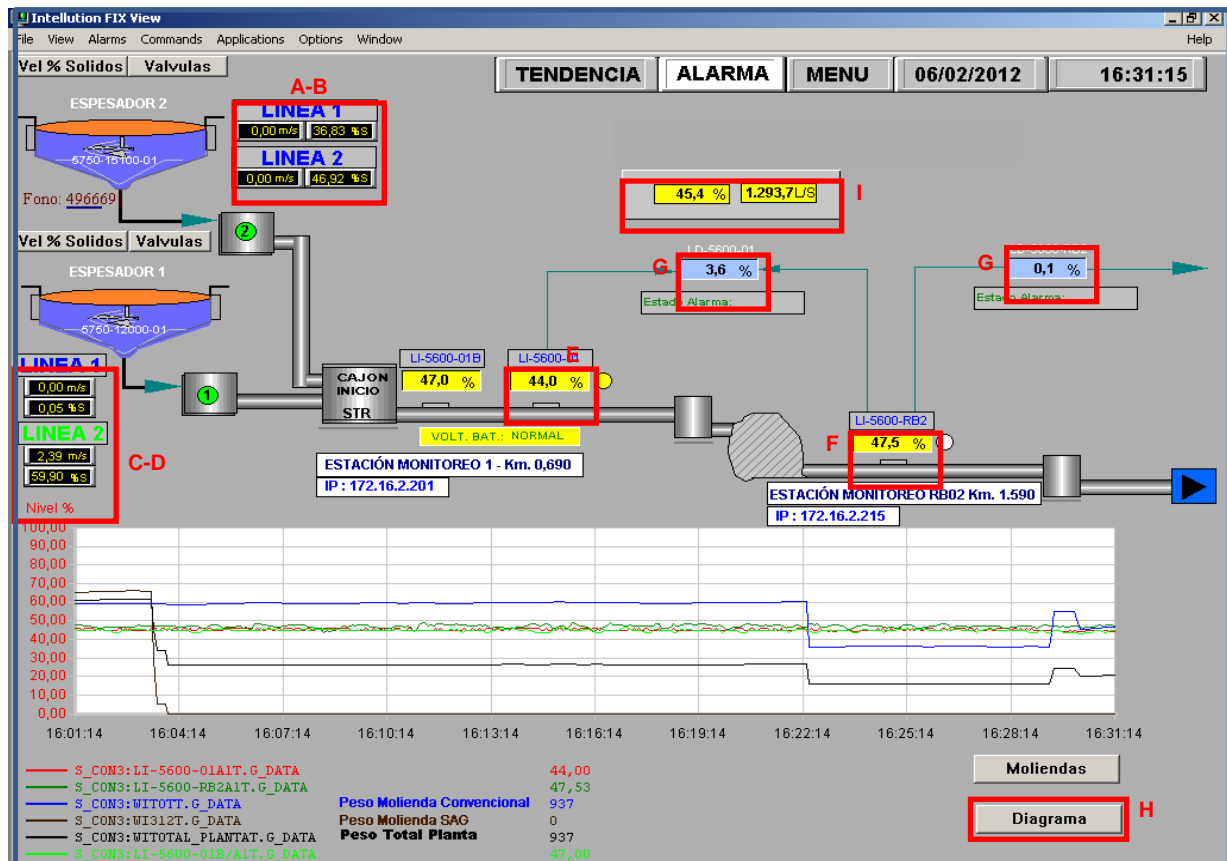
Esta pantalla cubre el tramo comprendido entre el km 0,5 al km 7 del STR y se ve en la Figura 3-14. La información relevante que despliega esta pantalla es:

- (A) Concentración en peso de relaves descargados de líneas 1 y 2 de espesador N°1.
- (B) Velocidad de descarga de relaves de líneas 1 y 2 del espesador N°1.
- (C) Concentración en peso de relaves descargados de líneas 1 y 2 de espesador N°2.
- (D) Velocidad de descarga de relaves de líneas 1 y 2 del espesador N°2.
- (E) Sensor de nivel N°1 (Caseta N°1).
- (F) Sensor de nivel N°2 – R2.
- (G) Diferencia de nivel entre sensores.
- (H) Tonelaje tratado por las molindas convencional y SAG.
- (I) Producción total de relaves.

La información puntual se complementa con un gráfico de tendencias en el tiempo de las señales de nivel de ambos sensores, tonelaje tratado por ambas molindas y tonelaje total.

Además de esta pantalla, se cuenta con información (pantallas) en el sistema PI, que permite acceder a información de la operación de los espesadores, incluido el espesador N°3, que no aparece en las pantallas del sistema FIX.

Figura 3-14: Pantalla N°1, Sector I



## Pantalla Intermedia: Sector Rápidos

El acceso a esta información se realiza desde la pantalla N°1 del Sector I, y en ella se puede visualizar:

- (A) Sensores de Nivel en cajón de inicio R2, R3, R4, R5 y R6.
- (B) Diferencia de nivel entre cada sensor.

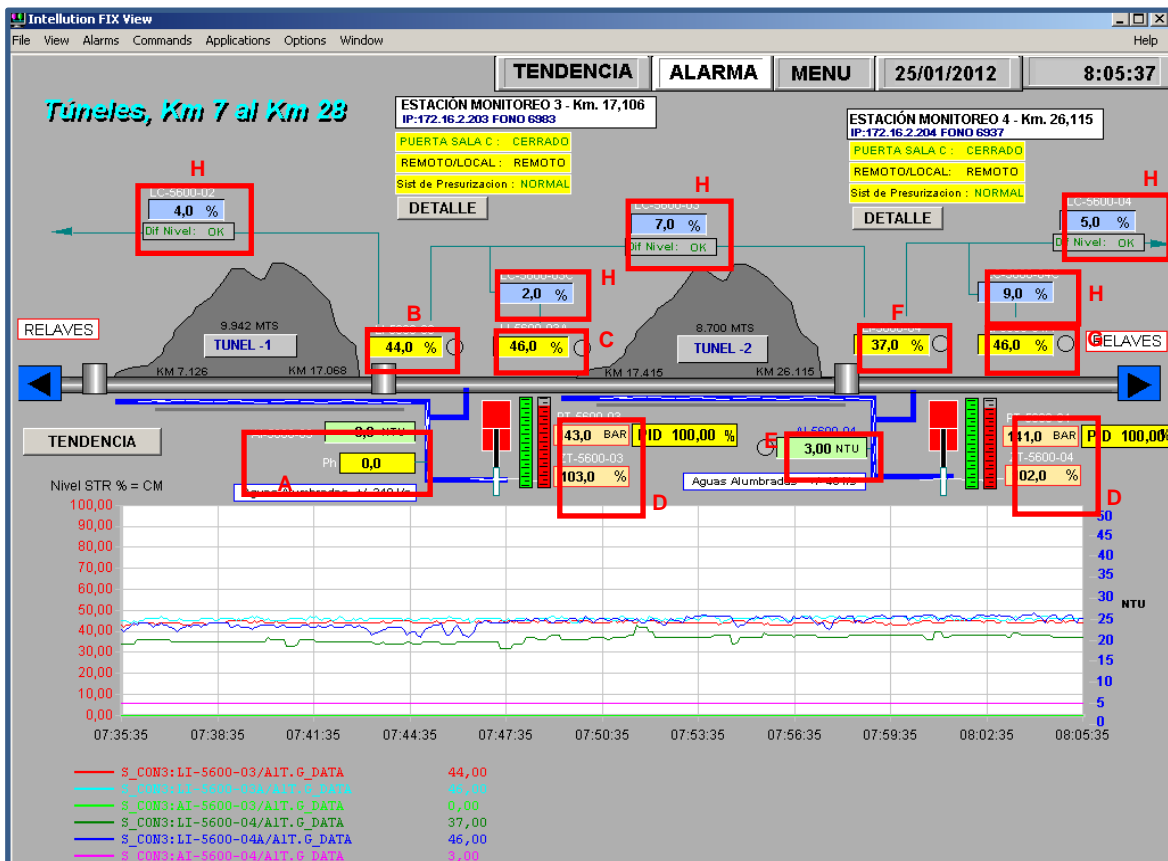
Esta información se complementa con un gráfico histórico de las tendencias de cada uno de los sensores y otro gráfico de la señal del cable de sacrificio.

## Pantalla N°2: Salida Túnel N°1 - Salida Túnel N°2

Esta pantalla cubre la información comprendida en el tramo entre el km 7 al km 28 del STR y se presenta en la Figura 3-15. La información más relevante que despliega esta pantalla es:

- (A) Medidores de turbidez y pH en salida de Túnel N°1.
- (B) Sensor de nivel N°8 (Caseta N°3).
- (C) Sensor de nivel N°8A (Caseta N°3).
- (D) Estado de compuerta de descarga de aguas alumbradas y condición de sistema accionador de compuerta en salida Túnel N°1 y salida Túnel N°2.
- (E) Medidor de turbidez en salida Túnel N°2.
- (F) Sensor de nivel N°9 (Caseta N°4).
- (G) Sensor de nivel N°9A (Caseta N°4).
- (H) Diferencia de nivel entre sensores N°8 y N°9.

Figura 3-15: Pantalla N°2, Sector Túneles





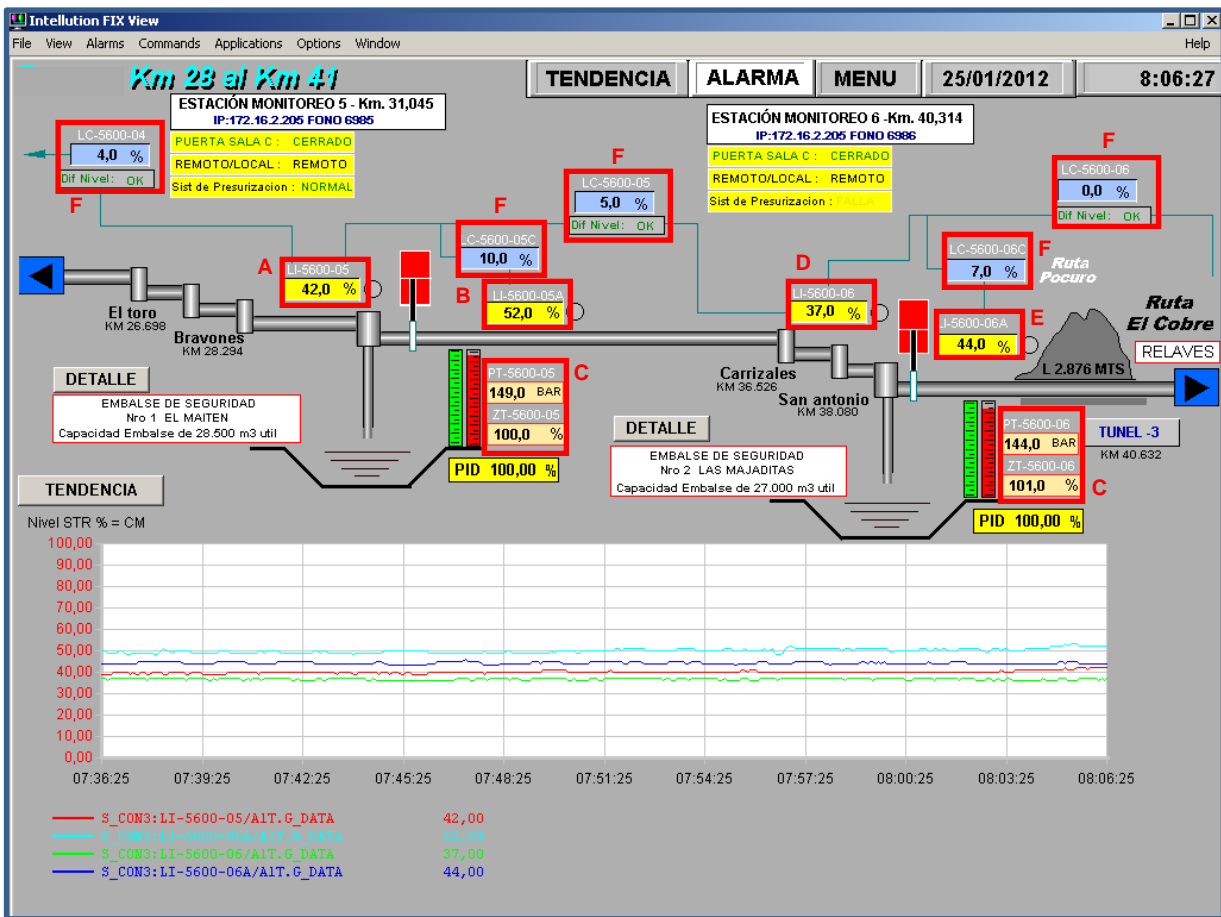
La información se complementa con un gráfico de tendencias en el tiempo de las señales de nivel de los sensores y de los turbidímetros de ambos túneles.

### Pantalla N°3: Sector II

Esta pantalla cubre la información del tramo comprendido entre el km 28 al km 41 del STR y se presenta en la Figura 3-16. La información más relevante que despliega esta pantalla es:

- (A) Sensor de nivel N°10 (Caseta N°5).
- (B) Sensor de nivel N°10A (Caseta N°5).
- (C) Estado de compuerta de desvío de relave y condición de sistema accionador de compuerta en embalses de seguridad N°1 y N°2 (Casetas N°5 y N°6).
- (D) Sensor de nivel N°11 (Caseta N°6).
- (E) Sensor de nivel N°11A (Caseta N°6).
- (F) Diferencia de nivel entre sensores.

Figura 3-16: Pantalla N°3, Sector II



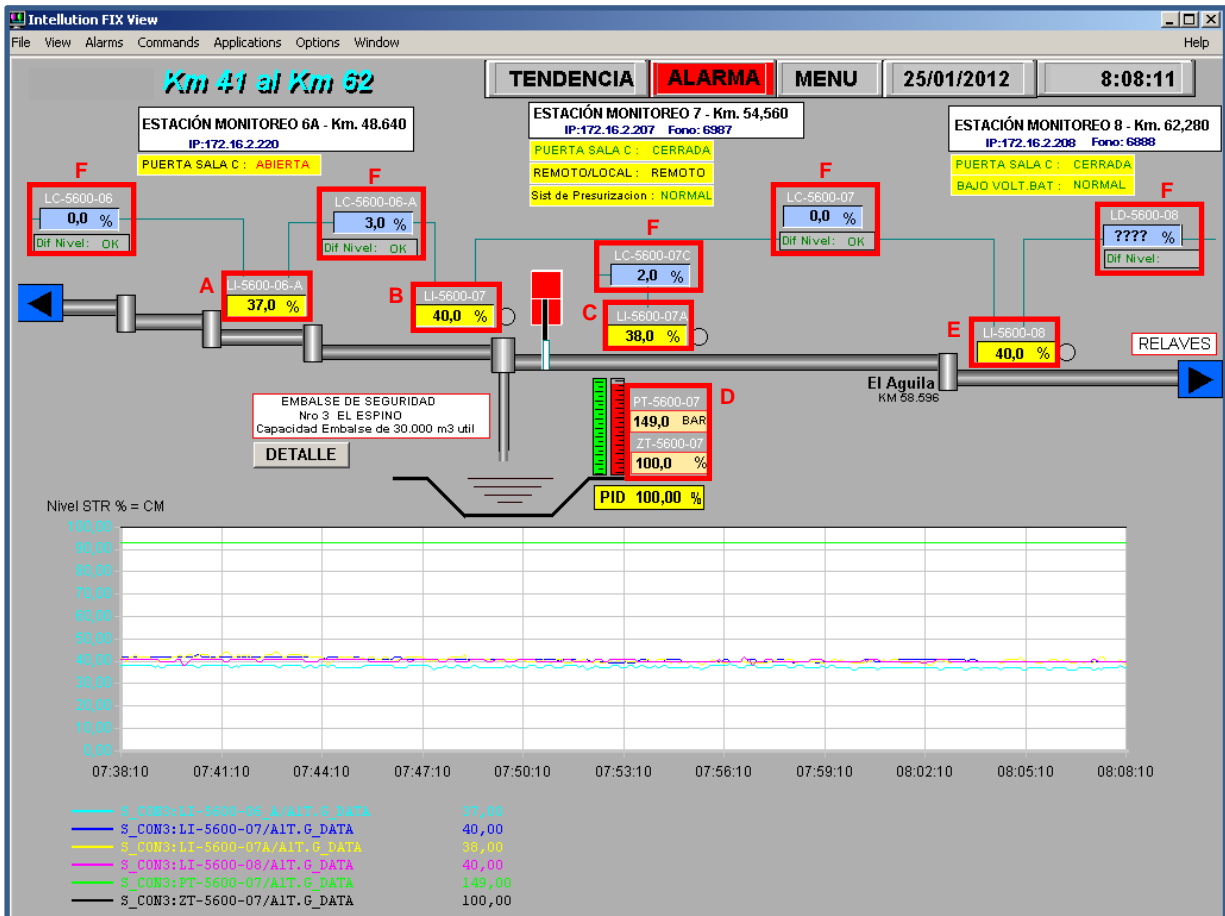
La información se complementa con un gráfico de tendencias en el tiempo de las señales de nivel de los sensores.

### Pantalla N°4: Sector III

Esta pantalla cubre la información del tramo comprendido entre el km 41 al km 62 del STR y se presenta en la Figura 3-17. La información más relevante que despliega esta pantalla es:

- (A) Sensor de nivel N°11B (Caseta N°6).
- (B) Sensor de nivel N°12 (Caseta N°7).
- (C) Sensor de nivel N°12A (Caseta N°7).
- (D) Estado de compuerta de desvío de relave y condición de sistema accionador de compuerta en embalses de seguridad N°3 (Caseta N°7).
- (E) Sensor de nivel N°13 (Caseta N°8).
- (F) Diferencia de nivel entre sensores.

Figura 3-17: Pantalla N°4, Sector III



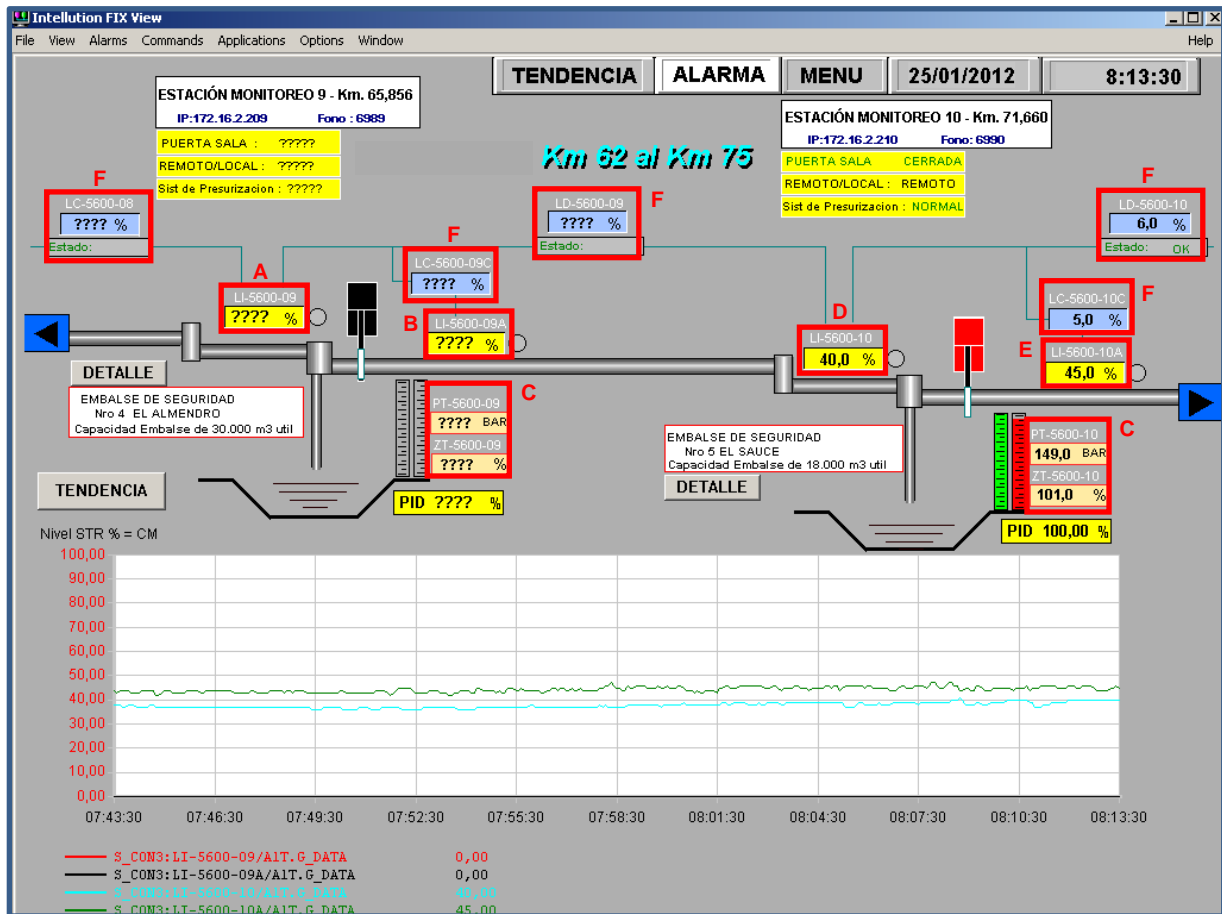
La información se complementa con un gráfico de tendencias en el tiempo de las señales de nivel de los sensores, la posición de la compuerta y la presión del sistema de accionamiento de esta.

## Pantalla N°5: Sector IV

Esta pantalla cubre la información del tramo comprendido entre el km 62 al km 75 del STR y se presenta en la Figura 3-18. La información más relevante que despliega esta pantalla es:

- (A) Sensor de nivel N°14 (Caseta N°9).
- (B) Sensor de nivel N°14A (Caseta N°9).
- (C) Estado de compuerta de desvío de relave y condición de sistema accionador de compuerta en embalses de seguridad N°4 y N°5 (Casetas N°9 y N°10).
- (D) Sensor de nivel N°15 (Caseta N°10).
- (E) Sensor de nivel N°15A (Caseta N°10).
- (F) Diferencia de nivel entre sensores.

Figura 3-18: Pantalla N°5, Sector IV



La información se complementa con un gráfico de tendencias en el tiempo de las señales de nivel de los sensores.

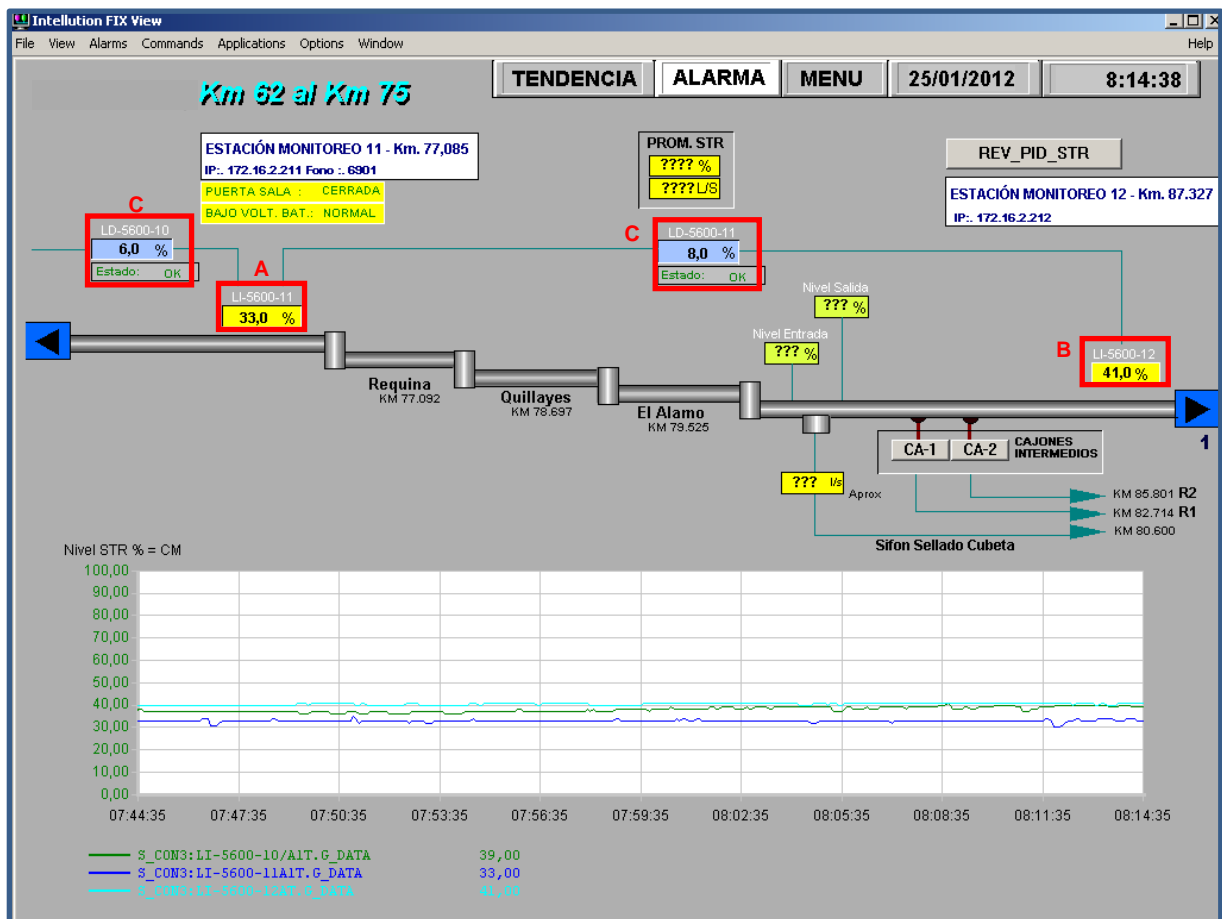
## Pantalla N°6: Sector V

Esta pantalla cubre la información del tramo comprendido entre el km 75 al km 87 del STR y se presenta en la Figura 3-19. La información más relevante que despliega esta pantalla es:

- (A) Sensor de nivel N°16.
- (B) Sensor de nivel N°17.
- (C) Diferencia de nivel entre sensores.

La información se complementa con un gráfico de tendencias en el tiempo de las señales de nivel de los sensores.

Figura 3-19: Pantalla N°6, Sector V



**Tabla 3-16: Resumen Información Pantallas Sala Control Tranque**

N° PANTALLA	SECTOR	VARIABLES MEDIDAS				EST. MONITOREO / SENSORES	OTROS
1	Sector I <b>Km 0,5 al Km 7</b>	Cp Líneas 1 y 2 Esp. 1	Veloc. Líneas 1 y 2 Esp. 1	Cp Líneas 1 y 2 Esp. 2	Veloc. Líneas 1 y 2 Esp. 2	1 y RB02 / 1 y 2-RB2	Voltaje batería estación 1.
Intermedia	Rápidos	-	-	-	-	Sensores cajón de inicio 2-R2 a 6-R6	-

N° PANTALLA	SECTOR	ESTACIONES DE MONITOREO				OTROS
		N°	N° Sensor de nivel	Estado compuerta	Condición sistema accionador compuerta	
2	Salida T1 - Salida T2 <b>Km 7 al Km 28</b>	3 y 4	8 y 9	Descarga aguas alumbradas	X	Medición pH, turbidímetro, estado de puerta casetas y del sistema de presurización.
3	Sector II <b>Km 28 al Km 41</b>	5 y 6	10, 10A, 11 y 11A	Embalse de seguridad 1 y 2	X	Estado de puerta casetas y del sistema de presurización.
4	Sector III <b>Km 41 al Km 62</b>	6A, 7 y 8	Caseta 6A, 7A, 12 y 13	Embalse de seguridad 3	X	Estado de puerta casetas, del sistema de presurización estación 7 y voltaje batería estación 8.
5	Sector IV <b>Km 62 al Km 75</b>	9 y 10	14 y 15	Embalse de seguridad 4 y 5	X	Estado de puerta casetas, del sistema de presurización y voltaje batería estación 9 y 10.
6	Sector V <b>Km 75 al Km 87</b>	11 y 12	16 y 17	-	-	Estado de puerta casetas, del sistema de presurización y voltaje batería estación 11.

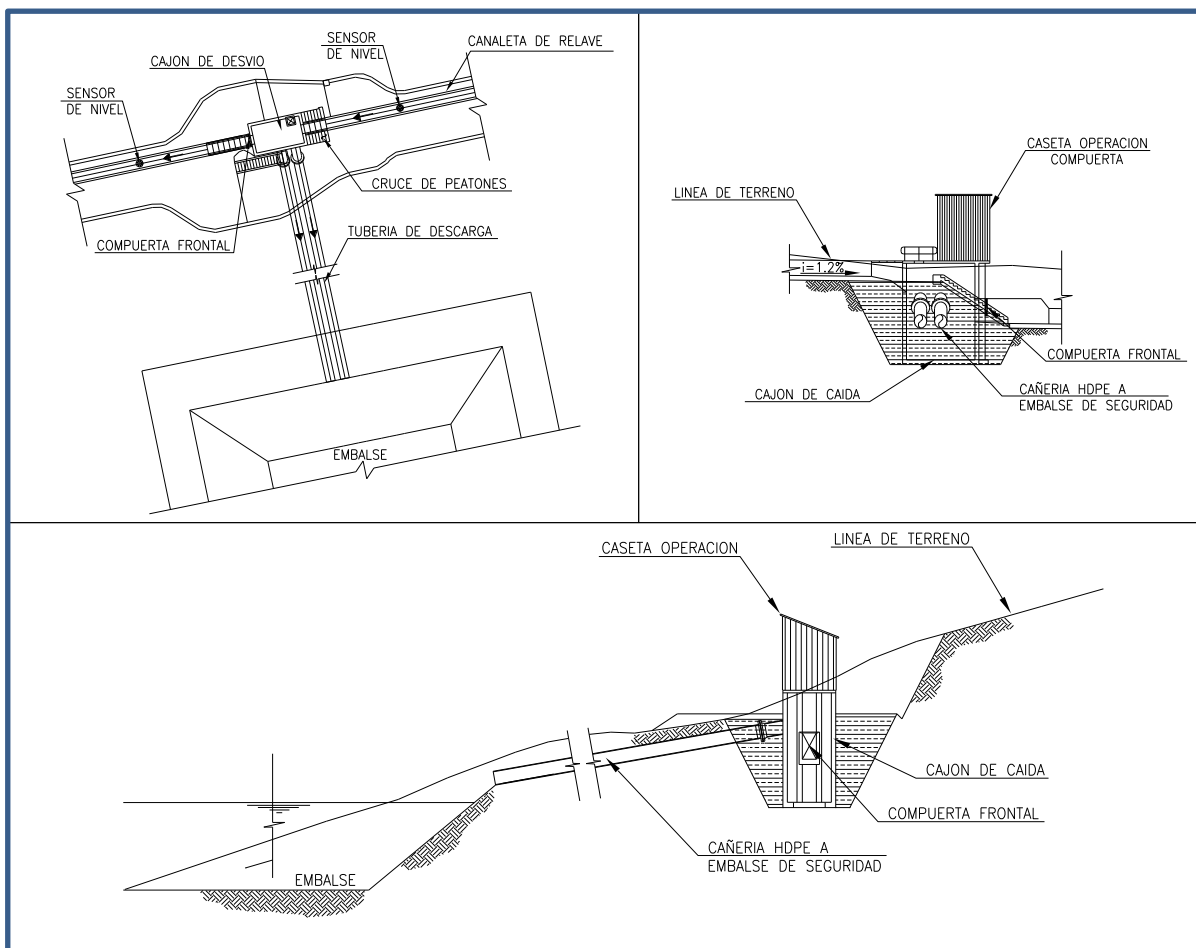
### c) Sistema de Desvío de Relave a Embalses de Seguridad

La obra de desvío del relave, desde la canaleta a cualquiera de los embalses de seguridad, consta de un cajón de caída y una compuerta con apertura regulable, accionada por presión de gas nitrógeno, la que puede operarse en forma local o remota mediante comando desde las casetas de monitoreo o desde la sala PANEL CORDILLERA.

Para desviar el relave hacia el embalse de seguridad, la compuerta frontal se cierra, deteniendo el flujo por la canaleta hacia aguas debajo de la compuerta, el relave comienza a acumularse en el cajón de caída, sube y sale del cajón por su rebalse siendo conducido hacia el embalse de seguridad mediante 2 cañerías de HDPE. Se dispone de sensores de nivel ultrasónicos en la canaleta a la entrada y salida del cajón y una caseta de monitoreo.

En la Figura 3-20 se muestra un esquema de las instalaciones de desvío de relaves a embalse de seguridad.

**Figura 3-20: Esquema Desvío Relaves a Embalse de Seguridad**



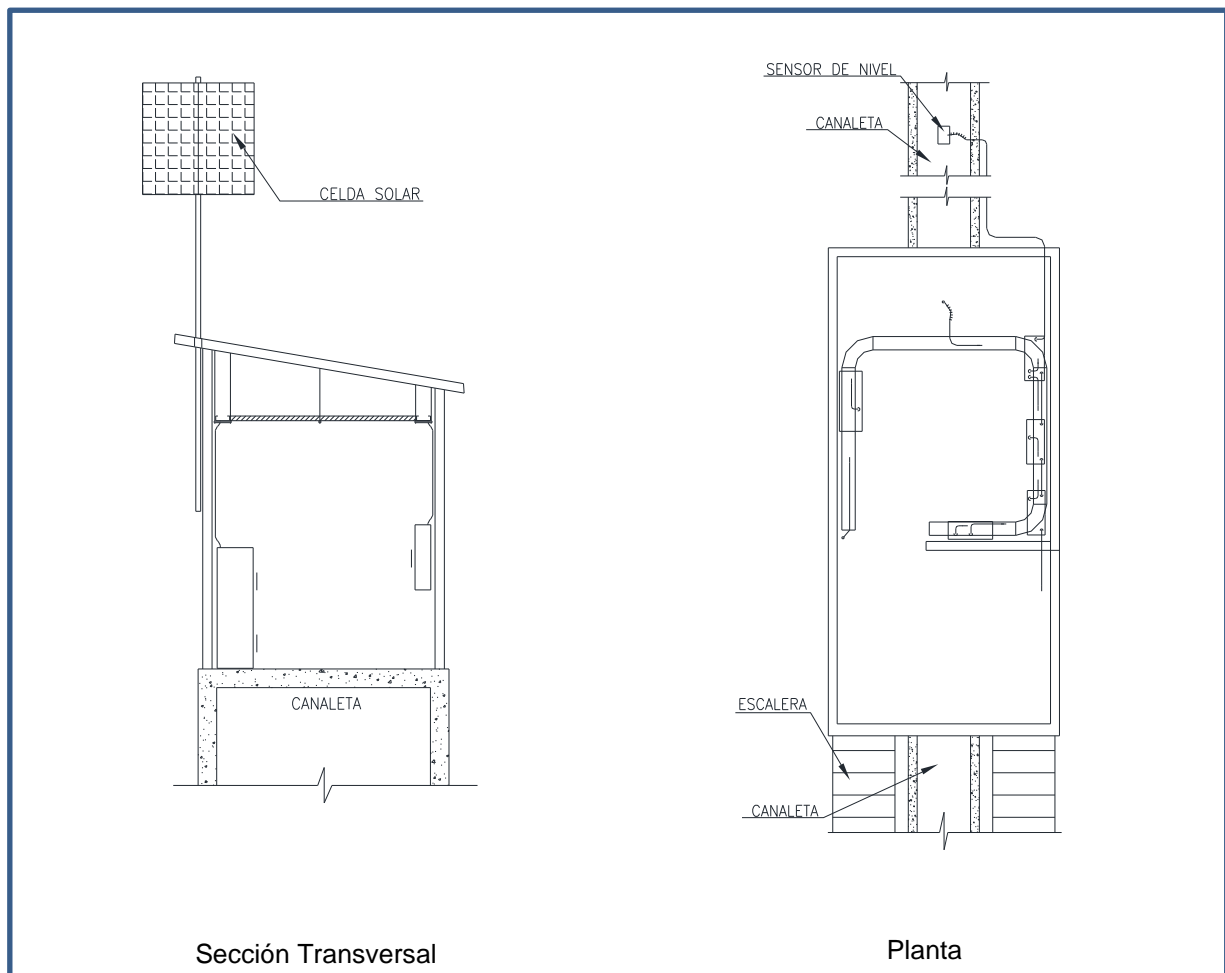
El sistema de control de los Embalses de Seguridad posee la siguiente instrumentación:

- Control de nivel
- Sistema de supervisión y control para manejo local y remoto
- Sistema de compuertas accionadas por vía manual o remota para el desvío de relave hacia el embalse de seguridad
- Indicadores e interruptores de presión, válvula solenoide e indicadores de posición
- Sensores de Humedad FDR en caso de utilización del embalse

La Figura 3-21 muestra un esquema de la disposición típica de una caseta de control de la compuerta de desvío de relaves a embalses de seguridad.

La Fotografía 3-7 muestra la caseta de control y la compuerta de desvío de relaves a embalse de seguridad N°1.

**Figura 3-21: Disposición Típica Caseta de Control de la Compuerta**



Fotografía 3-7: Caseta de Control y Compuerta Embalse de Seguridad N°1

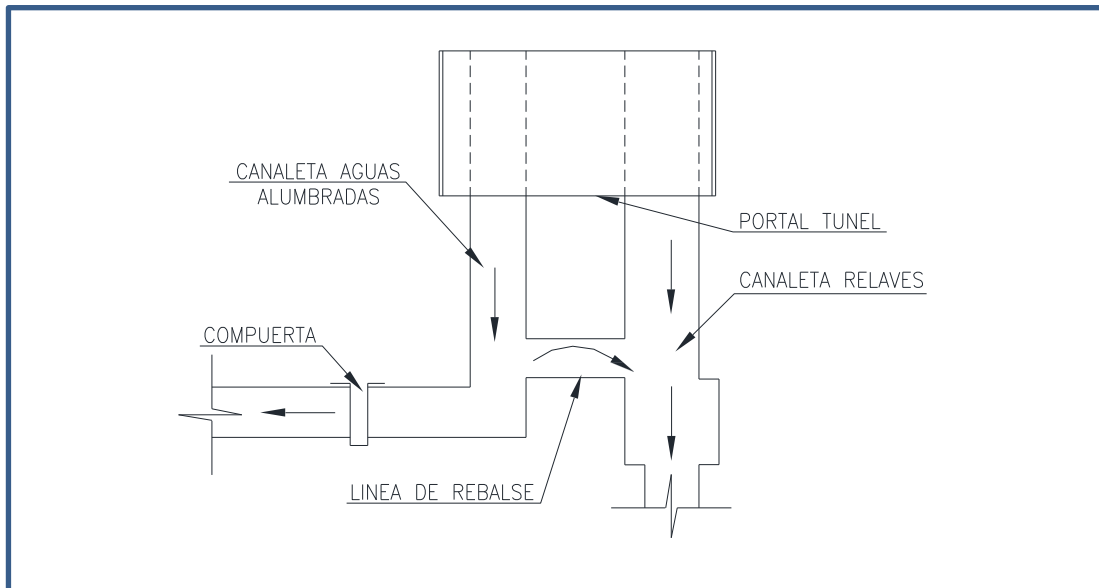


#### d) Cajones Desvío Aguas Alumbradas

En el portal de salida de los túneles N°1 y N°2 se encuentran ubicados cajones de desvío, cuya función es posibilitar el desvío de las aguas alumbradas (en el caso que éstas se encuentren contaminadas con relave) hacia el interior de la canaleta de relaves.

Para los efectos de detectar la contaminación de las aguas alumbradas y desviarlas hacia la canaleta de relaves, se dispone de medidores de turbidez, pH y conductividad, para monitorear en forma permanente las aguas. Una vez producida la detección de posible contaminación y en toma de conocimiento del operador del sistema por alarmas, éste debe proceder al análisis de la situación y si ésta lo amerita proceder al desvío de las aguas a la canaleta de relaves, mediante el cierre, por acción remota o local, de compuertas que en la actualidad son accionadas por presión de gas nitrógeno. En la Figura 3-22 se muestra un esquema del desvío de aguas alumbradas a la canaleta de relaves.

Figura 3-22: Desvío de Aguas Alumbradas Sector Túneles





La instrumentación asociada permite el monitoreo y control del sistema, de forma local y remota, mediante indicadores e interruptores de presión, válvula solenoide e indicadores de posición de la compuerta. El sistema de control en los túneles N°1 y N°2 posee la siguiente instrumentación:

- Control de nivel
- Sistema de supervisión y control para manejo local y remoto
- Medidor de turbiedad
- Sistema de compuertas accionadas por vía manual o remota para el desvío de aguas contaminadas hacia la canaleta

La Fotografía 3-8 muestra la compuerta que desvía las aguas alumbradas hacia el interior de la canaleta de relaves en el portal de salida del Túnel N°2

**Fotografía 3-8: Compuerta en Portal Salida Túnel N°2**



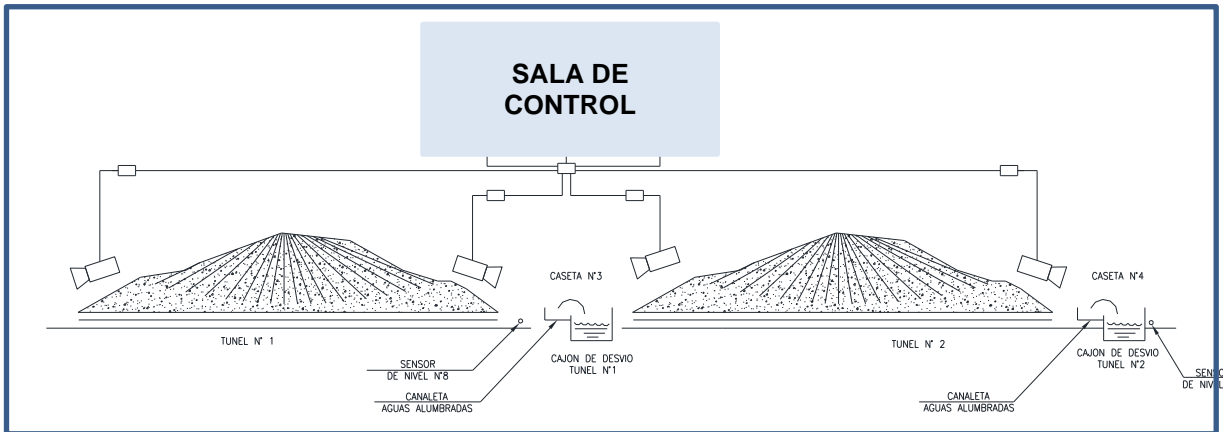
### **e) Sistema de Video y Telefonía**

Para complementar el funcionamiento de los instrumentos de control ubicados en los túneles N°1 y N°2, existen cuatro (4) cámaras de circuito cerrado de TV, cuya imagen es observada en monitores instalados en la sala PANEL CORDILLERA. La función y ubicación de cada una de estas cámaras es la siguiente:

- Monitoreo de escurrimiento del relave en la canaleta en ingreso a túnel N°1,
- Monitoreo de escurrimiento del relave en la canaleta en salida de túnel N°1,
- Monitoreo de cuneta de aguas alumbradas en salida de túnel N°2.
- Monitoreo de cuneta de aguas alumbradas en caseta de monitoreo N°3,

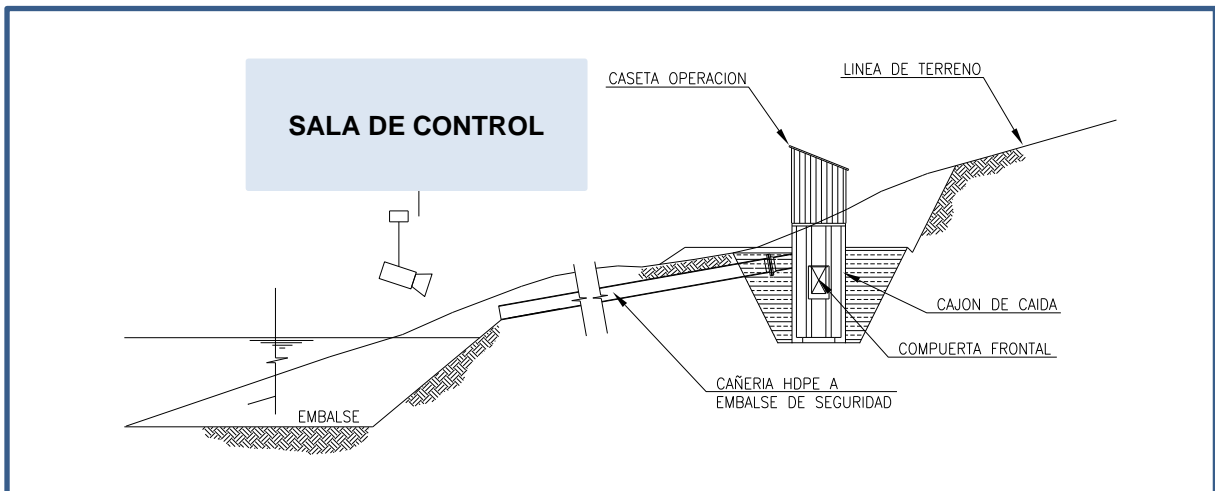
La Figura 3-23 muestra un esquema de la disposición de las cámaras en el sector de los túneles N°1 y N°2.

**Figura 3-23: Cámaras en sector túneles N°1 y N°2**



Adicionalmente cada embalse de seguridad cuenta con una cámara de circuito cerrado de TV que monitorea la descarga de relaves, de acuerdo con el esquema presentado en la Figura 3-24.

**Figura 3-24: Cámaras en embalses de seguridad**



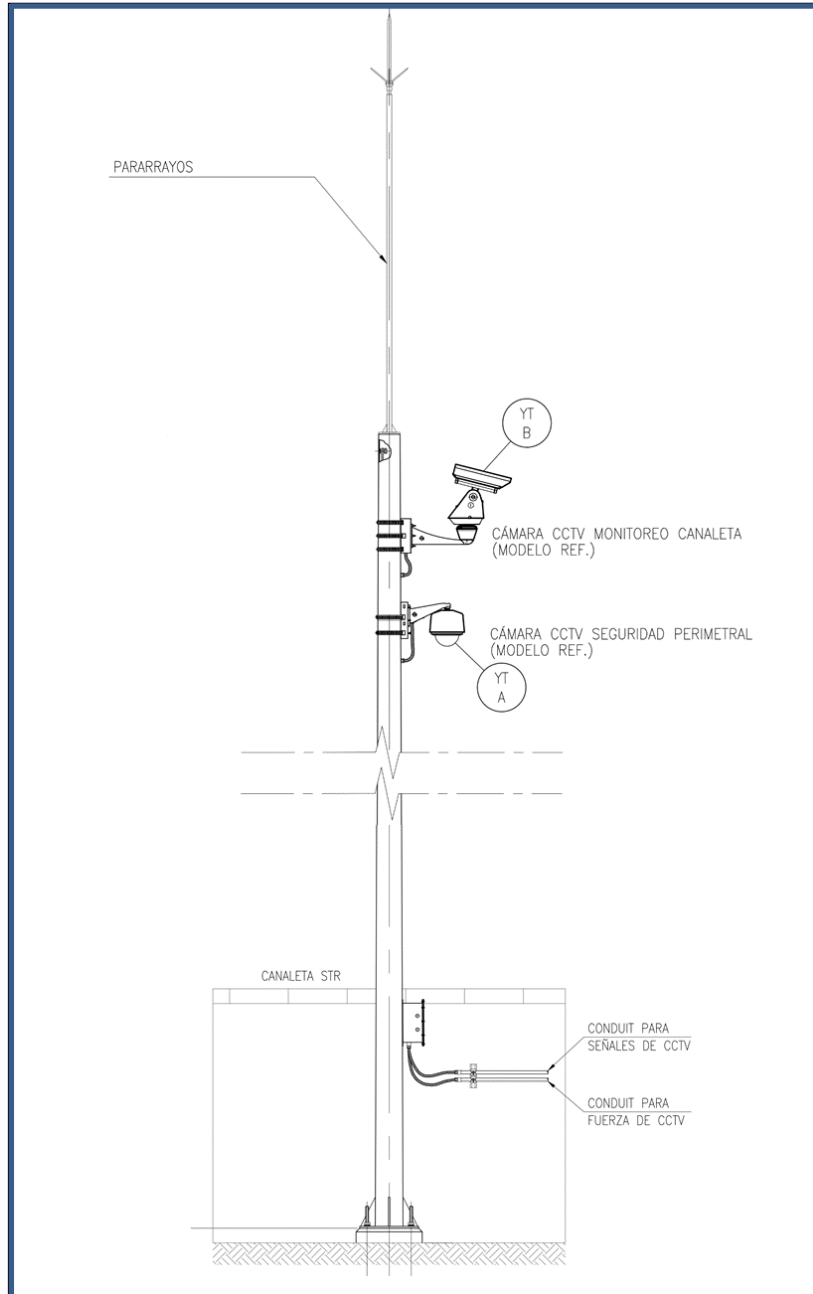
Se dispone también de cámaras asociadas a 14 nuevas casetas de monitoreo instaladas recientemente. En total se dispone de 10 cámaras térmicas para monitoreo de la canaleta o piscinas de emergencia proyectadas y 6 cámaras tipo domo de vigilancia. Los detalles de montaje se muestran en la Figura 3-25.

Asociado a los túneles y a cada caseta, existe una red telefónica que comunican con anexos de la División y cuyos aparatos se encuentran ubicados en:

- Caseta de Monitoreo N°1, aledaña al cajón de inicio del STR,
- Caseta de Monitoreo N°2, ubicada en la entrada del Túnel N°1,
- Caseta de Monitoreo N°3, ubicada en el tramo entre los túneles N°1 y N°2,
- Caseta de Monitoreo N°4, ubicada a la salida del Túnel N°2),
- Caseta de Monitoreo N°5, ubicada en el Embalse de Seguridad N°1,
- Caseta de Monitoreo N°6, ubicada en el Embalse de Seguridad N°2 a 300 m de la entrada al Túnel N°3,
- Caseta de Monitoreo N°7, ubicada en el Embalse de Seguridad N°3,

- Caseta de Monitoreo N°8, ubicada en el km 62,293,
- Caseta de Monitoreo N°9, ubicada en el Embalse de Seguridad N°4,
- Caseta de Monitoreo N°10, ubicada en el Embalse de Seguridad N°5,
- Caseta de Monitoreo N°11, ubicada al inicio de rápido N°11.

**Figura 3-25: Cámaras en canaleta**



## f) Estaciones de Monitoreo de Nivel

Permiten mantener el monitoreo del nivel de escurrimiento del relave en la canaleta a lo largo del STR. Se componen de dos elementos:

- Sensor de nivel ultrasónico, que se ubica en la canaleta,
- Caseta de monitoreo que recibe la señal del sensor de nivel.

A lo largo del STR, existen 29 Casetas de monitoreo. La caseta N°1 se encuentra ubicada en el km 0,683 (cajón de inicio del STR) y la última la caseta se ubica en el km 79,800 aguas abajo del cajón de salida del rápido N°14, ya en el sector del Tranque.

Cada caseta está asociada por lo menos a un sensor de nivel ultrasónico, una unidad de comunicaciones vía fibra óptica, sistema de alimentación eléctrico basado en celdas solares y en algunos casos suministro eléctrico desde una red eléctrica. Las casetas asociadas al accionamiento de compuertas cuentan también con bancos de baterías de respaldo. En la Fotografía 3-9 se muestran algunos ejemplos de casetas del STR.

Del total de casetas de monitoreo, 5 de ellas tienen asociados embalses de seguridad y desde ellas se puede operar, en caso necesario, la compuerta de desvío del relave. Otras 2 casetas están ubicadas a la salida de los túneles N°1 y N°2 para operar las compuertas de desvío de aguas alumbradas en caso de detectarse contaminación con relave. Las otras 22 casetas corresponden sólo a estaciones de monitoreo de nivel, midiendo la altura de relave en la canaleta, para en conjunto con las demás estaciones, proporcionar al operador elementos de juicio necesarios para el control del escurrimiento del relave y en particular para la detección de fugas. La Tabla 3-17 presenta un resumen de las casetas disponibles a lo largo del STR.

**Tabla 3-17: Tabla Resumen Casetas y Sensores de Nivel STR**

CASETA	UBICACIÓN CASETA (Km)	UBICACIÓN SENSOR (Km)
CASETA N° 1	0,683	-
CASETA N° 2	7,128	-
CASETA N° 3	17,116	-
CASETA N° 4	26.120	26.480
CASETA ER-1001	27.900	27.230
		28.250
		28.550
		28.620
CASETA N° 5	31.050	30.530
		31.650
CASETA ER-1003	32.940	32.400
		33.560
CASETA ER-1004	36.275	35.750
		36.230
		36.470
CASETA ER-1005	38.215	37.550
		38.020
		38.550
		38.900

CASETA	UBICACIÓN CASETA (Km)	UBICACIÓN SENSOR (Km)
CASETA N° 6	40.327	39.900
CASETA N° 6A	43.505	-
CASETA ER-1006	45.470	44.920
		45.500
		45.600
CASETA ER-1009	46.950	46.850
CASETA N° A6	48.280	-
CASETA N° 6B	51.565	51.260
CASETA ER-1010	53.050	53.050
CASETA N° 6C	54.076	-
CASETA N° 7	54.575	55.330
CASETA ER-1012	56.970	56.970
		57.900
CASETA ER-0107A	58.720	58.665
		58.580
		58.720
		59.600
CASETA N° 7B	61.497	60.700
CASETA N° 8	62.280	-
CASETA ER-1013	63.335	63.335
CASETA N° 9	65.885	-
CASETA ER-1014	68.750	68.100
		68.920
CASETA N° 9A	70.500	-
CASETA N° 10	71.673	-
CASETA ER-1015	77.050	77.09
		76.190
		77.050
		77.400
CASETA ER-1017	79.100	78.650
		79.100
		79.800

**Fotografía 3-9: Casetas de Monitoreo STR**



## g) Suministro de Energía Eléctrica

La Tabla 3-18 detalla el suministro eléctrico para las diferentes áreas del STR.

**Tabla 3-18: Suministro Eléctrico en STR**

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Cajón de Inicio STR	Suministro desde Sala de Válvulas.
Estaciones de monitoreo de nivel, Casetas	Suministro mediante celdas fotovoltaicas, un regulador de carga y un banco de baterías
Casetas N°2	Suministro desde la alimentación eléctrica en 220 V - 50 Hz existente
Casetas N°3	Suministro desde la alimentación eléctrica en 220 V - 50 Hz existente
Casetas N°4	Suministro desde la alimentación eléctrica en 220 V - 50 Hz existente
Embalses de Seguridad	Suministro mediante celdas fotovoltaicas, un regulador de carga y un banco de baterías
Embalse N°2	Suministro desde la alimentación eléctrica en 220 V - 50 Hz existente

## h) Fibra Óptica

Para la comunicación a la sala PANEL CORDILLERA de las señales de control que se registran en cada caseta asociadas a los niveles registrados por los sensores de nivel, el estado de accionamiento de las compuertas de desvío a los embalses de seguridad y de desvío de aguas alumbradas y señal de las cámaras de CCTV se dispone de un trazado de fibra óptica, recientemente renovado, que cubre todo el trazado del STR.

El cable de fibra óptica es de tipo monomodo 9/125  $\mu\text{m}$ , completamente dieléctrico, sin armaduras o partes metálicas, impermeable, resistente a la tracción y aplastamiento, protección contra roedores, protección UV y libre de halógenos. Se consideran fibras de 96 hilos, las cuales serán agrupadas al interior de tubos en grupos de 12 hilos por tubo, tal como se observa en imagen de la derecha en Fotografía 3-10.

El cable de fibra óptica está instalado:

- Mediante conduit dentro de dado de hormigón, entre inicio canaleta y Cajón de Inicio Rápido N°13, como se observa en imagen de la izquierda en Fotografía 3-10.
- Mediante sistema de postación aéreo, soportado por cable mensajero, entre Cajón de Inicio Rápido N°13 y fin canaleta.

**Fotografía 3-10: Fibra Óptica**



### **3.3 SUPERVISIÓN DEL SISTEMA**

El STR posee 2 unidades de supervisión principales:

- Inspectores de Ruta
- Operador de Panel Cordillera

Estas unidades además se encuentran apoyadas por el Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto, el Operador de la sala de control Tranque y el Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos.

#### **3.3.1 Inspectores de Ruta**

Los inspectores de ruta son los encargados de recorrer el trazado del STR inspeccionando el flujo normal del relave, verificando que no existan obstrucciones, filtraciones o embanques. Además, deben cumplir una serie de funciones específicas que se detallan en el procedimiento de operación normal, manteniendo contacto radial o telefónico con sala PANEL CORDILLERA en todo momento, tanto para recibir instrucciones como para reportar cualquier situación que se detecte durante su recorrido de inspección del STR, en especial al inicio y al término del turno.

La inspección del STR se realiza durante las 24 horas del día y los 365 días del año. Esto es llevado a cabo por tres grupos de inspectores, de dos personas cada uno, en turnos rotativos de 12 horas y en un régimen de trabajo 4 x 4. Cada grupo de inspectores realiza el patrullaje de un sector de la canaleta.

Grupo N°1- Inspectores de ruta Sector I: Patrullaje que se realiza desde el cajón de inicio del STR hasta el sector de entrada al Túnel N°2.

Grupo N°2 – Inspectores de ruta Sector II: Realizan el patrullaje del trazado del STR desde la entrada al Túnel N°2, hasta la salida del Túnel N°3.

Grupo N°3 – Inspectores de ruta Sector III al V: Realizan el patrullaje del trazado del STR desde la salida del Túnel N°3, hasta el sector del Tranque.

Sin embargo, durante el período de invierno, comprendido entre el 15 de mayo y el 15 de septiembre, el trazado del STR se divide en dos sectores:

- Sector Alto: Comprende las instalaciones del STR desde la descarga de los espesadores hasta la entrada del Túnel N°2
- Sector Medio-Bajo: Comprende el resto de los sectores y se divide en dos equipos. El primer equipo recorre desde la salida del Túnel N°2 hasta la salida del Túnel N°3 y el otro equipo desde la salida del Túnel N°3 hasta el Cajón Distribuidor en el sector del Tranque.

El Inspector de ruta debe completar listado de chequeo en casetas de monitoreo y llevar registro de su turno.

La conducción de vehículos por parte de los Inspectores de ruta debe estar basado en la aplicación del instructivo “Criterios de Conducción de Vehículos”, mientras que la circulación a través de los túneles está guiada por el procedimiento “Procedimiento Operacional Tránsito en Túneles STR”



### 3.3.2 Operador Sala de Control

El Sistema de Supervisión y Control puede ser comandado desde las salas de control ubicadas en ambos extremos de la conducción (Sala de Control Tranque, en el depósito y sala PANEL CORDILLERA en área cordillera), teniendo como centro principal la sala PANEL CORDILLERA, desde donde se comunicará con las estaciones remotas vía cable de fibra óptica, tendido a lo largo de toda la conducción del relave.

En la “Sala PANEL CORDILLERA” se supervisa y controla el STR, a partir del km 0,683 (cajón de inicio del STR) hasta el km 87.

En la Sala de Control Tranque se recibe toda la información de datos enviados por el PLC maestro de la “Sala PANEL CORDILLERA”. En caso de falla de esta última, la conducción es supervisada y controlada por un segundo PLC maestro ubicado en la Sala de Control Tranque.

El Operador de Panel Cordillera puede interactuar con el sistema de cabeza del STR y los inspectores de ruta, puede controlar las compuertas de los embalses de seguridad y las compuertas de los cajones de salida de los túneles. Además, mantiene la supervisión de todo el STR a través de pantallas que retratan el trazado del STR y despliegan información de los niveles de escurrimiento de relave en la canaleta, valores de turbidez y pH de aguas alumbradas, y otros.

## 3.4 VULNERABILIDADES Y RIESGOS OPERACIONALES

Las características físicas del Sistema de Transporte de Relaves, tales como su gran longitud de recorrido y variada topografía, clima adverso en invierno en su parte alta, instalaciones con problemas de accesibilidad, etc., hacen que este sistema presente aspectos que eventualmente pueden ser factores de vulnerabilidad en su operación. Algunos puntos importantes a considerar se mencionan a continuación, en la Tabla 3-20

**Tabla 3-20: Vulnerabilidades de la Operación**

RIESGO	INCIDENTE	MEDIDAS PREVENTIVAS
Embanque de canaleta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Derrame de relaves</li> <li>Afectación de suelos y aguas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo y control de granulometría, concentración en peso y altura de escurrimiento.</li> </ul>
Transitar por superficies irregulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caída de personal al mismo nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autocuidado.</li> <li>Transitar atentos a condiciones del área.</li> <li>Uso de zapatos de seguridad de caña alta.</li> </ul>
Saltar, caminar por sobre losetas de la canaleta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caída de personas a distintos niveles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No caminar, ni saltar por sobre losetas.</li> <li>Transitar atentos a las condiciones del área.</li> </ul>
Animales en Ruta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colisión con vehículos</li> <li>Obstrucción de canaleta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener portones cerrados.</li> <li>Reparación de cercos.</li> <li>Retiro de animales encontrados en STR.</li> <li>Informar a arrieros del sector.</li> </ul>
Personas Ajenas en Ruta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daño y/o robo a instalaciones</li> <li>Accionamiento inoportuno de compuertas</li> <li>Caída al interior de la canaleta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener vigilancia a lo largo de la ruta.</li> <li>Identificación y evacuación de personas no autorizadas.</li> <li>Aviso a Carabineros en caso necesario.</li> </ul>

RIESGO	INCIDENTE	MEDIDAS PREVENTIVAS
Tránsito vehicular por camino de montaña	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colisión con canaleta</li> <li>• Daño a canaleta o fibra óptica</li> <li>• Colisión con otro vehículo</li> <li>• Desbarrancamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducción a la defensiva.</li> <li>• Velocidad máxima de desplazamiento 30 km /h.</li> <li>• Uso de cinturón de seguridad y luces encendidas.</li> <li>• Vehículos en buen estado y autorizados por la División.</li> </ul>
Transitar y/o conducir por sectores o áreas con probabilidad de deslizamiento sorpresivo de tierra o nieve	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otros incidentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresar sólo a áreas autorizadas y coordinadas con sala PANEL CORDILLERA.</li> <li>• Evaluar condiciones del entorno al ingresar a un área (segunda evaluación).</li> <li>• Utilizar los elementos de protección según peligro identificado.</li> </ul>
Transitar y/o conducir vehículos en inspecciones nocturnas con cansancio y/o sueño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otros incidentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo defensivo. Si está con sueño, deténgase y duerma un instante.</li> <li>• Mantener constante comunicación vía radio o teléfono con sala PANEL CORDILLERA o su superior inmediato.</li> </ul>
Mantenimiento mecánica o eléctrica deficiente de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atropellos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No usar vehículos en mal estado mecánico o eléctrico.</li> <li>• Efectuar mantenimiento de vehículos cuando corresponda.</li> <li>• Informar a su superior de anomalías mecánicas y/o eléctricas.</li> </ul>
Transitar por túneles con caída de planchones o shotcrete	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas por desplomes, derrumbes o deslizamientos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinadas ingreso a túneles con sala PANEL CORDILLERA.</li> <li>• Inspección visual de caja y techo de túnel. En caso de advertir peligro avisar a sala PANEL CORDILLERA.</li> </ul>
Ingreso a túneles con deficiencia de oxígeno o presencia de CO y CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otros incidentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar y coordinar ingreso a túneles con sala PANEL CORDILLERA.</li> <li>• Ingresar a túneles sólo una vez chequeado el ambiente con detector de CO, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.</li> <li>• Ingresar a túneles con autorrescatador y lámpara minera.</li> </ul>
Lluvias intensas o en altura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derrumbe de rocas y/o taludes</li> <li>• Deslizamiento de plataformas</li> <li>• Obstrucción de obras de drenaje transversal</li> <li>• Rotura o bloqueo de canaleta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento previo a las lluvias de taludes, plataformas y obras de drenaje.</li> <li>• Redoblar la inspección en terreno de la canaleta.</li> </ul>
Eventos sísmicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derrumbe de rocas y/o taludes</li> <li>• Deslizamiento de plataformas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento continuo de taludes y plataformas.</li> <li>• Inspección geomecánica cada 6 meses y acuñamiento de túneles.</li> </ul>
Desprendimiento de roca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño a la canaleta y/o fibra óptica,</li> <li>• Colisión con vehículos en ruta</li> <li>• Obstrucción de obras de drenaje transversal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento periódica de taludes.</li> <li>• Identificación de zonas peligrosas.</li> <li>• Conducción atenta a taludes.</li> </ul>

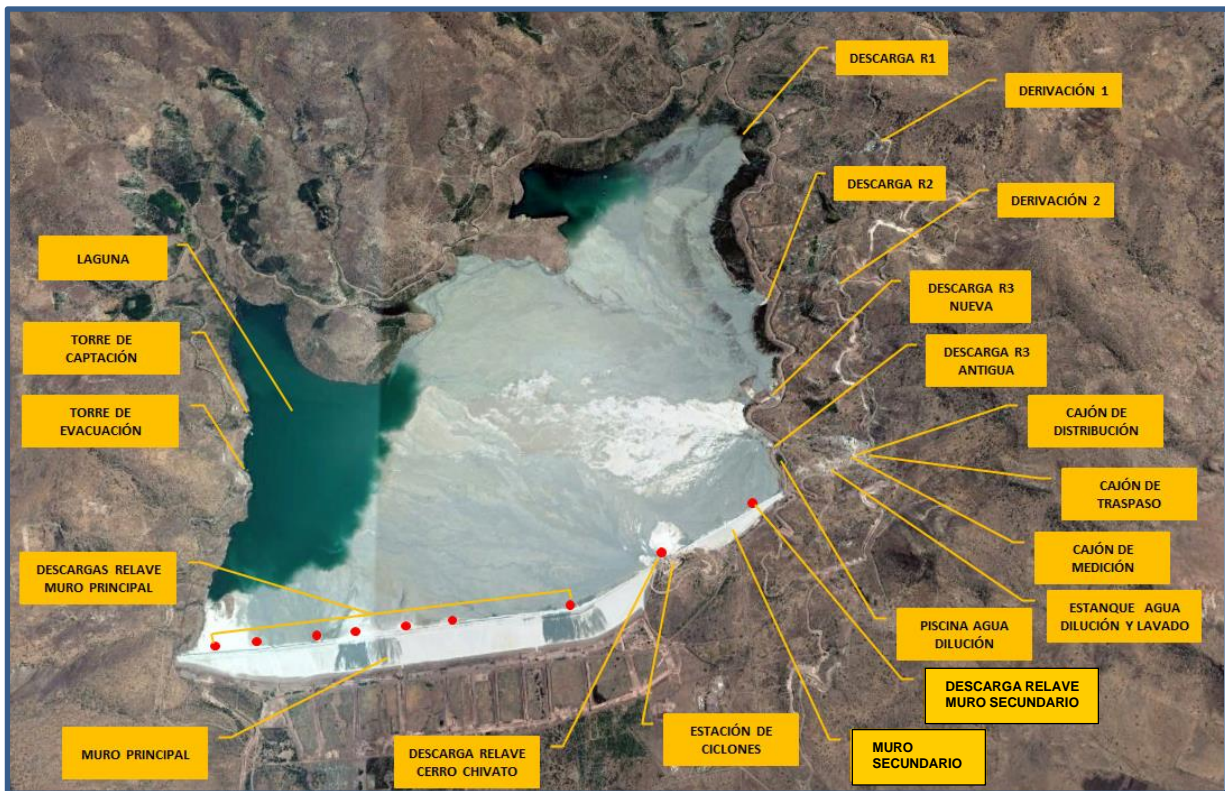
RIESGO	INCIDENTE	MEDIDAS PREVENTIVAS
Incendios Forestales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño en casetas de monitoreo</li> <li>• Daño en cercos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hacer fuego en áreas del STR ni botar colillas de cigarro al ambiente.</li> <li>• Mantener extintores en casetas de monitoreo.</li> <li>• Desmalezado del área circundante a casetas de monitoreo.</li> </ul>
Contacto con relaves	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños en la piel o visión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de overall, guantes, lentes o protección facial.</li> <li>• Uso de todo EPP que resulte del análisis de riesgos de tareas.</li> </ul>
Radiación Solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños en la piel o visión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de lentes con protección UV, EN 166-S o equivalente.</li> <li>• Uso de crema protección solar FPS-30.</li> <li>• Uso de camisa larga, protección cuello y orejas.</li> </ul>

## 4 SISTEMA DE DISPOSICIÓN, CLASIFICACIÓN DE RELAVES Y CONSTRUCCIÓN DEL MURO

### 4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves (SDCR) y Construcción del Muro (CM) incluye la distribución del relave transportado por el STR a disposición en cubeta y a la etapa de clasificación, la clasificación del relave y la posterior construcción del muro con las arenas clasificadas. El objetivo fundamental de estos procesos es asegurar un llenado eficiente, adecuado, seguro y programado del Tranque de Relaves, manteniendo la laguna confinada y permitiendo una construcción programada y óptima del muro de contención. En la Figura 4-1 se presenta ubicación del SDCR y CM.

Figura 4-1: Emplazamiento SDCR y CM



Para efectos de este manual, el SDCR y CM se inicia en el Cajón de Traspaso que recibe los relaves transportados por el STR y finaliza, aguas abajo, con la disposición de relaves y lamas en la cubeta del Tranque y la construcción del Muro con las arenas clasificadas.

El Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro del Tranque, contempla la distribución de los relaves provenientes de la Planta Concentradora, conducidos por el STR, hacia diferentes puntos de la cubeta del tranque de acuerdo a un programa de disposición de relaves confeccionado para cautelar un adecuado manejo de la laguna de agua y hacia la etapa de clasificación para generar las arenas requeridas para cumplir el programa de crecimiento del muro de contención.

Los relaves provenientes del STR se distribuyen en dos partes. La primera parte de los relaves se deposita en forma directa en la cubeta del tranque, mientras que la otra parte es conducida hasta la etapa de clasificación donde se separan las partículas gruesas contenidas en la pulpa, denominadas arenas, de las partículas finas, denominadas lamas.

Las arenas obtenidas en la etapa de clasificación se utilizan para la construcción del muro, siendo impulsadas por bombas y conducidas hacia el muro en forma de pulpa a través de tuberías. Las lamas obtenidas en la etapa de clasificación se conducen hacia la cubeta del tranque, en las proximidades del muro.

Los límites de batería definidos para el Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro son aguas arriba, el primer desvío de relaves directo a cubeta, en el km 80,6 del STR y aguas abajo, los puntos de disposición de relaves y lamas en el tranque y arenas de clasificación en el muro. La Figura 4-2 (Anexo A) muestra el diagrama de flujos del SDCR y CM.

Las operaciones unitarias involucradas en el SDCR y CM se han agrupado en las secciones que se describen a continuación:

- Sistema de Distribución de Relaves: Comprende la operación del cajón de traspaso, canaleta desripiadora, cajón despiador, cajón recuperador relaves desripiados, cajón de distribución y cajón de medición.
- Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta: Comprende la operación de los sistemas de sellado de cubeta, cajones de derivación N°1 y N°2, descarga por quebrada R3 y la operación del sifón de conducción de relaves (Línea 1 y Línea 2) con la distribución a cubeta desde el muro.
- Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación: Comprende la operación de la conducción de relaves a cajón de alimentación ciclones y sifón de conducción de relaves a clasificación (Línea 3).
- Sistema de Clasificación de Relaves: Comprende la operación de la planta de clasificación, constituida por una batería de reciclones.
- Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro: Comprende los sistemas de bombeo de arenas (Bombas de Desplazamiento Positivo y Bombas Centrífugas), tuberías de conducción y distribución de arenas en el muro del tranque.
- Construcción del Muro: Comprende la disposición de arenas en el muro de acuerdo a las especificaciones (espesor de capa, grado de compactación, inclinación de talud, etc.).
- Sistema Agua de Dilución y Lavado: Comprende la distribución de agua desde el estanque de agua de dilución y lavado a cada uno de los sistemas de SDCR y CM.

## 4.1.1 Procesos

A continuación, se realiza una descripción del proceso para las seis secciones del SDCR y CM, definidas anteriormente.

### a) Sistema de Distribución de Relaves

El relave de la Planta Concentradora es transportado por el STR hasta el cajón de traspaso, punto de inicio del sistema de Distribución de Relaves. Desde este cajón es conducido por una canaleta desripiadora, cuyo objetivo es eliminar el material de sobre tamaño contenido en el relave, para llegar posteriormente hasta el cajón de distribución desde donde puede ser enviado a disposición en cubeta desde el muro y/o a la etapa de clasificación. El relave desripiado es conducido al cajón recuperador de relaves desripiados, desde donde es recirculado al compartimiento 1 del cajón de medición cuando sea requerido.

Desde el cajón de distribución nacen tres tuberías que descargan los relaves en forma independiente en el primer, segundo y tercer compartimiento del cajón de medición, respectivamente. La distribución de relaves se efectúa en el cajón de distribución mediante la operación de válvulas tipo pinch ubicadas en cada una de las líneas de salida, cuya apertura puede ser parcial o total. El cajón de medición recibe además en el primer compartimiento, el relave recuperado desde el cajón recuperador de relaves desripiados.

El cajón de medición, ubicado inmediatamente aguas abajo del cajón de distribución, permite monitorear el caudal de relave transportado mediante vertederos triangulares con señal a la Consola, ubicados en cada compartimiento. El relave que va directamente hacia la cubeta del tranque es monitoreado en el primer y segundo compartimiento y aquel que va hacia la etapa de clasificación en el tercer compartimiento.

### b) Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta

La conducción de relaves a la cubeta del tranque se realiza a través de sistemas que permiten disponer los relaves en distintos sectores del tranque, de acuerdo a las necesidades definidas por el programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque.

Siguiendo la ruta del STR, en el km 80,6 se encuentra la primera derivación de relaves a la cubeta, cuyo objetivo es la descarga de relaves desde la canaleta hasta el sector de la cola del tranque, ubicado en la rivera norponiente. Este sistema consiste en la captación de relave desde la canaleta mediante dos compuertas que permiten la descarga a una cámara lateral. El caudal de relave conducido es regulado mediante la operación manual de una válvula pinch ubicada en la línea de conducción. Esta línea se divide en cinco tramos de acuerdo con las características de conducción que presentan, considerando tres tramos en presión, uno en acueducto y el último en canal abierto. El agua de lavado para el primer tramo de cañería se proporciona desde un estanque y para los otros tramos se toma desde una línea de riego.

Los cajones de derivación N°1 y N°2 constituyen otro sistema de disposición de relaves en la cubeta del tranque, derivando el relave desde la canaleta hacia la cubeta del tranque a través de las quebradas R1 y R2 respectivamente, cuyos puntos de descarga se ubican en la ladera oriente del tranque. El objetivo principal de estos cajones es detener la alimentación de relaves hacia aguas abajo, sin embargo, debido a los aumentos de tonelaje de operación del STR, actualmente no son capaces de desviar la totalidad del relave, aunque operen de modo simultáneo. Adicionalmente, permiten disponer relave en el sector oriente del tranque cuando el programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque lo requiera. Los cajones de derivación N°1 y N°2 se ubican en los km 82,7 y 85,8 del STR, respectivamente y cuentan con compuertas de accionamiento manual que permiten el desvío del relave a líneas de conducción provistas de válvulas manuales, que posteriormente descargan el relave a través de las quebradas R1 y R2 a la cubeta del tranque.

Otra descarga de relaves a la cubeta ubicada en la ladera oriente del tranque se realiza a través de la quebrada R3 nueva que conduce los relaves descargados por el cajón recuperador de relaves desripiados y por la quebrada R3 antigua que conduce el rebose del cajón de distribución, el rebose del cajón de alimentación ciclones, eventualmente el drenaje del cajón de medición y el rebose del estanque de agua de dilución y lavado.

El sistema de conducción de relaves para ser descargados a la cubeta desde el muro se inicia en el cajón de medición. Desde el primer y segundo compartimiento nace una línea de HDPE de 560 mm de diámetro, con características de sifón, denominadas “Línea 1” y “Línea 2”. Estas líneas pasan por el coronamiento del Muro Secundario, donde tienen un punto bajo con una válvula utilizada para el drenaje de emergencia hacia la cubeta del tranque y finalizan su trazado en el Muro Principal del tranque, realizando la derivación del relave hacia la cubeta, a través de una de las descargas existentes sobre el Muro Principal, ubicadas en los nudos 10 a 16.

El caudal de relave transportado a la cubeta por las líneas 1 y 2 se regula mediante la operación de la válvula pinch de cada línea ubicada a la salida del cajón de distribución, para lo cual el operador debe monitorear el caudal de relave medido en el cajón de medición y ajustarlo de acuerdo a las necesidades operacionales del momento.

### **c) Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación**

La conducción de relaves a clasificación se divide en dos tramos. El primero va desde el tercer compartimento del cajón de medición al cajón de alimentación ciclones y el segundo llega hasta la planta de clasificación.

Desde el cajón de medición nace una línea de HDPE de 560 mm de diámetro que transporta el relave hasta el cajón de alimentación ciclones. En este cajón se agrega agua de dilución en forma controlada a través de una válvula, de modo de alcanzar una densidad de pulpa relativamente constante equivalente a una concentración de sólidos de 38%.

Desde el cajón de alimentación ciclones nace una línea de HDPE de 710 mm de diámetro la cual alimenta a la batería de ciclones del Sistema de Clasificación. Esta línea pasa por el coronamiento del Muro Este, donde tiene un punto bajo, dándole la característica de sifón. En este sector posee una válvula utilizada para el drenaje de emergencia hacia la cubeta del tranque.

### **d) Sistema de Clasificación de Relaves**

En la llegada a Clasificación, existe la opción de by-pasear la batería de ciclones, mediante el accionamiento de una válvula pinch, en la eventualidad de encontrarse fuera de operación. En este caso, el flujo de relaves es descargado al cajón de lamas antiguo, desde donde es enviado al cajón de cabecera y desde allí directamente a la cubeta del tranque.

El objetivo de la clasificación de relaves es obtener arenas óptimas en calidad y cantidad para la construcción del Muro del tranque. Esto implica que las arenas deben poseer una granulometría con un contenido máximo de 15% de partículas cuyo tamaño sea inferior a las 200 mallas una vez dispuestas en el muro.

La planta de clasificación opera en forma continua, clasificando el relave en una batería compuesta por 12 hidrociclones de doble clasificación o reciclones, de los cuales normalmente operan 8 en conjunto.

El flujo de arenas obtenido en la clasificación, que constituye el underflow de la batería de reciclones, se recibe en el estanque colector de la batería y pasa por el estanque rejilla de protección, donde se retienen partículas ultra gruesas. Luego es alimentado a un estanque de muestreo donde se realiza el muestreo manual de las arenas para control de finos.

El flujo de lamas obtenido en la etapa de clasificación, que constituye el overflow de la batería de ciclones, es recibido en el estanque colector ubicado en la parte superior de la batería desde donde es conducido por una línea de HDPE hasta el cajón de lamas y desde ahí al cajón de cabecera, desde donde se descarga a la cubeta.

## **e) Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro**

Desde el estanque de muestreo, una fracción del flujo de arenas se descarga al estanque agitador donde es posible agregar agua de dilución si se requiere. Tres bombas de desplazamiento positivo (BDP) succionan las arenas desde el estanque agitador y la impulsan hacia el sistema de distribución de arenas al Muro Principal, pasando por un acumulador de arenas denominado “chimbombo” que permite la regulación de presión del flujo de arenas y además posee un drenaje hacia la cubeta del tranque. El rebose del estanque agitador se conduce hacia el cajón de cabecera a través de una línea de HDPE.

La otra fracción del flujo de arenas se envía desde el estanque de muestreo al cajón de alimentación bombas centrífugas que alimenta a las bombas BC N°1 y BC N°2 y al nuevo cajón de arenas que alimenta al tren de bombas centrífugas (BOC-001/BOC-002@BOC-004). Ambos sistemas impulsan las arenas hasta el sistema de distribución de arenas al Muro Principal y al Muro Este.

Para una operación segura y óptima, las bombas de impulsión de arenas al sistema de distribución del Muro Principal cuentan con variadores de velocidad en sus motores, flujómetros y densímetros en sus líneas de descarga.

La distribución de arenas sobre el Muro Principal se efectúa a través de tres líneas. La primera abarca de los nudos 1 a 6 del muro y corresponde a una tubería de HDPE de 10” de diámetro que conduce las arenas impulsadas por las bombas centrífugas del sistema BC N°1 y N°2. La segunda línea de acero inicialmente de 10” y luego de 9” de diámetro, abarca de los nudos 8 a 16 y conduce las arenas impulsadas por las bombas BDP. La tercera línea de acero de 8” de diámetro abarca los nudos 1 a 16 y conduce las arenas impulsadas por el tren de bombas centrífugas BOC-002@BOC-004.

Desde estas líneas se derivan perpendicularmente 16 tuberías de 6”, las cuales poseen en su parte final una T que se conecta en cada extremo con tuberías de 6” de diámetro y 100 m de largo. Estas tuberías, llamadas “peinetas”, poseen una serie de orificios, denominados “pitutos”, desde donde se realiza la descarga controlada de arenas sobre el Muro Principal. Para permitir el paso de las arenas hacia el sector de descarga, existe en cada derivación un nudo de válvulas de las cuales una cierra el paso por la línea de conducción y otra permite el paso hacia la peineta.

La distribución de arenas sobre el Muro Secundario se realiza a través de una línea de acero de 8” de diámetro que deriva de la línea de HDPE de 10” de diámetro que conduce las arenas impulsadas por las bombas centrífugas del sistema BC N°1 y N°2, a la cual se acopla una línea de proveniente de la bomba centrífuga BOC-001.

## **f) Construcción del Muro**

El Muro de Arenas tiene por objetivo contener el agua y los relaves durante el periodo de operación del tranque. La construcción del Muro de Arenas se realiza con las arenas obtenidas de la clasificación de los relaves, siendo su crecimiento por el método de aguas abajo. El Muro de Arenas considera dos sectores: Muro Principal y Muro Secundario.

En el contexto del Muro principal, se construyó inicialmente un muro de partida con material arcillosos y de excavaciones del proyecto, con el fin de cubrir el primer período de operación del tranque y servir de base para la construcción del muro.



## 4.1.2 Instalaciones Principales

Las instalaciones principales que forman parte del SDCR y CM se describen a continuación:

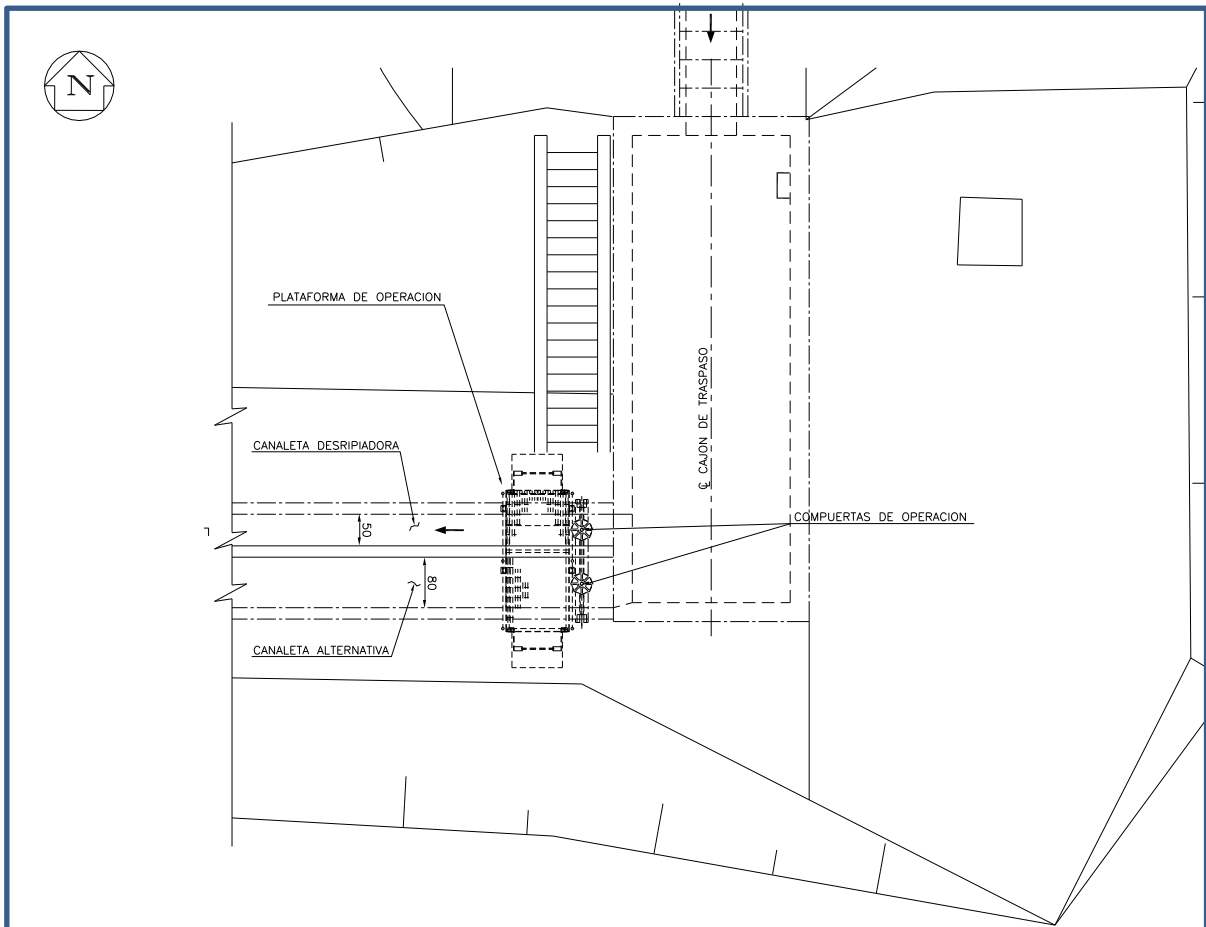
### a) Sistema de Distribución de Relaves

#### Cajón de Traspaso

En el Cajón de Traspaso se realiza la descarga de relaves desde la canaleta del STR. En su interior se efectúa la disipación del flujo y a su salida el desvío hacia la canaleta desrapiadora o hacia la canaleta alternativa. La Figura 4-3 muestra una vista en planta del Cajón de Traspaso.

Este cajón está construido en hormigón y la descarga de relaves se realiza en forma de cascada desde la canaleta. A la salida posee dos válvulas de compuerta de accionamiento manual que permiten derivar el flujo de relaves hacia la canaleta desrapiadora o hacia la canaleta alternativa.

Figura 4-3: Cajón de Traspaso



## **Canaleta y Cajón Desripiador**

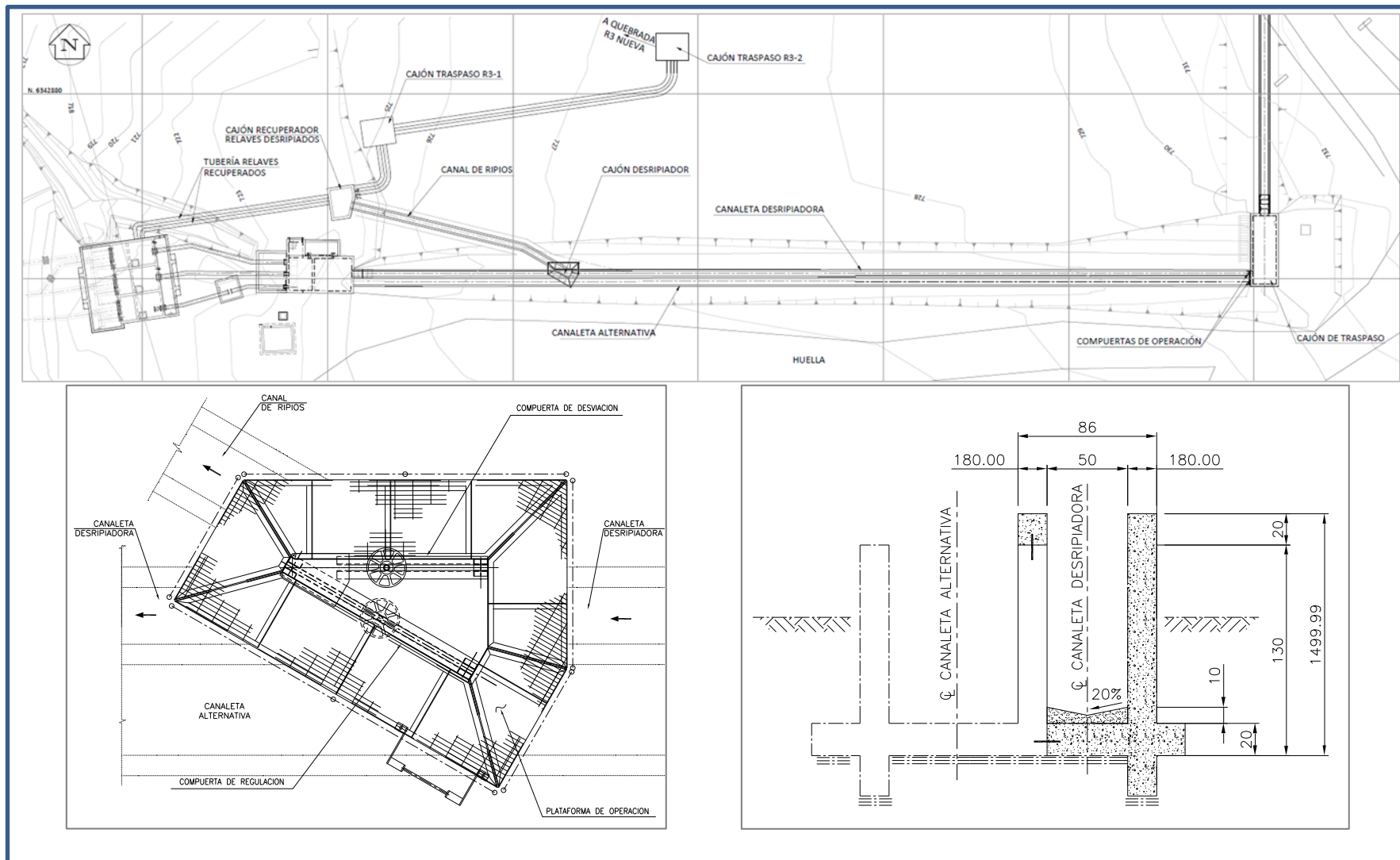
El sistema de desripiado de relaves, compuesto por una canaleta y un cajón, tiene la función de eliminar el material de sobre tamaño, tales como piedras o desechos pesados, contenidos en el relave.

La canaleta construida con hormigón posee un ancho de 0,50 m y una altura de 1,30 m y su fondo posee forma de V para facilitar la segregación de las partículas más pesadas. El cajón desripiador, construido en hormigón, está emplazado en la canaleta desripiadora y posee dos compuertas de accionamiento manual, dispuestas en un ángulo de 150° entre sí, operadas desde una plataforma de rejilla ubicada sobre el cajón. Una las compuertas, denominada compuerta de regulación, restringe el paso de relaves hacia aguas abajo y posee en su base una viga de madera que bloquea el paso de las partículas de sobretamaño arrastradas por el fondo de la canaleta. El flujo del fondo es desviado a través de la otra compuerta, denominada compuerta de desvío, que evita que las partículas de menor tamaño sean descargadas del sistema. Este flujo es dirigido hacia el cajón recuperador de relaves desripiados, desde donde se recupera y recircula relave al cajón de medición o bien se transportan a la quebrada R3 nueva pasando por dos cajones de recepción de rípios (cajones de traspaso R3-1 y R3-2) y finalmente por un canal evacuador de rípios. El flujo superior, libre de partículas gruesas, se envía al cajón distribuidor.

Existe una canaleta alternativa a la canaleta desripiadora, construida con hormigón, con un ancho de 0,80 m y una altura de 1,10 m de sección rectangular, cuyo trazado permite transportar el relave directamente al cajón distribuidor. La canaleta alternativa se utiliza en caso de mantención de la canaleta desripiadora.

Un esquema general del sistema de desripiado de relaves se presenta en la Figura 4-4 siguiente.

Figura 4-4: Esquema Sistema de Desripiado de Relaves



## **Cajón de Distribución de Relaves**

El objetivo del Cajón de Distribución de Relaves es recibir el caudal de relave proveniente desde la canaleta desripiadora y posteriormente distribuirlo en forma controlada mediante válvulas pinch hacia la descarga ordenada en la cubeta y/o hacia la etapa de clasificación de relaves.

El Cajón de Distribución de Relaves está construido en hormigón y sus dimensiones útiles son de 3,5 m de ancho x 6,5 m de largo x 6,5 m de alto. Posee tres compartimientos principales; uno de recepción, uno de descarga y un tercer compartimiento para recibir y evacuar los rebalses del cajón.

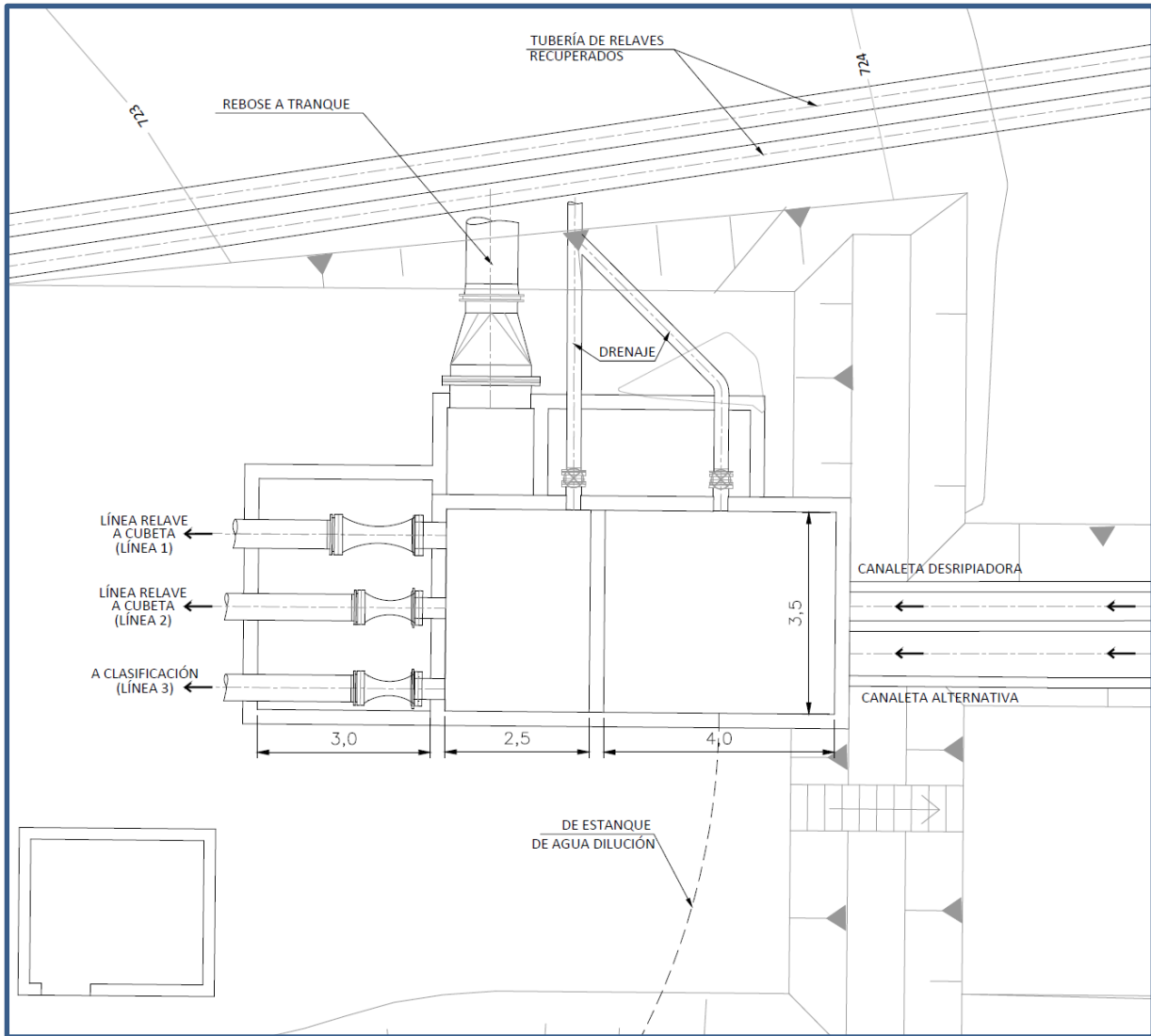
El compartimiento de recepción, de 3,5 x 4,0 m de base, recibe el relave directamente desde la canaleta y lo transfiere, mediante un vertedero de 1 m de longitud, hacia el compartimiento de descarga del cajón. Además, recibe el agua necesaria para el lavado eventual del cajón. El compartimiento de descarga, de 3,5 x 2,5 m de base, alimenta a las líneas que transportan el relave para la descarga a la cubeta y la línea que va hacia el Cajón de Alimentación a Ciclones. El tercer compartimiento colecta los rebalses de los otros compartimientos y los evacua directamente hacia el Tranque por la quebrada R3 antigua a través de una línea de HDPE de 900 mm de diámetro.

El cajón de distribución cuenta con tres salidas al cajón de medición, la primera y segunda salida alimentan el primer y segundo compartimiento respectivamente del cajón de medición y transportan el relave para ser descargado en la cubeta del tranque, estas líneas corresponden a tuberías de HDPE de 560 mm de diámetro PN16. La tercera salida del cajón alimenta el tercer compartimiento del cajón de medición, transportando el relave enviado a clasificación y corresponde a una tubería de HDPE de 560 mm de diámetro. Las tres líneas cuentan con válvulas pinch que permiten regular el caudal de relave de acuerdo a lo medido en el cajón de medición.

Existe un arranque de agua desde el estanque de agua de dilución que alimenta un punto de conexión de manguera, ubicado a un costado del cajón de distribución, que suministra agua de lavado para el cajón de distribución y el resto de las instalaciones del sector, tales como el cajón de medición, cajón desripiador, cajón recuperador de relave desripiados y canaleta desripiadora.

Un esquema general del Cajón de Distribución de Relaves se presenta en la Figura 4-5.

**Figura 4-5: Esquema Cajón de Distribución**



### **Cajón de Medición**

El objetivo del Cajón de Medición es cuantificar los caudales de relaves provenientes desde el Cajón de Distribución de Relaves, que posteriormente van directamente hacia las descargas en el Tranque y/o hacia la etapa de clasificación.

El Cajón de Medición está construido en hormigón y sus dimensiones generales útiles son de 8,3 m de ancho x 4,4 m de largo x 6,0 m de alto. Posee tres compartimientos independientes que lo dividen longitudinalmente. Cada compartimiento está compuesto por tres secciones dispuestas en serie, una de recepción, otra de aquietamiento y la tercera de descarga. La sección de aquietamiento se encuentra equipada con un medidor de flujo ultrasónico.

Desde la sección de descarga del primer compartimiento nace la Línea 1 y del segundo compartimiento nace la Línea 2, ambas transportan los relaves para su disposición en la cubeta del tranque y corresponden a tuberías de HDPE de 560 mm de diámetro PN16. La Línea 1 tiene dos salidas, la primera salida va directamente a la cubeta y la segunda salida se conecta a la Línea 2 mediante un

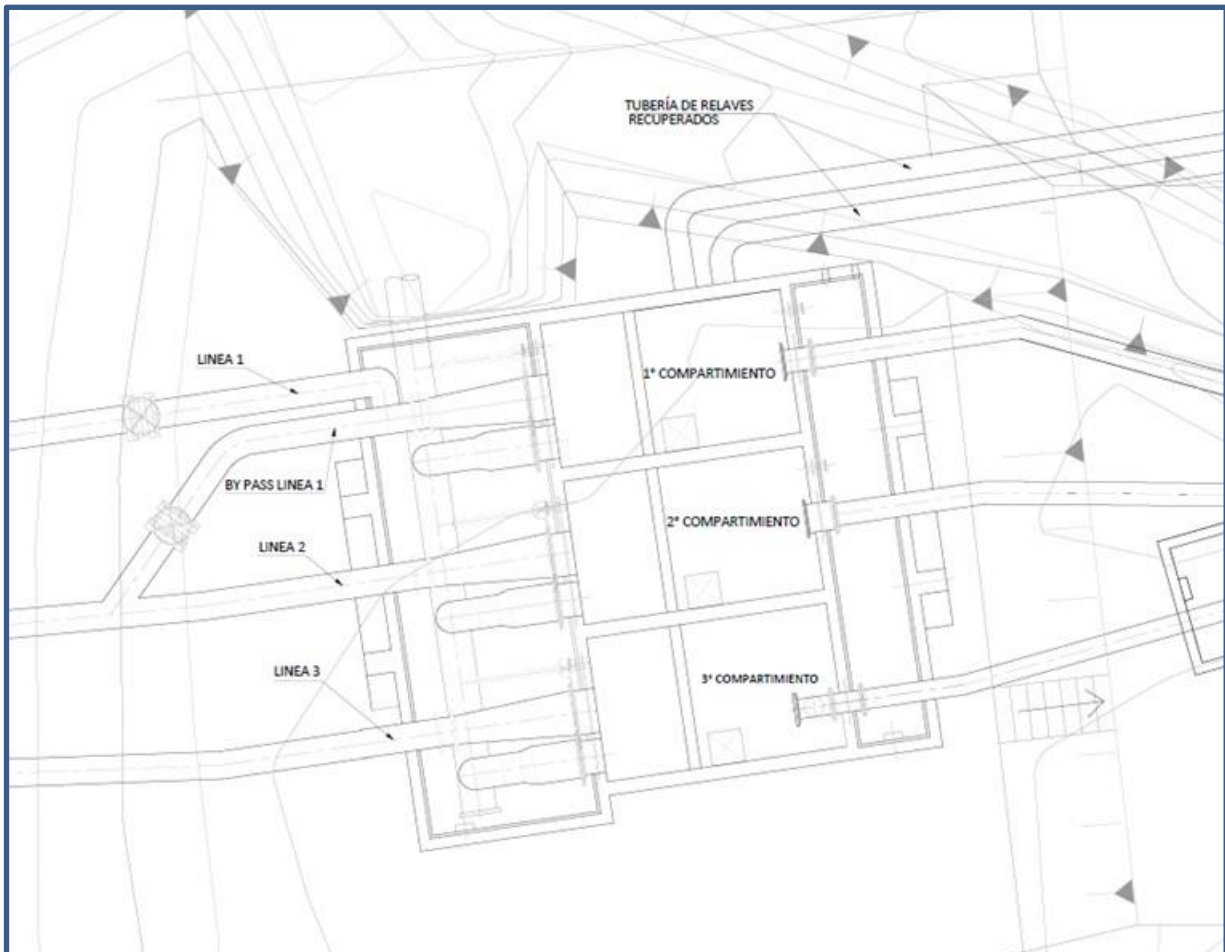
juego de válvulas para operar con esta línea cuando la Línea 1 esté en mantención o cuando el proceso lo requiera.

Desde la sección de descarga del tercer compartimento nace la Línea 3 que transporta relaves a clasificación y corresponde a una tubería de HDPE de 560 mm de diámetro PN16.

Al primer compartimento del Cajón de Medición, además llega gravitacionalmente el relave recuperado en el Cajón Recuperador de Relaves Desripiados, mediante dos líneas de acero de 18" de diámetro y 23 m de largo emplazadas en paralelo, una de las cuales opera stand-by. Las dos líneas cuentan con válvulas pinch que permiten regular el caudal de relave recuperado de acuerdo a lo medido en el cajón de medición.

Un esquema general del Cajón de Medición se presenta en la Figura 4-6.

**Figura 4-6: Esquema Cajón de Medición**



### **Cajón Recuperador de Relave Desripiado**

El Cajón Recuperador de Relave Desripiado está construido en hormigón y su objetivo es recuperar y recircular los relaves para distribuirlos en la cubeta, favoreciendo la formación de playa para alejar la laguna de aguas claras del muro de arena.

El cajón recuperador cuenta con dos salidas al primer compartimento del cajón de medición (una de ellas stand-by) y corresponden a tuberías de acero de 18" de diámetro y 23 m de largo. Las dos líneas

cuentan con válvulas pinch que permiten regular el caudal de relave de acuerdo a lo medido en el cajón de medición. La tercera salida del cajón alimenta los rípios retenidos a la cámara de recepción de rípios o primer cajón de traspaso (R3-1), desde donde se transporta el relave a la quebrada R3 nueva pasando por un segundo cajón traspaso (R3-2), un canal de rípios y finalmente por un canal evacuador de rípios en la quebrada.

En Fotografía 4-1 siguiente se muestran las distintas instalaciones del Sistema de Distribución de Relaves.

**Fotografía 4-1: Instalaciones Sistema de Distribución Relaves**



Descripción: (a) vista cajón de traspaso y canaleta desripiadora. (b) descarga de relaves desde STR al cajón de traspaso. (c) tramo canaleta desripiadora/alternativa a cajón desripiador. (d) cajón desripiador. (e) vista de las compuertas en cajón desripiador. (f) división de los relaves en cajón desripiador a cajón de distribución y cajón recuperador de relaves.

**Fotografía 4-1: Instalaciones Sistema de Distribución Relaves (continuación)**



Descripción: (g) vista cajón de distribución. (h) vista del cajón de distribución, recuperador relaves deripiados, cajón de medición. (i) recirculación relaves desripiados a primer compartimiento cajón de medición. (j) vista ubicación línea 1, línea 2 y línea 3. (k) vista de válvulas pinch de cajón de medición y by-pass Línea 1. (l) descarga quebrada R3 antigua y R3 nueva.



## b) Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta

### Sistema de Descarga por la Cola

El sistema de descarga de relaves por la cola cuenta con las siguientes instalaciones:

- **Captación desde STR:** Corresponde a una obra de derivación del STR en la que a través de dos compuertas murales se realiza la descarga de relaves a una cámara de descarga lateral, denominada cámara de captación. Se complementa con una válvula pinch manual de 250 mm en la línea de descarga instalada en una cámara anexa. La disposición de las compuertas permite aislar y dejar en condiciones de limpieza la conducción de descarga, evitando el depósito de relaves. En cada uno de los vanos de captación se cuenta con dispositivos que disminuyen la captación de materiales gruesos del relave. Posee elementos auxiliares de protección como rejas, escalines de acceso, tapas y venteos en la conducción.
- **Conducción Tramo 1:** Está dividida en dos sub-tramos. El primero queda definido por la cámara de aforo que se ubica aproximadamente a 19 m de la cámara de captación y el segundo, entre ésta y la cámara de inicio del sifón N°1, de aproximadamente 500 m de longitud. La cámara de aforo está compuesta por un vertedero de hoja metálica de umbral triangular (90°), separado de la descarga por un baffle metálico. El vertido se hace a un depósito de carga, controlado por una pieza especial (boca de pato), revestida en cerámica. En la cámara de aforo entre el recinto de recepción de la descarga y la cámara de carga se dispone de un desagüe de fondo para evacuar el depósito no vertido de relaves. Esta cámara también posee elementos auxiliares como escalines de acceso y un venteo de 4" en el inicio de la conducción por tubería. Además, como medida de protección a la caída e ingreso de objetos extraños al sistema, se dispuso un grating AR-6 en toda la superficie de la cámara a cota superior, no destinado para tránsito peatonal. En el segundo tramo, entre la cámara de aforo y la cámara de inicio del sifón N°1, la conducción se realiza por tubería HDPE 250 mm PN 20, donde se han instalado cuatro carretes de inspección, de 1,20 m de longitud, espaciados cada 100 m, con el objeto de efectuar eventuales lavados de la línea.

Desde la cámara de carga a la cámara de entrada del sifón N°1, la conducción es en presión y tiene cuatro elementos reductores de presión en serie del tipo placa orificio que se ubican en su parte baja. La serie de reductores están instalados a la vista, montados en carretes con bridas, afianzados a muros de hormigón con abrazaderas. Consta para su armado y desarmado con una unión extensible en su extremo inferior. Existe un by pass a la cámara de inicio del sifón N°1 de 30 m de longitud, que nace aguas arriba de los anillos disipadores y se conecta aguas abajo del último venteo de la cámara de inicio. Se dispone de tres válvulas tipo pinch (N°1, N°2 y N°3) para cortar el paso a la cámara de inicio del sifón N°1 y otra para abrir o cerrar el paso al by pass.

- **Estanque de agua de lavado:** Se dispone de un estanque de agua de lavado de 25 m<sup>3</sup> útiles en el sector de la cámara de captación de relave desde el STR, conectado mediante fittings a la cámara de aforo para realizar el lavado y llenado con agua del tramo N°1 de la conducción.
- **Conducción Tramo 2 Sifón N°1:** Corresponde a una conducción enterrada en zanja con cámaras verticales de hormigón a la entrada y salida, unidas por una tubería de HDPE de diámetro nominal 315 mm, PN10, con el sistema de purga o desagüe ubicado en el punto más bajo del trazado. En cada ramal descendente de la conducción de estos sifones se instalaron carretes testigo removibles para efectos de control de mantenimiento, quedando debidamente señalizada su ubicación. Cuenta con un tramo elevado sobre pilares de aproximadamente 30 m de longitud. Su longitud total es de 1.312 m.
- **Conducción Tramo 3:** Corresponde a una conducción cerrada o acueducto en tubería de HDPE, ubicada entre la salida del sifón N°1 y la entrada al sifón N°2, con una longitud total de

4.583 m con una pendiente de 1%. La tubería está instalada en una plataforma sobre una cama de apoyo de material granular compactado y protegida posteriormente con un cordón de suelos seleccionados del mismo material de la excavación de la plataforma. Aproximadamente en el punto medio de esta conducción se instaló un carrete testigo removible para efectos de control de mantenimiento, quedando debidamente señalizada su ubicación. En esta conducción, además, aproximadamente cada 200 m se dispusieron venteos.

- **Conducción Tramo 4 Sifón N°2:** Corresponde a una conducción enterrada en zanja con cámaras verticales de hormigón a la entrada y salida, unidas por una tubería de HDPE de diámetro nominal 315 mm, PN10, con el sistema de purga o desagüe ubicado en el punto más bajo del trazado. En cada ramal descendente de la conducción de estos sifones se instalaron carretes testigo removibles para efectos de control de mantenimiento, quedando debidamente señalizada su ubicación. Su longitud total es de 309 m.
- **Conducción Tramo 5:** Corresponde a la conducción final de distribución de relaves a la zona norponiente del tranque. La maniobra de distribución de relaves en la cámara de salida del sifón N°2, presenta dos opciones, dependiendo la zona elegida de sellado de la cubeta, estas alternativas oriente o poniente son manejadas mediante la posición de dos compuertas ubicadas en la cámara de salida del sifón N°2. Este tramo corresponde a una conducción en canal abierto, excavada en terreno natural sin revestimiento. Su longitud total es de 200 m.

### **Cajones de Derivación N°1 y N°2**

El objetivo de los Cajones de Derivación es permitir el desvío del relave en forma parcial hacia la cubeta del Tranque, previo a su ingreso al cajón de distribución de relaves. Estos cajones de derivación, construidos en hormigón, se encuentran ubicados en el tramo comprendido entre el cajón de salida del Rápido N°13 (STR) y el cajón de distribución de Relaves, específicamente en los km 82,7 y 85,8 del STR. Cada uno de ellos está equipado con una compuerta de accionamiento manual ubicada en la canaleta que permite el bloqueo de la circulación del relave por esta, subiendo el nivel en el cajón y rebalsando a través de las tuberías de descarga. En cada cajón, la descarga de relaves hacia la cubeta se realiza a través de dos tuberías de 16" de diámetro con válvula pinch de accionamiento manual, y luego a través de las quebradas naturales R1 en el caso del cajón de derivación N°1 y R2 para el cajón de derivación N°2.

### **Quebrada R3 antigua**

La quebrada R3 antigua corresponde a una quebrada natural que conduce los relaves descargados por el rebose del cajón de distribución, el rebose del cajón de alimentación ciclones y eventualmente el drenaje del cajón de medición y el rebose de agua del estanque de agua de dilución y lavado. Para el cruce del canal de contorno cuenta con una obra de hormigón que capta los relaves que bajan por la quebrada R3 antigua, antes de llegar al canal de contorno y los conduce por una canaleta pasando sobre este y descargándolos del otro lado para que continúen por el curso natural de esta quebrada.

### **Quebrada R3 nueva**

La quebrada R3 nueva corresponde a una quebrada natural que conduce los relaves descargados por el cajón desripiador al cajón recuperación de relaves desripiados.

### **Línea 1 y Línea 2**

La Línea 1 y Línea 2, que conducen los relaves desde el cajón de medición directamente a su disposición en la cubeta del tranque, corresponden a tuberías de HDPE de 560 mm de diámetro PN16.

El trazado de ambas líneas parte en el cajón de medición pasando por el lado sur del estanque de agua de dilución, donde se conecta una línea de agua de lavado proveniente desde el estanque de agua de dilución, operada mediante una válvula. Aguas abajo cruzan el canal de contorno y pasan por el

coronamiento del Muro Este, donde en el punto más bajo, poseen una línea de drenaje de emergencia hacia la cubeta del tranque provista de una válvula. Luego en el sector del Cerro el Chivato realizan un by-pass al cajón de lamas nuevo, dirigiéndose directamente al muro principal del tranque, donde derivan los relaves a la cubeta a través de las descargas existentes sobre el Muro, compuestas por un nudo de válvulas pinch de 16" y 12".

La Fotografía 4-2 muestra algunas de las instalaciones descritas y distintas partes del trazado de las Línea 1 y Línea 2.

**Fotografía 4-2: Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta**



Descripción: (a) Cajón derivación N°1 y descarga quebrada R-1. (b) Cajón derivación N°2 y descarga quebrada R-2. (c) Líneas 1, 2 y 3 en coronamiento Muro Este y costado nuevo cajón de lamas. (d) vista trayecto líneas 1, 2 y 3. (e) y (f) Trayecto líneas 1 y 2 en Muro Principal.

## c) Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación

### Línea de Conducción a Cajón de Alimentación Ciclonas

La Línea 3 va desde el tercer compartimiento del Cajón de Medición hasta el Cajón de Alimentación a Ciclonas. Corresponde a una tubería de HDPE de 560 mm de diámetro PN16 y 180 m de longitud. La función de esta línea es solamente traspasar relaves gravitacionalmente desde un punto a otro, por lo cual no posee válvulas ni elementos de control.

### Cajón de Alimentación Ciclonas

El Cajón de Alimentación Ciclonas está construido en hormigón y sus dimensiones generales y útiles son de 2 m de ancho x 8,4 m de largo x 10 m de alto, respectivamente.

El cajón posee cuatro compartimentos principales; uno de recepción, uno de aquietamiento, uno de descarga y uno para recibir los rebales provenientes del compartimento de descarga.

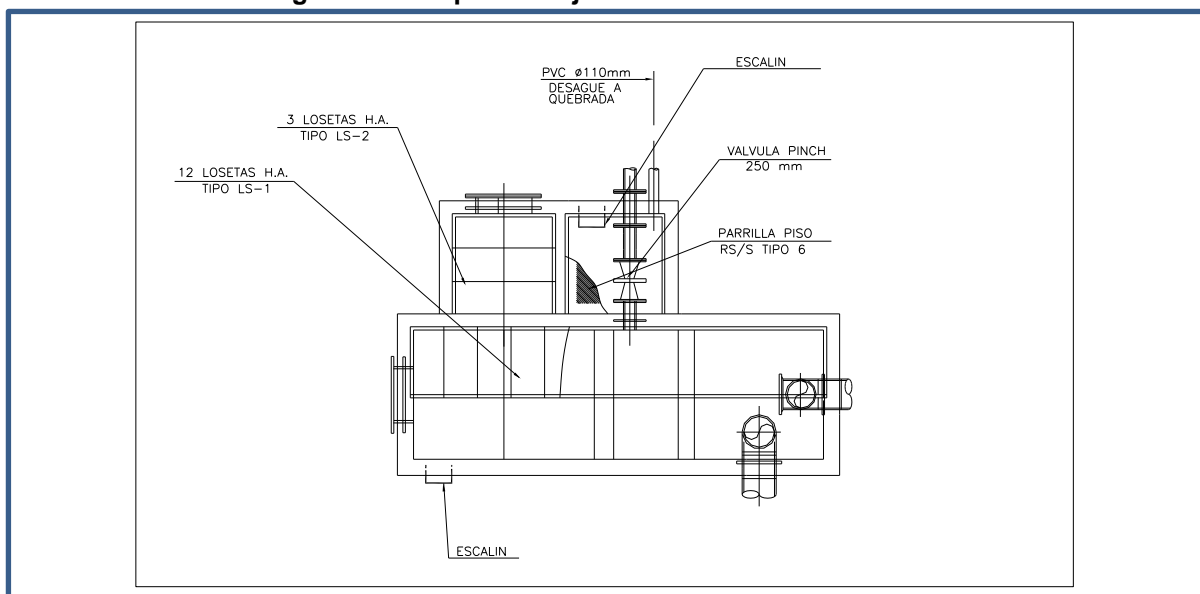
El compartimento de recepción de 2 m de ancho x 2 m de largo x 4,3 m de alto, recibe el relave proveniente del tercer compartimento del Cajón de Medición y posee una rejilla de protección que evita el ingreso de objetos extraños o piedras al sifón. Además, recibe el agua necesaria para diluir el relave, cuya adición se controla mediante una válvula.

El compartimento de aquietamiento, de 2 m x 1 m de base, aquieta el relave recibido en el primer compartimento y lo transfiere, mediante un vertedero recto, hacia el compartimento de descarga del cajón.

El compartimento de descarga de 2 m de ancho x 2,8 m de largo x 10 m de alto, alimenta a la línea que transporta el relave hacia la batería de ciclonas (Línea 3). En una de sus paredes laterales posee un vertedero recto de 1,5 metros para evacuar los eventuales reboses hacia un compartimento lateral. Desde éste sale una línea de HDPE de 710 mm de diámetro que transporta los reboses hacia la quebrada R3 antigua que finalmente descarga en la cubeta del Tranque.

Un esquema general del Cajón de Alimentación a Ciclonas se presenta en la Figura 4-7.

**Figura 4-7: Esquema Cajón de Alimentación Ciclonas**



## Línea Sifón

Corresponde al tramo de la Línea 3 en sifón que va desde el Cajón de Alimentación a Ciclones hasta la batería de ciclones ubicada en la etapa de clasificación.

Esta línea posee una longitud aproximada de 1.600 m y está compuesta por una tubería de HDPE de 710 mm PN16. En el punto bajo de su trayecto, ubicado en el coronamiento del Muro Secundario, dispone de una línea para drenaje de 12" de diámetro con una válvula de compuerta y una pinch, ambas de accionamiento manual. En el tramo final, ubicado en el Cerro el Chivato, posee un flujómetro. Antes de su conexión al manifold de alimentación de la batería de ciclones cuenta con arranque que permite by-pasear la etapa de clasificación derivándolo al cajón de lamas antiguo. Tanto la línea que alimenta el manifold como la de by-pass cuentan con válvulas de accionamiento manual-remoto para la operación.

En la Fotografía 4-3 siguiente se muestran las distintas instalaciones del Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación.

**Fotografía 4-3: Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación (Línea 3)**



Descripción: (a) vista Línea 3 desde cajón de medición. (b) Cajón alimentación ciclones. (c) Línea 3 a clasificación en coronamiento Muro Este. (d) Línea 3 alimentación ciclones.

## d) Sistema de Clasificación de Relaves

### Batería de Hidrociclones

La Batería de Hidrociclones está compuesta por 12 unidades de doble clasificación o reciclones, manteniendo 8 dispositivos en operación normal. Dos de los equipos de la batería son reutilizados de la batería de reciclones antigua y corresponden a Recyclone Vulclone, marca Vulco, con un ápex de 2  $\frac{3}{4}$ " , un vórtex primario de 7  $\frac{1}{2}$ " y uno secundario de 6  $\frac{1}{2}$ ". Los diez equipos restantes son Recyclone 500/400 CVX, marca Weir-Vulco, con un ápex de 80mm, un vórtex primario de 155 mm y uno secundario de 110 mm.

En cada una de las líneas que alimentan a los reciclones existen válvulas pinch de accionamiento manual, que permiten el ingreso de relave desde el manifold de alimentación. Adicionalmente, en el manifold existe un manómetro central que indica la presión de operación en forma local y remota.

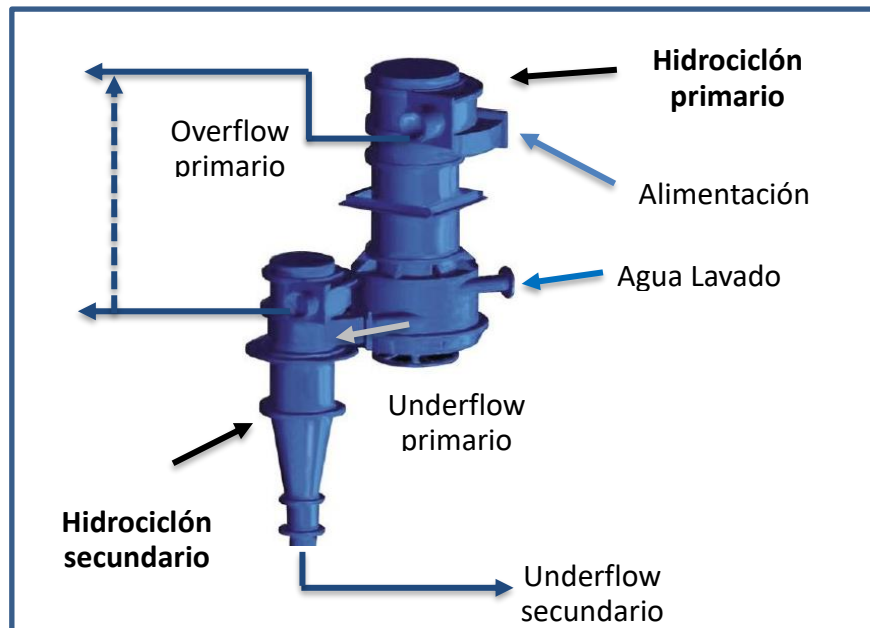
En la parte superior de la batería se encuentra el estanque recolector del overflow de cada hidrociclón, mientras que en la parte inferior se encuentra el estanque recolector del underflow.

### Reciclón

El reciclón es una variedad de ciclones de doble efecto, cuya finalidad es realizar una doble clasificación en un solo equipo.

La primera etapa contempla un hidrociclón cilíndrico de fondo cónico (hidrociclón primario). La segunda etapa es un hidrociclón cónico (hidrociclón secundario). Se utiliza una inyección de agua que ayuda a controlar la alimentación a la segunda etapa actuando sobre el flujo de pulpa que se encuentra pegada a la pared. El hidrociclón cónico está unido al hidrociclón cilíndrico a través de un conducto de transferencia.

Figura 4-8: Esquema Básico Reciclón

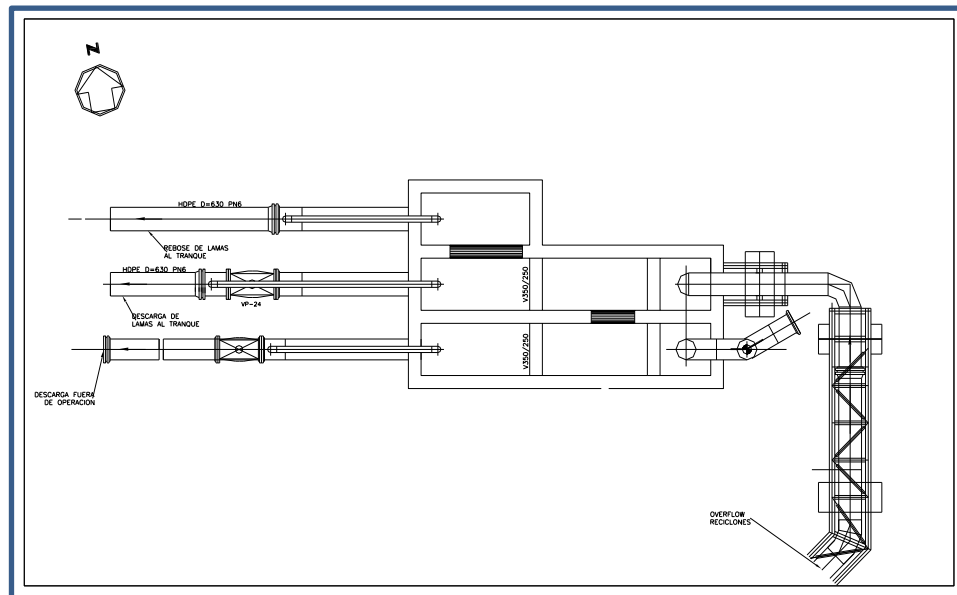


## Cajón de Lamas Nuevo

Este cajón construido en hormigón, de 5,6 m de ancho x 8,7 m de largo x 4,15 m de alto, posee dos compartimentos principales. El primer compartimento se encuentra fuera de operación y el segundo recibe las lamas provenientes de la batería de reciclones (Overflow). Existe un vertedero de 1,2 x 0,6 m que conecta ambos compartimentos. Ver Figura 4-9.

Este cajón descarga las lamas al Cajón de Cabecera mediante una tubería de HDPE de 630 mm de diámetro PN6, que en su parte inicial posee una válvula pinch de 24". Adicionalmente, el cajón posee una tercera cámara, de menor tamaño que las anteriores, que recibe el rebose de pulpa remanente y la desvía a la cubeta por una tubería de HDPE de 630 mm PN6.

Figura 4-9: Esquema Cajón de Lamas Nuevo



## Estanque Rejilla de Protección

El Estanque Rejilla de Protección colecta las arenas de la clasificación (Underflow batería reciclones) y su objetivo fundamental es evitar que partículas ultra gruesas puedan ingresar al sistema de bombeo de arenas. Para ello, posee una canastilla metálica que atrapa las partículas con tamaños definidos como ultra grueso.

Básicamente el estanque está constituido por un compartimento construido en acero y sus dimensiones generales son de 1,5 m de ancho x 1,0 m de largo x 2,1 m de alto. En la parte superior externa de su pared frontal posee un pequeño compartimento que colecta y evacua los eventuales reboses hacia el Cajón de Lamas antiguo.

## Estanque de Muestreo

El Estanque de Muestreo recibe el flujo de arenas proveniente del Estanque Rejilla de Protección a través de una canaleta rectangular y lo alimenta posteriormente al Estanque Agitador. En este estanque se toma muestra manualmente de las arenas clasificadas.

El estanque está constituido por un compartimento construido en acero y sus dimensiones generales son de 1,5 m de ancho x 1,5 m de largo x 2,7 m de alto. En la parte superior externa de su pared frontal

posee un pequeño compartimento que colecta y evacua los eventuales reboses hacia el Cajón de Lamas antiguo.

### **Cajón de Lamas Antiguo**

El Cajón de Lamas Antiguo recibe eventualmente, los reboses del estanque de muestreo, estanque rejilla protección, estanque alimentación bombas centrífugas, nuevo cajón de arenas y el flujo de relave a clasificación en caso de by-pass a la batería de reciclones. La descarga del cajón se realiza mediante una tubería de HDPE de 900 mm al Cajón de Cabecera y desde éste a la cubeta del tranque a través de una línea de HDPE.

Este cajón se encuentra ubicado en el costado oeste de la estructura que soporta la batería de reciclones. Se constituye de una sola cámara construida en acero, con una base de 2,2 m x 2,2 m y una altura de 2,5 m.

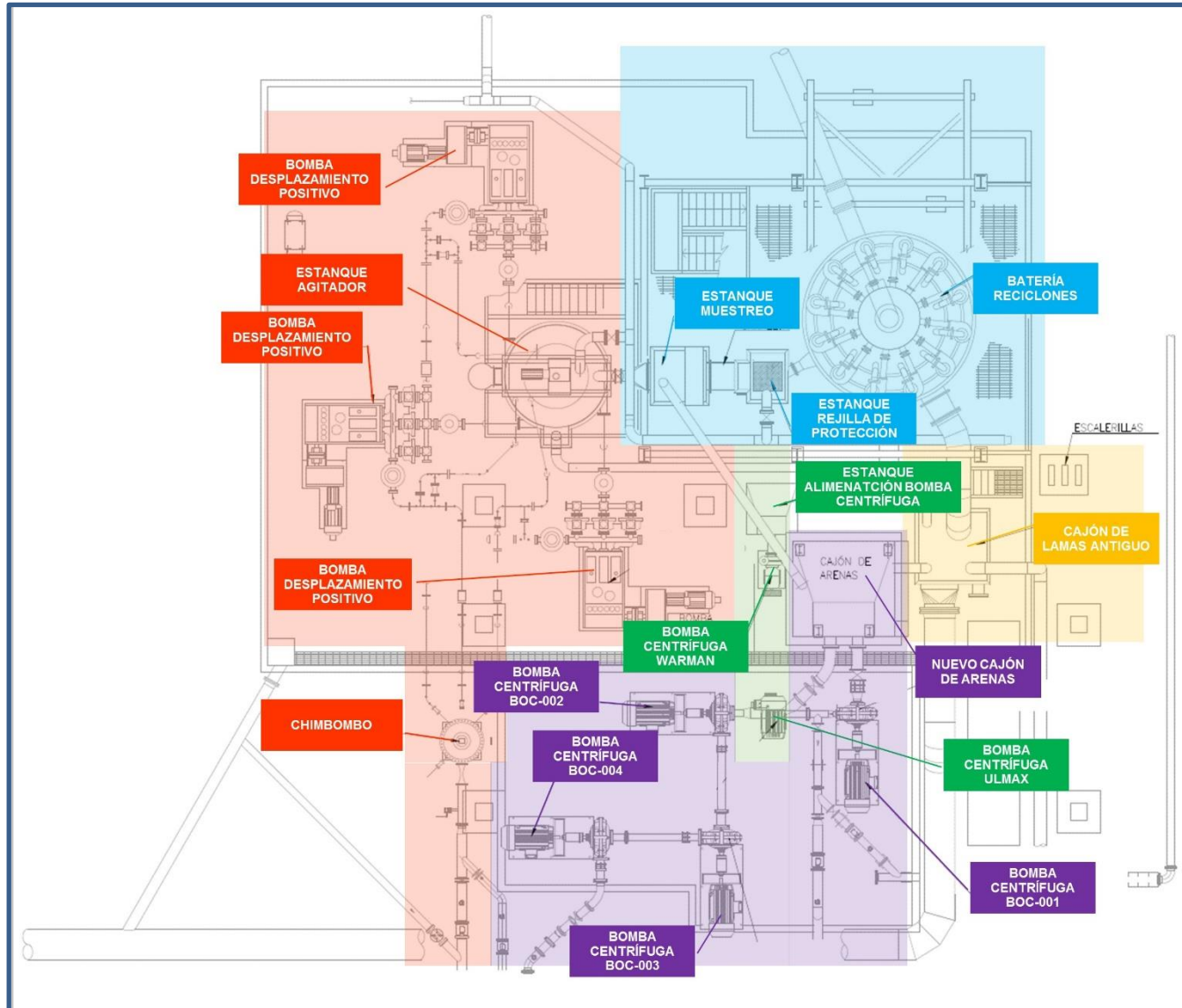
La Figura 4-10 muestra una disposición general de las instalaciones.

### **Cajón de Cabecera**

El Cajón de Cabecera recibe los relaves, lamas y agua provenientes del Cajón de Lamas Antiguo, Cajón de Lamas Nuevo y reboses del Estanque Agitador para conducirlos a través de una línea de HDPE de 560 mm de diámetro hasta una distancia máxima de 170 m en el Muro Principal, donde serán descargados hacia la cubeta.



Figura 4-10: Disposición General Instalaciones



Fotografía 4-4: Sistema de Clasificación de Relaves



Descripción: (a) Bateria reciclones. (b) Cajón de lamas nuevo. (c) Estanque de muestreo. (d) Cajón de lamas antiguo. (e) y (f) Cajón de Cabecera.

## e) Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro

El sistema de impulsión y distribución de arenas al muro se compone de tres sistemas:

- Sistema de impulsión con 4 bombas de desplazamiento positivo (Bombas BDP)
- Sistema de impulsión con 2 bombas centrífugas (BC N°1 y BC N°2)
- Sistema de impulsión con 4 bombas centrífugas (WARMAN: BOC-001 @ BOC-004)

### Sistema de Impulsión con Bombas de Desplazamiento Positivo

- **Estanque Agitador**

El Estanque Agitador consiste en un estanque cilíndrico construido en acero y sus dimensiones generales son de 3 m de diámetro y 4,5 m de alto, con fondo cónico. En su parte superior posee un pequeño compartimiento que le permite evacuar los reboses hacia el Cajón de Cabecera, mediante una línea de acero de 12" de diámetro. En el fondo cónico posee un orificio que le permite evacuar su contenido hacia un pozo de derrames, a través de una línea de acero de 4" de diámetro y una válvula pinch manual.

La agitación de la pulpa se efectúa por medio de un mecanismo sobre la base de una hélice cuyo motor posee una potencia instalada de 15 HP.

La ubicación del estanque agitador se muestra en la Figura 4-10.

- **Bombas de Desplazamiento Positivo**

Se cuenta con tres bombas de desplazamiento positivo (BDP) para la impulsión de arenas al sector poniente del muro, es decir, entre el nudo 8 y el nudo 16. Las características principales de las BDP son las siguientes:

Marca	:	WIRTH
Modelo	:	TPM (Triplex)
Tamaño	:	9" x 10"
Potencia por bomba	:	200 HP
Capacidad por bomba	:	65,5 – 131 m <sup>3</sup> /h
Presión de descarga máxima	:	35 bar
Número emboladas por minuto	:	37 – 74
Capacidad por embolada	:	31,64 L

- **Acumulador de Arenas o Chimbombo**

Inmediatamente a la salida de la Torre de Clasificación, se encuentra el Acumulador de Arenas o Chimbombo al cual convergen las tuberías provenientes de las BDP, con sus respectivas válvulas y una línea de alimentación de agua de lavado controlada mediante una válvula. En este punto existen dos válvulas pinch manuales que permiten desviar el flujo de arenas por la línea de conducción al muro o por la línea de envío hacia la cubeta del Tranque.

La ubicación del Chimbombo se muestra la Figura 4-10.

## Sistema de Impulsión BC N°1 y BC N°2

- **Estanque Alimentación Bomba Centrífuga**

El Estanque Alimentación Bomba Centrífuga recibe arenas clasificadas desde el estanque de muestreo. Está construido de acero y sus dimensiones generales son de 1,5 m de ancho x 1,5 m de largo x 2,2 m de alto.

- **Bombas Centrífugas**

Estas bombas se encuentran conectadas en serie y permiten la conducción de arenas hacia el sector oriente del muro, es decir, entre el nudo 1 y el nudo 7, inclusive. La capacidad del sistema permite impulsar con ambas bombas en serie 95 m.c.p y un caudal entre 270 a 305 m<sup>3</sup>/h. Estas bombas también operan la impulsión de arena hacia el Muro Secundario. Las características principales de las bombas centrífugas son las siguientes:

Bomba Warman		
Marca	:	WARMAN
Tipo	:	AH (86A07)
Tamaño	:	8" x 6"
Potencia	:	175 HP
Bomba Ulmax		
Marca	:	ULMAX
Tipo	:	Serie Atlas 8x6 WxR
Tamaño	:	8" x 6"
Potencia	:	160 HP

La Figura 4-9 muestra la ubicación estas bombas.

## Sistema de Impulsión Tren de Bombas (BOC-001 @ BOC-004)

- **Nuevo Cajón de Arenas**

Este cajón está construido totalmente en planchas de acero con una capacidad útil de 12 m<sup>3</sup>, lo que configura un tiempo de residencia de 1 minuto. El cajón cuenta con un sensor de nivel ultrasónico y dos salidas, una de ellas alimenta a la bomba BOC-001 y la otra al tren de bombas BOC-002 @ BOC-004.

La ubicación del Nuevo Cajón de Arenas se muestra la Figura 4-9.

- **Tren de Bombas Centrífugas**

Estas bombas permiten la conducción de arenas hacia el Muro Principal entre el nudo 1 y el nudo 16, por medio de una línea en acero de 8" de diámetro (Línea 3), operando en serie las bombas BOC-002, BOC-003 y BOC-004 hasta el nudo 8 con el caudal de diseño (108 l/s) y para los nudos 9 en adelante con caudales menores. Mientras que la bomba BOC-001 opera de forma independiente en la impulsión de arena sólo hacia el Muro Secundario.

En la descarga de cada bomba existe un medidor local, un transductor de presión y una conexión para el vaciado a piso de 2" de diámetro con válvula de bola manual. Las características principales de las bombas centrífugas son las siguientes:

Marca	:	WARMAN
Tipo	:	FF-AHPP (86A01/1)
Tamaño	:	8" x 6"
Potencia	:	400 HP
Capacidad	:	390 m <sup>3</sup> /h

La ubicación del tren de Bombas Centrífugas se muestra la Figura 4-10 anterior.

### Líneas de Conducción y Distribución de Arenas

Desde la planta de clasificación salen cuatro líneas de conducción de arenas al muro:

- Línea 1: nace en el chimbombo es de acero de 10" de diámetro en los 400 m iniciales que luego se reduce a 9" y permite la conducción de arenas para depositar en el sector poniente del muro, hasta el nudo 12 por las BDP. La línea de acero de 9" posee un manómetro que indica al operador de terreno y de la Sala de Control, la presión del sistema en forma continua, generando alarmas de presión alta y baja.
- Línea 3: de acero de 8" de diámetro o línea secundaria, que va desde el tren de bombas centrífugas BOC-002 @ BOC-004 al Muro Principal hasta el nudo 16.
- Línea 4: de HDPE de 250 mm de diámetro PN16, va desde el sistema de impulsión WARMAN – ULMAX al sector oriente del muro, entre el nudo 1 y el nudo 8.
- Línea 5: de acero de 8" de diámetro que permite la conducción de arenas al Muro Secundario completo, nudo A al C, a través de los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001.

Las principales características de las líneas de impulsión de arenas se resumen en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1: Líneas de Impulsión Arenas**

	LÍNEAS DESDE BOMBAS DESPLAZAMIENTO POSITIVO		LÍNEAS DESDE BOMBAS CENTRÍFUGAS	
	BDP	BOC-002 @ BOC-004	WARMAN-ULMAX	WARMAN-ULMAX BOC-001
Sistema Impulsión	BDP	BOC-002 @ BOC-004	WARMAN-ULMAX	WARMAN-ULMAX BOC-001
N° Línea	Línea 1	Línea 3	Línea 4	Línea 5
Destino	Muro Principal	Muro Principal	Muro Principal	Muro Secundario
Nudos	1 – 12	1 – 16	1 – 8	A – C
Material	Acero API 5L X65	Acero API 5L X65	HDPE PE100	Acero API 5L X65
Diámetro	9"	8"	250 mm	8"
Espesor (mm)	9,0	9,5	22,7 (PN16)	11,0
Caudal Mínimo (l/s)	73	78	82	75
Caudal Máximo (l/s)	83	99	94	100
Largo Tubería (mm)	3.400	3.400	2.050	900

Las líneas de distribución de arenas pueden operar en forma conjunta de acuerdo a la siguiente configuración de los sistemas de impulsión de arenas y su selección depende del programa de depositación de arenas:

- Línea 1 desde BDP a Muro Principal + Línea 3 desde tren de bombas BOC-002@BOC-004 a Muro Principal.
- Línea 1 desde BDP a Muro Principal + Línea 3 desde tren de bombas BOC-002@BOC-004 a Muro Principal + Línea 4 desde sistema BC a Muro Principal.
- Línea 1 desde BDP a Muro Principal + Línea 3 desde tren de bombas BOC-002@BOC-004 a Muro Principal + Línea 5 desde bombas BC a Muro Secundario.
- Línea 1 desde BDP a Muro Principal + Línea 3 desde tren de bombas BOC-002@BOC-004 a Muro Principal + Línea 5 desde BOC-001 a Muro Secundario.

La operación de distribución de arenas será con un máximo de 3 sistemas de impulsión, dos al Muro Principal y uno al Muro Secundario.

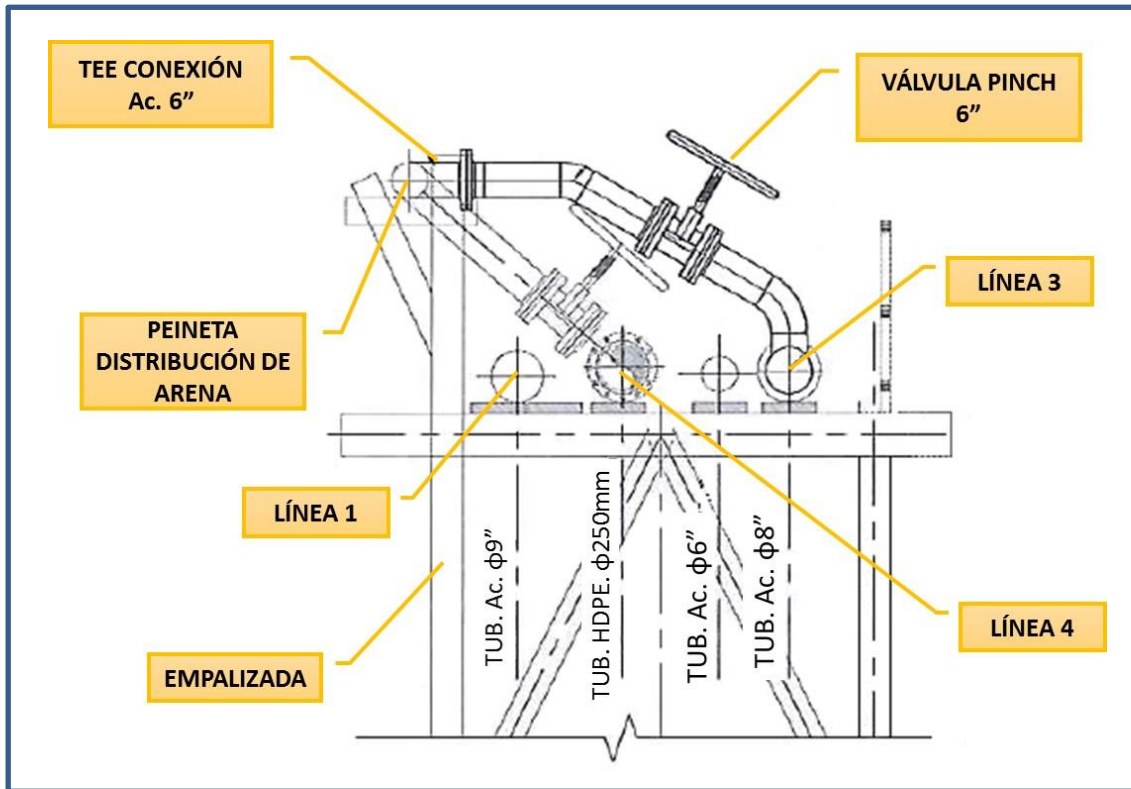
La línea de HDPE (Línea 4) cuenta con ocho arranques de tubería de 6", la Línea 1 cuenta con doce, la Línea 3 con dieciséis arranques y la Línea 5 con tres arranques. Cada uno de estos arranques posee una pieza especial en forma de "T" en cuyos extremos se acoplan tuberías de 6" de diámetro con orificios de 3,5 cm ("pitutos") espaciados cada 3,6 m y un largo de 100 m hacia cada extremo. Estos arranques, denominados "peinetas" permiten distribuir las arenas uniformemente sobre el talud del muro y definen un sector de operación de 200 m de ancho denominados "Canchas". En las líneas de conducción se ubican válvulas tipo pinch para sectorizar la distribución de arenas sobre el muro, restringiéndolo a una sola cancha.

Al conjunto de válvulas que contemplan el bloqueo del flujo por la línea de conducción, desvío hacia una peineta y desvío hacia la cubeta del tranque, se le denomina Nudo de Válvulas.

Las tuberías de acero (Línea 1 y Línea 3 en Muro Principal y Línea 5 en Muro Secundario), la tubería de HDPE de 250 mm (Línea 4) y las peinetas de 6" van soportadas en una estructura de madera de 4 m de alto o "empalizada", que se va rehaciendo en una cota superior de acuerdo al aumento de altura del muro, levantando todo el sistema de distribución. La Figura 4-11 muestra la distribución de las líneas en la empalizada.

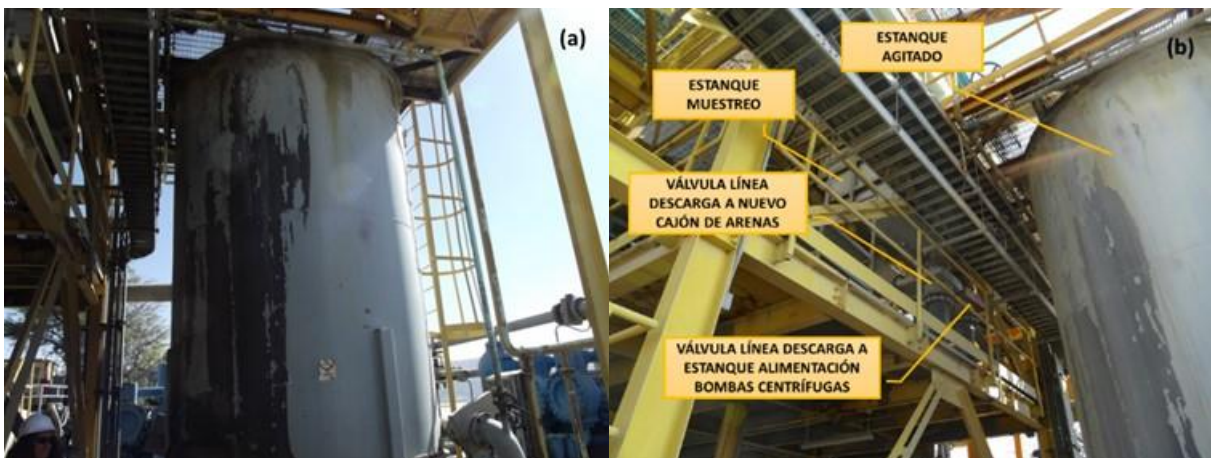
Adicionalmente, la línea matriz cuenta con dieciséis líneas de drenaje que le permiten distribuir el flujo de arenas, hacia el interior de la cubeta cada vez que se realiza un lavado de líneas o por emergencia. Estas líneas corresponden a cañerías de acero de 6" de diámetro con una válvula pinch de accionamiento manual, ubicada en su punto inicial.

Figura 4-11: Disposición de Líneas de Distribución de Arenas en Empalizada



La Fotografía 4-5 muestra algunas de las instalaciones descritas del sistema de impulsión y distribución de arenas al Muro.

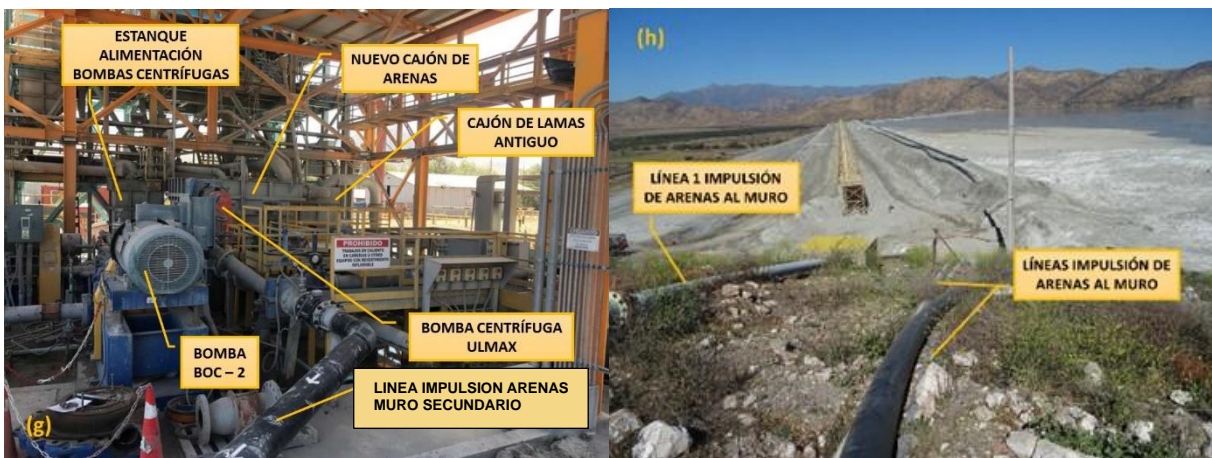
Fotografía 4-5: Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro





Descripción: (a) y (b) Estanque agitado. (c) Bombas de desplazamiento positivo BDP. (d) Ubicación Estanque alimentación bombas centrífugas BC, cajón de arenas y bombas. (e) Chimbombo. (f) Bombas centrífugas tren de bombas BOC – 002 @ BOC – 004.

**Fotografía 4-5: Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro (continuación)**

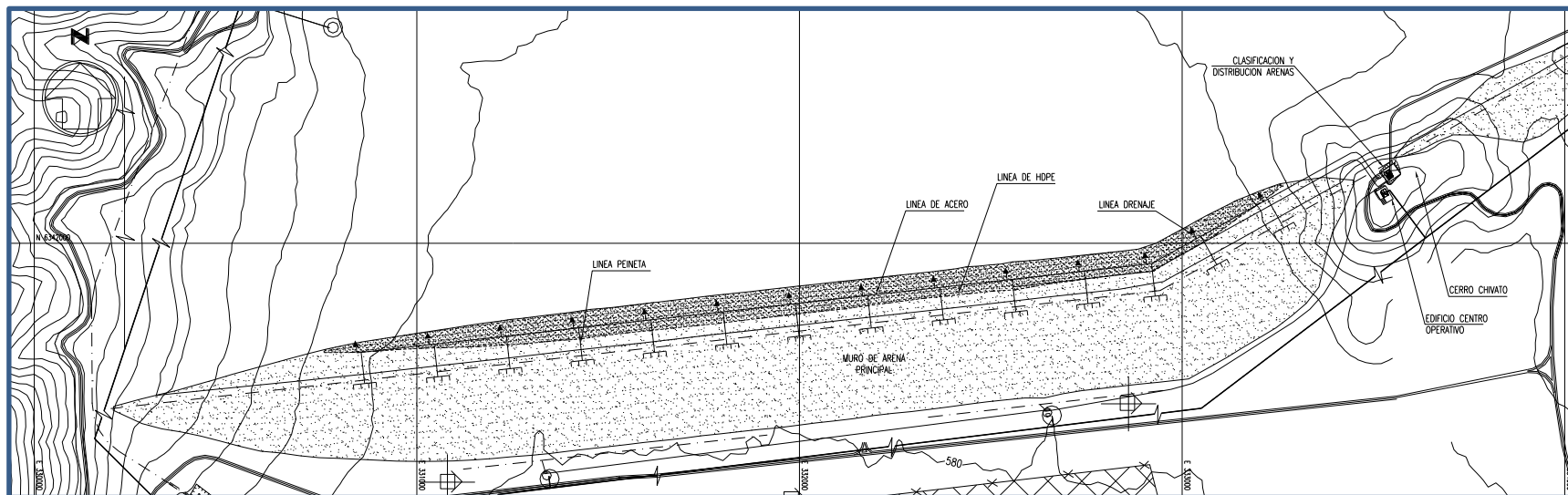


Descripción: (g) Bomba centrífuga Ulmax. (h) Líneas impulsión de arena al muro principal.

En la Figura 4-12 Disposición General Distribución Arenas



Figura 4-12 Disposición General Distribución Arenas



## f) Construcción del Muro

### Muro de Partida

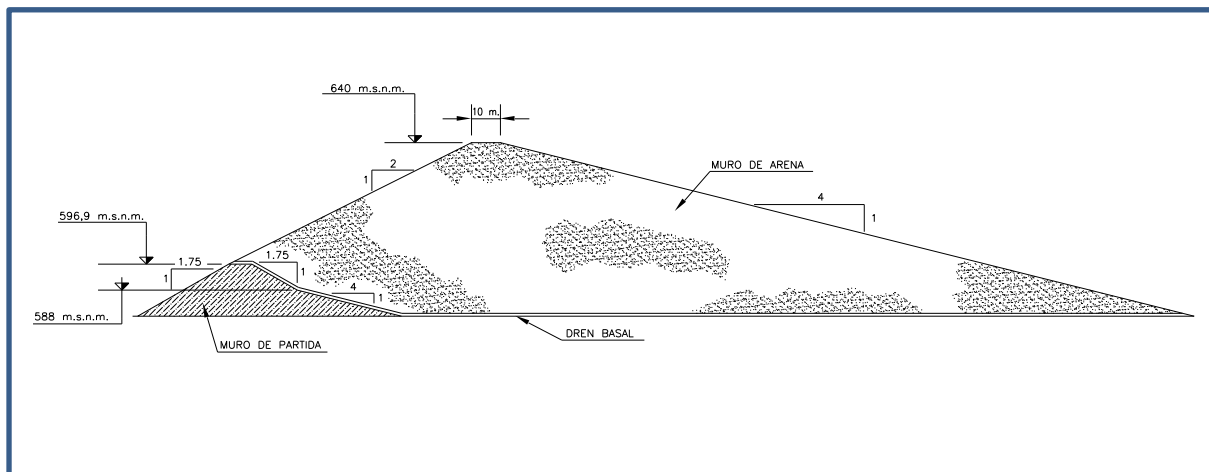
El Muro de Partida se ubica en el pie del talud de aguas arriba del Muro de Arena y su coronamiento se encuentra a la cota 596,9. El talud de aguas arriba posee una inclinación de 1,75:1 (H:V) y el de aguas abajo 1,75:1 (H:V) sobre la cota 588 y de 4:1 (H:V) bajo ella.

La sección transversal está constituida básicamente, por un espaldón impermeable de material arcilloso, para la cara de aguas arriba, y un espaldón de material proveniente de las excavaciones del proyecto, para la de aguas abajo; además consta de una capa de material granular (bajo cota 588) que cubre el talud de aguas abajo del muro. Al pie del talud de aguas abajo, se encuentra el Dren de Pie del Muro de Partida, el cual da inicio al sistema de drenaje del muro de arena. Cubriendo el talud de aguas abajo del muro de partida se instaló una membrana geotextil, para evitar posibles erosiones que puedan producirse por la colocación de arenas al inicio de la depositación.

### Muro de Arena

El Muro de Arena se construye a continuación del Muro de Partida, con la arena obtenida de la clasificación de los relaves. Este muro posee un talud global de 2:1 (H:V) por aguas arriba y de 4:1 (H:V) por aguas abajo, con un ancho de coronamiento al final de su vida útil de 10 m. El crecimiento del muro se realiza por el método de aguas abajo. En la Figura 4-13 se muestra una sección transversal típica del muro.

Figura 4-13: Sección Muro de Arena



Para la contención del tranque existen dos muros de arena: el Muro Principal y el Muro Secundario.

**Muro Principal:** Se ubica entre el Cerro y el estribo poniente. Al final del año 20 de operación presentará una longitud de 3.300 m y una altura de 60 m. La construcción de este muro es en forma hidráulica.

**Muro Secundario:** Se ubica entre el Cerro y el estribo oriente. Presentará una longitud de 900 m y una altura aproximada de 30 m, al final del año 20 de operación. El comienzo de la construcción de este muro se inicia en el quinto año de operación y se efectúa en forma mecanizada.

La Fotografía 4-6 muestra vistas de la construcción del Muro Principal y Muro Secundario.

**Fotografía 4-6: Vistas Construcción Muro Principal y Muro Secundario**



Descripción: (a) Muro Principal, vista desde estribo oriente con empalizada en construcción. (b) Muro Principal, vista desde estribo poniente. (c) y (d) Línea de impulsión de arenas y descarga por peinetas en Muro Principal. (e) Muro Secundario, vista desde estribo oriente. (f) Muro Secundario, vista desde Cerro.

## Zanja Cortafugas

Bajo el espaldón de material arcilloso del muro de partida se ubica la zanja cortafuga cuya finalidad es reducir las filtraciones bajo el muro. Esta se extiende en toda la longitud del Muro Principal, en contacto con el pie del talud de aguas arriba. La profundidad es variable, siendo la máxima de 10 m en el centro del muro.

Esta zanja también es empleada para el anclaje de la geomembrana que impermeabiliza el talud de aguas arriba de ambos muros.

## Drenaje Bajo Muro

El dren basal del Muro Principal es del tipo mixto, de “dedos” y carpeta y está formado por una red de drenes revestidos con geotextiles y rellenos con bolones. Todo el sistema está cubierto con una carpeta de material filtrante que impide el arrastre de finos y un material de transición entre el filtro y los drenes.

Los dedos descargan en drenes longitudinales, paralelos al eje del muro y éstos a su vez en drenes emisarios distanciados alrededor de 400 m entre sí. Los siete drenes emisarios, descargan en cámaras que son vaciadas por tuberías que conducen el agua a dos sentinas, poniente y oriente, desde donde es impulsada y devuelta al depósito.

El Muro Secundario considera un sistema de drenaje basado en una serie de dedos drenantes dispuestos diagonalmente que se unen a un dren central. Este último canalizará las aguas hacia una cámara desde donde se conducen las aguas gravitacionalmente por medio de una tubería hasta la cámara N°13 del sistema de drenaje del muro principal.

Durante la operación del tranque se han incorporado drenes longitudinales de acuerdo al crecimiento del muro, en la actualidad el muro cuenta hasta con el dren longitudinal 7.

## Instrumentación Geotécnica

Con el propósito de mantener un registro permanente del comportamiento del muro, orientado a controlar su estabilidad global, se dispone de los siguientes instrumentos:

- **Piezómetros Eléctricos Estáticos:** se encuentran ubicados al interior del muro de arenas y algunos de ellos en la carpeta filtrante del sistema de drenaje. Su finalidad es monitorear en forma permanente la presión de poros al interior del muro de arena. Su lectura se realiza en forma automática por un instrumento lector (datalogger) que reside físicamente en casetas de instrumentación, ubicadas aguas abajo del muro, que almacena la información generada. Existen tres casetas en el muro Principal y una en el muro Este. Para recuperar la información del instrumento se debe contar con un computador portátil que se conecta directamente al equipo lector. Estos piezómetros se encuentran conectados a las casetas 1G, 2G, 3G y 4G.
- **Piezómetros Eléctricos Dinámicos:** su finalidad es medir la variación de la presión de poros en la arena del muro, durante la ocurrencia de un evento sísmico. Su lectura se realiza en forma automática por un instrumento lector (datalogger) que reside físicamente en la caseta de instrumentación N°2, que se ubica aguas abajo del muro principal. Para recuperar la información del instrumento se debe contar con un computador portátil que se conecta directamente al equipo lector. Estos piezómetros se encuentran conectados a la Caseta 2G.
- **Celdas de Asentamiento:** su finalidad es medir deformaciones o descensos de la fundación del muro de arena. Su lectura se realiza en forma automática por un instrumento lector (datalogger) que reside físicamente en las casetas de instrumentación ubicadas aguas abajo del muro principal. Para recuperar la información del instrumento se debe contar con un computador portátil que se conecta directamente al equipo lector.

- **Piezómetros Casagrande:** miden la posición de la napa freática al interior del muro. Consiste en un tubo abierto dentro de otro de mayor diámetro, ambos ranurados en su parte inferior. El nivel de agua varía libremente al interior del tubo y su medición se realiza a través de una sonda sonora que se introduce en el tubo.
- **Acelerógrafos:** este instrumento mide aceleraciones del suelo durante la ocurrencia de un sismo de importancia. Existen 3 instrumentos en el área: en el estribo poniente, aguas arriba del canal Poniente; en terreno de fundación (Caseta N° 2) y en el coronamiento del muro principal. Sólo operan durante movimientos sísmicos importantes, la recuperación de la información debe realizarse directamente en el instrumento, a través de un computador.
- **Ditemp:** este sistema está constituido por una fibra óptica que recorre el coronamiento del Muro Principal a la cota 632 msnm y en la base, conformando un anillo cuyo objetivo es detectar el agua proveniente de filtraciones. Se encuentra conectado a la Caseta 2G.
- **Inclinómetros:** este sistema detecta cambios en la inclinación del muro principal. Estos instrumentos se encuentran conectados a las Casetas 1G y 3G.
- **Extensómetros:** este sistema detecta deformaciones de la presa y están conectados a las casetas 1G, 2G y 3G.

El sistema de instrumentación geotécnica tiene cuatro (4) casetas de instrumentación geotécnica identificadas como 1G, 2G, 3G y 4G. Las casetas 1G a la 3G se encuentran asociadas al Muro Principal y la 4G al Muro Secundario.

La ubicación de los piezómetros existentes en el muro principal se indica en la Fotografía 4-7 siguiente.

**Fotografía 4-7: Piezómetros en Muro Principal**



## g) Sistema de Agua de Dilución y Lavado

Este sistema abastece, desde el Estanque de Agua de Dilución y Lavado, el agua requerida para los procesos de dilución y lavado del sistema de clasificación, así como del lavado de líneas de relaves y otras instalaciones, además de abastecer de agua a la red de incendio en caso que se requiera.

El Estanque de Agua de Dilución y Lavado está ubicado en una plataforma en la cota 693 msnm, tiene un volumen de 12.000 m<sup>3</sup> con 8,35 m de alto y 16 m de diámetro y recibe las aguas impulsadas desde la piscina de dilución y lavado y el agua impulsada de la Sentina Sur.

### Agua de Dilución

El sistema de dilución tiene como objetivo principal suministrar el recurso suficiente para lograr la dilución adecuada tanto para la operación de la clasificación como en el transporte de arenas.

Para el caso del proceso de clasificación se requiere disminuir la concentración en peso del relave, desde un  $C_p = 57 \pm 2\%$  a un  $C_p = 38 - 40\%$  para luego ser clasificado en los reciclones. La dilución de los relaves requiere de un flujo de  $400 \pm 20$  l/s, los cuales se conducen con una línea gravitacional desde el Estanque Agua de Dilución y Lavado hasta el Estanque de Alimentación Ciclonos que actualmente alimenta a la batería de reciclones.

Para el bombeo y conducción de arenas al muro es necesario bajar la concentración del underflow descargado en la cuba de la batería (dependiendo de las condiciones de dilución en la alimentación) a  $C_p = 65-72\%$  (dependiendo de las condiciones de operación en el muro). El agua para dilución es aportada gravitacionalmente desde la línea de lavado hasta la torre de hidrociclones.

### Agua de Lavado

El sistema de lavado tiene como función la limpieza de líneas, cajones y estanques en el caso de alguna detención. Adicionalmente, se utiliza agua de lavado en la primera etapa de clasificación para controlar el material fino que se alimenta a la segunda etapa de cicloneo, actuando sobre el flujo de pulpa pegada a la pared. La adición de agua se realiza en una sección diseñada especialmente para este efecto con el objeto de reducir la cantidad de material fino que se traslada a la segunda etapa de tal forma de alterar lo menos posible el flujo en el hidrociclón y disminuir el desgaste.

Los puntos de consumo de agua desde el Estanque de Agua de Dilución y Lavado son los siguientes:

- **Cajón Distribuidor de Relaves, Cajón de Medición, Cajón Desripiador y Cajón Recuperador de Relaves Desripiados:** el consumo de agua es eventual para lavado y se realiza mediante una bomba centrífuga horizontal a través de una línea de acero de 3" de diámetro. El sistema de impulsión es operado local y manualmente por el operador. Este tiene como objetivo lavar el cajón para realizar inspecciones y mantención cuando el sistema está detenido.
- **Líneas de Conducción de Relaves:** el consumo de agua es eventual para la partida y lavado cada vez que salga de operación unas de las líneas de conducción de relaves, para evitar la sedimentación de partículas que pueden provocar embanques al interior de las tuberías. El suministro de agua se realiza en forma gravitacional y se inyecta directamente a las líneas 1 y 2.
- **Cajón de Alimentación a Ciclonos:** el suministro se realiza gravitacionalmente a través de una línea de acero de 20" de diámetro. El consumo de agua es permanente y se efectúa mediante una válvula de operación remota y controlada, a través de un lazo de control, para diluir el relave que va hacia la etapa de clasificación y en forma eventual para el lavado de la línea.
- **Sifón (Línea 3):** el consumo de agua es eventual para lavado con objeto de evitar embanques producidos por la consolidación de partículas sólidas en el interior. El caudal de lavado es similar

al de operación y se agrega en el cajón de alimentación a ciclones, mediante la misma línea con que se agrega el agua de dilución.

- **Batería de reciclones:** el suministro se realiza gravitacionalmente a través de una línea de acero de 12" de diámetro, la que al llegar al edificio de clasificación se reduce a 10" de diámetro. Esta línea cuenta con una válvula de corte manual (normalmente abierta) que permite el suministro de agua desde el estanque hacia la línea y un by-pass con una válvula con actuador motorizado (normalmente cerrada) para cortar o permitir el paso de agua hacia la etapa de clasificación en caso de ocurrir algún incendio.

El consumo de agua en la batería de reciclones es continuo y se agrega en la zona inferior del ciclón primario, con la finalidad de favorecer la clasificación en el ciclón secundario, que es alimentado con la descarga del ciclón primario, esta agua de lavado cambia la viscosidad de la pulpa, permitiendo la clasificación. La cantidad de agua de lavado también tiene una influencia en la operación del segundo ciclón ya que determina la densidad de la pulpa de alimentación y la velocidad de la pulpa en la entrada del segundo hidrociclón.

- **Estanque de Descarga Underflow:** mediante una línea de 2" de accionamiento manual, se suministra agua permanentemente para realizar la dilución de las arenas. Esta línea también es utilizada para el lavado de la batería de ciclones.
- **Estanque Rejilla Protección:** El suministro se realiza en forma eventual, a través de la línea matriz de 10", para permitir la inspección y mantención del estanque.
- **Estanque Muestreador:** El suministro del agua de lavado se realiza en forma eventual, a través de la línea matriz de 10", para permitir la inspección y mantención del estanque.
- **Estanque Agitador de Arenas:** el suministro se realiza gravitacionalmente a través de una línea de acero de 10" de diámetro. La adición de agua es eventual para lavado o mantener el nivel del estanque y se efectúa en forma manual.
- **Sistema Impulsión de Arenas con Bombas de Desplazamiento Positivo:** el lavado de este sistema puede ser realizado de dos formas. La primera de ellas es aprovechar el agua de lavado del sifón para llenar con agua al estanque agitador y desde ahí permitir el paso hacia las BDP. Si el sifón no posee agua o el flujo está desviado hacia el embalse, entonces es factible lavar el estanque agitador utilizando la descarga de agua proveniente de la línea matriz de lavado y posteriormente dar paso hacia las BDP.

Frente a una detención del sistema, programada o por emergencia, el nivel del estanque agitador es mantenido con agua de lavado alimentada por un grifo de 2", con el fin de evitar la paralización automática de las BDP. Por otro lado, en la eventualidad de que sea necesario parar una bomba sin detener el sistema de agitación y la operación de las demás bombas, existe un arranque de la tubería matriz de agua y una válvula de bola de 2" que alimenta en la succión de la bomba. Cada BDP posee un sistema de lavado independiente.

- **Estanque de Alimentación Bomba Centrífuga:** el suministro se realiza a través de un grifo que forma parte de la línea matriz de agua de lavado, ya sea para el lavado de la cuba o para mantener el nivel del estanque durante la operación. Se aplica un caudal similar al de operación y se efectúa con anterioridad de su detención
- **Nuevo Cajón de Arenas:** la adición de agua proviene de la matriz de 10", es eventual y cumple el objetivo de lavar para permitir la inspección y mantención del cajón.
- **Cajón de Lamas Antiguo:** la adición de agua se realiza a través de la línea de 10" en forma continua para evitar el embanque en el cajón.

- **Líneas de conducción de arenas al muro:** el suministro de agua a la tubería de acero (Línea 1) se realiza en forma gravitacional desde de la línea matriz a través de dos puntos mediante una válvula pinch de accionamiento manual, uno de ellos corresponde a la línea de acero de 10" de diámetro conectada al acumulador de arenas o chimbombo y el otro punto, aguas abajo del chimbombo en la tubería de 9" que alimenta el sector central y poniente del muro. También es factible realizar el lavado de la línea 1 aprovechando el agua utilizada en el estanque Agitador, la cual es impulsada por las BDP.

Para lavar la línea de HDPE (Línea 4) se inyecta agua desde el cajón de carga de la bomba centrífuga o a través del chimbombo, para lo cual se deben cerrar todas las otras válvulas existentes en el sector. El lavado de la Línea 3 se realiza mediante la inyección de agua a través del nuevo cajón de arenas y el lavado de la Línea 5 mediante la inyección de agua desde estanque alimentación de bombas centrífugas si se está utilizando el sistema de impulsión BC o desde el nuevo cajón de arenas si se está usando el tren de bombas BOC-001@BOC-004.

- **Sello 1 Bombas Centrífugas Sistema Impulsión BC:** el suministro se efectúa desde un arranque de la línea de agua de lavado mediante la operación manual de la válvula de bola de 2".
- **Sello 2 Bombas Centrífugas Sistema Impulsión Tren de Bombas BOC-001@BOC-004:** el suministro se efectúa desde estanque de agua de sello nuevo mediante la operación manual de las válvulas de bola de 2".

Otro punto de consumo eventual para lavado es la estructura en general. En la Fotografía 4-8 se muestra algunas de las instalaciones y líneas del sistema de agua de dilución y lavado.

**Fotografía 4-8: Sistema de Agua de Dilución y Lavado**



Descripción: (a) Estanque Agua Dilución y Lavado. (b) Línea agua dilución relave en Cajón Alimentación Ciclones. (c) Línea principal agua dilución y lavado planta clasificación (d) Línea agua lavado cajones, bombas y líneas de impulsión de arenas al muro.



## 4.2 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

En este punto se describen los conceptos básicos de operación, así como los principales aspectos de control de una operación normal, en las operaciones unitarias que constituyen el Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Crecimiento del Muro. La operación del Tranque está basada en cumplir con los siguientes objetivos generales:

- Contener la totalidad de los relaves producidos por el Concentrador hasta el agotamiento de los yacimientos mineralizados.
- Almacenar los relaves en forma segura, de modo que el Tranque pueda soportar sismos, temporales y otras catástrofes naturales, sin daños para las personas, las obras cercanas y el medio ambiente.
- Funcionar sin afectar los derechos de los habitantes que viven en el entorno, manteniendo los cauces de aguas lluvias que circundan el Tranque, etc.

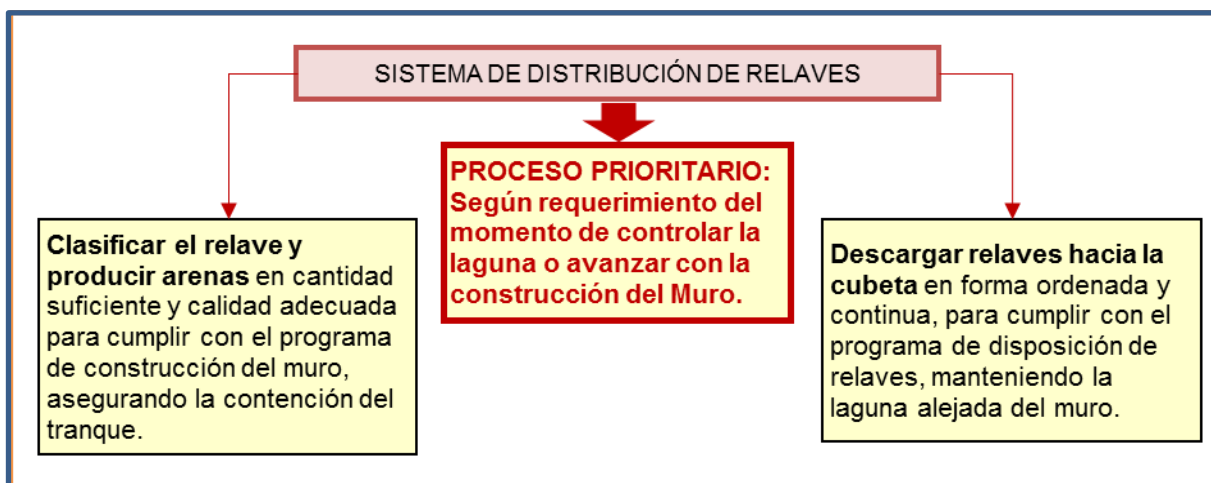
### 4.2.1 Conceptos Generales

La operación del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Crecimiento del Muro se desarrollará de acuerdo al siguiente marco de referencia:

- Realizar la descarga de relaves hacia la cubeta en forma ordenada y continua, de acuerdo a un programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque que permita mantener la laguna alejada del muro y confinada en el sector norponiente del tranque. El manejo de la laguna considera como operación principal la descarga de relaves hacia la cubeta desde el muro y adicionalmente la descarga en la cola del tranque (operación de sellado de cubeta), descarga en sector nororiente a través de quebradas R1, R2 y R3 antigua y nueva (operación cajones de derivación N°1 y N°2, cajón desripador, cajón de distribución) y descarga frente a Cerro El Chivato (desde cajón de cabecera). La conducción y descarga de relaves hacia la cubeta desde el muro operará en forma continua, interrumpiéndose sólo a causa de detenciones programadas o de emergencia de la Planta Concentradora y/o del STR y detenciones programadas y de emergencia del propio sistema, operando las descargas ubicadas en el muro de acuerdo al programa. Las descargas a cubeta adicionales operarán según lo indique el programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque.
- Clasificar el relave y producir arenas en cantidad suficiente y calidad adecuada para cumplir con el programa de crecimiento del muro. De acuerdo a los criterios de diseño del muro, las arenas dispuestas en el muro deben cumplir con una granulometría libre de finos con no más de un 15 % bajo la malla 200. El sistema de clasificación y distribución de arenas sobre el muro operará en forma continua mientras sea factible, de acuerdo a las características granulométricas de las arenas producidas y la disponibilidad de cancha en el muro para su disposición. La operación será interrumpida a causa de detenciones programadas o de emergencia de la Planta Concentradora y/o del STR y detenciones programadas y de emergencia del propio sistema.
- La operación normal del SDCR y CM considera el desarrollo de ambos procesos en forma simultánea. La prioridad entre estos procesos será definida en función de los requerimientos del momento de cumplir tanto con el programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque como del programa de construcción del muro, considerando además la calidad del relave disponible. Sin embargo, en caso de detención del proceso definido como prioritario, el otro debe mantenerse operando.

La Figura 4-16 muestra la filosofía general de operación de este sistema.

Figura 4-14: Filosofía General de Operaciones SDCR y CM



## 4.2.2 Sistema de Distribución de Relaves

El objetivo de este sistema es la distribución de los relaves transportados por el STR, provenientes de la Planta Concentradora, hacia la cubeta del tranque y/o la planta de clasificación.

### a) Consideraciones de Operación

La distribución de relaves se opera de modo manual-remoto, mientras que el desvío de relaves a cubeta mediante los cajones de derivación, cajón desripador y el suministro de agua de lavado es manual-local, para lo cual se debe disponer de personal apostado en terreno. En función del estatus de operación de los sistemas de conducción de relaves hacia la cubeta y a clasificación, este sistema puede operar bajo las siguientes condiciones:

#### Distribución del caudal de relave a conducción hacia la cubeta y a clasificación

Esta condición de operación ocurre cuando tanto la conducción de relaves hacia la cubeta (Línea 1 y Línea 2) como a clasificación (Línea 3) se encuentran en operación y por lo tanto se distribuye el total del caudal de relave recibido desde el STR. Para esto el Operador de Consola regula remotamente las válvulas pinch de alimentación a las Líneas 1, 2 y 3 respectivamente.

Si el caudal de relaves supera la capacidad de las tres conducciones, la diferencia se desvía a la cubeta del tranque por la quebrada R3 antigua, a través del rebose del cajón de distribución o por las quebradas R1 y R2, a través de los cajones de derivación N°1 y N°2, respectivamente, operados localmente por el Operador en Terreno. Si el caudal de relaves es inferior a la capacidad de las tres conducciones, se operará sólo una de éstas, de acuerdo a la prioridad establecida en el momento, pasando a las condiciones de operación descritas más adelante.

#### Distribución del caudal de relave sólo a conducción hacia la cubeta

Esta condición de operación ocurre cuando la conducción de relaves hacia la cubeta (Línea 1 y Línea 2) se encuentra operando y la conducción a clasificación (Línea 3) detenida y en consecuencia se distribuye relave sólo a la Línea 1 y Línea 2. Para esto el Operador de Consola regula la válvula pinch de alimentación a la Línea 1 y Línea 2 y cierra la de alimentación a la Línea 3. El relave remanente se desvía a la cubeta del tranque por la quebrada R3 antigua a través del rebose del cajón de distribución o por las quebradas R1 y R2 a través de los cajones de derivación N°1 y N°2, respectivamente, operados

localmente por el Operador en Terreno. En este caso la detención de la Línea 3 puede deberse a la ocurrencia de bajo caudal de relave, detención programada o de emergencia.

### **Distribución del caudal de relave sólo a conducción a clasificación**

Esta condición de operación ocurre cuando la conducción de relaves hacia la cubeta (Líneas 1 y 2) se encuentra detenida y la conducción a clasificación operando y en consecuencia, se distribuye relave sólo a la Línea 3. Para esto el Operador de Consola regula la válvula pinch de alimentación a la Línea 3 y cierra la de alimentación a la Línea 1, Línea 2 y Línea de relave recuperado. El relave remanente se desvía a la cubeta del tranque por la quebrada R3 antigua a través del rebose del cajón de distribución o por las quebradas R1 y R2 a través de los cajones de derivación N°1 y N°2, respectivamente, operados localmente por el Operador en Terreno. En este caso la interrupción de la operación de las Líneas 1 y 2 puede deberse a la ocurrencia de bajo caudal de relave, detención programada o de emergencia.

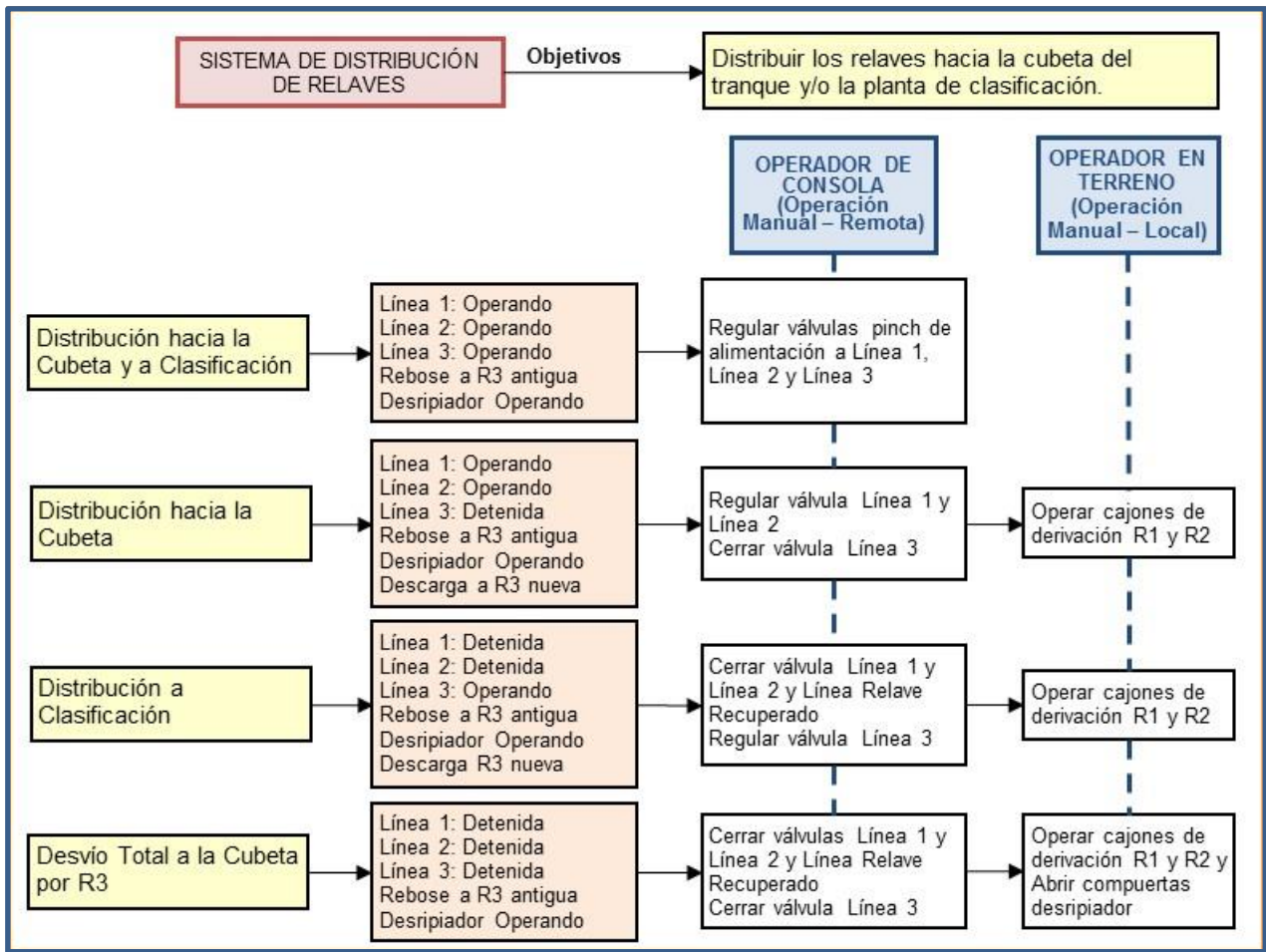
### **Desvío total del caudal de relave hacia la cubeta por la quebrada R3**

Esta condición de operación ocurre cuando tanto la Línea 1, Línea 2 como la Línea 3 se encuentran detenidas y por tanto la totalidad del caudal de relave recibido desde el STR se desvía a la cubeta del tranque por la quebrada R3 nueva a través del cajón desripiador y en forma simultánea por las quebradas R1 y R2 a través de los cajones de derivación N°1 y N°2 respectivamente, los cuales son operados localmente por el Operador en Terreno. Si no se logra el desvío total del relave, el resto del relave será desviado a través del rebose del cajón de distribución por la quebrada R3 antigua. Adicionalmente, el Operador de Consola debe cerrar las válvulas pinch de alimentación a las Líneas 1, 2, 3 y línea de relave recuperado. En este caso la interrupción de la operación puede deberse a la ocurrencia de bajo caudal de relave, detención programada o de emergencia.

Cada vez que ocurra una detención programada o de emergencia de la Planta Concentradora y/o del STR se debe proceder al lavado de los cajones desripiador, recuperador de relaves, de distribución y de medición. Ante una emergencia por suspensión del suministro eléctrico las válvulas con accionamiento manual-remoto del sistema pasan a una condición de accionamiento manual-local.

La Figura 4-16 muestra la filosofía de operación del sistema de distribución de relaves.

**Figura 4-15: Filosofía de Operación Sistema de Distribución de Relaves**



## b) Elementos de Control y Monitoreo de la Operación

Para distribuir los relaves bajo las condiciones de operación mencionadas se cuenta con los siguientes elementos de control y monitoreo:

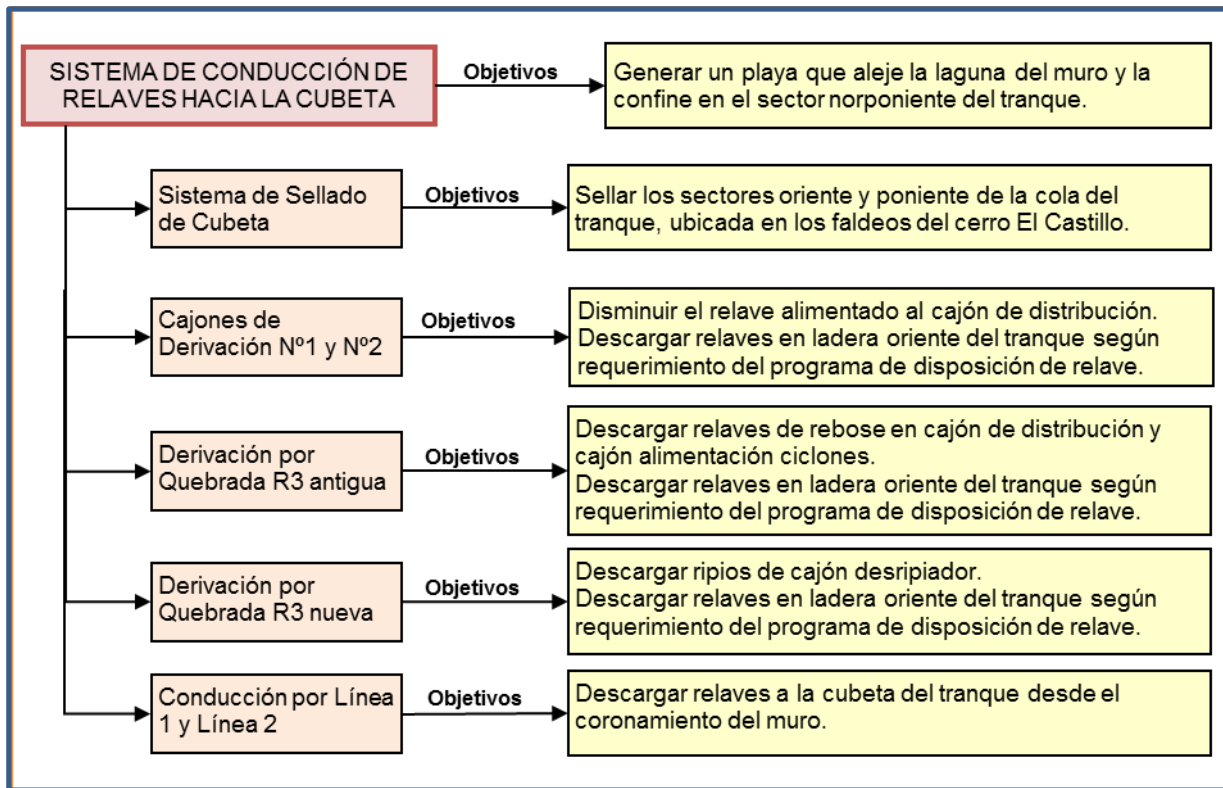
- Válvula FV-001:** Esta válvula pinch permite la distribución de relaves a la Línea 1. Su accionamiento es manual-remoto y se ubica en la salida del cajón de distribución, en la línea que alimenta al primer compartimento del cajón de medición. El porcentaje de apertura de esta válvula no se despliega en la Consola es de operación manual-local.
- Válvula FV-5750-02:** Esta válvula pinch permite la distribución de relaves a la Línea 2. Su accionamiento es manual-remoto y se ubica en la salida del cajón de distribución, en la línea que alimenta al segundo compartimento del cajón de medición. El porcentaje de apertura de esta válvula se despliega en la Consola.
- Válvula FV-5750-03:** Esta válvula pinch permite la distribución de relaves a la Línea 3. Su accionamiento es manual-remoto y se ubica en la salida del cajón de distribución, en la línea que alimenta al tercer compartimento del cajón de medición. El porcentaje de apertura de esta válvula se despliega en la Consola.

- **Flujómetro FI-5750-05:** Este flujómetro ultrasónico realiza la medición del caudal de relave distribuido a la Línea 1 en el primer compartimento del cajón de medición. Su señal se despliega en la Consola.
- **Flujómetro FI-5750-04:** Este flujómetro ultrasónico realiza la medición del caudal de relave distribuido a la Línea 2 en el segundo compartimento del cajón de medición. Su señal se despliega en la Consola.
- **Flujómetro FI-5755-01:** Este flujómetro ultrasónico realiza la medición del caudal de relave distribuido a la Línea 3 en el tercer compartimento del cajón de medición. Su señal se despliega en la Consola.
- **Cajones de Derivación N°1 y N°2:** Ubicados aguas arriba del SDCR y CM, permiten el desvío de relaves a la cubeta del tranque por las quebradas R1 y R2. El desvío se realiza mediante el cierre manual total o parcial de la **compuerta** que impide el paso por la canaleta y el accionamiento manual de las **válvulas de desvío** del caudal de relave a la quebrada R1 y R2. No despliegan señal en la Consola.
- **Válvulas FV-002 y FV-003:** Estas válvulas pinch permiten la recirculación de relaves recuperados y se ubican a la salida del cajón recuperador de relaves desripiados, en las líneas que alimenta al primer compartimento del cajón de medición. Son de operación manual-local, por tanto, su porcentaje de apertura no se despliega en la Consola.
- **Muestreo manual en canaleta desripiadora:** se realiza para monitorear la granulometría y % de sólidos del relave que ingresa al sistema de distribución de relaves. El muestreo se realiza tres veces por día sólo en turno día.

### 4.2.3 Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta

El objetivo de este sistema es permitir la generación de una playa que aleje la laguna del muro de arenas y el confinamiento de esta en el sector norponiente del tranque a través de las descargas de relaves desde el muro, apoyadas con la descarga de relaves en la cola del tranque, para su sellado y las descargas de relave en la ladera oriente del tranque. El relave se descarga en los distintos sectores de acuerdo al programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque. La Figura 4-16 muestra un diagrama de bloques que resume la filosofía general de operación de este sistema, considerando sus distintos elementos.

**Figura 4-16: Filosofía de Operación Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta**



## a) Operación Sistema de Sellado de Cubeta

La Figura 4-17 muestra un diagrama de bloques que resume la filosofía de operación del sistema de sellado de cubeta.

### Consideraciones de Operación

La operación de este sistema es manual-local y se debe desarrollar de acuerdo a los siguientes criterios:

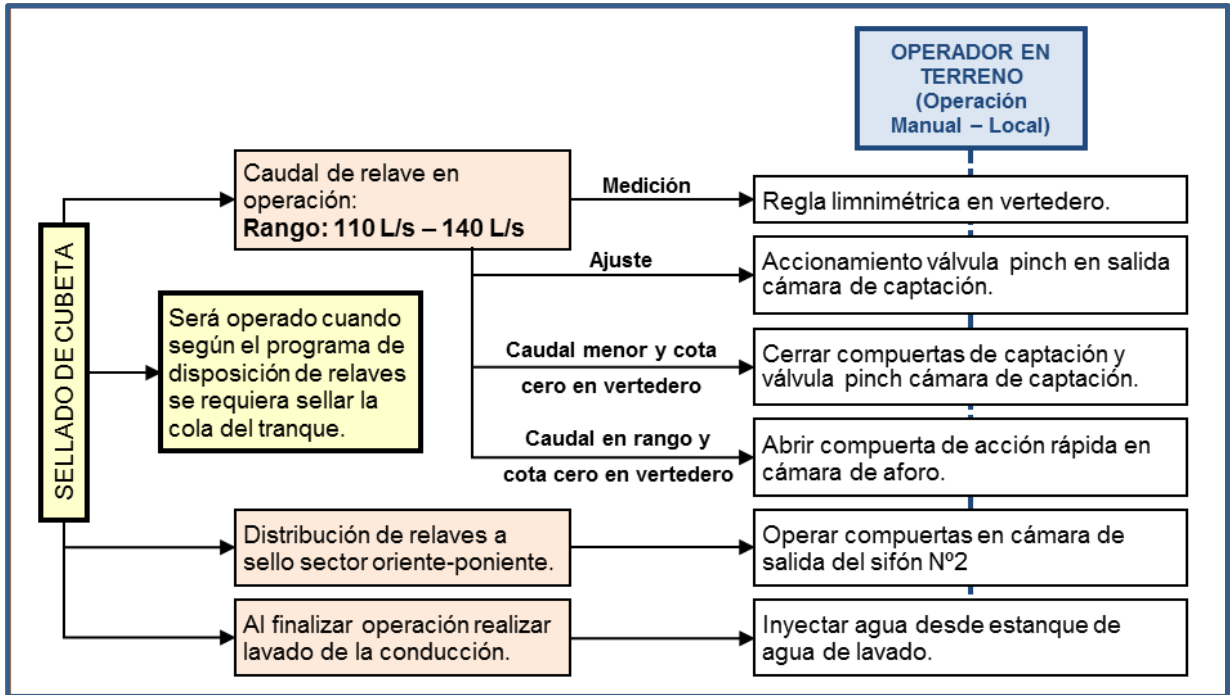
- El sistema de sellado de cubeta será operado cuando, de acuerdo al programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque, se requiera sellar la cola del tranque en el sector oriente, poniente o en ambos.
- Las condiciones de operación de la conducción son:
  - Caudal de relave: 110 – 140 l/s.
- El ajuste del caudal de relaves enviado a la cola del tranque se realiza mediante el accionamiento manual-local de la válvula pinch ubicada a la salida de la cámara de captación, según el valor medido por el operador en la regla limnimétrica del vertedero.
- Se deberán cerrar las compuertas de captación y la válvula de ingreso si el caudal de ingreso es menor al caudal mínimo y el nivel en la cámara de carga llega a la cota cero del vertedero.

- Si el caudal de ingreso es mayor al caudal mínimo y el nivel en la cámara de carga llega a la cota cero del vertedero, se deberá abrir la compuerta de acción rápida en el compartimento de carga de la cámara de aforo.
- La distribución de relaves a las zonas oriente o poniente de la cola del tranque son manejadas mediante la posición de dos compuertas ubicadas en la cámara de salida del sifón N°2.
- Cada vez que se detenga la operación del sistema, se debe realizar el lavado de la conducción hasta la descarga de relaves en la cola del tranque, para evitar embanques cuando se ponga nuevamente en marcha. El agua de lavado se inyecta desde el estanque de agua de lavado.

### **Elementos de Control y Monitoreo de la Operación**

- **Compuertas de toma en el STR:** compuertas murales dispuestas en la canaleta de relaves que bloquean el flujo de relaves por la canaleta permitiendo su desvío a la cámara de captación.
- **Válvula pinch de captación:** ubicada en la cámara de captación de relaves desde el STR, que permite el ingreso del relave a la conducción.
- **Vertedero de la cámara de aforo:** Permite la medición del caudal de relave enviado a la conducción a través del valor medido en la regla limnimétrica.
- **Válvula pinch N°1:** ubicada aguas arriba de los anillos reductores y de la cámara de inicio del sifón N°1, la cual habilita el paso de relaves a estos elementos antes de ingresar al sifón N°1.
- **Válvula pinch N°2:** ubicada aguas arriba de los anillos reductores y de la cámara de inicio del sifón N°1, la cual habilita el ingreso del relave a la tubería que realiza el by-pass a estos elementos, conectando directamente el tramo 1 de la conducción con el sifón N°1
- **Válvula pinch N°3:** ubicada aguas abajo de la cámara de inicio del sifón N°1, la cual habilita el ingreso del relave a este sifón.
- **Válvulas de desagüe sifones N°1 y N°2:** ubicadas en los puntos bajos de los sifones, permitiendo el drenaje del relave.
- **Compuertas en cámara de salida sifón N°2:** que permiten la distribución del relave a las descargas oriente y poniente en la cola del tranque.

Figura 4-17: Filosofía de Operación Sistema de Sellado de Cubeta



## b) Operación Cajones de Derivación N°1 y N°2

La Figura 4-18 muestra un diagrama de bloques que resume la filosofía de operación de los cajones de derivación.

### Consideraciones de Operación

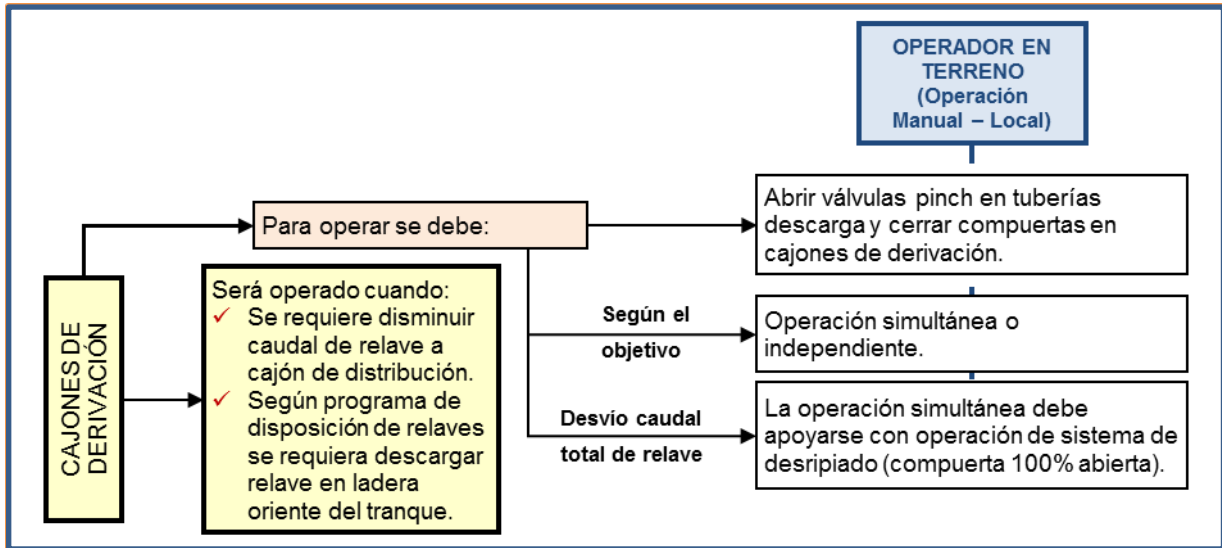
La operación de este sistema es manual-local y se debe desarrollar de acuerdo a los siguientes criterios:

- Los cajones de derivación serán operados cuando:
  - Se requiere disminuir el caudal de relaves alimentado al cajón de distribución, debido a detenciones normales o de emergencia globales o de alguno de los sistemas de conducción de relaves.
  - De acuerdo con el programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque, se requiere descargar relaves en la ladera oriente del tranque, en los sectores de descarga de las quebradas R1 y R2.
- La operación de los cajones de derivación considera el accionamiento manual de las válvulas pinch que permiten el ingreso del relave a las tuberías de conducción a las quebradas R1 y R2 y el accionamiento manual de las compuertas en los cajones que bloquean el paso de relaves a través de la canaleta, desviando por rebose el relave a las tuberías de descarga.
- Según el objetivo por el cual se realiza la operación de los cajones, estos pueden operar de modo simultáneo o independiente.



- Al operar ambos cajones simultáneamente no es posible realizar el desvío de la totalidad del caudal de relaves transportado por la canaleta, por lo tanto, se requiere operar en conjunto el sistema de desripiado de relaves abriendo la compuerta en su totalidad.

**Figura 4-18: Filosofía de Operación Cajones de Derivación**



#### Elementos de Control y Monitoreo de la Operación

- **Compuertas en canaleta de relaves:** compuertas murales dispuestas en la canaleta de relaves que al cerrarse bloquean el flujo de relaves por la canaleta permitiendo que por rebose desvíen el relave a la tubería de conducción.
- **Válvulas pinch en conducción:** ubicadas en la línea de conducción de relaves a las quebradas R1 o R2, que permite el ingreso del relave a la conducción.

### c) Operación de Derivación de Relaves por Quebradas R3

La Figura 4-19 muestra un diagrama de bloques que resume la filosofía de operación de la derivación de relaves por las quebradas R3 antigua y nueva.

#### Consideraciones de Operación

La operación de derivación de relaves por las quebradas R3 antigua y nueva es consecuencia de:

- La operación normal del cajón desripiador, cuyos ripios son descartados a la cubeta del tranque a través de la quebrada R3 nueva. Estos ripios descartados corresponden a material grueso retirado del relave transportado por el STR para evitar su ingreso al cajón de distribución y desde este a los sifones de conducción. La operación normal de este cajón se desarrollará mientras exista alimentación de relave desde el STR.
- La operación del cajón de distribución cuyo rebose es conducido mediante una tubería a la quebrada R3 antigua para ser enviado a la cubeta del tranque. La cantidad de relave que rebosa

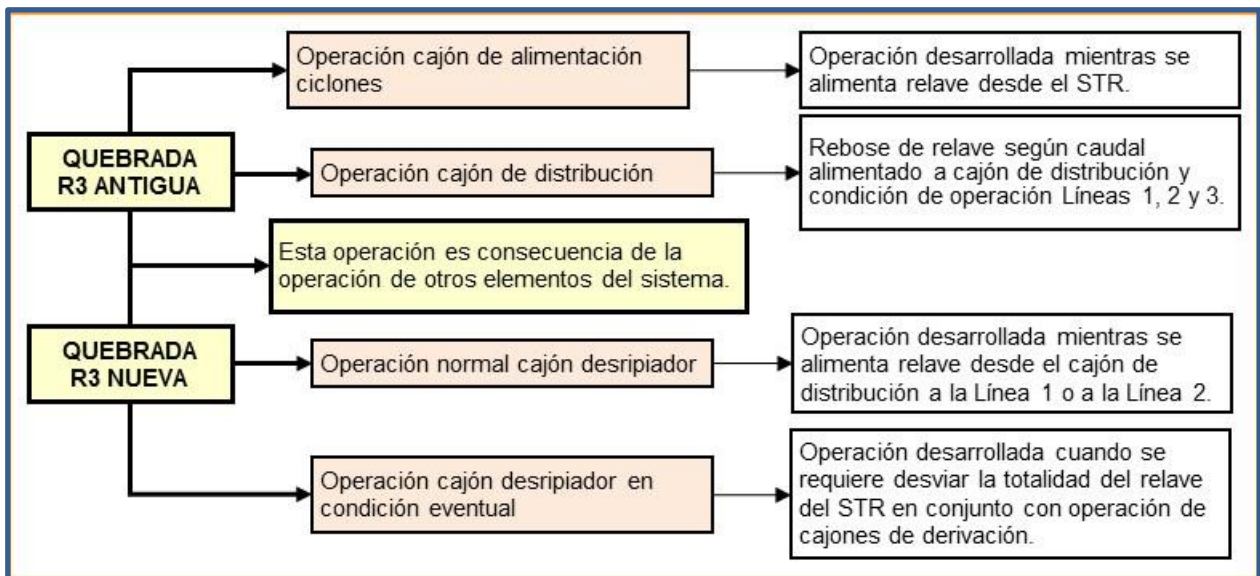
en el cajón dependerá del caudal de relave alimentado a este cajón y la condición de operación de las Líneas 1, 2 y 3.

- La operación del cajón de alimentación ciclones requiere mantenerse siempre con un nivel de 100%, manteniendo constantemente un rebose de relave diluido. Este rebose es conducido por una tubería a la quebrada R3 antigua para ser conducido a la cubeta del tranque. La operación de este cajón se desarrollará mientras exista alimentación de relaves desde el cajón de distribución a la Línea 3.
- La operación en condición eventual del cajón desripiador permite derivar relave a la cubeta del tranque por la quebrada R3 nueva mediante la apertura total de una de las compuertas, la que evita que las partículas de menor tamaño sean descargadas del sistema. Esta operación eventual, en conjunto con la operación de los cajones de derivación, se realiza cuando se requiere desviar la totalidad del caudal de relave proveniente del STR a la cubeta del tranque, suspendiendo la alimentación al cajón de distribución.

### Elementos de Control y Monitoreo de la Operación

La operación de derivación de relaves por las quebradas R3 antigua y nueva no poseen elementos de monitoreo y control propios ya que es consecuencia de la operación de otros elementos del sistema.

**Figura 4-19: Filosofía de Operación Derivación Relaves por Quebradas R3 Antigua y R3 Nueva**



### d) Operación Conducción por Líneas 1 y 2

La Figura 4-20 muestra un diagrama de bloques que resume la filosofía de operación de la conducción de relaves por las Líneas 1 y 2.

#### Consideraciones de Operación

La operación del sistema es manual-remota para las Líneas 1 y 2 de transporte de relaves desde el cajón de medición hasta el cerro El chivato y manual-local para la habilitación de las válvulas de

descarga hacia la cubeta desde el muro y la adición de agua de lavado. Los lineamientos de la operación de la Líneas 1 y 2 se listan a continuación:

- Las condiciones de operación de las Líneas 1 y 2 son:
  - Caudal de relave: 150 – 350 l/s, promedio 235 l/s, medido en flujómetros FI-5750-04 y FI-5750-05.
- El ajuste del caudal de relaves a la cubeta del tranque se realiza mediante el accionamiento manual-remoto de las válvulas pinch FV-5750-02 y FV-001, ubicadas a la salida del cajón de distribución, según el valor medido por los flujómetros FI-5750-05 y FI-5750-04 en el cajón de medición.
- Si el caudal de relave disponible no supera la capacidad mínima de transporte por la Línea 1 o Línea 2, se debe verificar que los sistemas de derivación de relaves estén detenidos, tales como el sistema de sellado de cubeta y los cajones de derivación N°1 y N°2.
- Si la condición de caudal menor a la capacidad mínima de transporte de la Línea 1 o de la Línea 2 se mantiene, se suspende la conducción cerrando la válvula pinch correspondiente en salida del cajón de distribución (FV-001 o FV-5750-02) y se desvía el relave operando manualmente los cajones de derivación N°1 y N°2 o a través de la quebrada R3 antigua por el rebose del cajón de distribución. Adicionalmente se debe drenar el sifón abriendo la válvula de despiche y realizar el lavado del sifón según corresponda.
- Previo al inicio de la operación de las Líneas se debe habilitar las líneas de descarga hacia la cubeta del tranque desde el muro mediante la verificación del estado de las válvulas.
- Cada vez que se detenga la operación del sistema, se debe realizar el lavado de la Líneas 1 y 2 hasta la descarga de relaves desde el muro, para evitar embanques cuando se ponga nuevamente en marcha. El agua de lavado se inyecta a ambas líneas desde la válvula manual ubicada en el costado sur del estanque de agua de dilución.
- Ante una emergencia por suspensión del suministro eléctrico las válvulas con accionamiento manual-remoto del sistema pasan a una condición de accionamiento manual-local.
- La distribución de relaves en el Muro Principal se realiza mediante 17 descargas alternadas con líneas de HDPE de 400 mm de diámetro, a una distancia de 200 m cada una a lo largo del muro, aumentando la disposición de relave en la cubeta y favoreciendo la formación de playa para alejar la laguna de aguas claras del muro de arena.
- La descarga en el Muro Secundario se realiza en un punto y corresponde al drenaje completo de la línea ante una emergencia operativa, ya que es el punto más bajo del tranque.

### **Elementos de Control y Monitoreo de la Operación**

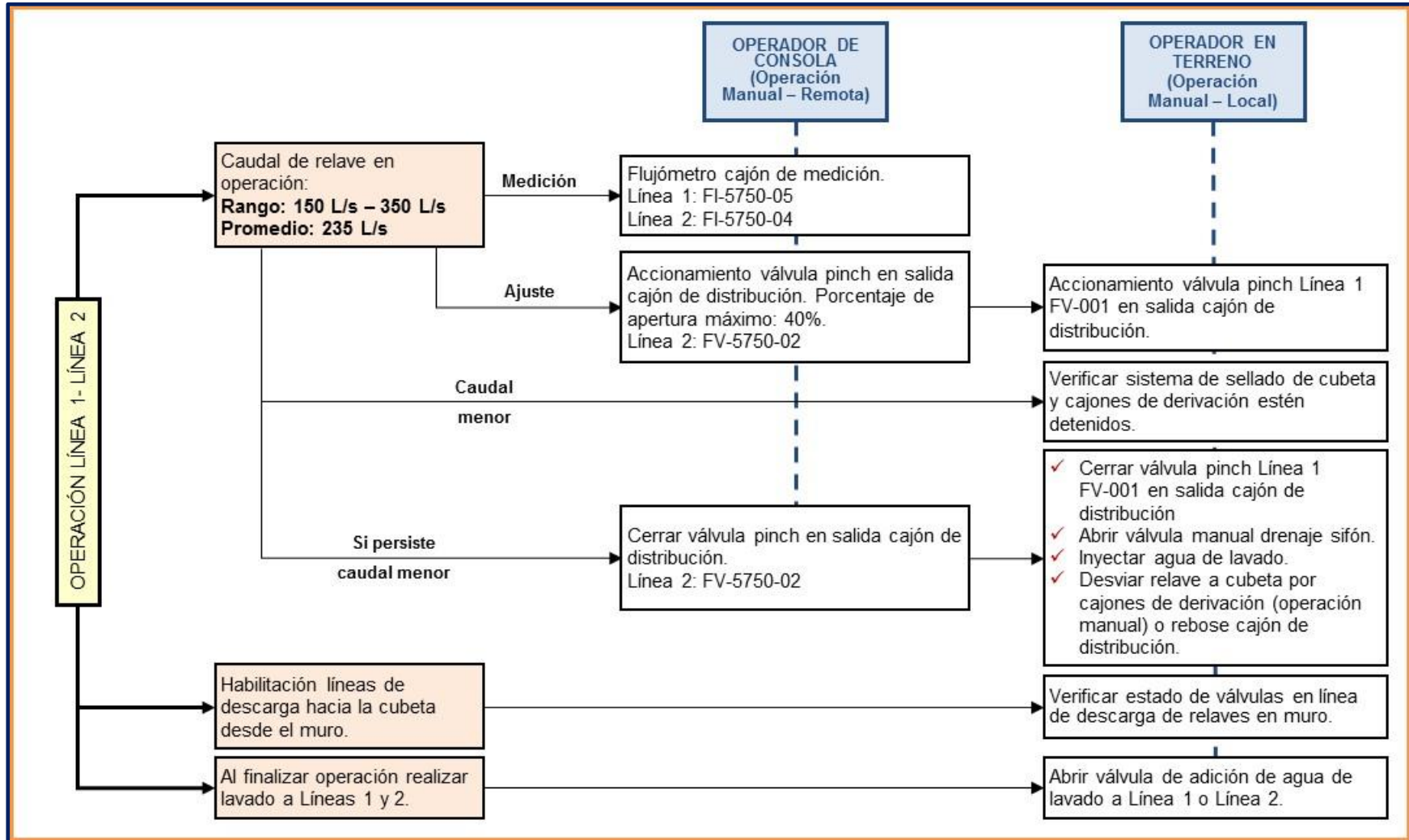
Los elementos de control y monitoreo disponibles para la operación de las Líneas 1 y 2 son:

- **Válvula FV-001:** Esta válvula pinch permite la distribución de relaves a la Línea 1. Su accionamiento es manual-local y se ubica en la salida del cajón de distribución, en la línea que alimenta al primer compartimento del cajón de medición. El porcentaje de apertura de esta válvula no se despliega en la Consola.
- **Válvula FV-5750-02:** Esta válvula pinch permite la distribución de relaves a la Línea 2. Su accionamiento es manual-remoto y se ubica en la salida del cajón de distribución, en la línea

que alimenta al segundo compartimento del cajón de medición. El porcentaje de apertura de esta válvula se despliega en la Consola.

- **Flujómetro FI-5750-04:** Este flujómetro ultrasónico realiza la medición del caudal de relave distribuido a la Línea 2 en el segundo compartimento del cajón de medición. Su señal se despliega en la Consola.
- **Flujómetro FI-5750-05:** Este flujómetro ultrasónico realiza la medición del caudal de relave distribuido a la Línea 1 en el primer compartimento del cajón de medición. Su señal se despliega en la Consola.
- **Cajones de Derivación N°1 y N°2:** Ubicados aguas arriba del SDCR y CM, permiten el desvío de relaves a la cubeta del tranque por las quebradas R1 y R2. El desvío se realiza mediante el cierre manual total o parcial de la compuerta que impide el paso por la canaleta y el accionamiento manual de las válvulas de desvío del caudal de relave a las quebradas R1 y R2. No despliegan señal en la Consola.
- **Válvula de adición agua de lavado a Línea 1 y Línea 2:** Su accionamiento es manual-local y se ubica en el costado sur del estanque de agua de dilución. No despliega señal en la Consola.
- **Válvula de Drenaje Línea 1:** Su accionamiento es manual-local y se ubica en el punto más bajo del sifón ubicado en el coronamiento del Muro Secundario. No despliega señal en la Consola.
- **Válvula de Drenaje Línea 2:** Su accionamiento es manual-local y se ubica en el punto más bajo del sifón ubicado en el coronamiento del Muro Secundario. No despliega señal en la Consola.
- **Válvulas de descarga de relaves desde el muro:** Permiten seleccionar las descargas desde el muro en operación entre las 17 descargas existentes. Su accionamiento es manual-local y no despliegan señal en la Consola.

Figura 4-20: Filosofía de Operación Conducción Línea 1 – Línea 2



## 4.2.4 Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación

El objetivo de este proceso es alimentar a la etapa de clasificación un caudal de relave con un porcentaje de sólidos, adecuado a las condiciones operacionales imperantes. La Figura 4-21 muestra un diagrama de bloques que resume la filosofía de operación de este sistema.

### a) Consideraciones de Operación

La operación del sistema puede ser manual-remota controlada desde la Consola y se debe desarrollar de acuerdo a los siguientes criterios generales:

- Las condiciones de operación de la Línea 3 son:
  - Caudal de relave sin diluir: 300 – 450 l/s, medido en FI-5755-01.
  - Caudal de agua dilución: 300 – 450 l/s, medido en FI-5757-04.
  - Caudal de relave diluido: 650 – 850 l/s, medido en FI-5755-04.
  - Densidad relave diluido: 1,3 – 1,4 t/m<sup>3</sup>, medido en DI-5755-03.
  - Porcentaje de sólidos relave diluido: 38 – 40%.
  - Velocidad flujo en el sifón: mayor o igual a 3 m/s.
- El ajuste del caudal de relave sin diluir se realiza a la salida del cajón de distribución, mediante el accionamiento manual-remoto de la válvula pinch FV-5750-03, ubicada a la salida del cajón de distribución, de acuerdo al valor medido por el flujómetro FI-5755-01 en la alimentación del cajón de medición.
- El ajuste del porcentaje de sólidos se realiza mediante la adición de agua de dilución en el cajón de alimentación ciclones a través del accionamiento manual-remoto de la válvula pinch de adición de agua FV-5757-04, considerando el caudal y porcentaje de sólidos medidos a la salida del cajón de alimentación ciclones. El caudal de agua de dilución adicionado al cajón de alimentación ciclones es medido mediante flujómetro FI-5757-05 ubicado en la línea de agua de dilución.
- El ajuste del caudal de relave diluido se realiza mediante el ajuste del caudal de relave sin diluir y/o el ajuste del caudal de agua de dilución adicionado al cajón de alimentación ciclones, cautelando el cumplimiento del porcentaje de sólidos requerido. La medición de este caudal se realiza a través de flujómetro FI-5755-04 en la salida del cajón de alimentación ciclones.
- Si el caudal de relave diluido disponible no supera la capacidad mínima de transporte por la Línea 3, se debe verificar que los sistemas de derivación de relaves estén detenidos, tales como el sistema de sellado de cubeta y los cajones de derivación N°1 y N°2.
- Si la condición de caudal menor a la capacidad mínima de transporte por la Línea 3 se mantiene, se suspende la conducción cerrando la válvula pinch en salida del cajón de distribución (FV-5750-03) y se desvía el relave operando manualmente los cajones de derivación N°1 y N°2 o a través de la quebrada R3 antigua por el rebose del cajón de distribución. Adicionalmente se debe drenar el sifón abriendo la válvula de despiche y realizar el lavado del sifón.
- Si el caudal disponible alcanza la velocidad mínima de flujo en el sifón, entonces se debe detener completamente la conducción, cerrando la válvula pinch en salida del cajón de distribución (FV-5750-03) y desviando el relave por los cajones de derivación N°1 y N°2, operados manualmente o a través de la quebrada R3 antigua por el rebose del cajón de distribución. Adicionalmente se debe drenar el sifón abriendo la válvula de despiche y realizar el lavado del sifón.
- El nivel de relave en el cajón de alimentación ciclones debe ser de 100% medido en sensor de nivel LI-5755-02, manteniendo un rebose constante hacia la quebrada R3 antigua.

- La línea 3 se puede operar aun cuando la planta de clasificación se encuentre detenida, desviando el relave a la cubeta a través de la línea by-pass de la batería de reciclones (FV-5755-08). En este caso la capacidad máxima de porteo de la Línea 3 es de 1.100 l/s.
- Si no se cumplen las condiciones requeridas de densidad y porcentaje de sólidos y sin embargo, el caudal está dentro del rango de porteo de la Línea 3, se puede operar la línea desviando el relave a la cubeta antes de alimentar la batería de reciclones.
- Cada vez que finalice la operación del sistema, se debe realizar el lavado de la Línea 3 para evitar embanques cuando se ponga nuevamente en marcha. El agua de lavado de la línea corresponde al agua de dilución inyectada en el cajón alimentación ciclones una vez detenido el flujo de relaves.
- En caso de que se verifique una detención de la alimentación de agua en el estanque de dilución y lavado, se debe suspender la adición de agua de dilución en el cajón de alimentación ciclones, priorizando la utilización del agua disponible en el estanque, para el lavado de las líneas de transporte de pulpa de todo el SDCR y CM.
- Ante una emergencia por suspensión del suministro eléctrico las válvulas con accionamiento manual-remoto del sistema pasan a una condición de accionamiento manual-local.

## b) Elementos de Control y Monitoreo de la Operación

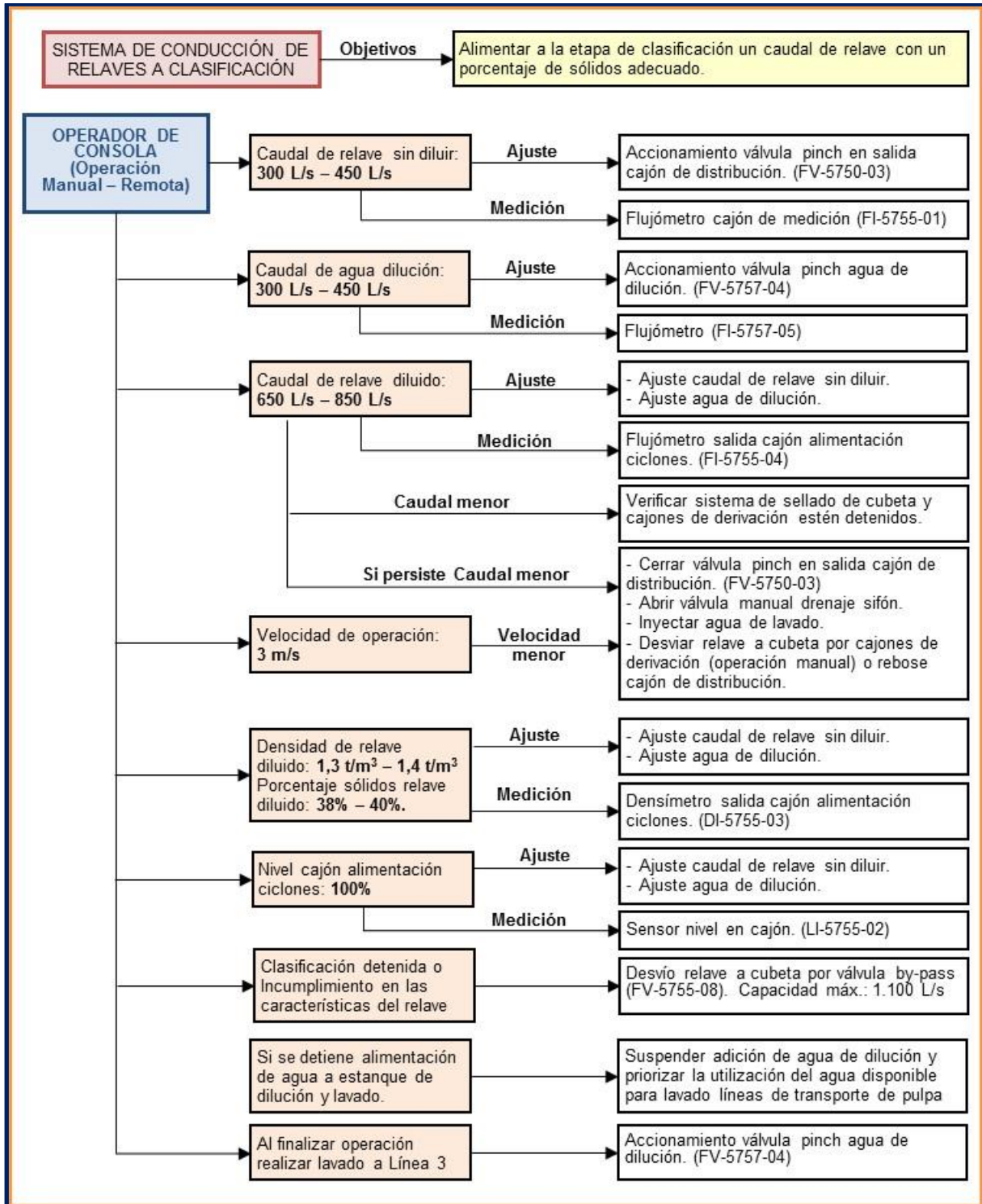
La operación de la Línea 3 cuenta con los siguientes elementos de control y monitoreo:

- **Válvula FV-5750-03:** Esta válvula pinch permite la distribución de relaves a la Línea 3. Su accionamiento es manual-remoto y se ubica en la salida del cajón de distribución, en la línea que alimenta al tercer compartimento del cajón de medición. El porcentaje de apertura de esta válvula se despliega en la Consola.
- **Flujómetro FI-5755-01:** Este flujómetro ultrasónico realiza la medición del caudal de relave sin diluir distribuido a la Línea 3 en el tercer compartimento del cajón de medición. Su señal se despliega en la Consola.
- **Cajones de Derivación N°1 y N°2:** Ubicados aguas arriba del SDCR y CM, permiten el desvío de relaves a la cubeta del tranque por las quebradas R1 y R2. El desvío se realiza mediante el cierre manual total o parcial de la compuerta que impide el paso por la canaleta y el accionamiento manual de las válvulas de desvío del caudal de relave a las quebradas R1 y R2. No despliegan señal en la Consola.
- **Válvula FV-5757-04:** Esta válvula pinch permite la adición de agua de dilución al cajón de alimentación ciclones. Su accionamiento es manual-remoto y su porcentaje de apertura se despliega en la Consola.
- **Flujómetro FI-5757-05:** Mide el caudal de agua de dilución adicionado al cajón de alimentación ciclones. Su señal se despliega en la Consola.
- **Sensor de Nivel LI-5755-02:** Mide el nivel de pulpa en el cajón de alimentación ciclones. Su señal se despliega en la Consola.
- **Densímetro DI-5755-03:** Mide la densidad del relave diluido a la salida del cajón de alimentación ciclones. Su señal se despliega en la Consola, calculando además el porcentaje de sólidos.

- **Flujómetro FI-5755-04:** Mide el caudal de relave diluido enviado a la planta de Clasificación. Su señal se despliega en la Consola, calculando en conjunto con la densidad el tonelaje de sólidos en la pulpa.
- **Válvula de Drenaje Línea 3:** Su accionamiento es manual-local y se ubica en el punto más bajo del sifón ubicado en el coronamiento del Muro Secundario. Su estado de operación se despliega en la Consola.
- **Medición velocidad flujo sifón:** Mide la velocidad de flujo de pulpa en el sifón. Su señal se despliega en la Consola.



**Figura 4-21: Filosofía de Operación Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación**



## 4.2.5 Sistema de Clasificación de Relaves

El objetivo de esta etapa es producir la arena requerida, en cantidad y calidad, para la construcción del muro del Tranque. La Figura 4-22 muestra un diagrama de bloques que resume la filosofía de operación de la planta de clasificación.

### a) Consideraciones de Operación

La operación del sistema es manual-local, para lo cual se debe disponer de personal apostado en terreno, monitoreado desde Consola. Básicamente, se debe cumplir con los siguientes aspectos:

- En la Sala de Control, el Operador de Consola dispone de información aguas arriba del sistema, que incluye la visualización de las pantallas del STR y de la operación de los espesadores de relave N°1 y N°2. El monitoreo de las tendencias en el tiempo de tonelajes en molienda, caudales de relave, nivel en la canaleta, densidad y porcentaje de sólidos permite al Operador de Consola mantenerse informado de las características del relave que llegará a la planta de clasificación en las próximas horas, pudiendo prever en muchos casos la detención de la planta de clasificación por producción de arenas de una calidad inferior a la requerida.
- Las condiciones de operación de la batería de reciclones son:
  - Caudal de relave: 650 – 850 l/s, medido en FI-5755-04.
  - Densidad relave: 1,3 – 1,4 t/m<sup>3</sup>, medido en DI-5755-03.
  - Porcentaje de sólidos relave: 38 – 40%.
  - Presión: 10 – 18 psi, medido en PI-9502.
  - Granulometría arenas: Máximo 15% bajo 200 mallas, medida en muestreo manual.
- Si no se cumplen las condiciones requeridas de densidad y porcentaje de sólidos en el relave conducido por la Línea 3, se detiene la batería de reciclones ya que se producirá arenas que no cumplen los requerimientos. El caudal de relaves se desvía hacia la cubeta del tranque a través de la línea by-pass.
- La presión de la batería de reciclones debe mantenerse entre 10 – 18 psi, dependiendo del número de reciclones en operación. Empleando 8 ciclones en operación normal se obtienen presiones del orden de 15 psi. La apertura de un reciclón adicional a los normalmente operados disminuye la presión de trabajo de la batería, pero aumenta el tonelaje de arenas producido. Por el contrario, el cierre de un ciclón eleva la presión de la batería, sin embargo, disminuye la producción de arenas.
- La operación de la batería de reciclones está sujeta a la disponibilidad de agua de dilución. En caso de que se verifique una detención de la alimentación de agua en el estaque de dilución y lavado, se debe detener la operación de la batería de reciclones, priorizando la utilización del agua disponible en el estanque, para el lavado de las líneas de transporte de pulpa de todo el SDCR y CM.
- Si se presenta un aumento en el contenido de finos del relave alimentado a la batería de reciclones, esta se debe operar una presión mayor para mantener el contenido de finos en el underflow, sin embargo, esto provocará menor corte arenas/lamas y en consecuencia una menor producción de arenas.
- La descarga normal de underflow de los reciclones debe poseer forma de cono, cuyo ángulo con relación a la vertical no debe ser superior a 30°. En caso de que este ángulo sea superior es probable que se esté produciendo baja presión en la batería por baja concentración y/o bajo caudal del relave de alimentación. En caso contrario, si el ángulo es menor y tiene efecto de acordonamiento, entonces hay sobre presión en la batería producto de alta concentración y caudal de relaves de alimentación.

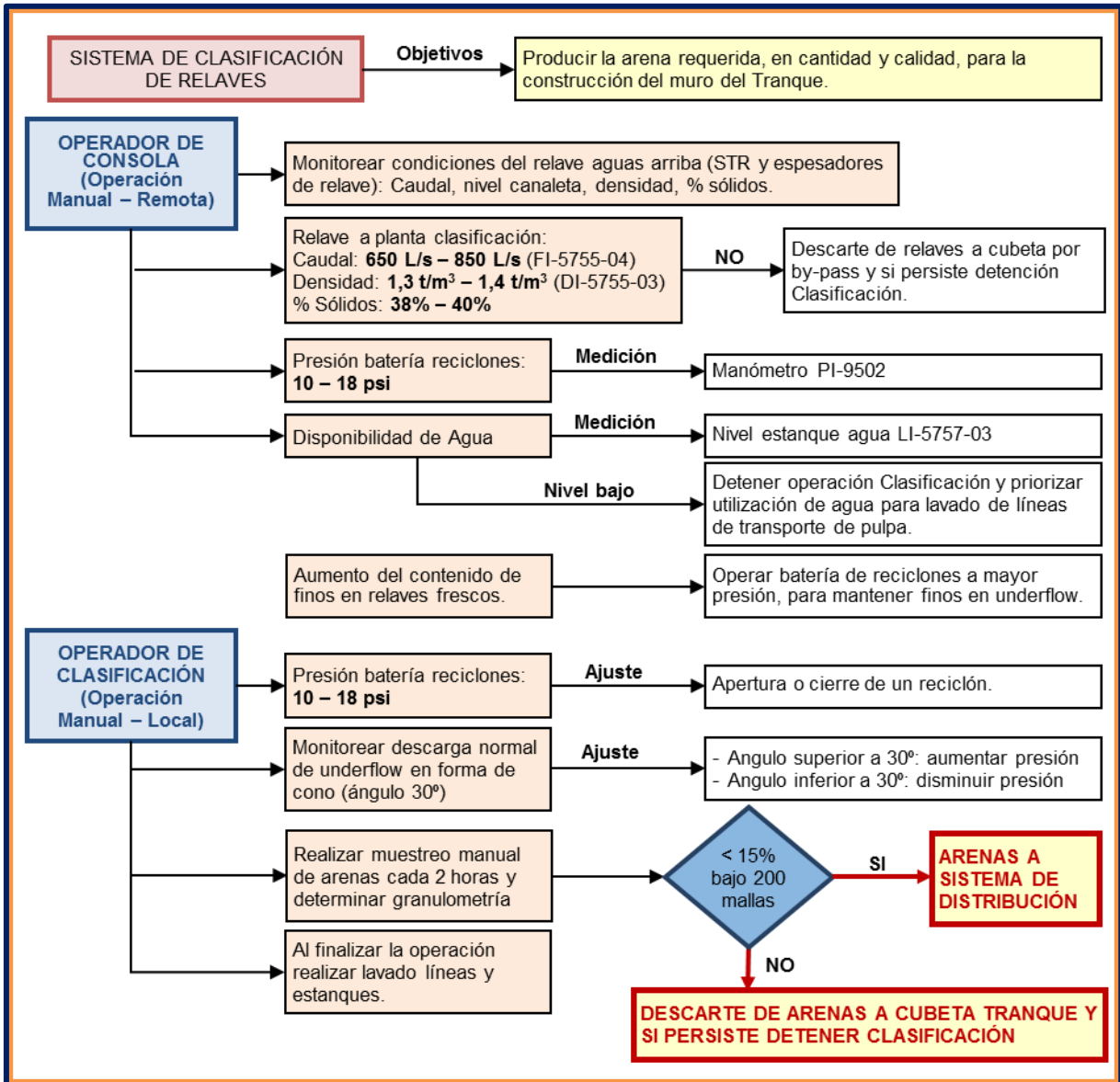
- Para la protección de las bombas de impulsión de arenas se cuenta con un estanque con rejilla que evita el ingreso de ultragruesos (partículas mayores a 3 mm) al sistema aguas abajo.
- Adicionalmente, la operación considera un muestreo manual de las arenas clasificadas realizado cada dos horas, que permite determinar la granulometría de las arenas a depositar en el muro, consolidando el registro de una granulometría media diaria de las arenas.
- Para asegurar el cumplimiento del contenido de finos en la pulpa de arenas dispuesta en el muro, se considera como valor de corte un 15% de finos bajo 200 mallas en la pulpa de arenas producida por la planta de clasificación. De lo contrario, la arena no debe ser conducida al muro, sino que desviada a la cubeta del tranque. Si la mala calidad del relave persiste, se debe detener la planta de clasificación.
- Cada vez que se detenga la operación de la batería de reciclones se debe realizar el lavado de las líneas y estanques para evitar embanques cuando se ponga nuevamente en marcha.
- Ante una emergencia por suspensión del suministro eléctrico las válvulas con accionamiento manual-remoto del sistema pasan a una condición de accionamiento manual-local a excepción de la válvula de by-pass de la batería de reciclones que es la única que mantiene su condición de manual-remota.

## b) Elementos de Control y Monitoreo de la Operación

Para la operación de la planta de Clasificación se dispone de los siguientes elementos de control y monitoreo:

- **Pantallas STR y Espesadores N°1 y N°2:** En Sala de Control se visualizan estas pantallas en las cuales se accede a las tendencias en el tiempo de tonelajes en molienda, caudales de relave, nivel en la canaleta, densidad y porcentaje de sólidos.
- **Flujómetro FI-5755-04:** Mide el caudal de relave diluido enviado a la planta de Clasificación. Su señal se despliega en la Consola, calculando en conjunto con la densidad el tonelaje de sólidos en la pulpa.
- **Densímetro DI-5755-03:** Mide la densidad del relave diluido a la salida del cajón de alimentación ciclones. Su señal se despliega en la Consola, calculando además el porcentaje de sólidos.
- **Manómetro PI-9502:** Mide la presión de operación de la batería de reciclones. Su señal se despliega en la Consola.
- **Válvula FV-5755-08:** Esta válvula on-off permite by-pasear la batería de reciclones, desviando el caudal de relaves al cajón de lamas antiguo. Su accionamiento es manual-remoto y es la única válvula remota que puede operarse desde Consola ante una suspensión del suministro eléctrico. Su estado de operación se despliega en la Consola.
- **Válvulas FV-5755-10A/10L:** Válvulas de alimentación del relave a cada reciclón. Se accionan de modo manual-remoto y sus estados de operación se despliegan en la Consola.
- **Flujómetro FI-9500:** Mide el caudal de agua de dilución alimentado a la batería de reciclones. Su señal se despliega en la Consola.
- **Flujómetro underflow batería reciclones:** Mide el caudal de arenas alimentadas al estanque rejilla de protección. Su señal se despliega en la Consola.

Figura 4-22: Filosofía de Operación de Clasificación de Relaves



## 4.2.6 Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro

El objetivo del sistema de distribución de arenas es depositar las arenas en forma dosificada sobre el muro del tranque, con una densidad dentro de un rango definido como óptimo para su depositación y dando cumplimiento al programa de construcción del muro. La Figura 4-23 muestra un diagrama de bloques que resume la filosofía de operación de este sistema.

### a) Consideraciones de Operación

La operación del sistema es manual-local operada en la planta de clasificación y en el muro y se debe efectuar de acuerdo a los siguientes criterios generales:

- Previo al inicio de la operación se debe cumplir que:
  - Granulometría arenas clasificadas: Máximo 15% bajo 200 mallas.
  - Verificar cancha a depositar según programa de crecimiento del muro y verificar su disponibilidad para la disposición de arenas en el muro.
- La operación normal de impulsión de arenas al muro principal puede realizarse operando simultáneamente el sistema BDP y los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-002@BOC-004 (bombas centrífugas), utilizando las tres líneas de conducción de arenas depositando en tres sectores distintos, de acuerdo a la operación de configuración de impulsión permitida, siempre que existan canchas disponibles en ambos sectores y el programa de construcción del muro lo requiera. El sistema de impulsión WARMAN – ULMAX deposita las arenas entre los nudos 1 al 6, el sistema de impulsión BOC-002@BOC-004 deposita las arenas entre los nudos 1 al 16 del muro, mientras que el sistema BDP deposita entre los nudos 1 al 12 del muro. De no requerirse depositar en ambos sectores o si no existe disponibilidad de cancha en alguno de ellos, se operará con un solo sistema de bombeo. Adicionalmente, los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001 permiten la impulsión de arenas a las canchas de depositación ubicadas en el muro secundario.
- El sistema BDP considera la operación de las tres bombas en paralelo, simultáneamente. En caso de falla de una de ellas es posible operar con dos bombas manteniendo el caudal impulsado (manteniendo velocidad) si se está depositando entre los nudos 1 al 10 o disminuyendo el caudal impulsado si se requiere llegar más allá de este nudo y regulando en ambos casos la descarga de arenas en las peinetas. En caso de falla del sistema conjunto de las BDP, es posible continuar impulsando arenas sólo con los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-002@BOC-004.
- Condiciones de operación BDP:
  - Caudal de relave por bomba: 28 – 33 l/s, medido en FI-5756-01/02/03, respectivamente.
  - Caudal de relave global: 85 – 100 l/s, medido en FI-5756-T.
  - Caudal de relave global promedio: 90 l/s.
  - Concentración de sólidos: 65% - 72%, medido en DI-5756-09.
  - Presión en línea descarga: < 260 psi, máximo puntual 300 psi.
- Condiciones de operación sistema impulsión bombas centrífugas WARMAN - ULMAX:
  - Caudal de relave: 82 – 94 l/s, medido en FI-5756-04.
  - Caudal de relave promedio: 88 l/s.
  - Concentración de sólidos: 68% - 72%.

- Condiciones de operación sistema impulsión bombas centrífugas Warman BOC-002@BOC-004:
  - Caudal de relave: 72 – 108 l/s, medido en FI-050.
  - Caudal de relave promedio: 90 l/s.
  - Concentración de sólidos: 68% - 72%.
- Para una operación segura se cuenta con un variador de velocidad para cada uno de los motores de las tres bombas de desplazamiento positivo y de las bombas centrífugas.
- La velocidad de cada bomba de desplazamiento positivo se regula en forma manual desde el panel de control local. El objetivo es obtener, como mínimo, el caudal suficiente para evitar embanques de la línea de conducción y como máximo una velocidad que no provoque desgaste acelerado de componentes de las bombas y de la línea de conducción.
- Las bombas de desplazamiento positivo cuentan con un enclavamiento de seguridad al nivel de pulpa en el estanque agitador, el cual al alcanzar el 40% de nivel genera la detención de las BDP para evitar la entrada de aire a las bombas.
- La línea de acero posee en su comienzo un sistema de monitoreo de presión, cuya señal se verifica en forma local y en Sala de Control. Para controlar la presión en esta línea, el operador debe controlar la presión de descarga de las BDP, la cual tiene señal en el panel de control local y en la Consola. La presión medida en la línea de conducción de acero no debe superar 260 psi y puntualmente 300 psi.
- Si se registra un aumento en el contenido de finos de la arena durante la operación, es decir, se obtiene un contenido de finos superior al 15%, la pulpa de arenas debe ser desviada a la cubeta desde el chimbombo si se está operando con el sistema BDP, o desviando la descarga hacia la cubeta en los nudos 1 al 7 si se opera con los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX o BOC-002@BOC-004.
- La arena será depositada en el muro utilizando un sistema de "peinetas", las cuales abarcan sectores de aproximadamente 200 m de largo cada uno, denominados "canchas". Cada peineta posee una serie de orificios ("pitutos") desde los cuales se realiza la descarga de arena. La colocación de arenas eficiente y uniforme se realiza modificando los puntos de descarga, tapando o abriendo pitutos.
- El tiempo máximo que puede operar cada peineta deberá ser determinado por la práctica operacional, considerando que la cantidad de arena acumulada debe permitir un crecimiento del muro mediante capas inclinadas (talud) y horizontales (coronamiento) con espesor entre 30 y 50 cm.
- El tiempo transcurrido entre dos operaciones consecutivas de una peineta debe ser el suficiente para que las arenas depositadas hayan sido debidamente compactadas y certificadas mediante ensayos de laboratorio.
- Cada vez que se detenga la operación de impulsión de arenas al muro, realizar el lavado de las líneas de conducción de arenas, para evitar embanques cuando se ponga nuevamente en marcha. La Línea 1 de acero posee una inyección directa de agua o desde el estanque agitador, las Líneas 3 y 5 desde los estanques respectivos de impulsión y la de HDPE (Línea 4) debe lavarse bombeando agua inyectada al estanque de alimentación de la bomba centrífuga.
- En caso de que se verifique una detención de la alimentación de agua en el estanque de dilución y lavado, se debe priorizar la utilización del agua disponible en el estanque, para el lavado de las líneas de transporte de arenas al muro, para evitar embanques.

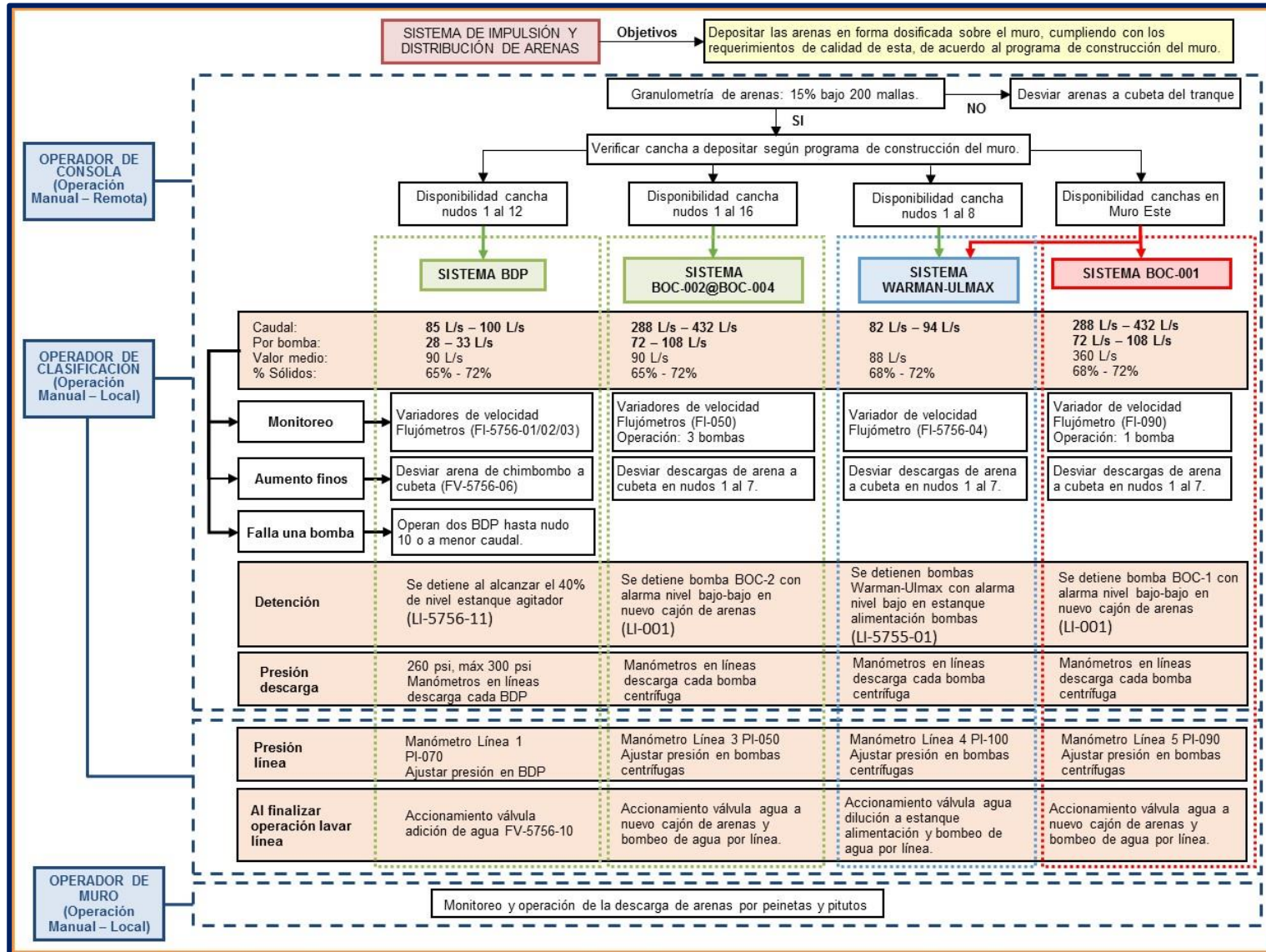
## b) Elementos de Control y Operación

- **Flujómetros FI-5756-01/02/03:** Miden el caudal de relave impulsado por cada bomba de desplazamiento positivo, respectivamente. Su señal se despliega en la Consola.
- **Flujómetro FI-070:** Mide el caudal de relave impulsado por el sistema BDP en la línea de acero de impulsión de arenas al muro. Su señal se despliega en la Consola.
- **Densímetro DI-5756-09:** Mide la densidad de las arenas impulsadas al muro por la línea de acero. Su señal se despliega en la Consola, calculando además el porcentaje de sólidos.
- **Panel local BDP:** Cada BDP cuenta con un panel local en el que es posible ajustar la velocidad de operación. Su señal se despliega en la Consola.
- **Sensor de Nivel LI-5756-11:** Mide el nivel de pulpa en el estanque agitador. Su señal se despliega en la Consola. Existe un enclavamiento de seguridad con los motores de las BDP, que las detiene al alcanzar un nivel del 40%.
- **Válvula LV-5756-11:** Válvula de alimentación de agua de dilución al estanque agitador. Su accionamiento es manual-remoto y su porcentaje de apertura se despliega en Consola.
- **Manómetro PI-070:** Mide la presión de operación de la línea de acero de impulsión de arenas al muro. Su señal se despliega en la Consola.
- **Válvulas alimentación BDP:** Se ubican en las líneas de succión de las BDP. Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en Consola.
- **Válvulas recirculación BDP:** Se ubican en las líneas de descarga de las BDP, habilitando la recirculación al estanque agitador. Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en Consola.
- **Válvulas FV-5756-01/02/03:** Habilitan la descarga de las arenas impulsadas por cada BDP al chimbombo. Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en la Consola.
- **Válvula FV-5756-07:** Habilita la descarga de las arenas al muro desde el chimbombo a través de la línea de acero. Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en la Consola.
- **Válvula FV-5756-06:** Habilita la descarga de las arenas desde el chimbombo a la cubeta. Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en la Consola.
- **Válvula FV-5756-10:** Permite la adición de agua de lavado a la línea de acero de impulsión de arenas al muro. Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en la Consola.
- **Flujómetro FI-0100:** Mide el caudal de relave impulsado por el sistema WARMAN – ULMAX en la línea de HDPE de impulsión de arenas al muro. Su señal se despliega en la Consola.
- **Válvula FV-5756-04:** Habilita la descarga de las arenas impulsadas por el sistema de impulsión WARMAN-ULMAX al muro a través de la línea de HDPE. Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en la Consola.

- **Válvula agua de dilución a bomba centrífuga:** Habilita la adición de agua de dilución al estanque de alimentación del sistema de impulsión WARMAN – ULMAX. Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en la Consola.
- **Flujómetro FI-050:** Mide el caudal de relave impulsado por el sistema BOC-002@BOC-004 en la línea de acero de impulsión de arenas al muro (Línea 3). Su señal se despliega en la Consola.
- **Sensor de Nivel LI-001:** Mide el nivel de pulpa en el nuevo cajón de arenas. Su señal se despliega en la Consola. Existe un enclavamiento de seguridad con el motor de la bomba centrífuga BOC-002, que detiene las bombas al alcanzar un nivel bajo-bajo.
- **Válvula FV-040B:** Habilita la descarga de las arenas impulsadas por el sistema de impulsión BOC-002@BOC-004 al muro principal a través de la línea de acero (Línea 3). Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en la Consola.
- **Flujómetro FI-090:** Mide el caudal de relave impulsado por la bomba BOC-001 en la línea de acero de impulsión de arenas al Muro Este (Línea 5). Su señal se despliega en la Consola.
- **Válvula FV-090:** Habilita la descarga de las arenas impulsadas por bomba BOC-001 al Muro Este (Línea 5). Su accionamiento es manual-local y su estado de operación se despliega en pantalla.
- **Válvulas de habilitación nudos:** Habilitan la descarga de arenas en el muro entre los nudos 1 al 16. Su accionamiento es manual-local y no despliegan señal en la Consola.
- **Válvulas de habilitación peinetas:** Habilitan la descarga de arenas por las peinetas en el muro entre los nudos 1 al 16. Su accionamiento es manual-local y no despliegan señal en la Consola.
- **Válvulas de descarte de arenas a cubeta:** Habilitan el descarte de las arenas a la cubeta en el muro entre los nudos 1 al 16. Su accionamiento es manual-local y no despliegan señal en la Consola.



Figura 4-23: Filosofía de Operación Sistema y Distribución de Arenas



## 4.2.7 Construcción del Muro

La construcción del muro de arena deberá desarrollarse de forma de conseguir la producción y colocación de la arena necesaria para mantener una revancha mínima entre el coronamiento del muro y el nivel de relaves en contacto con el muro, dando cumplimiento al programa de construcción del muro el cual considera las condiciones del tranque y los requerimientos de embalsamiento de cada invierno. La filosofía de operación de este sistema se resume en la Figura 4-24.

### a) Consideraciones de Operación

La construcción del muro de arenas posee las actividades asociadas que se detallan a continuación:

#### **Compactación y Control de la Granulometría y Densidad de las Arenas**

La capa de arenas depositada a través del sistema de impulsión de arenas debe tener un espesor entre 30 cm y 50 cm. Cada vez que se opere sobre el muro, se debe dejar un tiempo de percolación y ventilación de las arenas, variando entre 12 a 24 horas, dependiendo de la época del año. Esto permite disminuir la humedad del material hasta que sea cercana a la humedad óptima obtenida por el ensayo Proctor Estándar.

La compactación de arenas es un proceso continuo en el tiempo, que consiste en el emparejamiento de la capa de arenas depositada en el muro mediante un bulldozer y su compactación mediante un rodillo vibratorio que se desplaza sobre la capa de arenas depositada en el talud de aguas abajo y/o en el coronamiento.

El equipo compactador se desplazará en sentido transversal al coronamiento del muro, cumpliendo un número de pasadas suficiente para alcanzar una densidad no inferior al 95% de la densidad máxima compactada seca obtenida por el ensayo Proctor Estándar. Si no se conoce el número de pasadas adecuado para la compactación se deberá realizar una cancha de pruebas para establecerlo.

En el caso de que se produzcan heladas, no se debe compactar la arena ya que el agua contenida en la capa está cristalizada, ocupando más espacios que posteriormente quedarán vacíos una vez que el agua vuelva a su estado líquido. Tampoco se debe compactar durante lluvias intensas ya que la gran cantidad de agua descargada sobre el muro aumenta considerablemente la humedad de las arenas haciendo ineficiente la operación.

El control de calidad de la operación se encuentra detallado en procedimientos de laboratorio de Salfa (137465-LAB-OP-P-27/28/29), dentro de estos controles se encuentra la realización de ensayos de granulometría (15% máximo de finos) y grado de compactación por método tradicional, como es el ensayo del Cono de Arenas. Como mínimo, el control debe cumplir con la información solicitada por el SERNAGEOMIN, es decir, granulometría y grado de compactación cada 100 m en la longitudinal y en el primer y segundo tercio de la altura del muro en el eje transversal. Adicionalmente, por tratarse de un material homogéneo, el control de densidad realizado con el ensayo de Proctor Estándar puede complementarse con un densímetro nuclear debidamente calibrado y/u otra tecnología alternativa, para la obtención de un valor de densidad preliminar durante la operación. Para el caso en que la granulometría de los finos sea inferior a 12% en malla número 200, la determinación del grado de compactación será mediante la Densidad Relativa.

#### **Peralte del Sistema de Impermeabilización**

Consiste en la colocación de una membrana de HDPE en el talud de aguas arriba del muro de arenas, la cual sirve como elemento impermeabilizante ante la eventualidad de que la laguna entre en contacto con el muro.

Esta operación debe coincidir o coordinarse en lo posible con el peralte del sistema de tuberías de arenas y relaves, antes de cada época de lluvias y la altura de la membrana dependerá del cálculo de la revancha mínima necesaria para enfrentar el invierno y estará dada por el programa de construcción del muro.

Adicionalmente, para la instalación de la geomembrana es necesario prolongar la zanja cortafugas hacia los estribos del muro y construir una zanja de anclaje de la membrana HDPE en el coronamiento del muro.

Una vez finalizada la instalación, se realiza una auditoría de certificación del estado de la membrana para verificar que no existan roturas y que esté en óptimas condiciones para la operación.

### **Peralte del Sistema de Empalizadas y Tuberías**

Consiste en la construcción de una nueva plataforma para soportar el sistema de tuberías de conducción y distribución de arenas, lo que permite la continuidad de la operación cada vez que el muro alcance la cota superior de la empalizada actual. La construcción de la nueva empalizada debe realizarse en el borde de aguas abajo del coronamiento, lo cual deberá estar de acuerdo con el desplazamiento hacia aguas abajo del eje de la presa, producto del crecimiento. Este trabajo incluye la construcción de la estructura de madera, peralte de las tuberías de conducción y distribución de arenas, reubicación de la instalación eléctrica, entre otros.

### **Lectura de los Instrumentos Geotécnicos Instalados en el Muro**

Consiste en la lectura periódica y análisis de las mediciones, las cuales se deben efectuar con una frecuencia mínima de una vez a la semana e involucran a los siguientes instrumentos: Piezómetros tipo Casagrande, Piezómetros eléctricos (estáticos) y Celdas de asentamiento.

Los piezómetros Casagrande son instrumentos análogos de lectura directa, para lo cual es necesario utilizar una sonda sonora. Los piezómetros eléctricos y celdas de asentamiento son instrumentos que emiten una señal que es leída y almacenada por una unidad Datalogger, para lo cual es necesario contar con un PC portátil provisto de un software de comunicación. El objetivo de estos instrumentos es verificar que la napa de agua al interior del muro se mantenga deprimida.

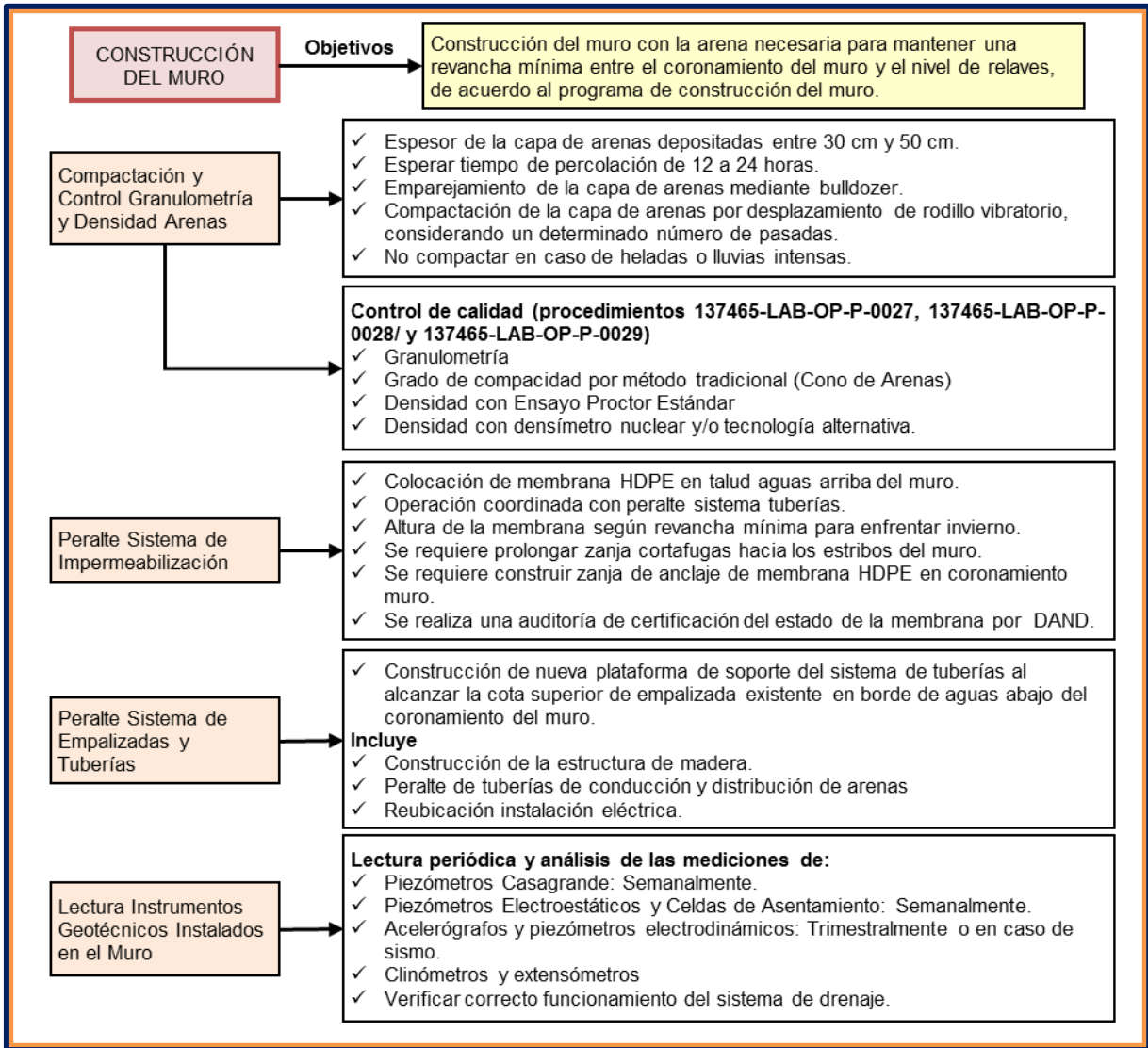
En forma trimestral o en el caso de ocurrir un sismo, se deberán rescatar los registros provenientes de los acelerógrafos y piezómetros dinámicos.

Adicionalmente, se deben realizar las inspecciones necesarias para verificar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje.

### **Humectación Muro de Arenas**

Consiste en la humectación periódica del coronamiento del muro de arenas por medio de camiones aljibes, para evitar el levantamiento de polvo del muro.

**Figura 4-24: Filosofía de Operación Construcción del Muro**



## b) Elementos de Control y Operación

La instrumentación instalada en los muros del Tranque se resume en la Tabla 4-2.

**Tabla 4-2: Instrumentación Muros Tranque**

INSTRUMENTACIÓN	MURO PRINCIPAL	MURO SECUNDARIO
Piezómetros Casagrande	24	9
Piezómetros Electroestáticos	48	2
Acelerógrafos	3	-

## 4.2.8 Pantallas de Monitoreo y Control

La Sala de Control o Consola que comanda al SDCR y CM se ubica en el sector del tranque, entre el muro principal y secundario. Desde este punto el Operador de Consola puede acceder a la información referente al SDCR y CM a través de las pantallas de monitoreo y operación.

El monitoreo y operación del SDCR y CM se realiza mediante el despliegue de las siguientes pantallas del sistema FIX, que muestran la información generada por los instrumentos o equipos existentes a lo largo del sistema.

### a) Pantalla Cajón de Carga y Alimentación Ciclones

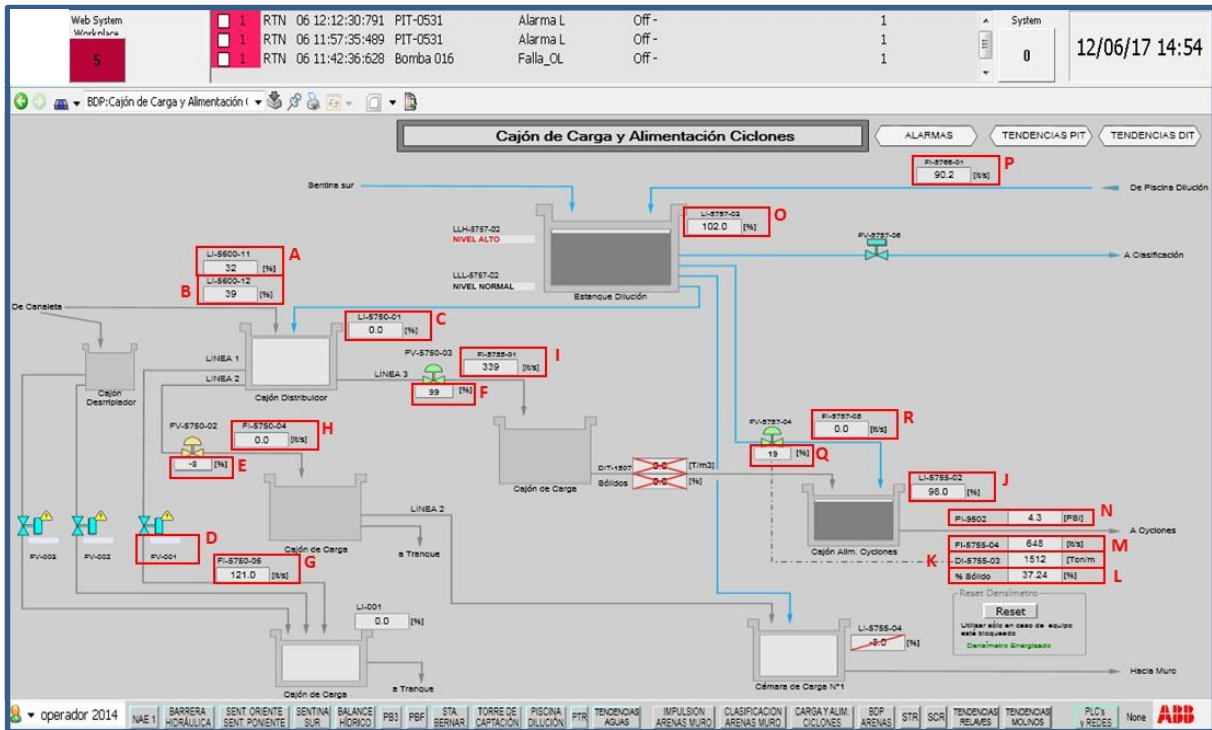
Esta pantalla, que se muestra en la Figura 2-25, permite operar y monitorear parte de los sistemas de: Distribución de Relaves, Conducción de Relaves hacia la Cubeta y Conducción de Relaves a Clasificación.

La información más relevante que despliega esta pantalla se encuentra destacada en la figura con color rojo y referida de acuerdo a la siguiente secuencia de letras:

- (A) Sensor de nivel N°11 del STR. (LI-5600-11)
- (B) Sensor de nivel N°12 del STR. (LI-5600-12)
- (C) Sensor de nivel en cajón de distribución. (LI-5750-01)
- (D) Porcentaje de apertura válvula distribución de relave a Línea 1.
- (E) Porcentaje de apertura válvula distribución de relave a Línea 2.
- (F) Porcentaje de apertura válvula distribución de relave a Línea 3.
- (G) Caudal de relave a Línea 1 en cajón de medición. (FI-5750-05)
- (H) Caudal de relave a Línea 2 en cajón de medición. (FI-5750-04)
- (I) Caudal de relave a Línea 3 en cajón de medición. (FI-5755-01)
- (J) Sensor de nivel en cajón de alimentación ciclones. (LI-5755-02)
- (K) Densidad de relave a clasificación por Línea 3. (DI-5755-03)
- (L) Porcentaje de sólidos relave a clasificación por Línea 3.
- (M) Caudal de relaves a clasificación por Línea 3. (FI-5755-04)
- (N) Presión de operación batería reciclones. (PI-9502)
- (O) Sensor de nivel en estanque agua de dilución y lavado. (LI-5757-02)
- (P) Caudal de agua a estanque desde piscina dilución. (FI-5766-01)
- (Q) Porcentaje de apertura válvula adición agua a cajón alimentación ciclones (ZI-5757-04)
- (R) Caudal de agua de dilución inyectado a cajón alimentación ciclones (FI-5757-05)

Además, la pantalla indica el estado de operación (abierto/cerrado) de las válvulas on-off a través del color. Verde indica válvula abierta y rojo indica válvula cerrada.

**Figura 2-25: Pantalla Cajón de Carga y Alimentación Ciclonos**



## b) Pantalla Clasificación y Distribución de Relaves

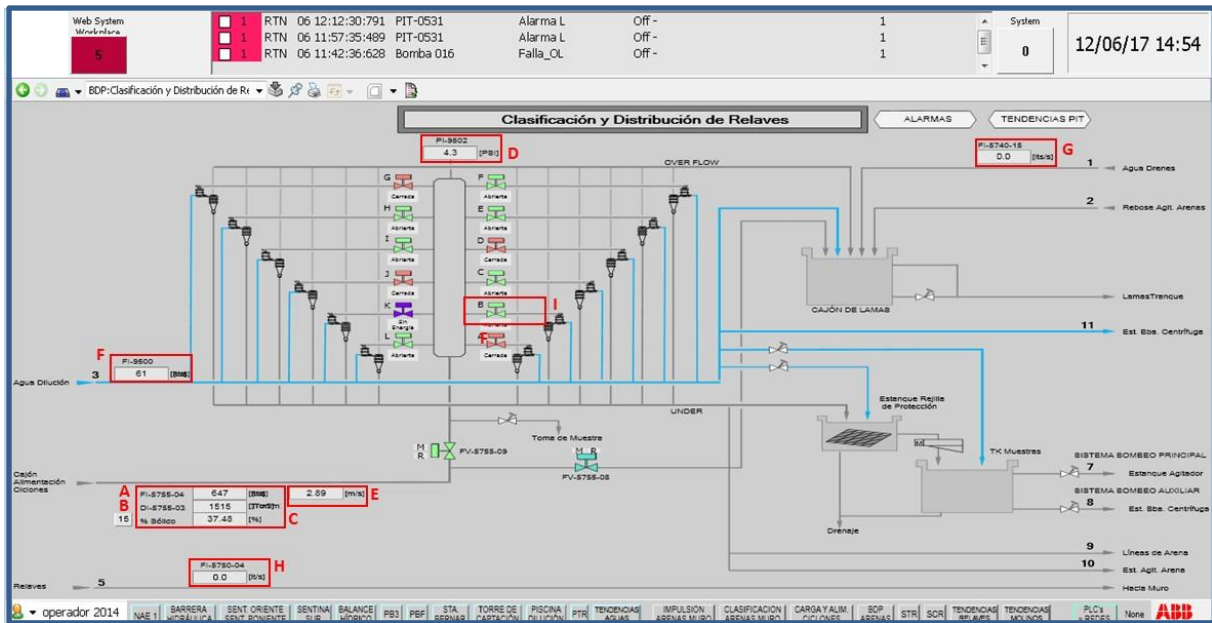
Esta pantalla, que se muestra en la Figura 4-26, permite operar y monitorear parte de los sistemas de: Conducción de Relaves a Clasificación y Clasificación de Relaves.

La información más relevante que despliega esta pantalla es:

- (A) Caudal de relaves a clasificación por Línea 3. (FI-5755-04)
- (B) Densidad de relave a clasificación por Línea 3. (DI-5755-03)
- (C) Porcentaje de sólidos relave a clasificación por Línea 3.
- (D) Presión de operación batería reciclones. (PI\_9502)
- (E) Velocidad de flujo en Línea 3.
- (F) Caudal de agua de dilución a reciclones (FI-9500)
- (G) Caudal de agua drenes a cajón de lamas antiguo.
- (H) Caudal de relaves transportados por Línea 2.

Además, la pantalla indica el estado de operación (abierto/cerrado) de las válvulas on-off a través del color. Verde indica válvula abierta y rojo indica válvula cerrada.

**Figura 4-26: Pantalla Clasificación y Distribución de Relaves**



### c) Pantalla Bombeo de Arenas

El sistema de impulsión y distribución de arenas es operado y monitoreado en la pantalla “Impulsión de Arenas Muro” (Figura 4-27) y por la pantalla “Bombeos de Arenas BDP” mostrado en la Figura 4-28. La información más relevante que despliega en ambas pantallas es:

#### Impulsión de Arenas Muro

- (A) Sensor de nivel en nuevo cajón de arenas de alimentación bombas BOC-2@BOC-4. (LI-001)
- (B) Presión en línea de descarga de cada bomba centrífuga. (PI-020/030/040)
- (C) Caudal de arenas impulsadas a muro por Línea 3 de acero (8”). (FI-050)
- (D) Presión en Línea 3 de acero. (PI-050)
- (E) Presión en línea de descarga de bomba centrífuga BOC-1. (PI-010)
- (F) Caudal de arenas impulsadas a Muro Este por Línea 5 de acero (8”). (FI-090)
- (G) Caudal de arenas impulsadas a muro por Línea 4 de HDPE (10”). (FI-0100)
- (H) Presión en Línea 4 de HDPE. (PI-0100)
- (I) Caudal de arenas impulsada a Muro Principal por Línea 1 de acero (9”). (FI-070)
- (J) Presión en Línea 1 de acero (9”). (PI-070)
- (K) Caudal de relaves Línea 1 de HDPE. (FI-001)
- (L) Caudal de relaves Línea 2 de HDPE. (FI-002)
- (M) Sensor de nivel en estanque de agua de sello. (LI-002)
- (N) Presión en línea de descarga bomba de agua de sello.
- (O) Caudal de agua de sello a bombas BOC-1@BOC-4.

#### Bombeos de Arenas BDP

- (A) Sensor de nivel en estanque agitador. (LI-5756-11)
- (B) Presión en línea de succión de cada BDP.
- (C) Velocidad motor de cada BDP.
- (D) Caudal de arenas impulsadas por cada BDP. (FI-5756-01/02/03)
- (E) Presión en línea de descarga de cada BDP.

En las pantallas indican el estado de operación (abierto/cerrado) de las válvulas on-off, el color verde indica válvula abierta y rojo indica válvula cerrada.

Figura 4-27: Pantalla Impulsión de Arenas Muro

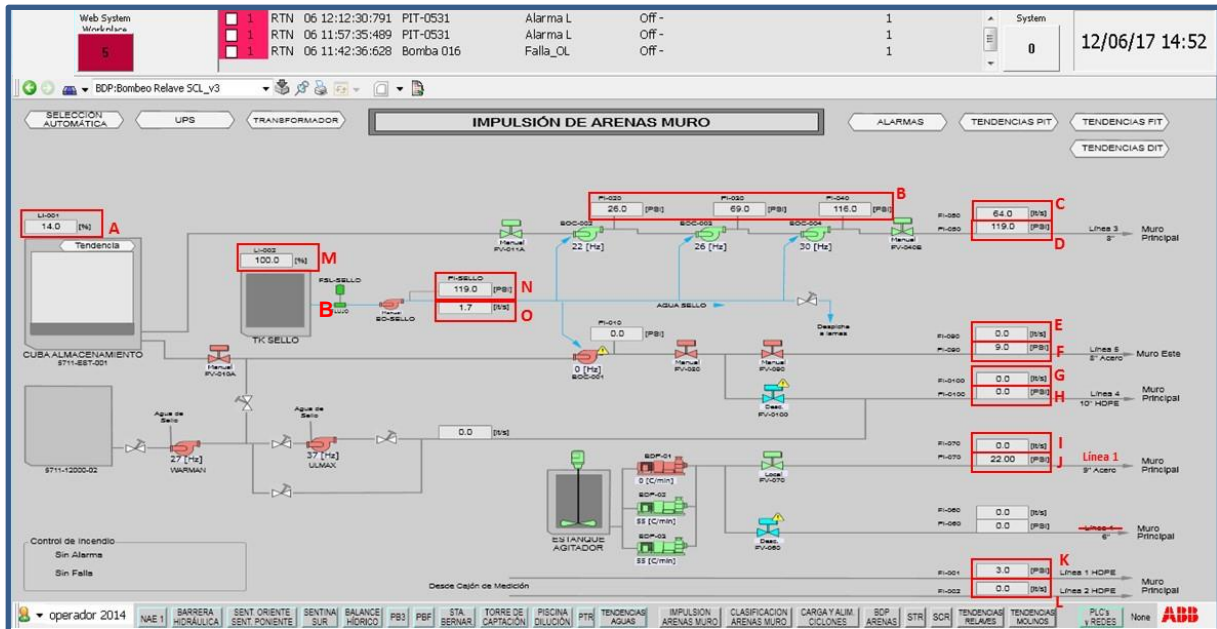
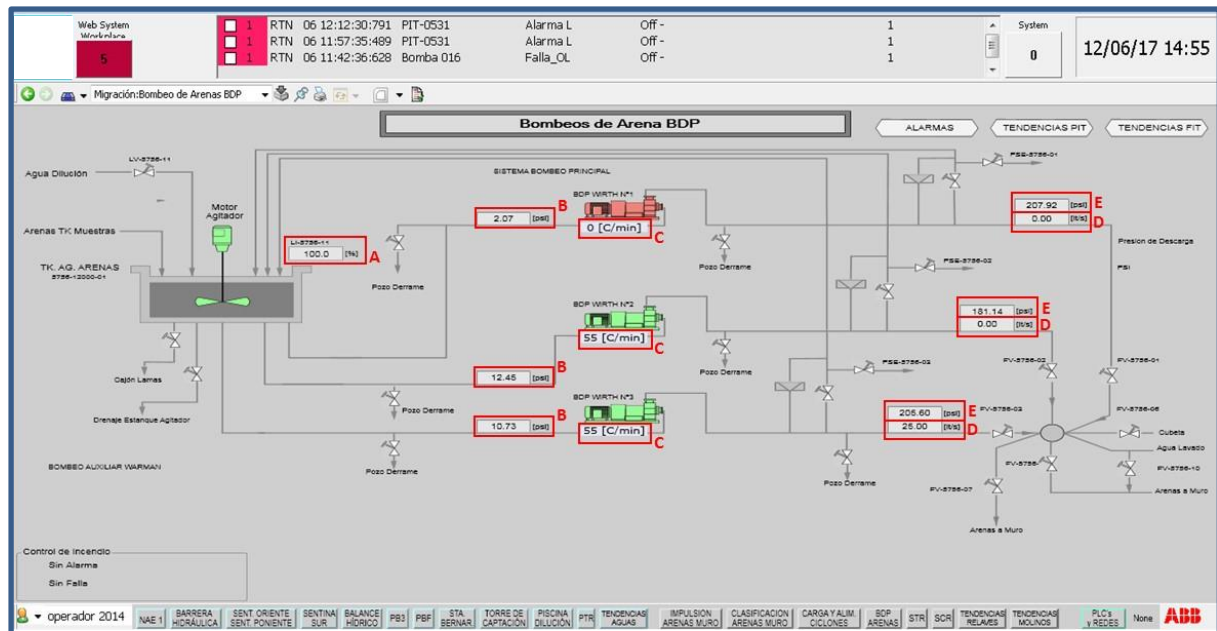


Figura 4-28: Pantalla Bombes de Arena BDP



La información puntual desplegada en pantalla se complementa con gráficos de tendencias en el tiempo de la presión de succión y descarga de las BDP y los caudales de arenas impulsados por BDP, a los que se accede presionando los botones ubicados en la parte superior derecha de la pantalla.



### 4.3 RIESGOS OPERACIONALES

En el presente capítulo se presentan las vulnerabilidades (mayoritariamente asociadas a deficiencias operacionales) y riesgos operacionales relevantes relacionados con la operación del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro. Además, se entrega las medidas que permitan evitar o mitigar la probabilidad de ocurrencia para cada uno de ellos.

**Tabla 4-3: Riesgos Operacionales**

RIESGO	CONSECUENCIAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Embanque de Línea 3 (sifón 710 mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paralización de la Clasificación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener velocidades de transporte de pulpa sobre la velocidad límite de depósito.</li> <li>Operar con concentraciones de sólidos inferiores al 40%.</li> <li>Lavado de línea cada vez que se realice una detención.</li> <li>Adición de agua previamente a la puesta en marcha del sistema.</li> <li>Frente a una situación que dé indicios de embanque, operar la válvula de drenaje de emergencia.</li> </ul>
Embanque de Línea 1 y Línea 2 de relaves	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ineficiencia en la distribución de relaves en la cubeta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener velocidades de transporte de pulpa sobre la velocidad límite de depósito.</li> <li>Lavado de líneas cada vez que se realice una detención.</li> <li>Adición de agua previamente a la puesta en marcha del sistema.</li> <li>Frente a una situación que dé indicios de embanque, operar la válvula de drenaje de emergencia.</li> <li>Realizar cambios de descarga en operación en sentido oriente a poniente.</li> <li>Detener operación y lavar antes de realizar cambios en sentido poniente a oriente.</li> </ul>
Embanque de líneas de relaves, entre cajón de distribución y de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dificultad en la puesta en marcha del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar lavado de las líneas utilizando el arranque proveniente de la bomba centrífuga del estanque de dilución.</li> </ul>
Embanque de líneas de descarga de cajones de derivación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Imposibilidad de realizar desvíos de emergencia por cajones de derivación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener bien cerradas las válvulas cuando no estén operando.</li> <li>Efectuar lavado de líneas cada vez que se realicen detenciones prolongadas del transporte de relaves.</li> </ul>
Acumulación de basuras en parrilla de cajones de derivación, cajón de traspaso y canaleta desripadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obstrucción del flujo de relaves.</li> <li>Derrame de relaves al ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar inspecciones y limpiezas frecuentes en forma diaria.</li> </ul>
Embanque de líneas de relave recuperado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Imposibilidad de recircular el relave a cajón de medición y depositar el relave en la cubeta de acuerdo a planificación de depositación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar lavado de las líneas a través de la canaleta descarte de rípios, drenándolas al cajón de medición.</li> </ul>

RIESGO	CONSECUENCIAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Presencia de piedras u objetos extraños en el relave a clasificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño a revestimiento de ciclones.</li> <li>• Desgaste acelerado de componentes de bombas BDP y centrífuga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación adecuada del cajón de traspaso.</li> <li>• Operación adecuada del cajón desripiador.</li> <li>• Operación adecuada del estanque rejilla de protección.</li> </ul>
Embanque de líneas de conducción de arenas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detención de la depositación de arenas sobre el muro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulpa de arenas con concentraciones inferiores a 74%.</li> <li>• Velocidad de impulsión de las BDP sobre 40 carreras por minuto.</li> <li>• Operar con aproximadamente 50% de los pitutos abiertos (uno por medio).</li> <li>• Cerrar adecuadamente las válvulas de traspaso de la línea de conducción.</li> <li>• Lavado de línea y peinetas después de cada detención.</li> <li>• Diluir pulpa de arenas en la puesta en marcha y al realizar cambio de sector de descarga</li> </ul>
Embanque de peinetas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala distribución de arenas en el talud.</li> <li>• Tendencia a embanque de las líneas de conducción.</li> <li>• Detención de la depositación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavado adecuado de las peinetas después de cada detención.</li> <li>• En la puesta en marcha, cerrar los pitutos del centro y dirigir el flujo hacia el extremo de la peineta.</li> <li>• Operar con aproximadamente el 50% de los pitutos abiertos (uno por medio).</li> <li>• Operar adecuadamente la línea de conducción de arenas.</li> <li>• En caso de tendencia de embanque en las puntas, cerrar los pitutos del centro y solicitar al Operador de Clasificación que diluya levemente la pulpa.</li> </ul>
Contenidos de finos en las arenas superiores a 15%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja permeabilidad de las arenas.</li> <li>• Colmatación de drenes.</li> <li>• Aumento del nivel freático del muro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorear granulometría de alimentación y underflow.</li> <li>• Mantener parámetros de clasificación: concentraciones entre 38 y 40%, caudales entre 650 - 850 l/s, presión de ciclones entre 10 – 18 psi.</li> <li>• Desviar flujo de arenas a la cubeta cuando presente un contenido de finos sobre 15%.</li> </ul>
Rotura en la Línea de Impulsión de Arenas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de producción de arenas.</li> <li>• Cárcavas en el coronamiento y/o talud del muro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control permanente del espesor de tuberías y refuerzo o cambio de ser necesario.</li> <li>• Mantener presiones por debajo de 300 psi en líneas de acero (Líneas 1, 3 y 5).</li> </ul>
Rotura de Líneas de conducción de relaves al muro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño severo al talud de aguas arriba y a la geomembrana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección permanente de la operación de las tuberías.</li> <li>• Control permanente del espesor de tuberías y refuerzo o cambio de ser necesario.</li> </ul>
Cárcavas en el muro de arenas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ineficiencia de compactación.</li> <li>• Daño leve en el talud de aguas abajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operar con concentraciones de sólidos adecuadas.</li> <li>• Cambiar descargas de peineta en operación.</li> <li>• Evitar que dos cursos de arena se junten en la superficie del talud.</li> </ul>
Déficit de arenas colocadas en el muro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de revancha y capacidad de embalsamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplir el programa de construcción del muro.</li> <li>• Construir un muro auxiliar sobre el coronamiento del muro (motroco).</li> </ul>

## 4.4 RIESGOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Asociados a la operación del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro existen riesgos de seguridad y salud ocupacional a los que se ven expuestos los operadores del sistema.

En la siguiente tabla se identifica el peligro o la actividad peligrosa, su consecuencia y las medidas preventivas que deben aplicarse para reducir el riesgo. Cabe destacar que, durante la operación de este sistema, en forma previa a la realización de cualquier actividad se debe realizar una planificación y un análisis de los riesgos asociados a la actividad, identificando los estándares, procedimientos y normativas que le aplican.

**Tabla 4-4: Riesgos de Seguridad y Salud Ocupacional**

RIESGO	CONSECUENCIAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Transitar por superficies irregulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída de personal al mismo nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autocuidado.</li> <li>• Transitar atentos a condiciones del área.</li> <li>• Uso de zapatos de seguridad de caña alta.</li> </ul>
Conducción de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choque</li> <li>• Colisiones</li> <li>• Volcamiento</li> <li>• Atropello</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar las condiciones del entorno y hacerlo sólo si el lugar es seguro</li> <li>• Transitar atentos a condiciones del área.</li> <li>• Respetar velocidad de conducción establecida.</li> </ul>
Animales en Ruta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colisión con vehículos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener portones cerrados.</li> <li>• Reparación de cercos.</li> <li>• Retiro de animales encontrados en sector.</li> <li>• Respetar velocidad de conducción establecida.</li> </ul>
Contacto con relaves	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños en la piel o visión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de overall, guantes, lentes o protección facial.</li> <li>• Uso de todo EPP que resulte del análisis de riesgos de tareas.</li> </ul>
Transitar por sobre losetas de la canaleta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída de personas a distintos niveles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No transitar por sobre losetas.</li> <li>• Transitar atentos a las condiciones del área.</li> <li>• Mantener Señalética de Prohibición de caminar sobre losetas – salud.</li> <li>• Mantener 100% sistemas de seguridad en buen estado. Losetas, barandas, escaleras, accesos y grattings.</li> </ul>
Transitar alrededor de canaleta descubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída a distinto nivel e inmersión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar autorización a operador consola Tranque.</li> <li>• Transitar con arnés y cola de seguridad.</li> <li>• Mantener Señalética de Prohibición de tránsito en sectores con canaleta descubierta.</li> </ul>
Inspección de cajones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída a distinto nivel e inmersión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar autorización a operador consola Tranque.</li> <li>• Realizar inspección con arnés y cola de seguridad.</li> <li>• Transitar atentos a condiciones del área.</li> <li>• Mantener 100% sistemas de seguridad en buen estado. Losetas, barandas, escaleras, accesos y grattings</li> <li>• Mantener Señalética de Prohibición de caminar sobre cajones.</li> </ul>

RIESGO	CONSECUENCIAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Inspección Salas Eléctricas y equipos eléctricos (motores, tableros de fuerza, VDF, partidores suaves)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electrocución</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitar autorización a Departamento Eléctrico del Área.</li> <li>Se permite ingreso sólo de personal capacitado.</li> <li>No intervenir equipos energizados.</li> <li>Bloqueo de equipo en Sala eléctrica.</li> <li>Señalética dentro y fuera de Sala Eléctrica (Riesgos Eléctricos).</li> <li>Mantener Sala Eléctrica cerrada con candado.</li> <li>Ingreso con EPP básico, ropa ignífuga y zapatos dieléctricos de seguridad.</li> <li>Uso Herramientas Aisladas.</li> </ul>
Inspección Equipos de Levante. (Puente Grúa, Tecles)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electrocución</li> <li>Caída distinto nivel</li> <li>Aplastamiento por movimiento de carga suspendida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitar autorización a Departamento Eléctrico Área.</li> <li>No intervenir equipos energizados.</li> <li>Señalética dentro y fuera de Sala Eléctrica (Riesgos Eléctricos).</li> <li>Mantener Sala Eléctrica cerrada con candado.</li> <li>Ingreso con EPP básico, ropa ignífuga y zapatos dieléctricos de seguridad</li> <li>Utilizar arnés en buen estado y certificados.</li> <li>Utilizar alza hombre Certificado.</li> </ul>
Inspección de Bombas Centrifugas, Desplazamiento Positivo, Válvulas Accionamiento Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electrocución y liberación súbita de energía sin control</li> <li>Caída distinto nivel</li> <li>Atrapamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitar permiso al encargado del área.</li> <li>Utilizar elemento de protección personal (EPP),</li> <li>Utilizar 3 puntos de apoyo,</li> <li>Utilizar equipo de izaje sobre 1,5 m de altura, cuerda de vida.</li> </ul>
Inspección de Válvulas Accionamiento Manual, Neumático, Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caída distinto nivel</li> <li>Atrapamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitar permiso al encargado del área.</li> <li>Utilizar elemento de protección personal (EPP).</li> <li>Utilizar 3 puntos de apoyo.</li> <li>Utilizar arnés certificado sobre 1,5 m de altura y cuerda de vida.</li> </ul>
Inspección muro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición a ruido</li> <li>Exposición a polvo</li> <li>Volcamiento de vehículo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de tapones auditivos y/u orejeras</li> <li>Control de emisiones de polvo en la fuente (frente carguío, pistas, etc.),</li> <li>Regadío de caminos con camión aljibe</li> <li>Utilizar respirador de medio rostro marca</li> <li>No transitar en vehículo por Talud del muro.</li> <li>Solicitar autorización a operador consola Tranque.</li> <li>Conducir atento a las condiciones del terreno.</li> </ul>
Radiación Solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daños en la piel o visión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de lentes con protección UV, EN 166-S o equivalente.</li> <li>Casco con ala ancha o pantalla solar.</li> <li>Uso de camisa larga, protección cuello y orejas.</li> <li>Uso de crema protección solar FPS-30 o superior, con aplicación cada 3 horas entre las 10 y 16 h.</li> </ul>

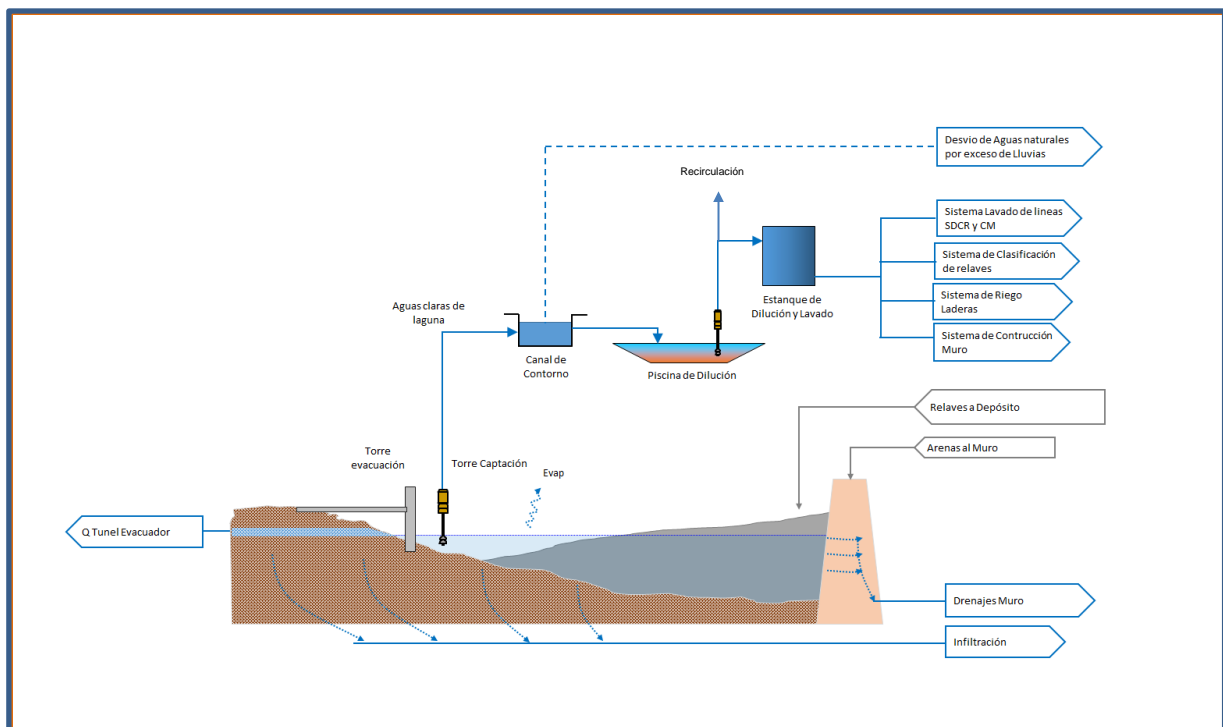
## 5 SISTEMA DE MANEJO DE AGUAS

### 5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema de manejo de Aguas de la laguna tiene como objetivos mantener el volumen de agua de la Laguna de agua clara, dentro de los valores de diseño y márgenes de seguridad; abastecer de agua al proceso de Clasificación y Depositación de Arenas; mantener drenado el muro de arenas y abastecer al sistema de descarte de agua. El sistema se inicia aguas arriba, en la laguna de agua clara del tranque y termina, aguas abajo, en el estanque de agua de dilución y Lavado

El Sistema de Manejo de Aguas Tranque incluye además los sistemas de colección de aguas lluvias, afluentes naturales y drenajes del muro. En la Figura 5-1, se muestra un esquema simplificado del manejo de las aguas en tranque.

Figura 5-1: Esquema Simplificado de Manejo Aguas Tranque



Las principales áreas que forman este sistema de manejo aguas tranque se muestran a continuación:

- Aguas de Laguna Clara
- Torre de Captación
- Canal de Contorno
- Torre de Evacuación
- Aguas de Drenes
- Aguas Infiltradas

El sistema de manejo de agua de la laguna tiene la función de captar y conducir el agua captada a la Piscina de Agua de Dilución para que desde allí se pueda satisfacer los requerimientos de agua de

dilución y lavado, requerimientos de riego estacionales y agua para red de incendio del edificio de ciclones.

La captación se realiza a partir de Torres de Captación ubicadas a un costado de la laguna. Las bombas de la torre captan e impulsan un flujo de agua clara en torno a los 1.800 l/s, flujo dado por las 8 bombas verticales y por la capacidad del canal de contorno. Se estima que un flujo de 400-450 l/s aproximadamente, está destinado para la dilución y lavado del sistema de clasificación, este flujo se requiere en forma continua cuando está operando el sistema de cicloneo, la capacidad remanente se utiliza como recirculación al proceso o descarte de agua de riego de forestación.

El agua captada de la laguna llega a la piscina de dilución desde donde se impulsa mediante 7 bombas verticales hacia el estanque de dilución y lavado. Desde este estanque se envía agua al sistema de clasificación de arenas, transporte de arenas hacia el muro, y agua para el lavado de líneas de relaves, lavado de estanques en caso de detención y red de incendio del edificio de reciclones.

El estanque de agua de dilución contempla un volumen de reserva de 100 m<sup>3</sup> que aseguran el suministro en caso de incendio. El uso de este volumen está controlado por una válvula de operación que conecta el volumen inferior del estanque a la matriz principal que conduce el agua para distintos consumos.

La red húmeda se compone de un arranque desde la línea matriz de agua, la cual alimenta a seis (6) grifos: dos en la plataforma del Edificio Operativo, dos en la base de la Torre de Ciclones, uno frente a las oficinas del operador y uno en la parte posterior de la bodega de repuestos. La presurización de la línea se desarrolla por la diferencia de cotas existentes entre el Estanque Agua de Dilución y Lavado y las plataformas mencionadas y permite asegurar un flujo de 150 l/s con un alcance de 40 m.

Paralelamente, el sistema de manejo aguas tranque, cuenta con un sistema Evacuador de Crecidas, el cual entra en operación sólo en casos de emergencia, durante crecidas y en condiciones tales que las descargas al diluirse con las aguas naturales cumplan con las normas de agua para riego. Este sistema se compone de una Torre de Evacuación vertical que permitirá verter el agua de crecidas a un pozo de disipación desde el cual entra sin presión a un túnel evacuador que la conduce hasta un canal que descarga aguas abajo del depósito.

Adicionalmente se cuenta con un sistema de drenaje en el muro que está diseñado para captar la mayor parte del agua empleada en el transporte de arenas al muro y que percolan a través de talud, además de las aguas lluvias percoladas desde la superficie y las filtraciones bajo la presa.

Las aguas del drenaje del muro son conducidas por gravedad hasta dos sentinas, llamadas Oriente y Poniente. La Sentina Poniente tiene un volumen útil de 65 m<sup>3</sup> y cuenta con dos bombas verticales con capacidad de bombeo de 120 l/s Considerando una bomba en operación y otra de reserva, se impulsan las aguas captadas hasta la Sentina Oriente.

La Sentina Oriente tiene un volumen útil de 100 m<sup>3</sup> y su alimentación de la sentina oriente es efectuada por un pozo PVN-3, el pozón Vialidad Norte y la Sentina Poniente, que captan los afloramientos de agua del muro del Tranque de dicho sector. Cuenta con cuatro bombas verticales (tres en operación y una de reserva), y capacidad de bombeo de 67,0 l/s por cada línea de impulsión. El total de las aguas captadas es impulsado hasta el Estanque de Lamas o a la piscina de dilución y lavado de acuerdo a los requerimientos del proceso.

Las aguas definidas como infiltración son captadas por un sistema denominado barrera hidráulica cuyo propósito es movilizar un caudal aproximado de 200 l/s de agua y recircularlas al proceso para controlar el avance de la pluma de contaminación. La barrera hidráulica está formada por 23 pozos de bombeo ubicados todos en forma paralela a la Vialidad Sur más 4 pozos de apoyo y 2 pozones, los cuales bombean las aguas hasta la Sentina Sur. Desde este punto el agua es reimpulsada hasta el Estanque de Dilución y Lavado. En la Figura 5-2 (Anexo A) se muestra diagrama de flujo del sistema de manejos aguas tranque.

## 5.1.1 Descripción de Instalaciones Principales

Las principales instalaciones en el Tranque, consideradas para el manejo de las distintas aguas que conforman el sistema son: la laguna de agua clara, torre evacuadora, torre de captación, piscina de agua de dilución, canal de contorno, estanque de dilución y lavado, sistema de aguas de drenaje. En la Figura 5-3 se muestra la ubicación de estas instalaciones.

Figura 5-3: Principales Instalaciones para el Manejo de Aguas del Tranque



### a) Laguna de Agua Clara

La laguna de agua clara está confinada en el sector norponiente del embalse, como se indica en la Figura 5-3 anterior. El crecimiento del muro está programado para permitir que la cubeta cuente antes del período invernal con capacidad suficiente de almacenar el agua clara de relaves más una crecida con período de retorno de 50 años más una crecida de retorno de una en 500 años. De acuerdo con el estudio hidrológico, corresponde a un volumen de 7 millones y 10 millones de  $m^3$ , respectivamente. A esto se debe agregar una revancha mínima de 3 m en cualquier período de operación.

En Fotografía 5-1 siguiente se muestra la laguna de aguas claras desde la plataforma de la torre de evacuación.

**Fotografía 5-1: Laguna de Agua Clara**



Sobre Plataforma Torre Evacuación / Laguna de Agua Clara



Laguna de agua Clara

## **b) Obras de Captación e Impulsión de Agua Clara**

La obra considerada para captar las aguas de laguna se denomina Torre de Captación, que está ubicada a un costado la laguna. Esta torre capta mediante un sistema de 8 bombas verticales el agua y la conduce hacia el canal de contorno y posteriormente por gravedad llega a la piscina de dilución. El conjunto de instalaciones destinadas a la captación e impulsión de agua clara desde la laguna a la piscina de dilución, se denominan obras de captación e impulsión y se describen a continuación.

- **Canal de Aproximación:** Excavado en el terreno natural, que permite el paso de agua clara desde la laguna hacia la Torre de Captación.
- **Torre de Captación:** Consiste en un cajón de hormigón armado de 16 m de largo (frente), 8 m de ancho (fondo) y 19 m de alto, cerrado perimetralmente. En el frente oriente tiene dos vanos o vertederos de 0,80 m de largo cada uno, con umbral variable definido por un sistema de losetas de hormigón de 0,3 m alto. Estas losetas se instalan desde la plataforma de operación mediante un sistema de teclas eléctricas, permitiendo variar el nivel de captación según requerimientos de caudal y turbiedad del agua. La postura de estas losetas es en función del control batimétrico y acercamiento de lamas a la torre, el objetivo de estas losetas es proteger a la torre del ingreso de lamas.
- **Plataforma:** Una plataforma superior conectada al terreno natural mediante una estructura metálica con pasillo y un sistema de tecla manual que permite traspasar las losetas de hormigón al sistema de teclas eléctricas.
- **Sistema de Bombeo:** Ocho bombas verticales tipo turbina de 250 HP cada una, con capacidad para impulsar 325 l/s aproximadamente cada una. Las bombas están dispuestas de tal manera que forman dos conjuntos de cuatro bombas cada uno. Cada grupo de cuatro líneas de impulsión se conecta a un manifold de 32" de diámetro, que derivan a sendas líneas del mismo diámetro que descargan en el canal de contorno. Ambas líneas se conectan a través de una línea de acero de diámetro 18" que se controla mediante una válvula de compuerta.

En Fotografía 5-2 se muestran las obras que comprenden la captación e impulsión de agua desde la laguna al canal de contorno



**Fotografía 5-2: Canal de aproximación, Bombas de captación y líneas de agua recuperada en Torre de Captación**



Canal de aproximación torre de Captación



Canal de aproximación torre de Captación



Bombas de Agua Recuperada



Líneas de Agua Recuperada



Líneas de Agua recuperada hacia Canal de contorno



Sala Eléctrica Torre de Captación

## c) Canal de Contorno

El canal de contorno es un canal perimetral que recorre todo el contorno de la cuenca y tiene un uso dual:

- En condiciones normales debe conducir el agua clara de la laguna hasta la piscina de dilución para ser utilizadas en la dilución del relave para la clasificación de las arenas necesarias para la construcción del muro conjuntamente con el objetivo anterior, debe conducir el agua clara de la laguna hasta los sectores forestados para el descarte de agua por riego.
- Desviar las aguas naturales de las cuencas afluentes al Tranque, de modo de evitar, el aumento de las aguas al interior de la cubeta. En condiciones de lluvias intensas durante el periodo invernal se debe detener la conducción de agua clara para que el canal pueda recibir los aportes de agua lluvia de la cuenca y entregarlos aguas abajo del depósito.

Al inicio del canal de contorno se encuentra un cajón receptor de 2,5 x 3,5 y 4,2 m (ancho –largo-altura) y un sistema de compuertas que permite la entrega a los canales de contorno oriente y poniente. Este cuenta con un camino de servicio que recorre la totalidad de su longitud, aproximadamente 17 km.

El canal de contorno poniente considera la conducción de aguas lluvias del camino de acceso hacia el canal evacuador de emergencia de la laguna, a su vez en periodo estival permite abastecer el riego tecnificado de la forestación emplazada aguas abajo del muro del tranque. Su capacidad de conducción no supera los 200 l/s y posee un rápido de descarga hacia el canal evacuador de 736 m de longitud, con una sección de 1,1 m de ancho y 1,0 m de altura.

El canal de contorno oriente que es el canal principal, ha sido diseñado con una capacidad máxima de 5 m<sup>3</sup>/s, una longitud de 17 Km. Excavado en tierra y roca, con revestimiento de geomembrana en sectores de mayor permeabilidad, y con pendiente  $i = 0,0005$  (cinco por diez mil). El canal de contorno Oriente, en su recorrido de 17 km., cruza 45 quebradas de diferente importancia, cuyos cruces se realizan mediante bocatomas, alcantarillas de cruce o ingreso directo al canal.

Tal como se mencionó, una de las funciones del canal de contorno es transportar las aguas naturales (lluvia) aguas abajo del depósito, para lo cual el diseño con las siguientes obras:

- Rápido de descarga
- Vertedero

El rápido de descarga se ubica en el extremo oriente del canal de contorno y permite descargar las aguas del canal de contorno oriente.

El rápido de descarga es un canal rectangular de base 1,1 m y altura 0,90 m concebido para transportar un caudal de 5 m<sup>3</sup>/s entre las cotas 640 y 585 msnm y sus pendientes son similares a las pendientes topográficas variando entre 25% y 10%.

Se ha considerado una transición de entrada que permite mantener la altura normal en el canal y un dissipador de energía en el extremo final, que entrega las aguas.

Desde el punto de vista operativo no presenta restricciones de ningún tipo por tratarse de un sistema abierto que opera bajo cualquier condición de caudal entrante bajo los 5 m<sup>3</sup>/s.

Este canal de contorno está constituido por las obras que se describen a continuación:

- Cajón de Inicio: Corresponde al cajón de recepción de las aguas impulsadas desde el muelle de aguas claras, y recibe las aguas provenientes de la laguna y las distribuye hacia el canal de contorno oriente y poniente, para lo cual existe una compuerta manual que permite la entrega al canal poniente.

- **Canal de Contorno, tramo inicial, desde cajón de inicio a Bocatoma N°1:** Canal de sección trapecial, construido en tierra y roca, revestido con geomembrana en todo su trayecto. Posee una pendiente de 0,05%, ancho basal de 1,2 m, talud es de 1,5/1 y su profundidad de 1,5 m.
- **Canal de Contorno, tramo medio, desde Bocatoma N°1 hasta Bocatoma N°5:** Canal de sección trapecial, construido en tierra y roca, con revestimiento de HDPE en algunos tramos. Posee una pendiente de 0,05%, ancho basal de 1,5 m, talud de 1,5/1 y profundidad de 1,7 m.
- **Canal de contorno, tramo final, desde Bocatoma N°5 hasta la obra de descarga:** Canal de sección trapecial, construido en tierra y roca, con revestimiento de HDPE en algunos tramos. Su pendiente es de 0,05%, ancho basal de 1,5 m. Posee un talud de 1,5/1 y una profundidad de 2,5 m.
- **Cruces de quebradas:** El canal de contorno oriente, en su recorrido de 17 km, cruza 45 quebradas de diferente importancia. Estos cruces han sido resueltos mediante Bocatomas, Alcantarilla de Cruce o por ingreso directo al canal. De acuerdo al tamaño de la quebrada respectiva, y por ende de su caudal afluente, se construyeron dos tipos de bocatomas, tres tipos de alcantarillas de cruces, denominadas tipo 1, 2 y 3, y finalmente en las quebradas de menor importancia se ha dispuesto la entrada directa al canal de contorno.

En Fotografía 5-3 se muestran las líneas de agua recuperada desde la laguna de agua clara hasta el cajón de inicio del canal de contorno y el canal de contorno oriente.

**Fotografía 5-3: Descarga de Agua Recuperada y Canal de Contorno**



- **Obras de Captación Quebradas Menores:** están compuestas por piscinas de disipación, de 6 x 6 m, desde las cuales el agua es conducida por una canoa de hormigón que deriva en el interior del canal. En este punto, el canal está revestido por una canoa de hormigón de 0,8 m de altura y fueron contemplados tres anchos distintos, según el tamaño del área aportante: 0,5; 1,0 y 1,6 m.
- **Bocatomas en quebradas:** se construyeron dos tipos de obras según la importancia de la quebrada a captar.

El primer tipo de captación corresponde a las Bocatomas N°1, 2, 3 y 6, cuyas cuencas son de mediana importancia. Están constituidas por una captación de fondo mediante una rejilla y tiene vaciamiento directamente sobre el canal de contorno. En este caso su diseño es para un caudal específico de 2 m<sup>3</sup>/s. Estas bocatomas descargan sobre el sector del canal de contorno de 3 m<sup>3</sup>/s de capacidad.

El segundo tipo corresponde a la bocatoma N°5, cuya cuenca es la de mayor magnitud. Consiste en una bocatoma independiente que capta por el fondo mediante una rejilla y dispone de un canal aductor que conduce el agua hasta una cámara de confluencia con el canal de contorno. En este punto el canal de contorno se inicia para una capacidad de 5 m<sup>3</sup>/s. En este caso el diseño es para un caudal específico de 3 m<sup>3</sup>/s.

En ambos tipos de bocatomas se dispone de vertederos laterales para el vertido de los excedentes sobre la propia quebrada y el cruce de caminos se realiza por badenes.

- **Obra de toma para riego:** El sistema de descarte de agua del proyecto contempla tres áreas de riego, una interna en la cola del embalse, aguas abajo del canal de contorno; en la cola del embalse, aguas arriba del canal de contorno; y otra ubicada aguas abajo del muro de arenas.
- **Obra de toma Piscina Agua de Dilución:** La obra de toma de las aguas destinadas al proceso de clasificación se sitúa aproximadamente en el km 14,1 del canal de contorno oriente. Esta obra consiste en un sumidero de fondo controlado con un orificio lateral con una compuerta manual que alimenta una cámara desde donde nacen tres tuberías de diámetro 12". La regulación del caudal ingresado a la piscina se efectúa mediante la apertura total o parcial de la compuerta de operación remota. En la Fotografía 5 5 se presentan imágenes del canal de contorno y de su descarga en la piscina agua de dilución.
- **Tranque de Acumulación Nocturna:** Es una piscina en la cual existen 4 bombas ubicado en el sector de la sentina 2. El agua de este tranque mediante 4 bombas envían agua para riego de forestaciones 600 l/d. En la Figura 5-4 se muestran las bombas ubicadas en esta piscina y la toma de agua correspondiente.

**Fotografía 5-4: Bombas de agua en Tranque de acumulación Nocturna (TAN)**



**Fotografía 5-5: Obra de toma Piscina agua de dilución**



- **Rápido de descarga:** Esta obra permite descargar las aguas excedentes del canal de contorno oriente operación que se realiza sólo en casos de extrema necesidad. El rápido de descarga es un canal rectangular de 1,1 m de base y 0,9 m de alto, concebido para transportar un caudal máximo de 5 m<sup>3</sup>/s entre las cotas 640 y 585 msnm. Las pendientes del rápido son similares a las pendientes topográficas variando entre 25% y 10%, según la ubicación. Se ha considerado una transición de entrada que permite mantener la altura normal en el canal y un dissipador de energía, en el extremo final, que entrega las aguas con régimen de río. Desde el punto de vista operativo no presenta restricciones de ningún tipo por tratarse de un sistema abierto que opera en cualquier condición de caudal entrante bajo los 5 m<sup>3</sup>/s. En Fotografía 5-6 se muestra el rápido de descarga.

**Fotografía 5-6: Rápido de Descarga**



#### **d) Canal Poniente**

Consiste en una excavación en suelo y roca que comienza inmediatamente aguas abajo del cajón de inicio del Canal de Contorno y que se extiende por casi 2 km Su principal función es la colección de las aguas lluvias provenientes de las laderas aledañas al camino de acceso a la torre de Captación. Además, este canal es utilizado para el riego de plantaciones ubicadas aguas abajo del muro de arenas en Sector Las Ñipas. Posee una pendiente de 0,05% y una capacidad máxima de 200 l/s.

Las obras principales del canal poniente son:

- **Bocatomas:** el canal posee seis (6) obras de toma de agua proveniente de las quebradas aledañas. Una obra de hormigón permite que las aguas ingresen al canal mientras que el excedente es derivado al embalse por unos tubos corrugados que cruzan por debajo del camino.
- **Rápido de Descarga a Canal Evacuador:** La obra consiste en una canaleta de hormigón de 1,0 x 1,1 m, la cual posee en su parte final un dissipador de energía antes de la entrega al canal de evacuación. En la Fotografía 5-7 se muestra la canaleta de hormigón del rápido de descarga y la parte final del rápido.

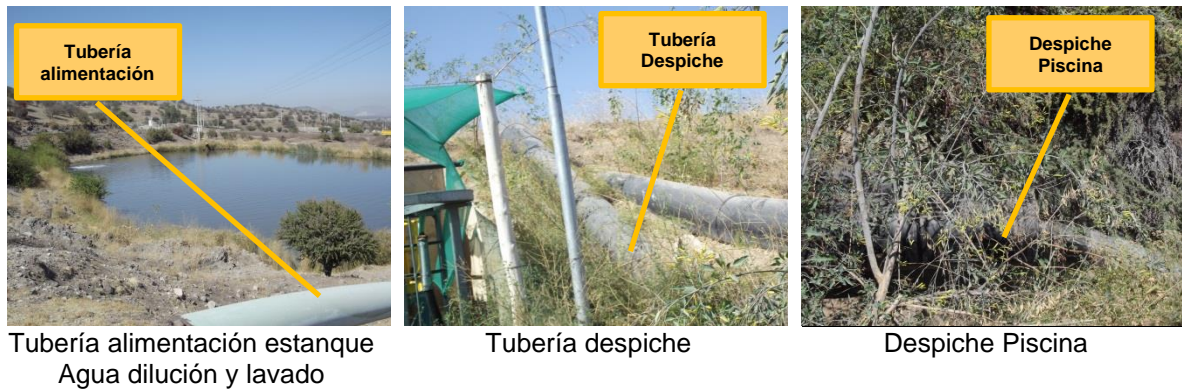
Fotografía 5-7: Rápido de Descarga a Canal Evacuador



### e) Piscina de Agua de Dilución

La piscina de agua de dilución recibe las aguas claras desde el canal de contorno y las aguas provenientes desde la sentina oriente, posee una capacidad máxima de embalsamiento de 4.900 m<sup>3</sup>, aproximadamente, con un nivel de aguas permitido que oscila entre las cotas 636,50 msnm (mínimo) y 638,50 msnm (máximo). Además, cuenta con un rebose que permite evacuar el excedente de agua y derivarlo hacia el Tranque.

Fotografía 5-8: Piscina de Agua de Dilución



La piscina de dilución cuenta con un sistema de bombeo compuesto por siete (7) bombas centrífugas horizontales, cinco (5) bombas poseen un motor de 175 HP, con capacidad para impulsar 105 l/s, mientras las últimas 2 bombas incorporadas al sistema de bombeo poseen un motor de mayor potencia de 250 HP. En la Fotografía 5-9 se muestra el sistema de impulsión de la piscina de agua de dilución hacia estanque de dilución y lavado.

Las líneas de impulsión de agua de 10" de diámetro y 6 m de longitud están conectadas a una conducción única de 24" de diámetro y 500 m de longitud, la cual impulsa el agua de la piscina de dilución proveniente de la descarga de agua recuperada desde el canal de contorno y desde la sentina oriente hacia el Estanque de Agua de Dilución y Lavado.

**Fotografía 5-9: Sistema de Bombeo Piscina de Agua de Dilución**



## f) Estanque Agua de Dilución y Lavado

El estanque de agua de dilución y lavado recibe agua impulsada desde la piscina de dilución y desde la sentina Sur, tiene un volumen de 1.200 m<sup>3</sup> con 16 m de diámetro y 8,35 m de altura y sirve de cabeza para todo el sistema de suministro de agua para dilución, lavado y red de incendio.

En la Fotografía 5-10 se muestran imágenes del estanque de Agua de Dilución y Lavado.

**Fotografía 5-10: Estanque de Agua de Dilución y Lavado y Válvulas**

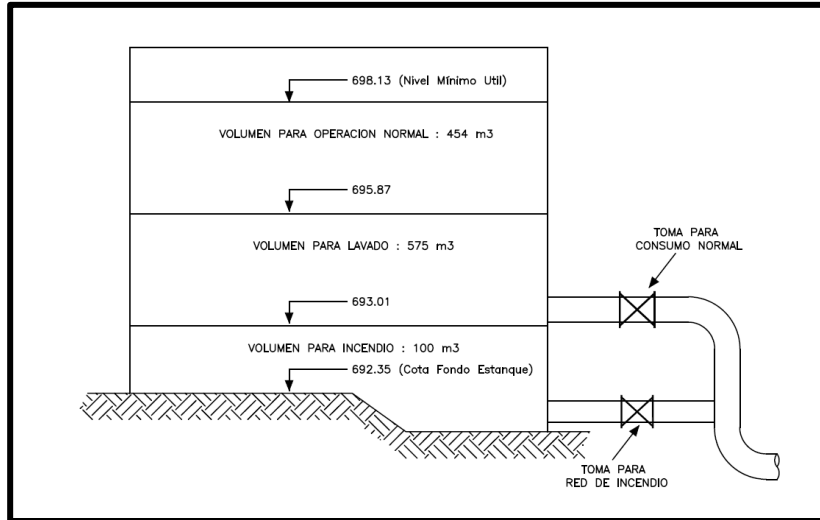


Válvula línea agua para lavado de Línea 2.

Línea inferior para acceso a volumen de incendio del Estanque de Dilución

En la Figura 5-4 se muestra un esquema de la distribución de la capacidad del estanque para cada uno de los requerimientos del sistema (volumen operación normal, volumen para lavado y volumen para red de incendio).

**Figura 5-4: Capacidad del estanque de Agua de Dilución y Lavado**



A continuación, se describen los requerimientos de agua de dilución y lavado del SDCR y CM incluyendo una breve descripción de la red de incendio.

### Agua de Lavado a Cajón Distribuidor

El suministro de agua de lavado al cajón distribuidor se realiza mediante tubería de 3" de diámetro y una bomba centrífuga horizontal con una potencia de 10 HP. El agua de lavado para el resto de los puntos se proporciona gravitacionalmente.

El lavado de los cajones es eventual y se realiza con una línea de 3" alimentada desde el Estanque Agua de Dilución y Lavado mediante una bomba centrífuga horizontal. Este tiene como objetivo lavar el cajón para realizar inspecciones y mantenimiento cuando el sistema está detenido. En la Fotografía 5-11 se muestra imágenes de la bomba centrífuga ubicada en el estanque de dilución y lavado y el punto de adición de agua al cajón de distribución.

**Fotografía 5-11: Agua de Lavado a Cajón Distribuidor a Muro**



Bomba de impulsión agua de lavado



Manguera agua de lavado en cajón de distribución



## Lavado Línea de Conducción y Distribución de Relaves

El suministro se realiza mediante una tubería de 16" que inyecta agua a las líneas de relaves. El sistema posee dos válvulas de accionamiento manual local, una ubicada a la salida del estanque de dilución y otra ubicada en un arranque de agua nuevo realizado desde la línea de envío de agua al cajón de alimentación ciclones (ver Fotografía 5-12). El flujo de agua escurre gravitacionalmente y se inyecta directamente a las líneas para realizar el lavado del tramo de las líneas que conducen los relaves.

**Fotografía 5-12: Válvulas Tubería de Agua de Lavado a Línea 2**



Válvula de accionamiento manual ubicada a la salida del Estanque de Dilución y Lavado

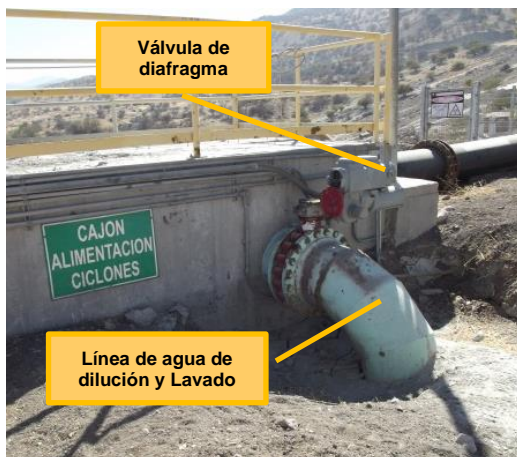


Válvula de accionamiento manual ubicada previo a su conexión con la Línea 1 y 2

## Agua de Dilución y Lavado a Cajón Alimentación Ciclones

El agua de dilución y lavado que ingresa como alimentación de ciclones se suministra con una línea de 20" de diámetro y 60 m de longitud. La adición se realiza mediante una válvula de diafragma, controlada en forma automática con un medidor de densidad que se encuentra en la línea de descarga de dicho cajón o en modo manual remoto desde Consola. En la Fotografía 5-13 se muestra la línea de agua que ingresa al cajón de alimentación de ciclones y la válvula de diafragma que en la última imagen indica un porcentaje de abertura de 44%.

**Fotografía 5-13: Dilución y Lavado a Cajón Alimentación Ciclones**



Tubería Agua de Dilución



Visor % Abertura

### Agua de dilución a Clasificación de Relaves

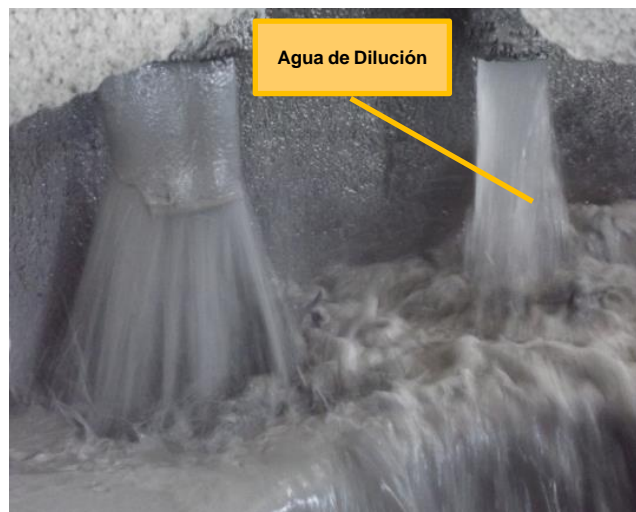
La línea de agua que alimenta el anillo de reciclones de forma independiente del resto del sistema de agua, comienza en el Estanque de Dilución y Lavado y finaliza en la Torre de Ciclonos. Es de aproximadamente 1,35 km de longitud y 18" de diámetro. En la Fotografía 5-14 se muestra la tubería de agua que alimenta el anillo de reciclones.

**Fotografía 5-14: Tubería de Agua de Alimentación al Anillo de Reciclones**



En la Fotografía 5-15 se muestra la adición de agua de dilución al Estanque Colector de Underflow de Reciclones.

**Fotografía 5-15: Agua de Dilución en Estanque Colector Underflow Reciclones**



Los reciclones y las cubas de descarga de arenas y lamas son lavados utilizando el agua empleada en el lavado del sifón (línea 3). Adicionalmente, en el área de clasificación existen arranques con conexiones para mangueras provenientes de la nueva línea que conduce agua a Clasificación.

## Agua de Lavado a Sistema de Clasificación

El agua para el lavado de esta área se obtiene desde el Estanque de Agua de Dilución y Lavado a través de una tubería de 12" de diámetro y 1.400 m de longitud aproximadamente y que se reduce a 10" antes de entrar a la planta de clasificación.

La adición de agua de lavado es eventual y cumple con el objetivo de permitir la inspección y la mantención de los estanques.

## Agua de Dilución y Lavado a Sistema de Bombeo de Arenas

El agua para la dilución y lavado del Estanque Agitador de Arenas se suministra con una línea de 10" de diámetro que arranca de la matriz principal de 12" proveniente del estanque de agua de dilución. La adición del agua de dilución se efectúa mediante una válvula de bola controlada manualmente. El agua de lavado a la línea de impulsión de arenas se suministra mediante un arranque en 8" de diámetro desde la matriz principal y se controla mediante una válvula pinch manual.

## g) Sistema Evacuador de Crecidas

El sistema Evacuador de Crecidas opera sólo en casos de emergencia, durante crecidas y en condiciones tales que las descargas al diluirse con las aguas naturales cumplan con las normas de agua para riego. Actualmente este sistema se compone de una Torre de Evacuación vertical, túnel evacuador, y canal evacuador de crecidas. Este sistema permite verter el agua a un pozo de disipación desde el cual entra, sin presión, a un túnel que la conduce hasta un canal que descarga aguas abajo del depósito.

Es una estructura vertical de sección horizontal rectangular, con forma de peineta y tres vanos independientes de 1,0 m de luz cada uno y una altura máxima de caída de 25 metros. Cada vano posee un umbral de vertimiento variable, que se consigue con la instalación de losetas de hormigón, a medida que sube el nivel de relaves depositados. Además, tiene compuertas móviles que permiten regular el nivel de la laguna y en particular, permiten bajar el nivel de agua después de una crecida. Para la colocación de las losetas se ha considerado un teclé manual que corre por una viga monorriel soportada en una estructura de tipo metálico, desde donde las losetas son traspasadas a los tecles eléctricos que las bajan hacia su ubicación definitiva en los vanos. La torre ha sido diseñada para operar con una carga de 3,0 m, con lo cual consigue una capacidad de evacuación de 25 m<sup>3</sup>/s. Adicionalmente, cuando los vanos se encuentran con sus compuertas móviles cerradas, permiten que éstos operen con una carga máxima de 1,5 m, logrando de este modo una capacidad de evacuación variable y a voluntad entre 0 y 10 m<sup>3</sup>/s según se fijan los umbrales de operación de las losetas

- **Torre de Evacuación:** Se sitúa en el costado sur-poniente de la laguna de agua clara. Es una estructura vertical de sección horizontal rectangular, con forma de peineta y tres vanos independientes de 1,0 m de luz cada uno y una altura máxima de caída de 25 m (Fotografía 5-16).

La operación de la torre evacuadora debe ser consultada y acordada con la Superintendencia de Recursos Hídricos y Relaves en todos los casos.

- **Túnel Evacuador de Crecidas:** Considera una sección tipo herradura, con ancho basal de 4,5 m y una altura total de 4,5 m. Su longitud es de 1.846 m y posee una pendiente uniforme de 0,4%. Se ubica en la ladera poniente y el escurrimiento en su interior es en régimen de río con un caudal de diseño de 25 m<sup>3</sup>/s.
- **Canal Evacuador de Crecidas:** Es un canal de sección trapecial diseñado en tierra. Su ancho basal es de 4,5 m, pendiente de 0,03%, talud de 1/1 y una longitud de 4.335 m. El escurrimiento es en régimen de río con un caudal de diseño de 25 m<sup>3</sup>/s.

**Fotografía 5-16: Torre de Evacuación**



Plataforma Torre de Evacuación



Torre de Evacuación

## h) Sistema de Aguas Recolectada de Drenes

El sistema de drenaje está diseñado para captar la mayor parte del agua empleada en el transporte de arenas al muro que percolan a través del talud del muro en construcción, las aguas lluvias percoladas desde la superficie y las filtraciones bajo la presa.

Las aguas del drenaje del muro son conducidas por gravedad hasta dos sentinas, llamadas Oriente y Poniente. La Sentina Poniente cuenta con dos bombas verticales (1 op / 1 stand by), para impulsar las aguas captadas hasta la Sentina Oriente. Desde esta última, el total del agua captada es impulsada por cuatro bombas (3 op / 1 stand by) hasta el cajón de lamas, o a la Piscina de Dilución y Lavado, de acuerdo a los requerimientos del proceso.

A las sentinas oriente y poniente también llega el agua captada en los pozos vialidad norte PVN 1, PVN 2 y PVN 3. Estos pozos tienen como objetivo monitorear el agua infiltrada desde la cubeta y su operación es eventual. Cuando están operando, el pozo PVN 1 y PVN 2 envían el agua hacia la sentina poniente y el pozo PVN 3 la envía hacia la sentina oriente, el flujo de cada pozo es de aproximadamente 50 l/s.

Los afloramientos de agua al pie del muro, que escurren superficialmente a través de quebradas llegan a los pozones VN1 y VN2 en la vialidad norte. El resto del escurrimiento continúa aguas abajo hasta llegar a los pozones VS1 y VS2 de la vialidad sur.

### Sentina Poniente

La Sentina Poniente, tiene un volumen útil de 65 m<sup>3</sup>, con el objetivo de permitir un tiempo de partida de las bombas superior a 30 minutos. Cuenta con dos bombas verticales, tamaño 10"x16½", cada una con motor trifásico de 60 HP, 1.450 rpm y capacidad de bombeo de 120 l/s (ver Tabla 5-1:). Considerando una bomba en operación y otra de reserva, se impulsan las aguas captadas hasta la Sentina Oriente a través de una cañería de 12" de diámetro y 1.290 m de longitud.

**Tabla 5-1: Bombas Sentina Poniente**

Bomba Eje Vertical	Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m.c.a.)
5740-15100-05	432	26
5740-15100-06	432	26

Los pozos que alimentan la Sentina Poniente son los pozos y uno de los pozones Vialidad Norte, que captan los afloramientos de agua del muro del Embalse (Ver Tabla 5-2:).

**Tabla 5-2: Bombas que descargan en Sentina Poniente**

Pozo / Pozón		Bomba Multietapa Asociada	Q (m³/h)	Q (l/s)
VN-1		5750-15200-04	45	12,5
PVN-1		5750-15200-01	108	30
PVN-2		5750-15200-02	54	12

### Sentina Oriente

La Sentina Oriente tiene un volumen útil de 100 m³, calculado con el mismo objetivo anterior (Ver Tabla 5-3). La alimentación de la sentina oriente es efectuada por un pozo PVN-3, el pozón Vialidad Norte y la Sentina Poniente, que captan los afloramientos de agua del muro de dicho sector como se indica en la Tabla 5-3.

**Tabla 5-3: Bombas que descargan en Sentina Oriente**

POZO / POZÓN	BOMBA MULTIETAPA	Q (m³/h)	Q (l/s)
VN-2	5750-15200-03	45	12,5
PVN-3	5750-15200-05	144	40

Para la impulsión del agua captada cuenta con cuatro bombas verticales (tres en operación y una de reserva), de tamaño 8"x16½", cada una con motor trifásico de 100 HP, 1.450 rpm y capacidad de bombeo de 67,0 l/s por cada línea de impulsión, como se indica en la Tabla 5-4.

**Tabla 5-4: Bombas Sentina Oriente**

BOMBA EJE VERTICAL	Q (m³/h)	Q (l/s)	H (m.c.a.)
5740-15100-01	241,2	67	86
5740-15100-02	241,2	67	86
5740-15100-03	241,2	67	86
5740-15100-04	241,2	67	86

## i) Sistema de Aguas Infiltradas

El Manejo de infiltraciones se efectúa a través de la barrera hidráulica cuyo propósito es movilizar un caudal aproximado de 200 l/s de agua y recircularlas al proceso para controlar el avance de la pluma de contaminación. La barrera hidráulica, emplazada paralela a la Vialidad Sur, está compuesta por un

(1) pozo de bombeo PBID (PBID5), 23 pozos PBH y 2 pozones que descargan en la Sentina Sur para luego ser reimpulsada al Estanque Dilución.

Para determinar el comportamiento del acuífero frente a la operación de la barrera hidráulica, se dispone de una red de monitoreo adicional a los controles establecidos en la RCA-275-B, con el propósito de recopilar información permanente para definir las estrategias operacionales de la barrera hidráulica.

Debido a criterios ambientales el flujo captado debe ser cuantificado y recirculado al depósito, evitando su paso hacia aguas abajo.

Las variables de control monitoreadas son: pH, conductividad, caudal y nivel de la napa freática de la red de pozos de monitoreo del acuífero.

La operación de esta barrera es realizada desde la sala panel cordillera, quienes tienen la responsabilidad de la continuidad de operación de los pozos que conforman la barrera hidráulica, de acuerdo a los parámetros establecidos.

Para efectos de este manual queda fuera del alcance la descripción y operación del sistema de manejo de infiltraciones mediante la barrera hidráulica.

## **5.2 FILOSOFIA OPERACIONAL**

En este capítulo se describen los conceptos básicos operacionales y los principales aspectos del control de la operación normal en los principales subsistemas del Manejo de Aguas.

### **5.2.1 Manejo de Agua de la Laguna**

Las consideraciones de operación del manejo de aguas de la laguna, las variables relevantes que deben ser monitoreadas, así como también la identificación de las alarmas y enclavamientos del sistema se describen a continuación y se presentan en forma esquemática en la Figura 5-5.

#### **a) Consideraciones de Operación**

El depósito de relaves operará normalmente sin descargar aguas claras hacia los cursos ubicados aguas abajo. Solo podrá descargar en ocasiones de emergencia, durante crecidas y en condiciones tales que al mezclarse aguas abajo con aguas naturales, se diluyan a un punto tal que cumplan con las normas de agua de riego.

Para mantener una operación segura del embalse es necesario tener control de la ubicación de la laguna de aguas claras respecto del muro, así como también del volumen total del agua acumulada en la cubeta.

La operación se realiza bajo las siguientes consideraciones:

- El agua de la laguna que es captada y conducida a través del canal de contorno será utilizada como agua de dilución y de lavado del sistema de disposición y clasificación de relaves, riego y red de incendio.
- En cualquier época, excepto en ocasión de lluvias intensas, el canal de contorno opera como conductor de las aguas claras.
- Durante la ocurrencia de lluvias intensas, el canal de contorno opera como interceptor de escurrimientos de aguas naturales, por lo que se debe suspender el bombeo desde el muelle

de aguas claras, a fin de evitar la mezcla de aguas lluvia con las aguas del embalse. Esto implica la suspensión de las operaciones de clasificación y el bombeo de arenas, situación que está prevista en los tiempos de operación y la disponibilidad del sistema. Adicionalmente, aplicar lo indicado en el procedimiento "Actuación en Caso de Emergencia en Proceso Relaves".

- Las aguas lluvias captadas por el canal de contorno Oriente deben ser desviadas aguas abajo del depósito.
- Aguas lluvias captadas por el Canal de Contorno Poniente deben ser desviadas al Canal Evacuador y desde aguas abajo del depósito.

## **b) Monitoreo de variables**

El Operador de Consola podrá realizar el monitoreo de las siguientes señales de la torre de captación:

- Estados del funcionamiento de motores de bombas.
- Amperaje de cada motor.
- Horas de operación de cada bomba.
- Caudal total de agua bombeada por cada línea de impulsión además del flujo total impulsado.

Junto con lo anterior, la consola entrega un gráfico de tendencias con la información de cada una de las bombas.

## **c) Alarmas**

El operador dispone en la Sala de Control de las siguientes alarmas:

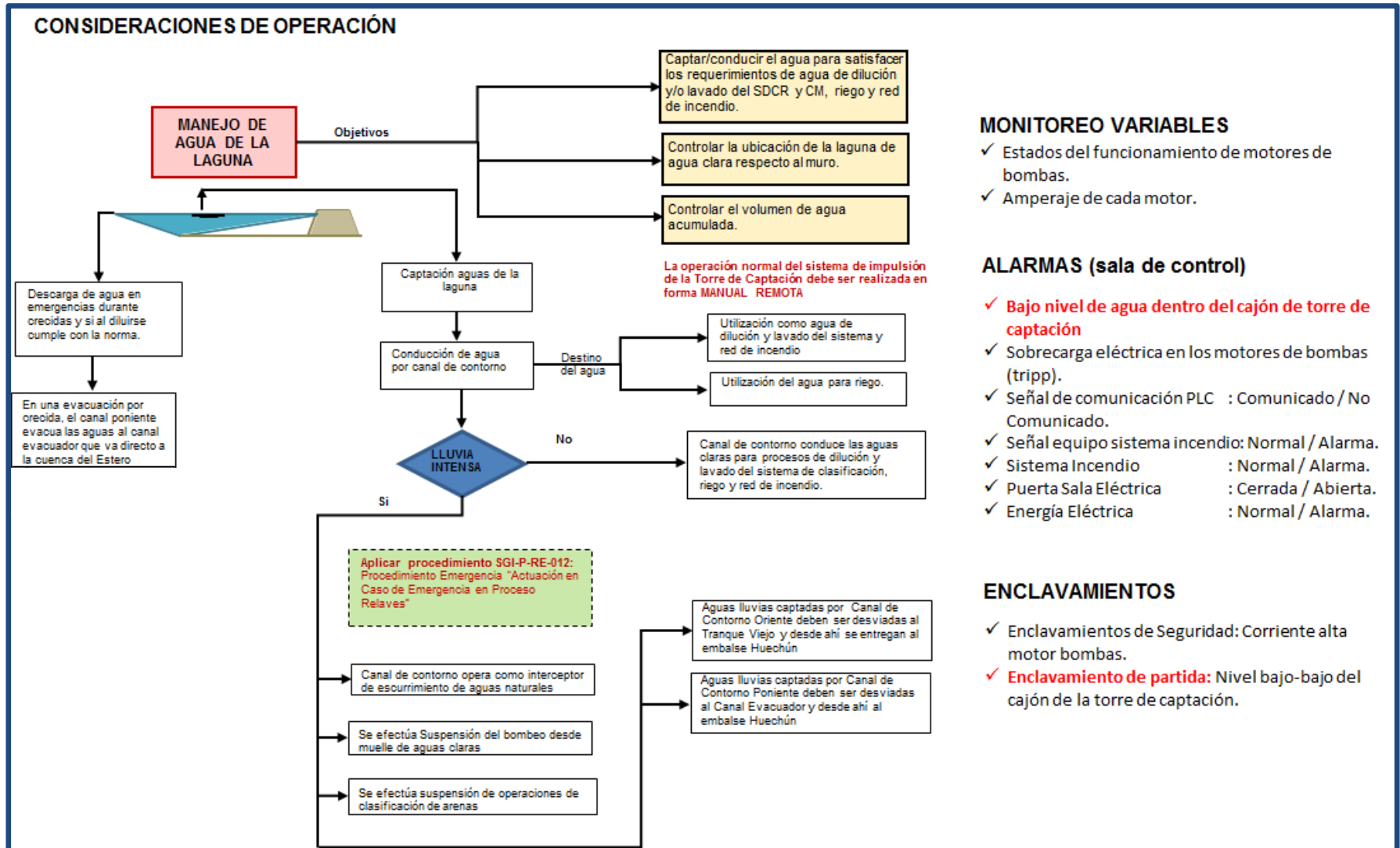
- Bajo nivel de agua dentro del cajón de torre de captación
- Sobrecarga eléctrica en los motores de bombas (tripp).
- Señal de comunicación PLC : Comunicado / No Comunicado.
- Señal equipo sistema incendio : Normal / Alarma.
- Sistema Incendio : Normal / Alarma.
- Puerta Sala Eléctrica : Cerrada / Abierta.
- Energía Eléctrica : Normal / Alarma.

## **d) Enclavamientos**

Los enclavamientos asociados al sistema son:

- Enclavamientos de seguridad: Corriente alta motor bombas.
- Enclavamientos de partida: Nivel bajo-bajo del cajón de torre de captación.

Figura 5-5: Filosofía Operacional Manejo de Agua de la Laguna





## 5.2.2 Alimentación a Estanque de Agua de Dilución y Lavado

Las consideraciones de operación asociadas al flujo de agua que va desde la Piscina de dilución al Estanque de Dilución y Lavado se describen a continuación y se presentan, en forma esquemática, en la Figura 5-6.

### a) Consideraciones de Operación

Este sistema está diseñado para impulsar, desde la Piscina de Agua de Dilución y hasta el Estanque de Agua de Dilución y Lavado, el agua requerida para los procesos de dilución y lavado del SDCR y CM.

La operación del sistema de impulsión desde la Piscina de Agua de Dilución hasta el Estanque de Agua de Dilución y Lavado puede ser manual - remota, en cuyo caso el Operador de Consola de Cerro El Chivato define la partida o parada de cada una de las bombas. En modo automático la operación de las bombas queda definida en función de las señales de los interruptores de nivel instalados en la Piscina Agua de Dilución y en el Estanque Agua de Dilución y Lavado.

### b) Monitoreo de variables

El operador podrá realizar desde la Sala de Control de Cerro El Chivato el monitoreo y control permanente de las siguientes señales:

- Estados de funcionamiento motores de bombas.
- Amperaje de cada motor.
- Caudal total de agua bombeada (FI-5766-01 en pantalla).
- Presión del manifold de impulsión (PI-5766-01 en pantalla).
- Nivel NORMAL / BAJO de piscina de dilución (LALL-5766-01 en pantalla).

### c) Alarmas

La Sala de Control de CEC dispone de las siguientes alarmas asociadas al sistema de alimentación de Piscina a Estanque de Lavado y Dilución:

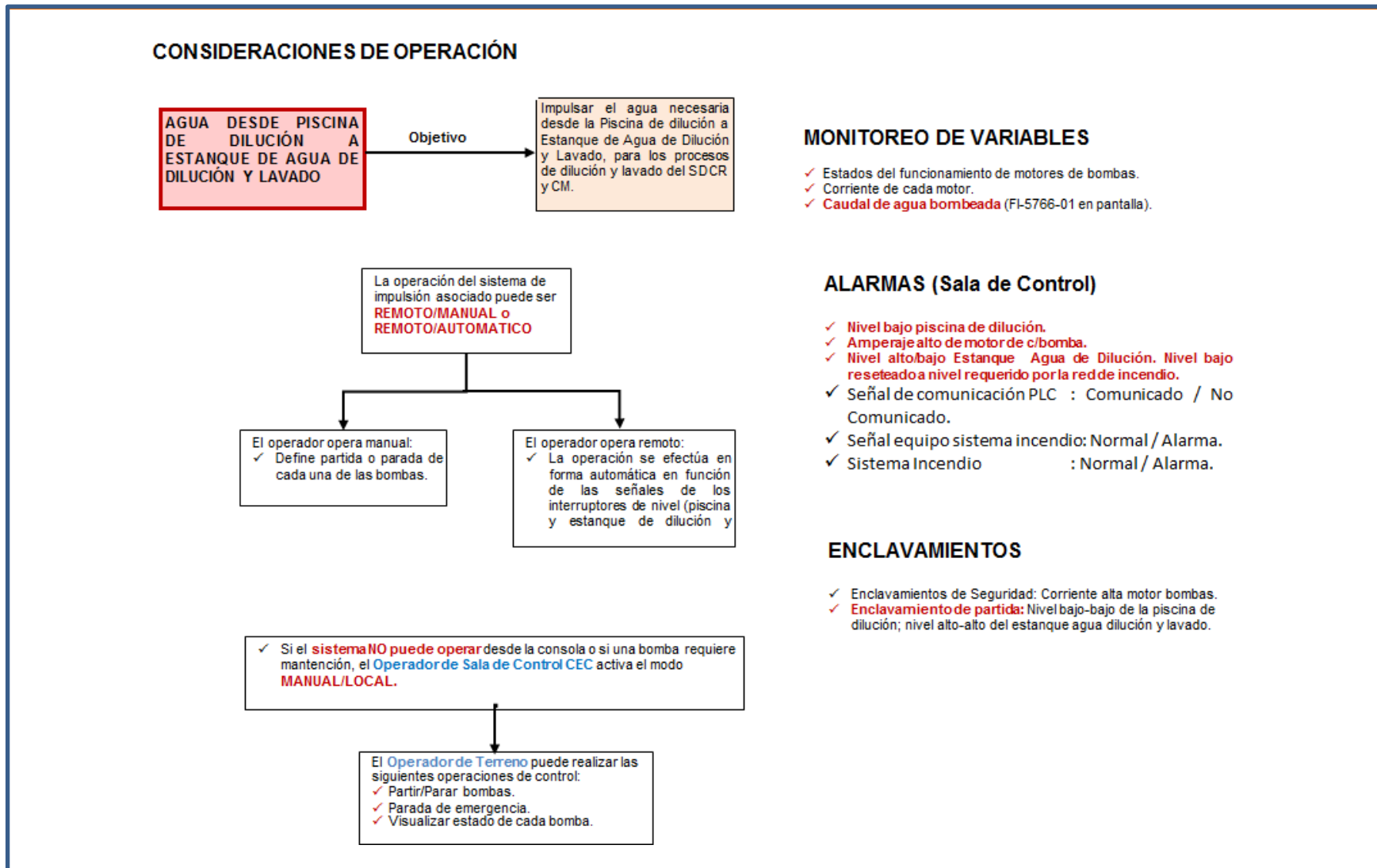
- Nivel bajo piscina de dilución
- Amperaje alto de motor de cada bomba.
- Nivel alto Estanque de Agua Dilución.
- Señal de comunicación PLC : Comunicado / No Comunicado.
- Señal equipo sistema incendio : Normal / Alarma.
- Sistema Incendio : Normal / Alarma.

### d) Enclavamientos

Los enclavamientos asociados a este sistema son:

- Enclavamientos de seguridad: Corriente alta motor bombas.
- Enclavamientos de partida: Nivel bajo-bajo de la piscina de dilución; Nivel alto-alto del estanque agua dilución y lavado.

Figura 5-6: Filosofía Operacional Alimentación de Piscina a Estanque de Lavado y Dilución



## 5.2.3 Agua de Dilución y Lavado

Las consideraciones de operación asociadas al sistema de suministro de Agua de Dilución y Lavado, las variables relevantes que deben ser monitoreadas, así como también la identificación de las alarmas de este sistema se describen a continuación y se presentan en forma esquemática en la Figura 5-7.

### a) Consideraciones de Operación

El Estanque de Agua de Dilución y Lavado cumple la función de servir de cabeza al sistema de agua de dilución, lavado y red de incendio. El diseño del estanque satisface las siguientes condiciones:

- Permitir una operación normal durante 20 a 30 minutos (sin recarga).
- Lavado del sifón y tubería de arena simultáneamente.
- Mantiene reserva de agua para incendio. Es importante señalar que bajo ningún motivo la reserva de agua para incendio del estanque debe ser utilizada con otro propósito.

El estanque cuenta con interruptores de nivel que accionan las bombas, así como una alarma de bajo nivel de agua que alertará al operador para que tome la acción respectiva.

#### Agua de Dilución

Los puntos de consumo de agua de dilución son los siguientes:

- Cajón de alimentación ciclones con lazos de control de densidad donde se adiciona el agua de dilución para alimentar a la batería de reciclones.
- Estanque de descarga de underflow con lazo de control de dilución arenas a depositar en muro.

La adición del agua de dilución para los puntos de consumo indicados es permanente, en la medida que estos se encuentren operando. La descripción de estos sistemas se encuentra en el Manual de Operación del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro (SDCR y CM).

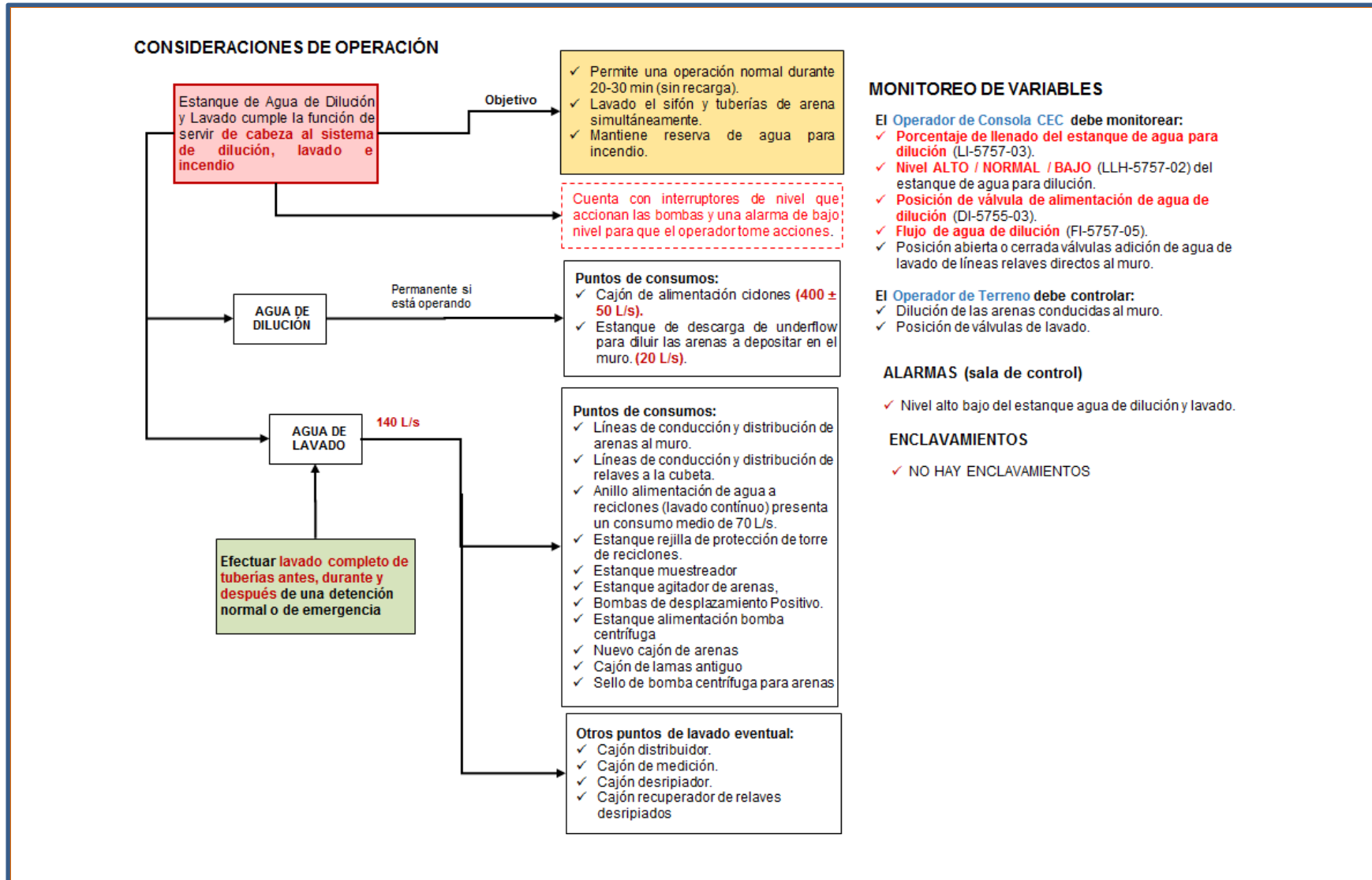
Los consumos medios del agua de dilución son de  $400 \pm 20$  l/s de agua en el cajón de dilución y 20 l/s en el estanque de descarga de underflow para diluir las arenas a depositar en el muro.

#### Agua de Lavado

Los puntos de consumo de agua de lavado son los siguientes:

- Líneas de conducción y distribución de arenas al muro.
- Líneas de conducción y distribución de relaves a la cubeta.
- Anillo alimentación de agua a reciclones (lavado continuo).
- Estanque rejilla de protección de torre de reciclones.
- Estanque muestreador
- Estanque agitador de arenas,
- Bombas de desplazamiento Positivo.
- Estanque alimentación bomba centrífuga
- Nuevo cajón de arenas
- Cajón de lamas antiguo
- Sello de bomba centrífuga para arenas.

Figura 5-7: Filosofía Operacional Agua de Dilución y Lavado



Otros puntos de lavado eventuales son:

- Cajón distribuidor.
- Cajón de medición.
- Cajón desripiador.
- Cajón recuperador de relaves desripiados
- Estructura torre de ciclones.

Cada vez que se realice una parada de las líneas de conducción de relaves a alimentación ciclones, conducción de relaves a la cubeta y/o conducción de arenas al muro, ya sea por detención normal o emergencia, se debe realizar el lavado completo de las tuberías (antes, durante y después) hasta no dejar residuos sólidos en su interior. También se considera el llenado de estas líneas con agua en la partida de la operación, luego de una detención de cualquier tipo.

## **b) Monitoreo de variables**

El Operador de Consola CEC debe monitorear permanentemente las siguientes señales:

- Porcentaje de llenado del estanque de agua para dilución (LI-5757-03).
- Nivel ALTO / NORMAL / BAJO (LLH-5757-02) del estanque de agua para dilución.
- Posición de válvula de alimentación de agua de dilución (DI-5755-03).
- Flujo de agua de dilución (FI-5757-05).
- Posición abierta o cerrada válvulas adición de agua de lavado de líneas relaves directos al muro.

El Operador de terreno debe controlar lo siguiente:

- Dilución de las arenas conducidas al muro.
- Posición de válvulas de lavado.

## **c) Alarmas**

El operador dispondrá en la Sala de Control de las siguientes alarmas:

- Nivel alto y bajo del estanque de agua para dilución y lavado.

### **5.2.4 Agua Recolectada de Drenes**

Las variables de operación que deben ser monitoreadas para el agua recolectada de drenes, así como también la identificación de las alarmas y enclavamientos del sistema se describen a continuación y se presentan en forma esquemática en la Figura 5-8.

#### **a) Consideraciones de Operación**

El sistema de drenaje está diseñado para captar la mayor parte del agua contenida en las arenas dispuestas en el muro, las aguas lluvias percoladas desde la superficie y las filtraciones bajo la presa. Por criterios ambientales esta agua se debe cuantificar y recircular al depósito, siendo descargada en el Estanque Antiguo de Lamas de la Planta de Clasificación, desde donde retorna hacia la cubeta, o a la Piscina de Dilución o Lavado que recibe las agua que son conducidas a través del Canal de Contorno. Esta última opción de manejo del agua recolectada de drenes contribuye a aumentar el agua disponible para satisfacer principalmente los requerimientos de agua para dilución y/o lavado del SDCR y CM.

Cabe señalar que otra fuente de ingreso de agua a la Sentina Poniente deriva del canal evacuador como consecuencia de la captación de aguas naturales provenientes de infiltraciones.

La operación del sistema de aguas recolectada de drenes puede ser REMOTO/AUTOMÁTICO o REMOTO/MANUAL y se realiza desde la Sala panel cordillera bajo las siguientes consideraciones:

#### Modo Remoto/Automático

- Normalmente, el sistema operará en modo REMOTO/AUTOMÁTICO en base a los niveles reportados en la sentina que dependen del caudal entrante. En la medida que dicho caudal sea mayor que el caudal de bombeo subirá el nivel de la sentina e irán partiendo las otras bombas según requerimiento hasta que el caudal de bombeo sea mayor que el caudal de entrada, llegando a tener la totalidad de las bombas operando en condiciones máximas eventuales.
- En la modalidad REMOTO/AUTOMÁTICO el manejo de equipos motorizados y el control de las variables de proceso lo realiza el sistema de control en forma automática.
- El Operador del panel cordillera solamente realiza la partida del sistema de impulsión y entrega los parámetros de operación al sistema de control. Lo que queda registrado en un informe.
- El Operador de panel cordillera define: la secuencia de trabajo de las bombas, niveles extra bajos y altos, la rotación de trabajo de bombas y el control de nivel de las sentinas.
- Si una bomba falla en forma automática será remplazada por la bomba de reserva.

#### Modo Remoto/Manual

En este modo de operación el comando de los equipos y el control de las variables del proceso lo realiza el Operador de panel cordillera, quedando sin efecto los algoritmos de control respectivos. Solamente quedan activos en modo automático los enclavamientos de seguridad. El lazo de control queda funcionando como lazo de control abierto, es decir, el operador de consola podrá realizar las siguientes acciones:

- Selección de Bomba a operar.
- Partir /Parar cada una de las Bombas de Impulsión.

Los enclavamientos de seguridad que estarán vigentes durante este modo de control son:

- Nivel extra bajo Sentinas.
- Nivel extra alto Sentinas.
- Simultaneidad máxima de operación de las Bombas.

Si el sistema no se puede operar desde la consola o si una bomba requiere mantención, el Operador de panel cordillera activa modo MANUAL/LOCAL para que pueda ser operado en terreno.

#### Modo Manual/local

Cuando el Operador de panel cordillera activa modo MANUAL/LOCAL, el Operador de Terreno puede realizar las siguientes operaciones de control:

- Partir/Parar cada bomba.
- Parada de emergencia.
- Visualizar estado de cada bomba.

Cabe señalar que además del agua recolectada del sistema de drenaje, a las sentinas llegan además aportes de agua de los pozones, lo que contribuye a aumentar el volumen de agua en el interior de éstas. A la Sentina Poniente llegan aguas que provienen del pozón VN-1, mientras que a la Sentina Oriente llegan aguas provenientes del pozón VN-2.

El sistema cuenta con medidores de presión a la salida de cada una de las bombas y de un medidor de flujo en cada una de las líneas de impulsión.

Figura 5-8: Filosofía Operacional Agua Recolectada de Drenes

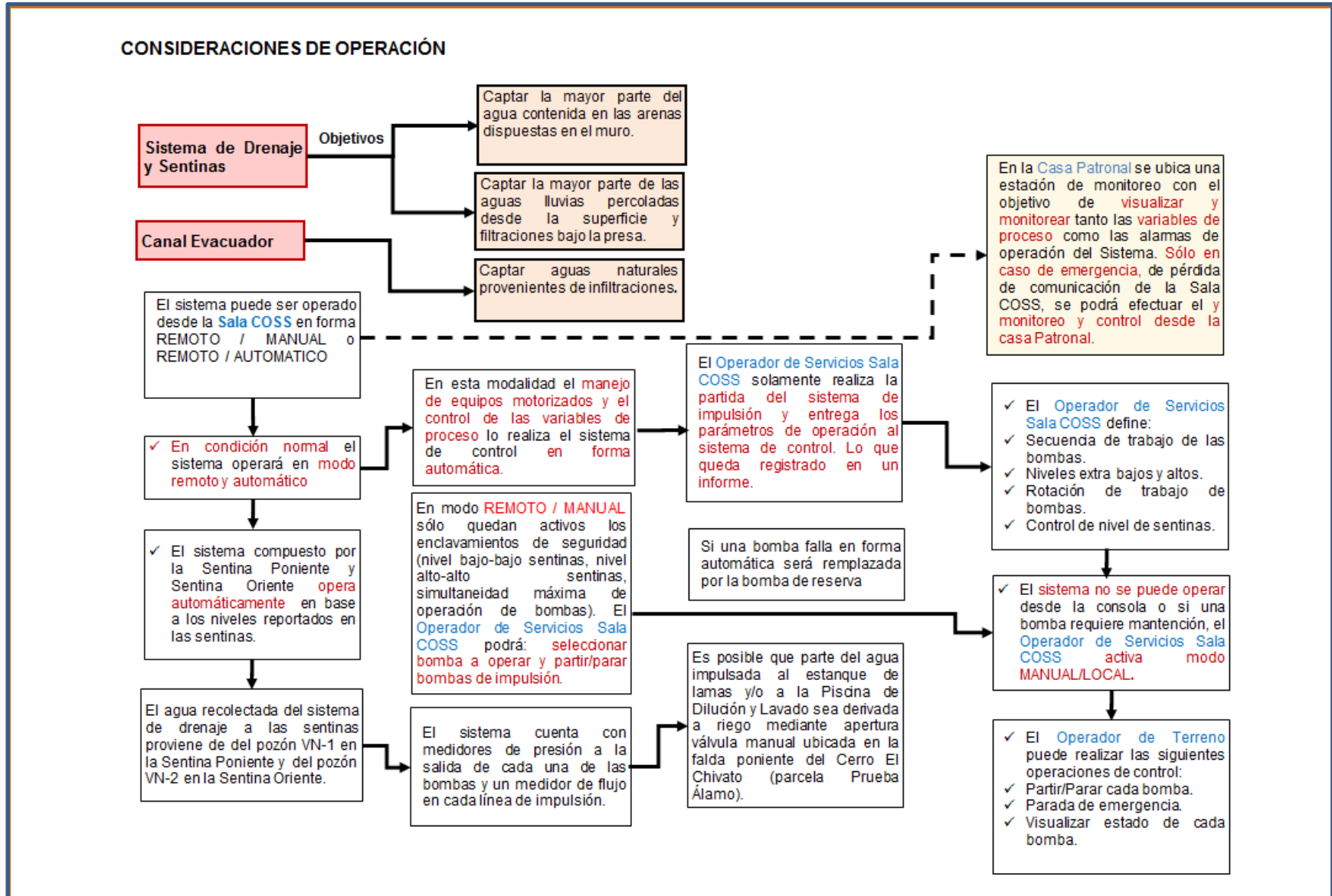


Figura 5-8: Filosofía Operacional Agua Recolectada de Drenes (continuación).

MONITOREO DE VARIABLES
<p><b>Sentinas Oriente y Poniente:</b> <b>Porcentaje nivel de llenado</b> (LI-5740-12 y LI-5740-19). <b>Caudal de agua bombeada</b> (FI-5740-15 y FI-5740-22). <b>Caudal de descarga Bomba Pozo VN-2</b> (FI-056) <b>y VN-1</b> (FI-046). <b>Totalizador de caudal</b> <b>Presión de descarga de líneas</b> (PI-5740-16 y PI-5740-23). Estados de funcionamiento de motores de bombas. Amperaje de cada motor.</p>
ALARMAS
<p><b>Nivel alto</b> sentinas Oriente y Poniente. <b>Nivel bajo</b> sentinas Oriente y Poniente. Sobrecarga eléctrica en los motores de bombas asociadas a bombas sin enclavamiento de seguridad. Falla eléctrica asociada a bombas con enclavamiento de seguridad.</p>
ENCLAVAMIENTOS
<p>Enclavamientos de Seguridad: Corriente alta motor bombas. Nivel bajo Sentinas. Nivel alto/bajo Pozones.</p>

## b) Monitoreo de variables

El operador podrá realizar desde la Sala panel cordillera monitoreo permanente de las siguientes señales:

- Porcentaje de llenado de Sentina Oriente (LI-5740-12) y Sentina Poniente (LI-5740-19).
- Caudal de agua bombeada Sentina Oriente (FI-5740-15) y Sentina Poniente (FI-5740-22).
- Caudal de descarga Bomba Pozo VN-2 en Sentina Oriente (FI-056) y VN-1 en Sentina Poniente (FI-046).
- Caudal totalizador de la Sentina Oriente y Sentina Poniente.
- Presión de descarga de las líneas de Sentina Oriente (PI-5740-16) y Sentina Poniente (PI-5740-23).
- Estados de funcionamiento motores de bombas.
- Corriente de cada motor.

## c) Alarmas

El Operador de panel cordillera dispondrá en la Sala de Control de las siguientes alarmas:

- Nivel alto Sentinas Oriente y Poniente.
- Nivel bajo Sentinas Oriente y Poniente.
- Sobrecarga eléctrica en los motores de bombas.
- Falla eléctrica asociada a bombas con enclavamiento de seguridad.



## d) Enclavamientos

Los enclavamientos asociados al sistema son los siguientes:

- Enclavamientos de seguridad: Amperaje alto en motor de bombas.
- Nivel bajo Sentinas.
- Nivel alto/bajo Pozones.

## 5.2.5 Pantallas de Monitoreo y Control

Los subsistemas que forman parte del Sistema de Manejo de Aguas son monitoreados y controlados parcialmente por la Sala de Control Cerro El Chivato (SCCEC), que es el centro de operación donde se monitorea y controla el SDCR y CM. Los subsistemas que no son monitoreados y controlados por la SCCEC son supervisados y controlados desde la Sala panel cordillera, como se indica en la Tabla 5-5.

Las pantallas asociadas a los subsistemas de Agua Recolectada de drenes y Manejo de Infiltraciones son supervisadas en la Casa Patronal pudiendo realizar una función de control sólo en una condición de emergencia en que la Sala panel cordillera haya perdido comunicación con los sistemas que controla.

**Tabla 5-5: Centros de operación del Sistema de Manejo de Aguas**

Ítem	Subsistema	Centro de Operación
1	Manejo de Agua de la laguna	SCCEC
2	Agua Recolectada de Drenes	Sala Panel cordillera
3	Manejo de Infiltraciones	
4	Alimentación de Piscina a Estanque de Dilución y Lavado	SCCEC
5	Agua de Dilución y Lavado	SCCEC

El monitoreo y operación del Manejo de Aguas se realiza mediante el despliegue de pantallas del sistema FIX, que muestran la información generada por los instrumentos o equipos existentes que forman parte del sistema de control.

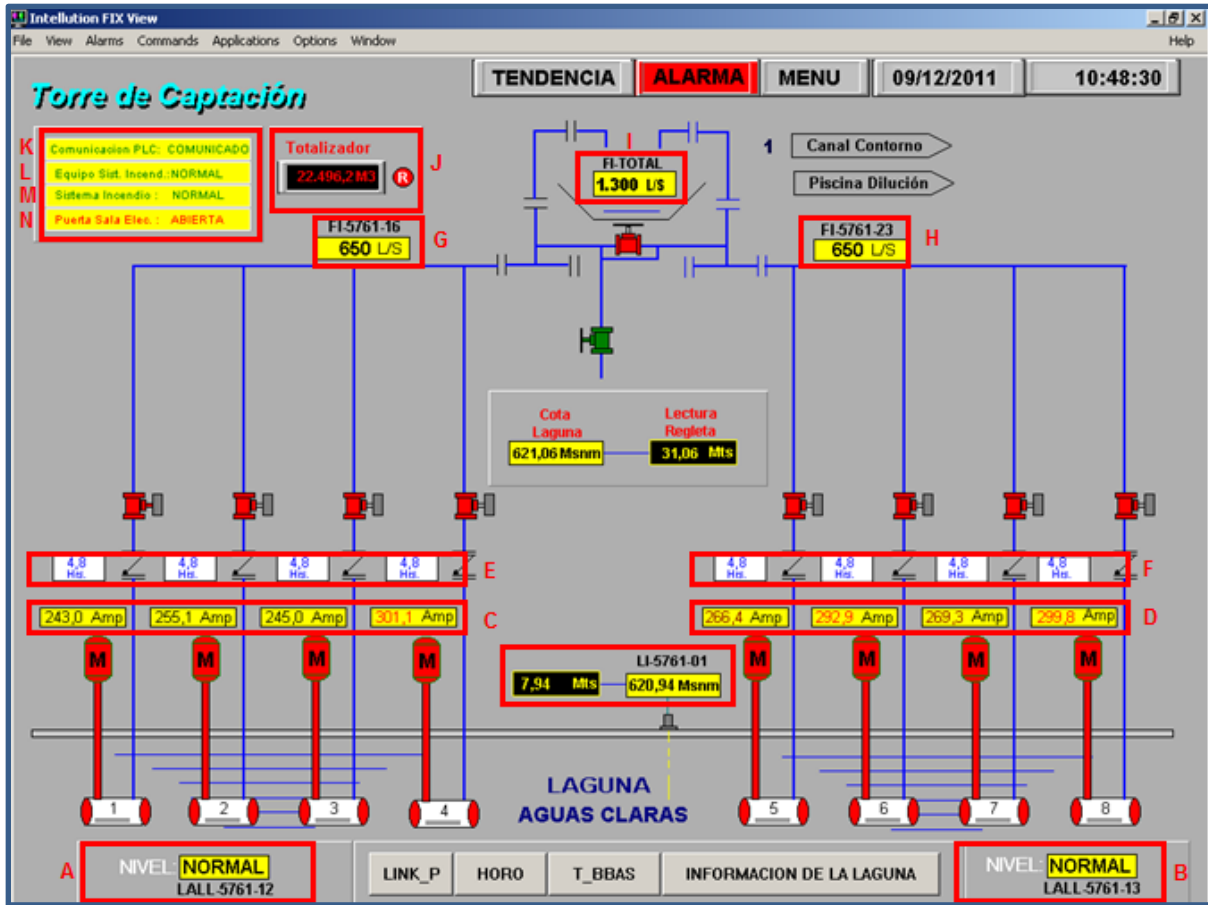
A continuación, se presentarán las pantallas que utiliza cada centro de operación para monitorear y controlar los subsistemas que forman parte del Sistema de Manejo de Aguas, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 5-5. Se destaca que, en algunos casos, como se verá más adelante, los subsistemas del manejo de aguas están insertos en pantallas que son parte del SDCR y CM.

## a) Centro de Operación Sala de Control Tranque

### Pantalla Torre de Captación

La pantalla, que se muestra en la Figura 5-9, permite operar y monitorear el sistema de manejo de agua de la laguna, a través de la supervisión y control del sistema de bombeo en la torre de captación, nivel de agua, impulsión de flujo, etc. La información más relevante que es desplegada en esta pantalla ha sido destacada con color rojo e identificada con un correlativo alfabético para describir su contenido, de acuerdo a la siguiente secuencia:

Figura 5-9: Pantalla Torre de Captación

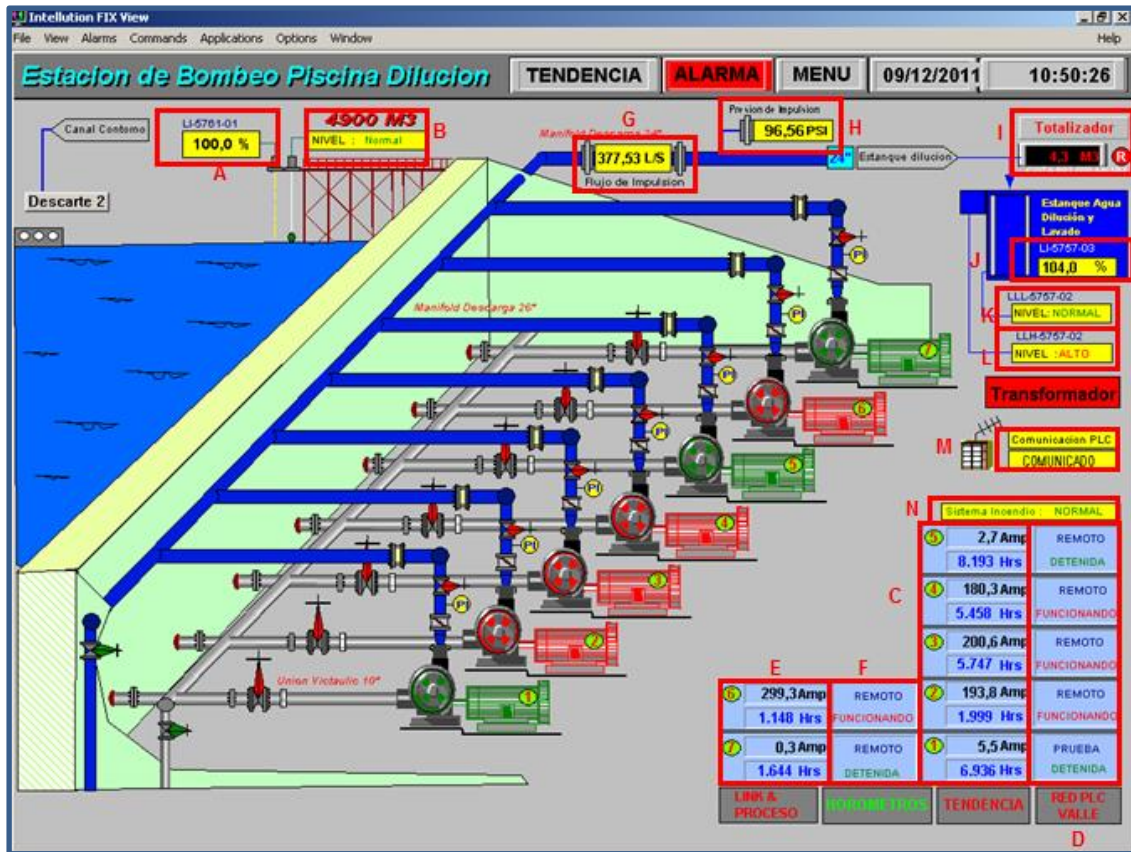


- (A) Alarma de nivel bajo-bajo (LALL-5761-12) y estado del nivel (Normal) asociado a bombas 1 a la 4.
- (B) Alarma de nivel bajo-bajo (LALL-5761-13) y estado del nivel (Normal) asociado a bombas 5 a la 8.
- (C) Amperaje de las bombas 1 a la 4.
- (D) Amperaje de las bombas 5 a la 8.
- (E) Horas de operación de las bombas 1 a la 4.
- (F) Horas de operación de las bombas 5 a la 8.
- (G) Caudal de agua impulsado por manifold asociado a bombas 1 a la 4.
- (H) Caudal de agua impulsado por manifold asociado a bombas 5 a la 8.
- (I) Caudal Total de impulsión enviado a través del canal de contorno.
- (J) Totalizador de flujo de agua impulsado desde la torre de captación.
- (K) Señal que indica el estado de comunicación del PLC (Comunicado / No Comunicado).
- (L) Señal equipo sistema incendio que indica condición Normal o Alarma.
- (M) Señal Sistema Incendio que indica condición Normal o Alarma.
- (N) Señal de estado de la Puerta Sala Eléctrica que indica condición Cerrada o Abierta.
- (O) Señal de estado Energía Eléctrica que indica condición Normal o Alarma.

## Pantalla Estación de Bombeo Piscina de Dilución

La pantalla, que se muestra en la Figura 5-10, permite operar y monitorear la alimentación de agua desde la Piscina al Estanque de Dilución y Lavado a través de la supervisión y control de la estación de bombeo de la Piscina de Dilución y Lavado. La información más relevante que se desplegada en esta pantalla ha sido destacada con color rojo e identificada con un correlativo alfabético para describir su contenido de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación:

Figura 5-10: Estación de Bombeo Piscina Dilución



- (A) Sensor de nivel en la piscina de dilución y lavado (LI-5761-01).
- (B) Alarma de nivel bajo-bajo (LALL-5766-01) y estado del nivel (Normal/bajo) asociado a la piscina de dilución y lavado.
- (C) Amperaje y horas de operación de las bombas 1 a la 5.
- (D) Estado de operación de las bombas 1 a la 5.
- (E) Amperaje y horas de operación de las bombas 6 y 7.
- (F) Estado de operación de las bombas 6 y 7.
- (G) Caudal de agua impulsado desde la piscina al estanque de dilución y lavado.
- (H) Presión en línea de impulsión al estanque de dilución y lavado.
- (I) Totalizador de caudal de agua enviado al estanque de dilución y lavado (FIT-5766-01).
- (J) Sensor de nivel en estanque de dilución y lavado (LI-5757-03).
- (K) Señal de nivel bajo-bajo del estanque de dilución y lavado que indica condición normal o bajo (LLL-5757-02).
- (L) Señal de nivel bajo-alto del estanque de dilución y lavado que indica condición normal o alto (LLH-5757-02).
- (M) Señal que indica el estado de comunicación del PLC (Comunicado / No Comunicado).
- (N) Señal Sistema Incendio que indica condición Normal o Alarma.

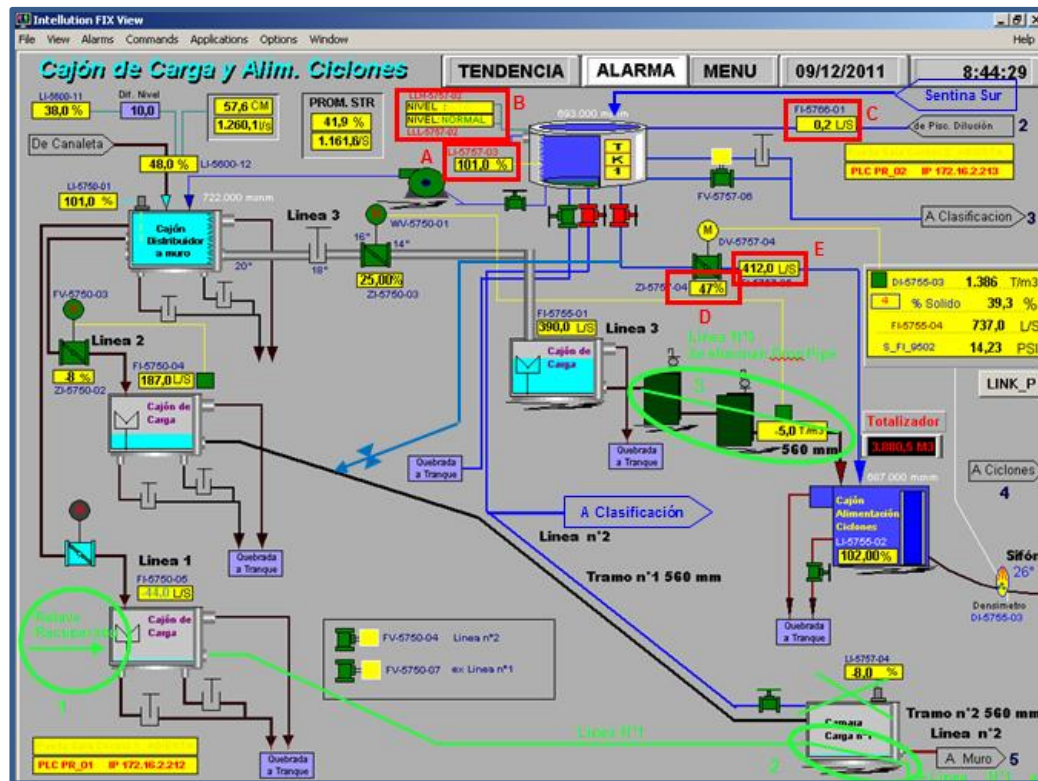
## Pantalla Cajón de Carga y Alimentación Ciclones – Alimentación Agua de Dilución y Lavado

La pantalla que se muestra en la Figura 5-11, no sólo permite operar y monitorear la alimentación de agua de dilución y lavado (líneas azul) sino además parte de los sistemas de: Distribución de Relaves, Conducción de Relaves hacia la Cubeta y Conducción de Relaves a Clasificación (líneas negro).

Se destaca que tanto en el SMA como en el SDCR y CM se han efectuado cambios que no han sido incorporados en las pantallas de este centro de operación. Las modificaciones principales han sido destacadas, con color verde en la Figura 5-11, se enumeran y describen a continuación:

- 1) El agua de lavado se inyecta directamente a la Línea 2 mediante una válvula de operación manual-local ubicada en un arranque de agua nuevo realizado desde la línea de envío de agua al cajón de alimentación ciclones, que actualmente alimenta a la batería de reciclones.
- 2) La cámara de carga N°1 se encuentra fuera de servicio, por lo tanto, la Línea 2 se modificó para realizar un by-pass a esta cámara y continuar su trazado directo hasta las descargas de relave hacia la cubeta ubicadas en el coronamiento del muro principal.
- 3) Debido a que la cámara de carga N°1 está fuera de servicio, la línea de alimentación de agua a esta cámara alimenta a una nueva línea de agua a clasificación, destinada a la inyección de agua a los reciclones.
- 4) El estanque de agua de dilución y lavado recibe agua proveniente de la sentina sur.

Figura 5-11: Pantalla Cajón de Carga y Alimentación Ciclones – Agua de Dilución y Lavado



La información más relevante que despliega la pantalla presentada en la 5-11 ha sido destacada con color rojo e identificada con un correlativo alfabético para describir su contenido de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación.

- (A) Sensor de nivel en estanque agua de dilución y lavado (LI-5757-03).
- (B) Señal de nivel bajo-bajo y bajo-alto del estanque de dilución y lavado que indica condición NORMAL o BAJO (LLL-5757-02) o NORMAL o ALTO (LLH-5757-02).

- (C) Caudal de agua a estanque desde piscina dilución (FI-5766-01).
- (D) Porcentaje de apertura válvula adición agua al cajón de alimentación ciclones (ZI-5757-04) que actualmente alimenta a la batería de reciclones.
- (E) Caudal de agua de dilución inyectado al cajón de alimentación ciclones (FI-5757-05) que actualmente alimenta a la batería de reciclones.

Además, la pantalla indica el estado de operación (abierto/cerrado) de las válvulas on-off a través del color rojo, que indica válvula abierta, y del color verde, que indica válvula cerrada.

### Pantalla Clasificación y Distribución de Relaves – Agua de Dilución y Lavado

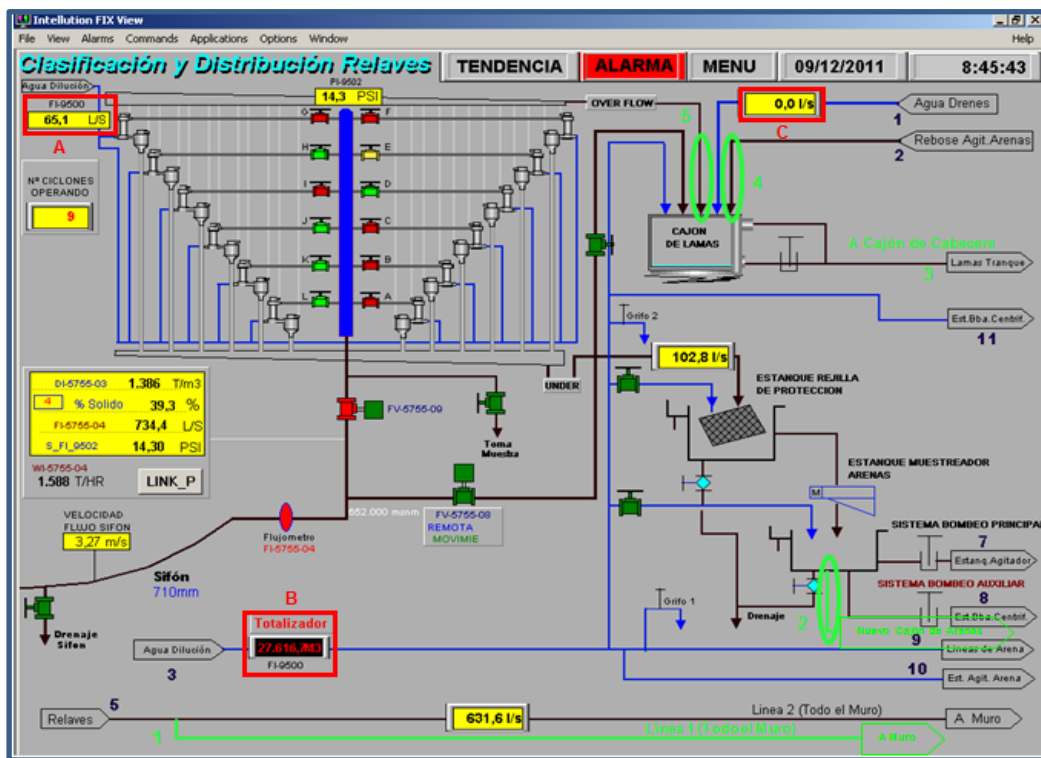
La pantalla que se muestra en la Figura 5-12, no sólo permite operar y monitorear la alimentación de agua de dilución y lavado (líneas de color azul) sino además parte de los sistemas de: Conducción de Relaves a Clasificación y Clasificación de Relaves (líneas de color negro).

Esta pantalla también presenta cambios que no han sido incorporados en forma gráfica. Las modificaciones principales han sido destacadas, con color verde y corresponde a líneas de distribución de arenas, lamas o relaves.

La información de distribución de agua que se despliega en la pantalla presentada en la Figura 5-12 ha sido destacada con color rojo e identificada con un correlativo alfabético para describir su contenido de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación.

- (A) Caudal de agua de dilución a reciclones suministrada al anillo de alimentación de agua a la batería de reciclones y al underflow de estos equipos (FI-9500).
- (B) Totalizador de caudal de agua de dilución a reciclones (FI-9500).
- (C) Caudal de agua drenes, proveniente de la sentina oriente, al cajón de lamas antiguo.

Figura 5-12: Pantalla Clasificación y Distribución de Relaves – Agua de Dilución y Lavado



## Pantalla Bombeo de Arenas – Agua Dilución y lavado

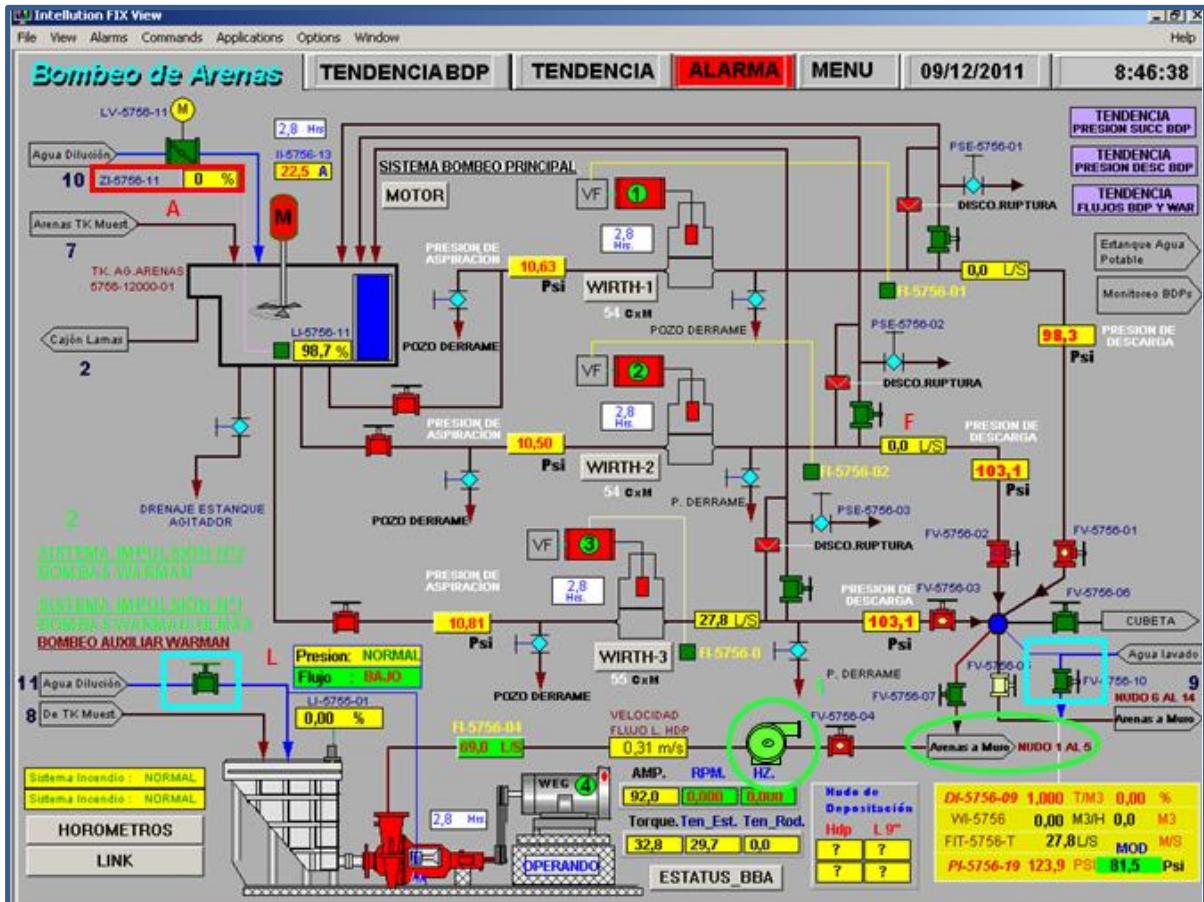
La pantalla que se muestra en la Figura 5-13, permite operar y monitorear el Sistema de impulsión y Distribución de Arenas y mostrar el estado de operación de válvulas que permiten la adición de agua de dilución y lavado. Las líneas de color azul representan las adiciones de agua de dilución y lavado, mientras las líneas negras identifican las corrientes de relave asociados al sistema de impulsión y distribución de arenas.

La información más relevante que despliega esta pantalla correspondiente al agua de dilución es:

- (A) Porcentaje de apertura válvula agua de dilución a estanque agitador (ZI-5756-11)
- (B) Totalizador agua de dilución a clasificación.
- (C) Agua desde drenes a cajón de lamas.

Además, la pantalla indica el estado de operación (abierto/cerrado) de las válvulas on-off a través del color rojo, que indica válvula abierta, y del color verde, que indica válvula cerrada. En la Figura 5-13 se han identificado, con un recuadro celeste, las válvulas asociadas a la adición de agua de dilución y lavado.

Figura 5-13: Pantalla Bombeo de Arenas – Agua Dilución y lavado



## b) Centro de Operación Sala Panel Cordillera

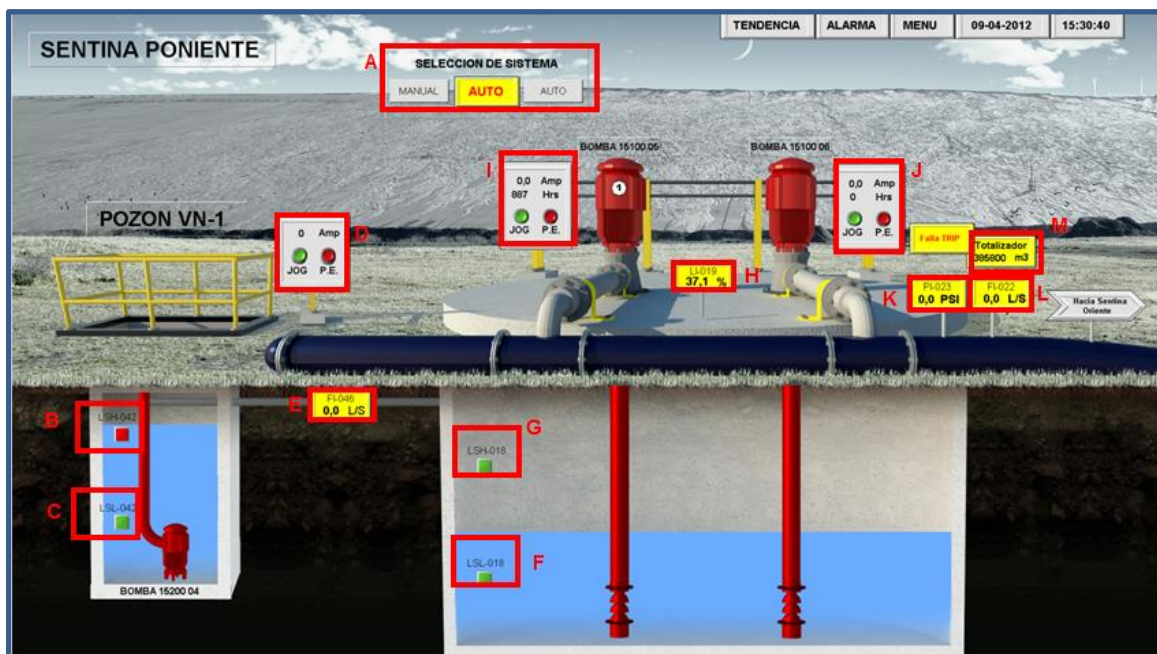
### Pantalla Sentina Poniente

La pantalla que se muestra en la Figura 5-14, permite operar y monitorear las variables relevantes del Sistema de Agua Recolectada de drenes, que corresponden específicamente a la Sentina Poniente. La información más relevante que se despliega en esta pantalla ha sido destacada con color rojo e identificada con un correlativo alfabético para describir su contenido de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación.

- (A) Selección del modo de operación del sistema de recolección de agua de drenes a través de la sentina poniente.
- (B) Interruptor de nivel alto en el Pozón VN-1 (LSL-042). Color rojo indica que ha alcanzado el nivel alto y color verde condición normal.
- (C) Interruptor de nivel bajo en el Pozón VN-1 (LSL-042). Color verde indica condición normal y color rojo indica nivel bajo.
- (D) Amperaje de bomba 15200-04 del Pozón VN-1.
- (E) Caudal de descarga bomba Pozón VN-1 (FI-046).
- (F) Interruptor de nivel bajo sentina poniente (LSL-018). Color verde indica condición normal y color rojo indica nivel bajo.
- (G) Interruptor de nivel alto en la sentina poniente (LSH-018). Color rojo indica que ha alcanzado el nivel alto y color verde condición normal.
- (H) Nivel de la sentina poniente, expresando en % (LI-019).
- (I) Amperaje y horas de operación de la bomba 15100-05 de la sentina poniente.
- (J) Amperaje y horas de operación de la bomba 15100-06 de la sentina poniente.
- (K) Presión de descarga bomba sentina poniente (PI-023).
- (L) Caudal de descarga bomba sentina poniente (FI-022) que es enviado a la sentina oriente.
- (M) Totalizador del Caudal enviado a la sentina oriente.

La operatividad de la bomba se muestra a través del color de ésta. Si la bomba se muestra en color verde indica que la bomba está funcionando, mientras que si se despliega en color rojo indica que la bomba está detenida.

Figura 5-14: Pantalla Sentina Poniente



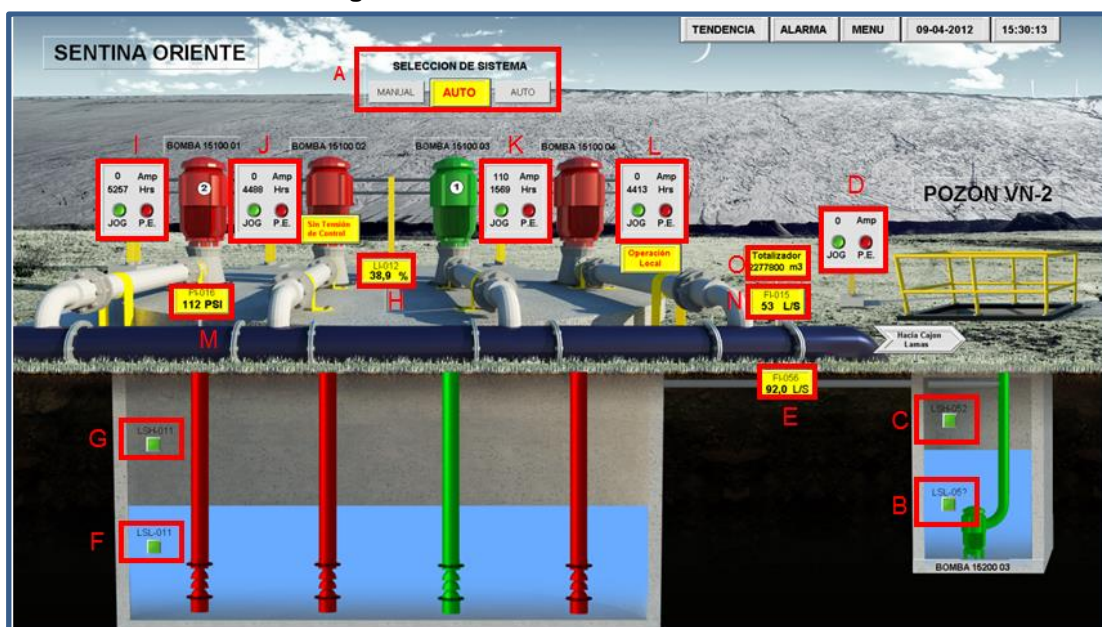
## Pantalla Sentina Oriente

La pantalla que se muestra en la Figura 5-15, permite operar y monitorear las variables relevantes del Sistema de Agua Recolectada de drenes, que corresponden específicamente a la Sentina Oriente. La información más relevante que se despliega en esta pantalla ha sido destacada con color rojo e identificada con un correlativo alfabético para describir su contenido de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación.

- (A) Selección del modo de operación del sistema de recolección de agua de drenes a través de la sentina oriente.
- (B) Interruptor de nivel bajo en el Pozón VN-2 (LSL-052). Color verde indica condición normal y color rojo indica nivel bajo.
- (C) Interruptor de nivel alto en el Pozón VN-2 (LSL-052). Color rojo indica que ha alcanzado el nivel alto y color verde condición normal.
- (D) Amperaje de bomba 15200-04 del Pozón VN-2.
- (E) Caudal de descarga bomba Pozón VN-2 (FI-056).
- (F) Interruptor de nivel bajo sentina oriente (LSL-011). Color verde indica condición normal y color rojo indica nivel bajo.
- (G) Interruptor de nivel alto en la sentina oriente (LSH-011). Color rojo indica que ha alcanzado el nivel alto y color verde condición normal.
- (H) Nivel de la sentina oriente, expresando en % (LI-012).
- (I) Amperaje y horas de operación de la bomba 15100-01 de la sentina oriente.
- (J) Amperaje y horas de operación de la bomba 15100-02 de la sentina oriente.
- (K) Amperaje y horas de operación de la bomba 15100-03 de la sentina oriente.
- (L) Amperaje y horas de operación de la bomba 15100-04 de la sentina oriente.
- (M) Presión de descarga bomba sentina oriente (PI-016).
- (N) Caudal de descarga bomba sentina oriente (FI-056) que es enviado hacia al cajón de lama antiguo o a la piscina de dilución y lavado. Cabe señalar que esta última opción de envío de agua no está representada en la pantalla de monitoreo y control de la sentina oriente.
- (O) Totalizador del Caudal enviado al cajón de lama antiguo y/o a la piscina de dilución y lavado.

La operatividad de la bomba se muestra a través del color desplegado de la bomba en pantalla. Si la bomba se muestra en color verde indica que la bomba está funcionando, mientras que si se despliega con coloración roja indica que la bomba se encuentra detenida.

Figura 5-15: Pantalla Sentina Oriente





## Pantalla Sector Vialidad Sur 1

La pantalla que se muestra en la Figura 5-16, permite operar y monitorear las variables relevantes del manejo de infiltraciones, que corresponden específicamente al Sector de Vialidad Sur 1. La información más relevante que se despliega en esta pantalla ha sido destacada con color rojo e identificada con un correlativo alfabético para describir su contenido de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación.

Figura 5-16: Sector Vialidad Sur 1



- (A) Selección del modo de operación del Sector de Vialidad Sur 1.
- (B) Conductividad del agua del pozo PBID-5 (CI-148) y de los pozos de la barrera hidráulica PBH-7/8/9/10/12/13/14 (CI-218/228/238/248/318/328/338).
- (C) pH del agua de los pozos PBID-5 (AI-150) y PBH-7/8/9/10/12/13/14 (AI-220/230/240/250/320/330/340).
- (D) Caudal de descarga de la bomba del pozo PBID-5 (FI-146) y de las bombas de los pozos de la barrera hidráulica PBH-7/8/9/10/12/13/14 (FI-216/226/236/246/316/326/336).
- (E) Presión de descarga de la bomba del pozo PBID-5 (PI-144) y de las bombas de los pozos de la barrera hidráulica PBH-7/8/9/10/12/13/14 (PI-214/224/234/244/314/324/334).
- (F) Nivel del pozo PBID-5 (LI-142) y de los pozos de la barrera hidráulica PBH-7/8/9/10/12/13/14 (LI-212/222/232/242/312/322/332), expresado en m.
- (G) Alarma nivel bajo del pozo PBID-5 (LAL-142) y de los pozos de la barrera hidráulica PBH-7/8/9/10/12/13/14 (LAL-212/222/232/242/312/322/332).
- (H) Amperaje y horas de operación de la bomba del pozo PBID-5 y de las bombas de los pozos de la barrera hidráulica PBH-7/8/9/10/12/13/14.
- (I) Interruptor de nivel bajo del pozón VS-2 (LSL-282). Color verde indica condición normal y color rojo indica nivel bajo.
- (J) Interruptor de nivel alto del pozón VS-2 (LSH-282). Color rojo indica que ha alcanzado el nivel alto y color verde condición normal.
- (K) Amperaje de la bomba del pozón VS-2.
- (L) Caudal de descarga de la bomba del pozón VS-2 (FI-286).

La operatividad de la bomba se muestra a través del color desplegado de la bomba en pantalla. Si la bomba se muestra en color verde indica que la bomba está funcionando, mientras que si se despliega con coloración roja indica que la bomba se encuentra detenida.

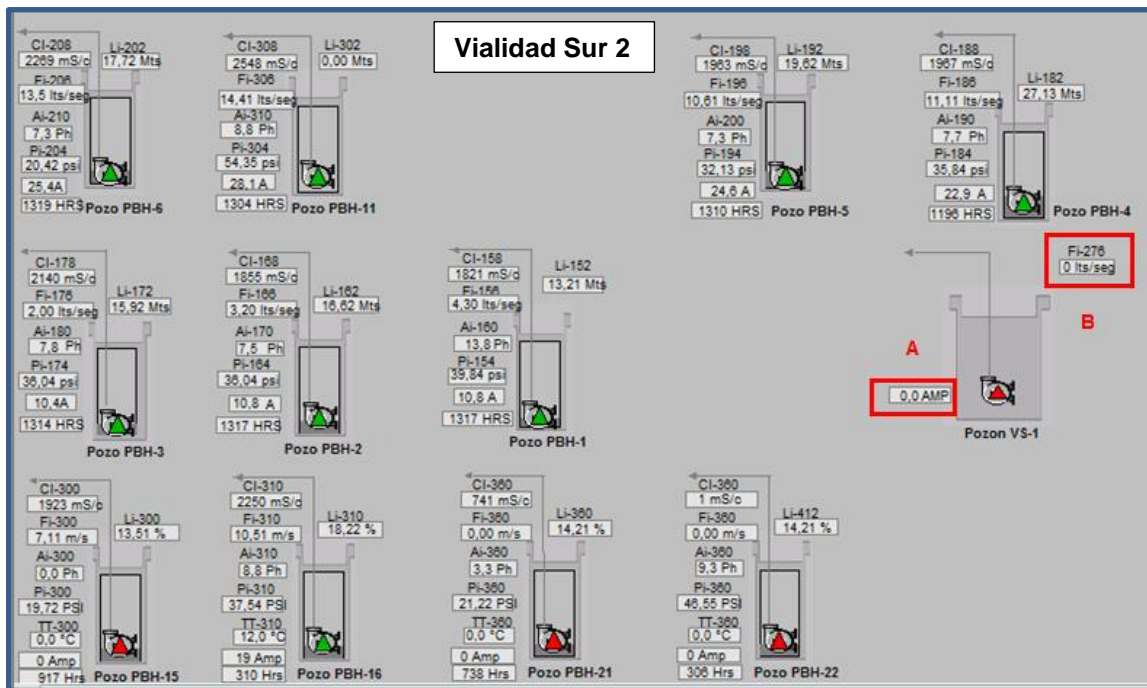
## Pantalla Sector Vialidad Sur 2

La pantalla que se muestra en la Figura 5-17, permite monitorear las variables relevantes del manejo de infiltraciones, que corresponden específicamente al Sector de Vialidad Sur 2. La información más relevante que se despliega en esta pantalla ha sido destacada con color rojo e identificada con un correlativo alfabético para describir su contenido de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación.

- (A) Amperaje de la bomba del pozón VS-1.
- (B) Caudal de descarga de la bomba del pozón VS-1 (FI-276).

La operatividad de la bomba se muestra a través del color de la bomba desplegado en pantalla. Si la bomba se muestra en color verde indica que la bomba está funcionando, mientras que si se despliega con coloración roja indica que la bomba se encuentra detenida.

Figura 5-17: Sector Vialidad Sur 2



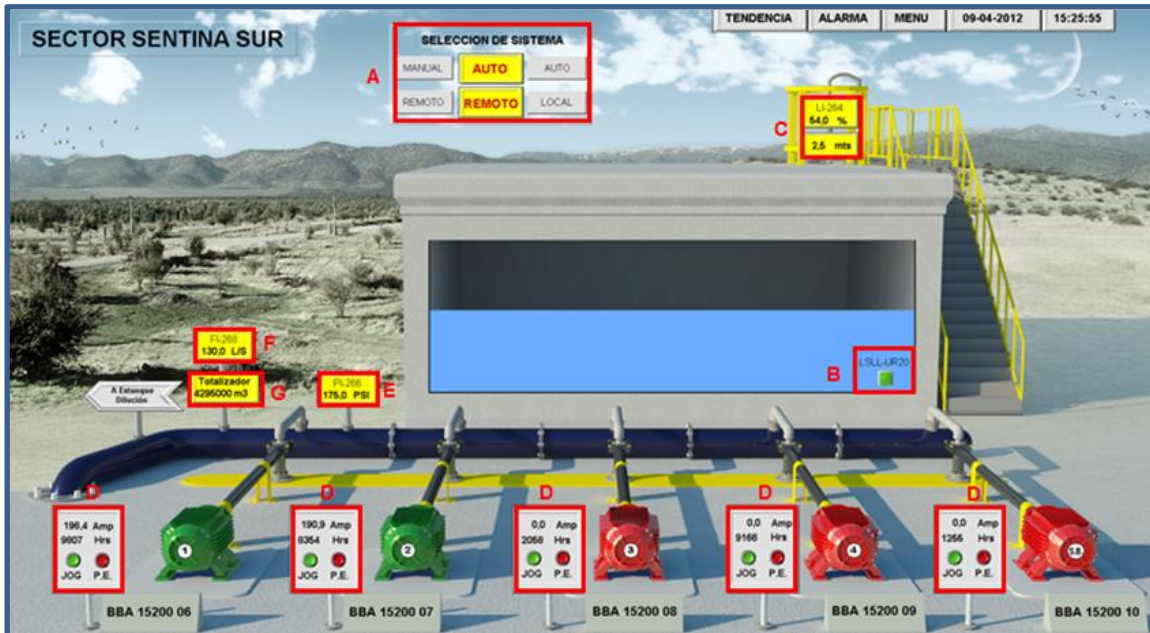
## Pantalla Sentina Sur

La pantalla que se muestra en la Figura 5-18, permite operar y monitorear las variables relevantes del Sistema de Manejo de Infiltraciones, que corresponden específicamente a la Sentina Sur. La información más relevante que se despliega en esta pantalla ha sido destacada con color rojo e identificada con un correlativo alfabético para describir su contenido de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación.

- (A) Selección del modo de operación de la sentina sur.
- (B) Interruptor de nivel bajo-bajo en la sentina sur (LSLL-UR20). Color verde indica condición normal y color rojo indica nivel bajo.
- (C) Nivel de la sentina sur, expresado en m y % (LI-264).
- (D) Amperaje y horas de operación de las bombas 15200-06@10.
- (E) Presión de descarga bomba sentina sur (PI-266).
- (F) Caudal de descarga bomba sentina sur (FI-268) que es enviado al estanque de dilución y lavado.

- (G) Totalizador del Caudal enviado al estanque de dilución y lavado.  
APPENDIX A

Figura 5-18: Pantalla Sentina Sur



La operatividad de la bomba se muestra a través del color desplegado de la bomba en pantalla. Si la bomba se muestra en color verde indica que la bomba está funcionando, mientras que si se despliega con coloración roja indica que la bomba se encuentra detenida.

### 5.3 VULNERABILIDADES Y RIESGOS OPERACIONALES

En la Tabla 3-20 siguiente se muestra un cuadro resumen de las vulnerabilidades y riesgos operacionales relevantes, relacionados con la operación del Sistema de Manejo de Aguas, los cuales pueden ser minimizados por el operador en la medida que ejecute acciones que tiendan a mantener la seguridad del sistema y así prevenir potenciales emergencias.

**Tabla 5-10: Vulnerabilidades y Riesgos de la Operación**

Riesgo	Consecuencias	Medida Preventivas
Aumento de agua de la laguna	- Afloramiento de agua en el muro. - Overtopping.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de hitos de crecimiento y revestimiento del muro.</li> <li>• Detener bombeo de captación.</li> <li>• Descarga de agua por Sistema Evacuador.</li> </ul>
Corte de energía eléctrica	- Paralización de sistemas de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener estanque y piscina de dilución llenas.</li> <li>• Mantener sentinas de drenes con bajo nivel de agua.</li> </ul>
Obstrucción de succionadores de bombas y/o tuberías	- Detención de los sistemas de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En Torre de Captación mantener control de losetas.</li> <li>• En alimentación a estanque de dilución mantener limpio canal de contorno y mantención de piscina de dilución.</li> <li>• En agua para dilución y lavado mantención del fondo del estanque.</li> <li>• Mantención preventiva de válvulas remotas y manuales.</li> </ul>
Falla de lazo de control	- Bombas y/o válvulas no pueden ser operadas desde sala de control.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantención preventiva de los sistemas de comunicación.</li> </ul>
Incendio en sala eléctrica	- Pérdida de instalaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantención preventiva del sistema eléctrico y alarmas de incendio.</li> <li>• Mantener extintores de CO<sub>2</sub> en salas.</li> <li>• Control del sistema de refrigeración de las salas (si posee).</li> </ul>
Acumulación y consolidación de partículas sólidas en interior de tuberías de pulpa	- Embanque de líneas de conducción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavado de tuberías después de cada detención.</li> <li>• Inyección de golpes de agua para el lavado de tuberías, durante las puestas en marcha.</li> </ul>

## 6 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS E INSTALACIONES

El presente capítulo describe las labores de mantenimiento que deben realizarse a los sistemas e instalaciones para asegurar la continuidad operacional y evitar incidentes.

### 6.1 SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVES

#### 6.1.1 Canaleta

La canaleta del STR es de hormigón armado con una sección útil de 0,8 m de ancho y 1,20 m de alto en casi toda su extensión. Al interior de los túneles mantiene su altura original de 1 m y en la salida de los cajones de caída se encuentra peraltada en 80 cm, completando una altura total de 1,80 m.

La canaleta se encuentra cubierta en todo el trazado incluyendo rápidos, y al interior de túneles. Adicionalmente, en zonas con riesgo de deslizamiento de material posee, sobre la cubierta, membrana HDPE y un relleno de protección. En la se muestra una sección típica de la canaleta en sector de plataforma en superficie y semienterrada.

#### Actividades de Mantenimiento

Con respecto a la canaleta, las principales actividades de mantenimiento corresponden a:

- Inspección del estado general de la infraestructura
- Inspección de losetas
- Reparación de juntas de dilatación
- Inspección de Taludes
- Descarga de mallas de taludes adyacentes a la canaleta, producto de la acumulación meteorización del macizo rocoso
- Medición de desgaste losa de fondo
- Reparación de la losa de fondo y paredes
- Despeje de material aluvial
- Mantenimiento y despeje de la carpeta rodado del camino operación
- Mantenimiento y actualización de señalética
- Mantenimiento de cercos de límites predial y pasadas de animales
- Inspección del estado general de la infraestructura

#### 6.1.2 Rápidos

Los rápidos son obras que permiten absorber las diferencias de cota en el trazado, que no son posibles de compensar con la pendiente constante de la canaleta de 1,2%. Están constituidos por canaletas dobles de alta pendiente con un cajón de entrada, cajones aquietadores intermedios y cajón de salida. La sección útil de la canaleta en estas obras es de 1,1 m de ancho y 1,0 m de alto.

Los rápidos de mayor extensión y mayor pendiente consideran cajones intermedios.

#### Actividades de Mantenimiento

Con respecto a los rápidos, las potenciales actividades de mantenimiento corresponden a:

- Inspección del estado general de la infraestructura
- Medición del desgaste
- Reparación losa de fondo y paredes
- Reparación y/o escaleras peatonales
- Recambio partes dañadas del tapado de rápidos (durmientes, planchetas, etc.)
- Mantenimiento y despeje caminos de acceso a los rápidos
- Inspección cajones (inicio, intermedio y final)
- Mantenimiento de compuertas de alimentación a rápidos

### **6.1.3 Obras de arte y Badenes**

Existen obras de arte y sumideros en el trazado del STR ubicados en los cruces entre la plataforma del STR y quebradas menores, en donde no se requiere puente de acuerdo a las características de las quebradas.

Adicionalmente, se ha incorporado para la protección de la canaleta, un sistema de cajas drenantes en la parte posterior de ésta y gaviones de protección sobre las losetas en los cruces con quebradas con potencial arrastre de material.

#### **Actividades de Mantenimiento**

Con respecto a las obras de arte y badenes, las potenciales actividades de mantenimiento corresponden a:

- Inspección estado general de la obra
- Seguimiento de la evolución de las cárcavas en el sector Cordillera
- Despeje de material aluvial
- Reposición y/o reparación de gaviones
- Reparación de badenes
- Despeje de obras de arte y sumideros bajo canaleta
- Rehabilitación de piscinas de decantación

### **6.1.4 Túneles**

Existen 6 túneles en el trazado del STR que suman longitud total de 22,5 km que corresponde al 26% del total del trazado (87 km).

Por el interior de los túneles la canaleta va adosada al costado izquierdo y cubierta totalmente con losetas de hormigón. Actualmente, la loseta lleva sobre ella una membrana de HDPE y bolsas de arenas para evitar su deslizamiento.

#### **Actividades de Mantenimiento**

Con respecto a los túneles, las actividades de mantenimiento recomendadas son:

- Inspección general de la infraestructura
- Revisión portales de acceso
- Revisión estado de portones de acceso
- Inspección geomecánica

- Inspección de acuñadura
- Mantenimiento compuertas descarga de agua
- Reparación de fortificación
- Mantenimiento carpeta de rodado
- Mantenimiento sistema evacuación aguas alumbradas

### **6.1.5 Puentes**

En el trazado del STR existen 15 puentes y están ubicados en los sectores de quebradas importantes y permiten proteger la canaleta frente a flujos provenientes de éstas.

#### **Actividades de Mantenimiento**

Con respecto a los puentes, las posibles actividades de mantenimiento son:

- Inspección general de la infraestructura
- Mantenimiento de barandas de seguridad
- Mantenimiento estribos y cepas
- Mantenimiento de defensas camineras
- Reparación de losa de aproximación
- Reparación de refuerzos y estribos
- Despeje de cauce

### **6.1.6 Piscinas de Emergencia**

A lo largo del STR se emplazan embalses de seguridad o piscinas de emergencia que permiten vaciar la canaleta de relaves ante un evento o necesidad en el STR. Cada piscina se encuentra impermeabilizada con membrana de HDPE, con cierre perimetral, provistos de iluminación y con cámara de monitoreo para visualizar la descarga del relave.

#### **Actividades de Mantenimiento**

Con respecto a las piscinas de emergencia, las principales actividades de mantenimiento son:

- Inspección general de la infraestructura
- Inspección compuertas a embalses de seguridad
- Mantenimiento compuertas a embalses de seguridad
- Inspección y mantenimiento equipamiento en casetas
- Mantenimiento de parrillas de piso compuertas
- Inspección y despeje de tuberías de alimentación
- Inspección y reparación de roturas de geomembrana
- Inspección de cierres perimetrales
- Reparación de cierres perimetrales
- Limpieza y despeje de relaves desde piscina

### **6.1.7 Sistema de Control**

El sistema de monitoreo de niveles del STR existente, está compuesto por transmisores de nivel tipo ultrasónico operativos, cuyo soporte tanto eléctrico como de comunicaciones se centraliza en casetas distribuidas a lo largo de la canaleta

El objetivo de los sensores de nivel es la detección de anomalías en el flujo normal de relaves por la canaleta lo que permite tomar acción ante la ocurrencia de eventos que afectan la operación ya sean de origen externo o propios de la operación, minimizando la ocurrencia de derrames de relaves.

### Actividades de Mantenimiento

Con respecto a los sensores de nivel y las casetas asociadas, las potenciales actividades de mantenimiento corresponden a:

- Inspección y calibración de sensores
- Reemplazo de sensores
- Calibración de sensores
- Inspección y mantenimiento equipamiento en casetas
- Inspección paneles solares
- Reemplazo paneles solares
- Inspección estado carga batería

## 6.2 RESUMEN OBRAS DE MANTENIMIENTO

En base a las obras descritas anteriormente, en la Tabla 6-2 se presentan las actividades de mantenimiento consideradas para el STR y la frecuencia de ejecución, considerando un plan anual.

**Tabla 6-2: Resumen actividades mantenimiento STR**

ITEM	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA
1	<b>Canaleta</b>	
1.1	Inspección del estado general de la infraestructura	Diario
1.2	Inspección de losetas	Diario
1.3	Reparación de juntas de dilatación	Según necesidad
1.4	Inspección de Taludes	Diario
1.5	Descarga de mallas de taludes adyacentes a la canaleta, producto de la acumulación meteorización del macizo rocoso.	Según necesidad
1.6	Medición de desgaste losa de fondo	Anual
1.7	Reparación de la losa de fondo y paredes	Anual / según necesidad
1.8	Despeje de material aluvial	Según necesidad
1.9	Mantenimiento y despeje de la carpeta rodado del camino operación	Anual / según necesidad
1.10	Mantenimiento y actualización de señalética	Anual / según necesidad
1.11	Inspección de cercos de límites predial y pasadas de animales	Diario
1.12	Mantenimiento de cercos de límites predial y pasadas de animales	Según necesidad



ITEM	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA
<b>2</b>	<b>Obras de arte y badenes</b>	
2.1	Inspección estado general de la obra	Semanal o post evento climático
2.2	Seguimiento de la evolución de las cárcavas en el sector Cordillera	Diaria en período de deshielo y/o lluvia
2.3	Despeje de material aluvial	Semestral o según necesidad
2.4	Reposición y/o reparación de gaviones	Según necesidad
2.5	Reparación de badenes	Según necesidad
2.6	Despeje de obras de arte y sumideros bajo canaleta	Semestral o según necesidad
2.7	Rehabilitación de piscinas de decantación	Semestral o según necesidad
<b>3</b>	<b>Obra km 2,19</b>	
3.1	Inspección estado general de la infraestructura	Semanal o post evento climático
3.2	Seguimiento de la evolución de las cárcavas en el sector	Diaria en período de deshielo y/o lluvia
3.3	Seguimiento topográfico canaleta	Semanal en período de deshielo y/o lluvia
3.4	Despeje de material aluvial	Según necesidad
3.5	Reparación badén	Según necesidad
3.6	Reparación geomembrana	Según necesidad
3.7	Reparación malla de protección	Según necesidad
3.8	Reposición y/o reparación de gaviones	Según necesidad
<b>4</b>	<b>Rápidos</b>	
4.1	Inspección del estado general de la infraestructura	Diario
4.2	Medición del desgaste	Semestral
4.3	Reparación losa de fondo y paredes	Anual / según necesidad
4.4	Reparación y/o escaleras peatonales	Según necesidad
4.5	Recambio partes dañadas del tapado de rápidos (durmientes, planchetas, etc.)	Según necesidad
4.6	Mantenimiento y despeje caminos de acceso a los rápidos	Anual / según necesidad
4.7	Inspección cajones (inicio, intermedio y final)	Anual
4.8	Mantenimiento de compuertas de alimentación a rápidos	Anual / según necesidad

ITEM	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA
<b>5</b>	<b>Piscinas de Emergencia</b>	
5.1	Inspección general de la infraestructura	Diaria
5.2	Inspección compuertas a embalses de seguridad	Diaria
5.3	Mantenimiento compuertas de seguridad	Anual / según necesidad
5.4	Inspección y mantenimiento equipamiento en casetas	Según necesidad
5.5	Mantenimiento de parrillas de piso compuertas	Según necesidad
5.6	Inspección y despeje de tuberías de alimentación	Anual / según necesidad
5.7	Inspección y reparación de roturas de geomembrana	Según necesidad
5.8	Inspección de cierres perimetrales	Diaria
5.9	Reparación de cierres perimetrales	Según necesidad
5.10	Limpieza y despeje de relaves desde piscina	Anual
<b>6</b>	<b>Túneles</b>	
6.1	Inspección general de la infraestructura	Diaria
6.2	Revisión portales de acceso	Diaria
6.3	Revisión estado de portones de acceso	Diaria
6.4	Inspección geomecánica	Trimestral
6.5	Inspección de acuñadura	Mensual
6.6	Inspección compuertas descarga de agua	Diaria
6.7	Reparación de fortificación	Según necesidad
6.8	Mantenimiento carpeta de rodado	Anual / según necesidad
6.9	Mantenimiento sistema evacuación aguas alumbradas	Diaria
<b>7</b>	<b>Puentes</b>	
7.1	Inspección general de la infraestructura	Diaria
7.2	Mantenimiento de barandas de seguridad	Diaria
7.3	Mantenimiento estribos y cepas	Según necesidad
7.4	Mantenimiento de defensas camineras	Según necesidad
7.5	Reparación de losa de aproximación	Según necesidad

ITEM	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA
7.6	Reparación de refuerzos y estribos	Según necesidad
7.7	Despeje de cauce	Según necesidad
<b>8</b>	<b>Sensores de nivel</b>	
8.1	Inspección y calibración de sensores	Diaria
8.2	Calibración de sensores	Según necesidad
8.3	Reemplazo de sensores	Según necesidad
8.4	Inspección y mantenimiento equipamiento en casetas	Anual / según necesidad
8.5	Inspección paneles solares	Diaria
8.6	Reemplazo paneles solares	Según necesidad
8.7	Inspección estado carga de baterías	Diaria

## 7 PROCEDIMIENTOS

En este capítulo se presenta un resumen detallado de todos los procedimientos que conforman el Manual, presentados por cada sistema.

Los sistemas indicados son los siguientes:

- Sistema de Transporte de Relaves
- Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro
- Sistema de Manejo de Aguas

### 7.1 PROCEDIMIENTOS SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVES

Los procedimientos de operación del STR son los siguientes:

- Procedimiento de Puesta en Marcha
- Procedimiento de Operación Normal
- Procedimiento de Detención Normal
- Procedimiento de Detención por Emergencia
- Procedimiento de Contingencia

La aplicación de cada procedimiento dependerá directamente de la condición de operación del STR y/o de las operaciones del Concentrador ubicadas aguas arriba del STR. A continuación, se presenta una breve descripción de cada procedimiento.

El **procedimiento de puesta en marcha** se aplicará cada vez que se restablezca la operación de transporte de relaves luego de una detención programada (detención normal) o de una detención de emergencia.

El **procedimiento de operación normal** podrá ser aplicado una vez que la planta concentradora haya estabilizado sus operaciones, y la descarga de relaves a la canaleta se realice con concentraciones y flujos estables.

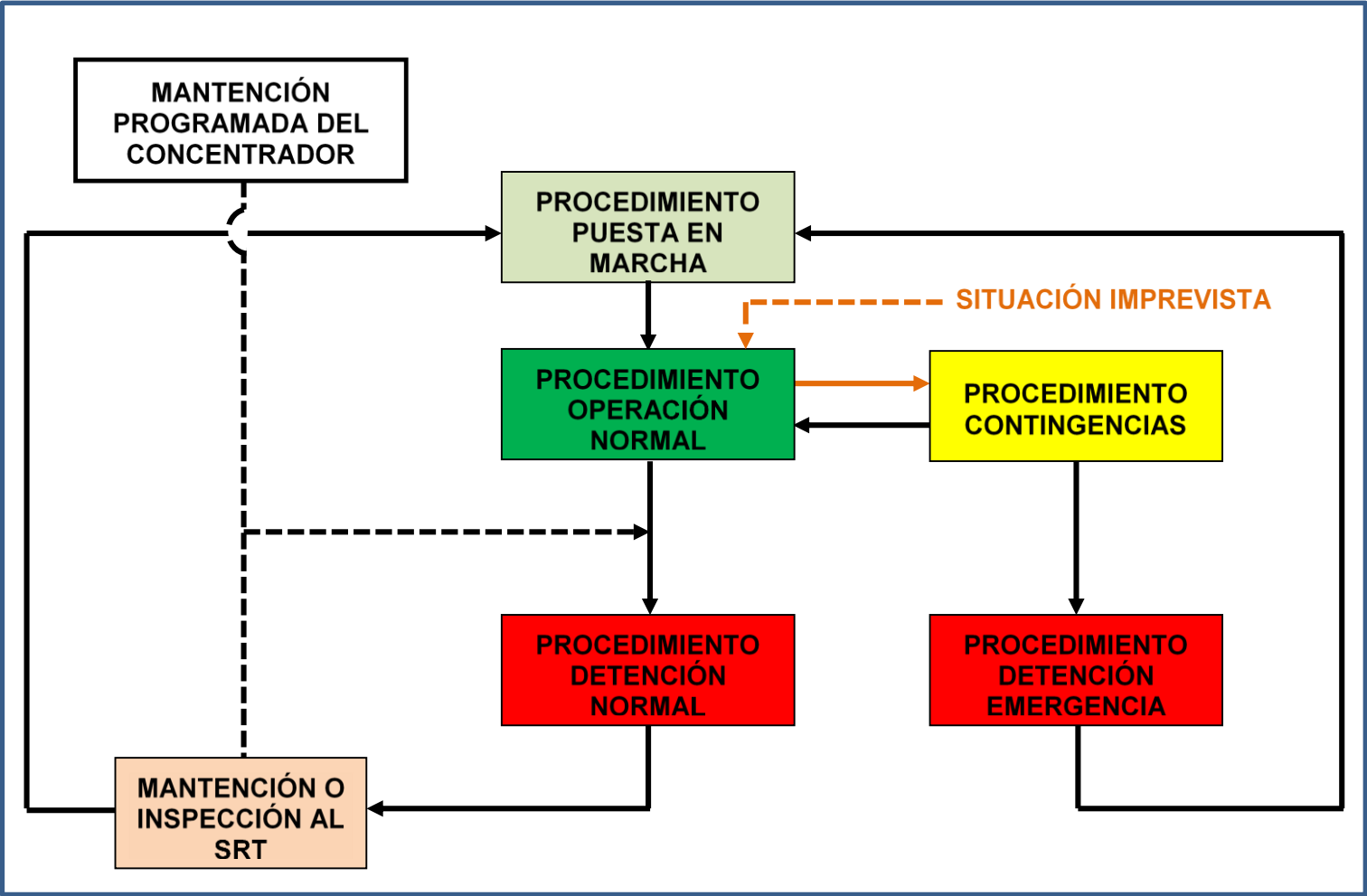
El **procedimiento de contingencia** se aplicará cuando se produzca una situación imprevista que afecte o que pueda afectar el funcionamiento adecuado del STR. Si la contingencia puede ser controlada, la operación del STR volverá a la condición normal, por el contrario, si el evento tiene un impacto mayor (derrame de relaves), y no puede ser controlado, se deberá efectuar una detención de emergencia del STR.

El **procedimiento de detención normal** se efectuará cuando se realice una mantención programada del Concentrador que podrá ser utilizado por el STR para efectuar labores de inspección y/o de mantención de la canaleta.

El **procedimiento de detención por emergencia** se aplicará frente a un evento de derrame de relaves producto de rotura, obstrucción o embanque de la canaleta, cuando sea considerado como emergencia ambiental, o bien ante situaciones de riesgo de derrame de relaves.

En la Figura 7-2 se presenta la secuencia de aplicación e interrelación entre los procedimientos de operación del STR.

Figura 7-2: Diagrama de Bloques – Procedimientos de Operación



## 7.1.1 Procedimiento de Puesta en Marcha STR

El procedimiento de puesta en marcha es aplicado cada vez que se reinicia la operación del STR después de una detención. En la Figura 7-2 se presentan las principales actividades que deben ser realizadas antes de la Puesta en Marcha para posteriormente poner en funcionamiento el sistema de transporte de relaves.



La actividad de puesta en marcha deberá realizarse con luz día.

### a) Actividades y Requerimientos Previos

#### Grupo de Inspección

Antes de efectuar una puesta en marcha, el grupo de inspección (Inspectores de Ruta) debe efectuar actividades de verificación de estado y funcionamiento del STR, considerando la totalidad de la canaleta. Dicha inspección deberá realizarse el mismo día en que se pondrá en servicio el sistema, esto significa que la inspección quedará inválida si la puesta en marcha no se realiza el mismo día calendario o si en el transcurso entre la finalización de esta y la partida de la operación ocurre algún evento natural que pueda impactar el buen funcionamiento del STR (sismo, lluvia, nieve).

Las actividades específicas que deben realizarse son las siguientes:

- Inspeccionar exhaustivamente la canaleta para comprobar que no existan daños en las losetas ni objetos extraños en su interior, tales como: rocas, restos de losetas, derrames de talud y/u otras obstrucciones, etc. También se debe verificar la existencia de posibles daños estructurales de la canaleta y, en caso de que existan, el grado de incidencia en la seguridad de la operación.
- Inspeccionar estado de plataformas, obras de arte, puentes, taludes, badenes, túneles apoyado con especialistas en caso que se requiera.
- Inspeccionar en terreno, en comunicación con el Operador de Panel Cordillera, que las compuertas de descarga a los embalses de seguridad y cajones de salida de túneles se encuentren en posición ABIERTA y en modo REMOTO, verificando la condición de los sistemas de accionamiento con una prueba efectiva de abrir/cerrar.
- Verificar que al menos una de las compuertas de rápidos esté abierta y que las que estén cerradas por mantenimiento cuenten con bloqueo físico.
- Revisar el funcionamiento de los sensores de nivel, medidores de turbidez, medidor de pH y conductividad.
- Cuando la puesta en marcha se realice luego de una mantención programada se deberá verificar que todas las labores de mantenimiento estén finalizadas y se deberá retirar los bloqueos propios, ubicados en el inicio del STR y verificar el retiro de bloqueos externos.

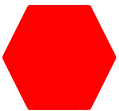
Una vez finalizadas las actividades de verificación antes descritas, el grupo de inspección debe informar al Operador de Panel Cordillera que la canaleta se encuentra en condiciones de recibir relaves desde el Concentrador. En el caso de que existan dificultades de acceso a alguna zona que impidan la realización de la inspección no se podrá restablecer la operación hasta que esta se realice.

## Requerimientos de proceso

Para minimizar las posibilidades de embanque de la canaleta al iniciar la operación, el Operador de Panel Cordillera debe verificar que la producción de relave antes de partir tenga un grado de molienda de 80% del producto menor a 210 micrones.



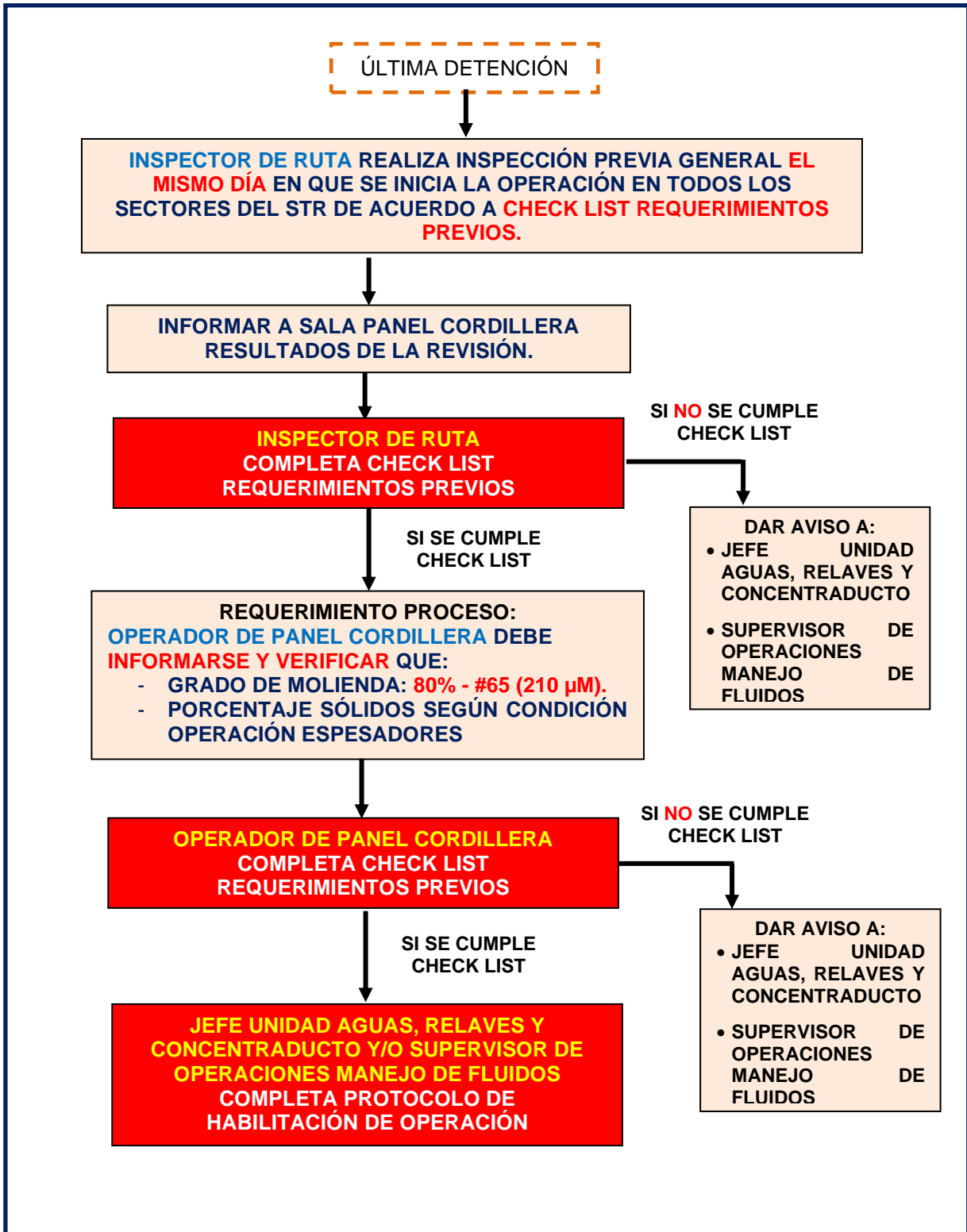
Todas las actividades indicadas deberán registrarse en un check list junto con la validación (firma) de los responsables. El encargado de centralizar la información para llenar el check list es el Operador de Panel Cordillera.



Para finalizar las actividades previas a la partida se realiza el llenado oficial del Protocolo de Habilitación de operación por parte del Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto y el Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos. Sin el protocolo no se puede reanudar la operación normal a través del STR.

Nota: En caso que el Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto o el Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos no se encuentren en el área industrial, pueden dar una autorización remota de reanudar la operación, dejando un registro de la situación y regularizando cuanto antes la firma del Protocolo de Habilitación de operación.

Figura 7-2: Diagrama de Bloques – Requerimientos Previos Puesta en Marcha





## b) Actividades Puesta en Marcha

Una vez que las condiciones de partida están dadas y por tanto el Protocolo de Habilitación de Operación cursado, se da aviso al Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos, quien se coordina con el Jefe de Turno SCO para dar inicio a la puesta en marcha del STR. En la Figura 7-3 se presentan las actividades a realizar durante la Puesta en Marcha para colocar nuevamente en funcionamiento el sistema de transporte de relaves.

### Operador de Panel Cordillera

El Operador de Panel Cordillera debe dar aviso al Tranque de Relaves en el instante en que se realiza la descarga de agua y la duración de esta operación (en operación normal generalmente 30 minutos), para posteriormente dar inicio a la descarga del relave en el STR; operación que se realiza con un flujo de partida gradual. Debe monitorear en la pantalla los siguientes aspectos:

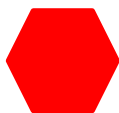
- Avance del pulso de agua.
- Descarga gradual de relaves a la canaleta.
- Avance de la pulpa detectado por los sensores de nivel.
- Nivel de escurrimiento.
- Estabilización del sistema.
- Mantener monitoreo de granulometría de relave en pantallas sala de control o en comunicación con el Concentrador

### Grupo de Inspección

Los Inspectores de Ruta deben monitorear en terreno los siguientes aspectos, dependiendo del sector en que se realiza la inspección:

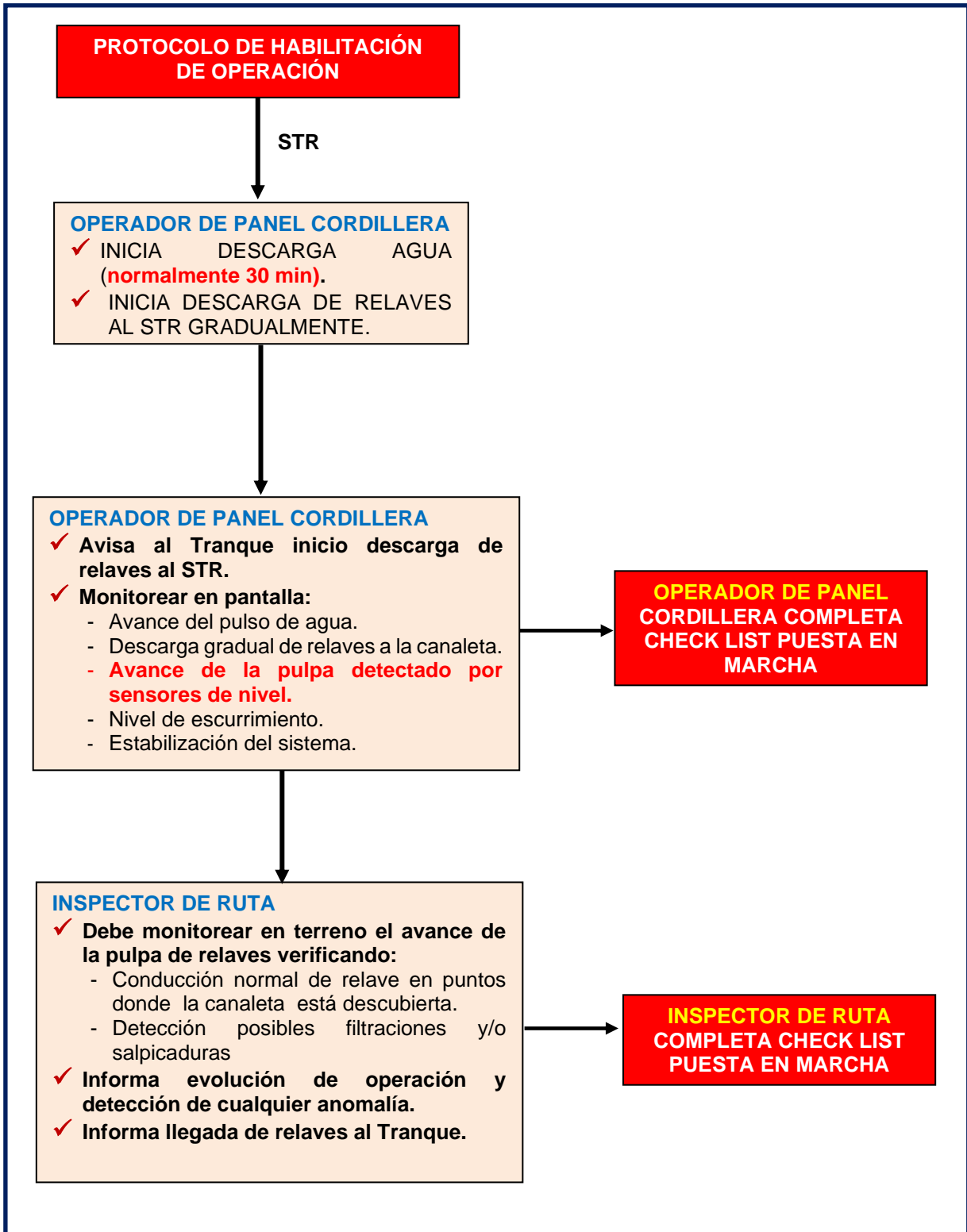
- Conducción normal del relave en puntos donde la canaleta está descubierta (por ejemplo: puntos de ubicación de sensores de nivel).
- Detección de posibles filtraciones en las paredes de la canaleta y/o salpicaduras, poniendo especial énfasis en los puntos con singularidades, tales como:
  - Cajones de salida de túneles.
  - Rápidos, incluyendo cajones de entrada y salida.
  - Desvíos a embalses de seguridad.
- Informar a Operador de Panel Cordillera la llegada de los relaves al Tranque

El grupo de inspección debe mantener informado al Operador de Panel Cordillera sobre la evolución de la operación y la detección de anomalías durante el trayecto realizado.



Al final del turno deberá completar y entregar el check list a Operador de Panel Cordillera.

Figura 7-3: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha



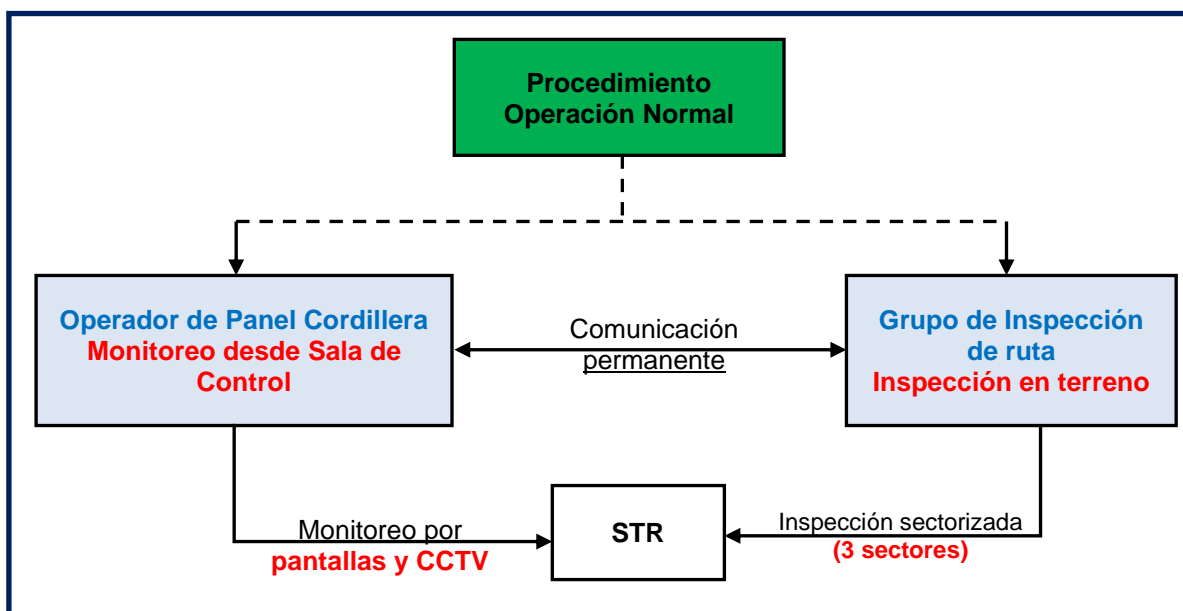
## 7.1.2 Procedimiento de Operación Normal STR

La operación normal del sistema involucra una serie de monitoreos, inspecciones y trabajos que deben ser realizados por el Operador de Panel Cordillera y por el Grupo de Inspectores de ruta del STR.

El procedimiento de operación normal del STR tiene dos ámbitos de trabajo, uno que es realizado por el Operador de Panel Cordillera desde la sala de control, y otro que es realizado en terreno por el Grupo de Inspección del STR, como se muestra en la Figura 7-4.

El Operador de Panel Cordillera monitorea en todo momento la operación del STR con el apoyo de dos monitores (sistema FIX), que despliegan la información recopilada por equipos e instrumentos ubicados a lo largo de la canaleta, y de circuitos cerrado de televisión (CCTV) ubicados en puntos estratégicos del STR.

Figura 7-4: Resumen esquemático del Procedimiento de Operación Normal



A continuación, se describe el procedimiento de operación normal del STR que es aplicado en forma rutinaria por el Operador de Panel Cordillera y por el grupo de inspección del STR.

Este procedimiento se complementa con la definición de la capacidad del sistema, con la descripción de las instalaciones y con el procedimiento denominado “Procedimiento Operación Sistema de Transporte de Relaves durante Invierno”, cuando corresponda.

### a) Procedimiento para Operador de Panel Cordillera

El Operador de Panel Cordillera debe monitorear en forma permanente las pantallas del STR que le permiten controlar las variables críticas del proceso, variables asociadas al STR y variables del Concentrador que pueden tener incidencia en el STR, como se indica en la Figura 7-5.

Además, debe observar las imágenes captadas por los circuitos cerrados de TV para verificar que la operación se desarrolla en forma adecuada.

## Monitoreo Variables Críticas del Proceso

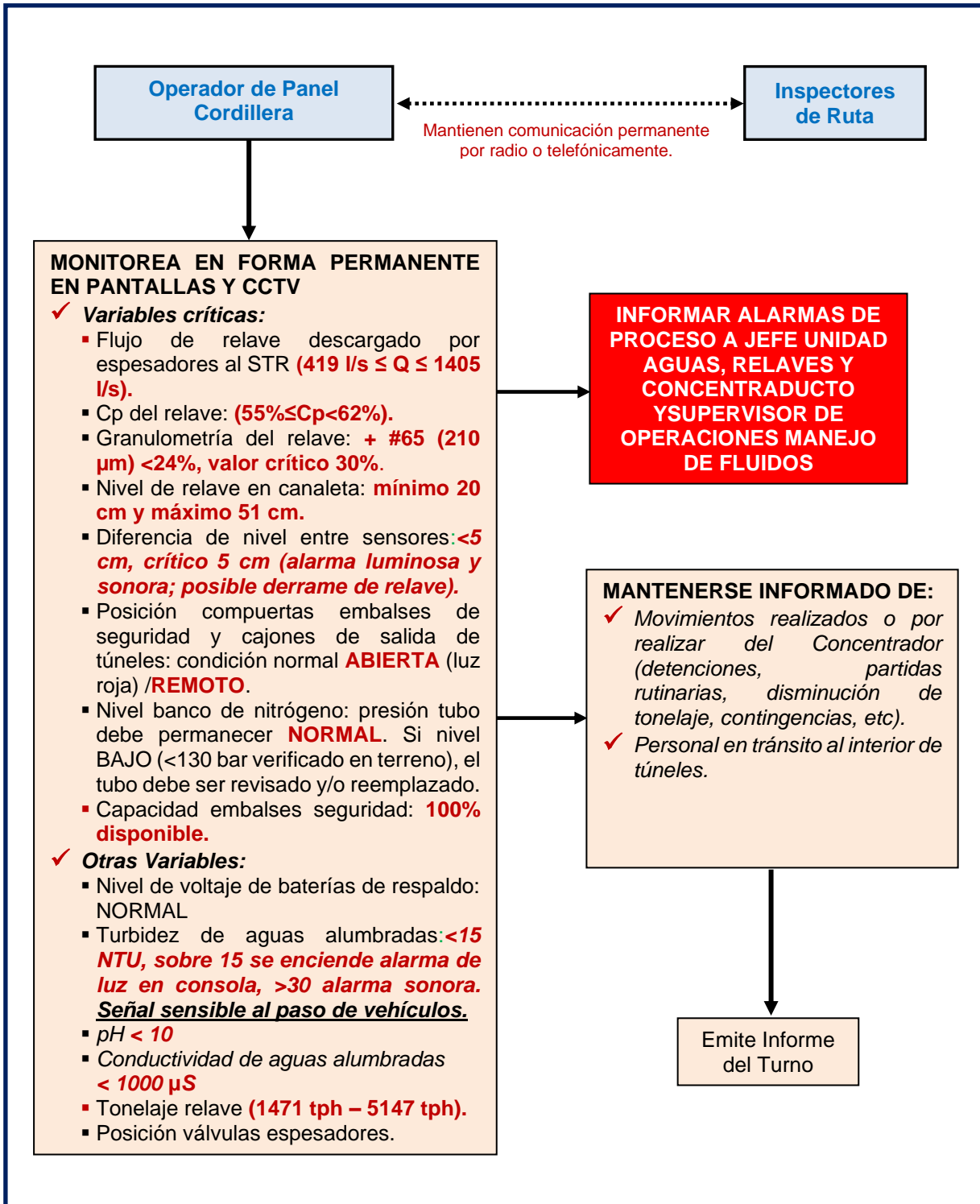
Las variables críticas del proceso que deben ser monitoreadas en forma permanente por el Operador de Panel Cordillera mediante visualización continua son las siguientes:

- **Flujo del relave descargado por los espesadores:** que debe encontrarse en el rango de 419 l/s a 1.405 l/s.
- **Concentración en peso del relave:** verificando que se encuentre en el rango de 58 a 62%, para optimizar la recuperación de agua en el concentrador, sin embargo, la canaleta puede transportar hasta 87 kt/d nominal a un Cp igual a un 55%
- **Granulometría del relave:** debe consultar periódicamente al concentrador el resultado de la malla #65, la cual debe ser inferior a 24% considerando como crítico 30%.
- **Nivel de relave en canaleta:** en operación normal, el nivel de escurrimiento del relave en la canaleta detectado por el sensor N°1 no debe desviarse de un valor mínimo y máximo de 20 y 51 cm, respectivamente. El resto de los sensores debe ser monitoreado de forma paralela y constante.
- **Diferencia de nivel entre sensores:** la diferencia de nivel entre un sensor y otro no debe superar los 5 cm. Se considera como crítico la diferencia de 5 cm entre un sensor y otro, lo cual activa una alarma luminosa en la pantalla y una sonora, debido a que se estaría frente a una situación de potencial derrame de relave.
- **Posición de compuertas de embalses de seguridad y canalización de aguas alumbradas:** el icono correspondiente a cada una de estas compuertas es de color verde en caso de que éstas se encuentren cerradas y rojo en caso de estar abiertas. En operación normal, estas compuertas deben estar siempre en posición ABIERTA y con mando REMOTO.
- **Nivel de banco de nitrógeno:** la presión del tubo de nitrógeno debe permanecer en NORMAL. En caso de que se detecte nivel BAJO (inferior a 130 BAR registrado en terreno), el tubo debe ser revisado y en caso de ser necesario deberá ser reemplazado a fin de evitar fallas al momento de accionar las compuertas de seguridad.
- **Capacidad Embalses de seguridad:** verificando mediante CCTV que los embalses de seguridad se encuentren con su capacidad disponible para recibir el desvío del relave ante contingencias.



Las alarmas de proceso definidas deberán ser identificadas, reconocidas e informadas al Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto y al Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos.

Figura 7-5: Diagrama de Bloques – Operación Normal



## Monitoreo Otras Variables

Las variables asociadas a las casetas de monitoreo del STR que deben ser monitoreadas en forma permanente por el Operador de Panel Cordillera son las siguientes:

- **Voltaje de baterías de respaldo:** verificar que siempre se encuentren en nivel NORMAL.
- **Turbidez de aguas alumbradas:** en operación normal, los turbidímetros ubicados a la salida de los túneles N°1 y N°2 registran un grado de turbidez inferior a 15 NTU. Sobre este valor se enciende la alarma de luz en la pantalla de la consola. Se considera crítico si este instrumento registra valores sobre 30 NTU, encendiéndose una alarma sonora. Cabe destacar que esta señal es sensible al paso de vehículos por el interior del túnel por lo que el Operador de Panel Cordillera debe considerar esta situación.
- **pH y conductividad de aguas alumbradas:** en operación normal debe registrarse valores inferiores a 10 y 1000  $\mu$ S, respectivamente.
- **Tonelaje de relave:** se debe monitorear en forma continua el tonelaje de relave producido, a fin de determinar si se han producido modificaciones en la operación de la planta concentradora que podrían afectar los procesos desarrollados hacia aguas abajo. El rango de operación se encuentra entre 1.471 tph – 5.147 tph.
- **Posición de válvulas de los espesadores:** se deben identificar los movimientos realizados en la descarga de relaves desde los espesadores, tales como: cierre, apertura o cambio de válvulas y/o líneas de descarga y que podría afectar las operaciones desarrolladas agua abajo.



Las alarmas de proceso definidas deberán ser identificadas, reconocidas e informadas al Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto y al Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos.

Además de las variables señaladas, el Operador de Panel Cordillera debe estar informado de:

- **Movimientos realizados y/o a realizar por el concentrador:** el Concentrador debe informar al Operador de Panel Cordillera de movimientos efectuados y que puedan afectar a la operación tanto del STR como del Tranque, tales como detenciones, puestas en marcha, disminución de tonelaje y contingencias, entre otros. En caso de que no se realice esta comunicación, el Operador de Panel Cordillera y/o Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos debe consultar al concentrador por cualquier anomalía que haya detectado.
- **Personal en tránsito al interior de los túneles:** Coordinar el tránsito de vehículos y personal autorizado en túneles, registrando las entradas y salidas y cualquier aspecto relevante de las visitas a los túneles de acuerdo a lo que se establece en el procedimiento “Procedimiento Operacional Tránsito en Túneles STR”.

## Monitoreo CCTV

El monitoreo de las variables críticas del proceso, mediante el sistema FIX, debe complementarse con la observación permanente de las cámaras de TV orientadas a puntos estratégicos del sistema STR. El monitoreo a través del CCTV le permite al Operador de Panel Cordillera identificar o corroborar condiciones de anormalidad o peligro del sistema.

## b) Procedimiento para Grupo de Inspección del STR

El grupo de Inspección del STR está encargado diariamente de:

- Verificar el estado de las instalaciones del STR.
- Verificar el Comportamiento del flujo de relaves transportado por la canaleta.
- Mantener comunicación permanente con el Operador de Panel Cordillera, especialmente cuando detecte una anomalía, de tal manera de indicar claramente el problema y su ubicación (kilometraje).
- Tomar acciones para mantener fuera de peligro la operación del sistema.

El equipamiento general requerido para dar cumplimiento a las labores requeridas por el STR es el que se lista a continuación, sin embargo, en período invernal debe considerarse el equipamiento indicado en “Procedimiento Operación Sistema de Transporte de Relaves durante Invierno”:

- Una camioneta doble tracción (4x4) equipada con sus implementos, accesorios y sistemas en buen estado de conservación y operación.
- Una radio móvil instalada en la camioneta.
- Un foco halógeno con batería recargable y con conexión al encendedor de la camioneta.
- Herramientas manuales tales como: martillos, serrucho, tecles, barretillas, chuzo.
- Materiales varios, como: alambre de púas, madera, etc.
- Escalera y plataforma.

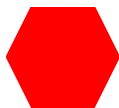
Las actividades que realiza el grupo de inspección dependerán del sector del STR que inspecciona y del personal que está a cargo de ese tramo. En este contexto, se detallan a continuación las tareas específicas que realizan los Inspectores de Ruta, que se resumen en la Figura 7-6.

### Inspectores de Ruta – Sector Cordillera

Los Inspectores de Ruta dan inicio al turno en la Sala PANEL CORDILLERA y realizan su recorrido a lo largo del STR, desde la Concentradora hasta la entrada del Túnel N°2 (Caseta 3) y viceversa, durante toda la jornada laboral. Las tareas que ejecuta contemplan el monitoreo, control en terreno y mantenimiento menor de las instalaciones e infraestructuras asociadas al STR. Al término del turno, deben reportarse para entregar las novedades al turno entrante.

Las tareas específicas que desarrollan los Inspectores de Ruta se detallan a continuación:

- Controlar el flujo normal del relave, verificando que no existan obstrucciones, filtraciones o embanques. Como en este sector la canaleta está enterrada debe efectuar el control de nivel de ésta en contacto radial con sala PANEL CORDILLERA.
- Eliminar embanques pequeños, de hasta 10 m de largo por 30 cm de alto, mediante la agitación del flujo con barretilla, desde aguas abajo hacia arriba. La barretilla debe estar asegurada al vehículo.



Informar inmediatamente a sala PANEL CORDILLERA de esta situación

- Retirar elementos extraños en la canaleta, tales como: rocas, palos, animales, entre otros, usando cuerdas y tacle, trabajando preferentemente sobre la plataforma y evitando acciones riesgosas.

- Verificar las condiciones de taludes: rocas inestables, malla rota, cargas de material sobre rellenos posteriores, estado de fortificación.
- Verificar el funcionamiento de sensores de nivel, midiendo la altura con regla metálica y comparando con señal en Sala PANEL CORDILLERA. Debe llevar registro de su turno.
- Inspeccionar el estado de la plataforma de relaves (camino, cuneta, motrococ, etc.), comunicando roturas, obstrucciones, deslizamientos, etc.
- Inspeccionar obras de arte.
- Informar por radio a consola entrada y salida a Túnel N°1.
- Verificar en forma visual la turbiedad de aguas alumbradas en Túnel N°1.
- Constatar con sala PANEL CORDILLERA el nivel de pH y conductividad de las aguas alumbradas.
- Verificar que puerta de acceso a caseta de monitoreo se encuentre siempre en posición CERRADA, salvo que se encuentre personal de operaciones en ella. En caso de que esté en posición ABIERTA y no se identifique personal autorizado en el área, se estaría en una situación de posible ingreso de personas ajenas a la operación.
- Completar registros de inspección.

#### **Inspectores de Ruta – Sector Valle**

En este tramo los inspectores de ruta se dividen en dos tramos para inspeccionar el STR. Los inspectores del primer tramo inician su recorrido desde la entrada al Túnel N°2 hasta la salida del Túnel N°3, y viceversa hasta completar la jornada laboral, mientras que los inspectores del segundo tramo inician su recorrido desde el cajón distribuidor, en el Tranque hasta la salida del Túnel N°3, y viceversa hasta completar la jornada laboral. En ambos casos se tienen definidos puntos de encuentro para que puedan informar al turno entrante de las novedades registradas por el turno saliente.

Durante el período de invierno, el recorrido se inicia desde la salida del Túnel N°2 hasta la salida del Túnel N°3 manteniendo el recorrido del segundo tramo.

Las actividades específicas que realizan los inspectores de ruta en el STR son las siguientes:

- Controlar el flujo normal del relave, verificando que no existan obstrucciones, filtraciones o embanques. Para esto deberá observar, cada 2 km aproximadamente, el flujo de la canaleta hacia aguas arriba y hacia aguas abajo.
- Verificar las condiciones de taludes: rocas inestables, malla rota, cargas de material sobre rellenos posteriores, estado de fortificación.
- Verificar el funcionamiento de sensores de nivel, midiendo la altura con regla metálica y comparando con señal en Sala PANEL CORDILLERA. Debe llevar registro de su turno.
- Inspeccionar el estado de la plataforma de relaves (camino, cuneta, motrococ, etc.), comunicando roturas, obstrucciones, deslizamientos, etc.
- Inspeccionar obras de arte.
- Completar registros de inspección.



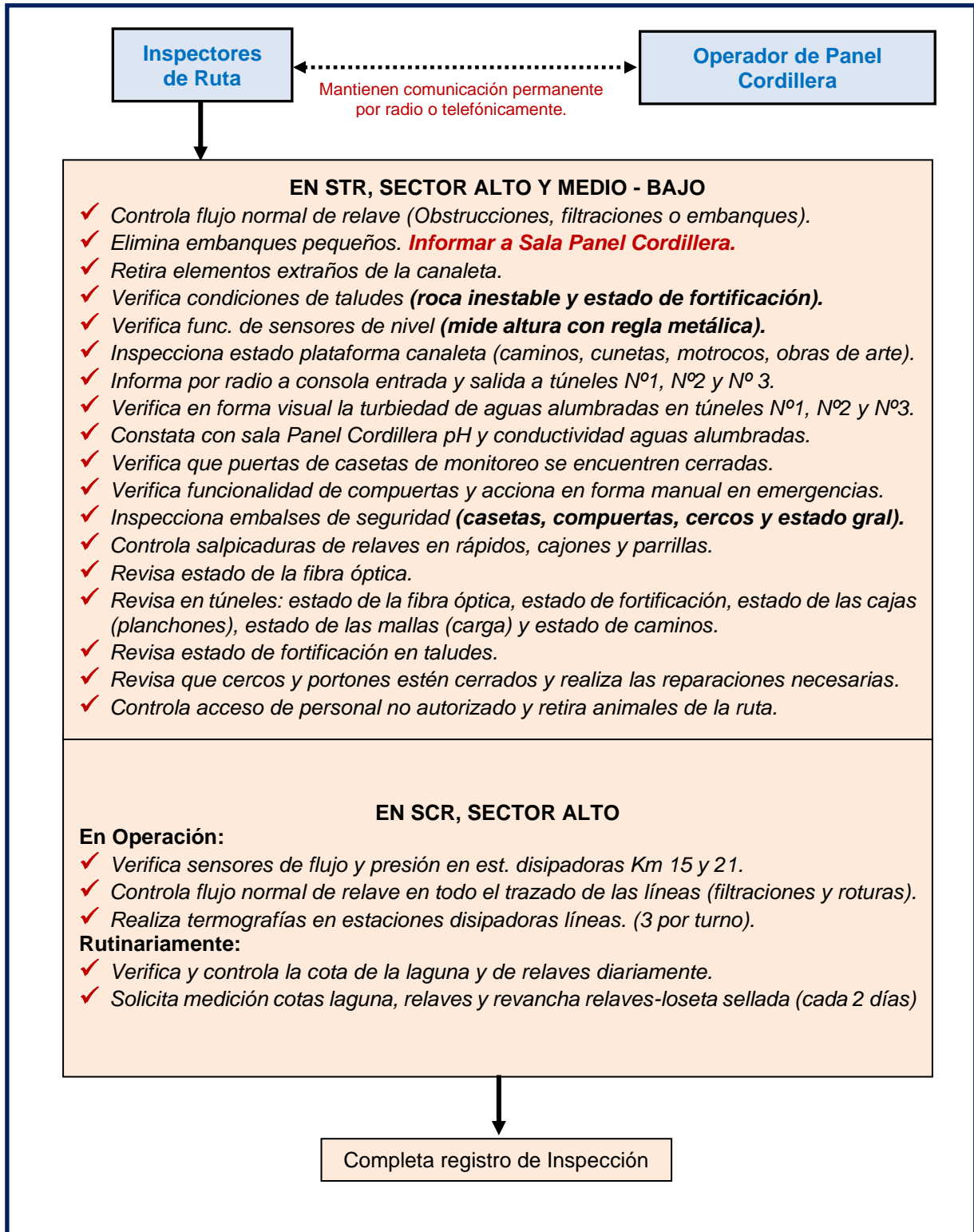
- Eliminar embanques pequeños, de hasta 10 m de largo por 30 cm de alto, mediante la agitación del flujo con barretilla, desde aguas abajo hacia arriba. La barretilla debe estar asegurada al vehículo.



Informar inmediatamente a sala PANEL CORDILLERA de esta situación

- Sacar elementos extraños en la canaleta, tales como: rocas, palos, animales, entre otros, usando cuerdas y tecla, trabajando preferentemente sobre la plataforma y evitando acciones riesgosas.
- Informar por radio a consola entrada y salida a Túneles N°2 y N°3.
- Verificar en forma visual la turbiedad de aguas alumbradas en Túneles N°2 y N°3.
- Constatar con sala PANEL CORDILLERA el nivel de pH y conductividad de las aguas alumbradas.
- Accionar compuertas en forma manual en situaciones de emergencia si la operación remota no está operativa.
- Inspeccionar embalses de seguridad (casetas, compuertas y sistema operativo, cercos y estado general).
- Controlar salpicaduras de relaves en rápidos, cajones y parrillas.
- Revisar el estado de la fibra óptica.
- Revisar en túneles: estado de la fibra óptica, estado de fortificación, estado de las cajas comprobando la existencia de planchones, estado de las mallas (carga) y estado de caminos.
- Revisar estado de fortificación de taludes.
- Revisar que cercos y portones permanezcan cerrados, realizar reparaciones en caso de ser necesarias.
- Controlar acceso de personal no autorizado y retirar animales de la ruta.

Figura 7-6: Diagrama de Bloques - Actividades de Inspección Operación Normal



## c) Ingreso a túneles del STR

Para hacer ingreso a los túneles N°1, N°2 y N°3, ya sea para tránsito, inspección o mantenimiento, se debe cumplir las siguientes disposiciones:

- Cualquier trabajador propio o de EECC que requiere transitar o ingresar por razones de trabajo a los túneles del STR, deberá solicitar autorización a la SRE.
- Los trabajadores propios o de EECC que cuenten con autorización para transitar o ingresar a los túneles deberán informar al Operador de Panel Cordillera cada vez que ingresen o transiten por los túneles.
- En caso de ser necesario, personas externas al área podrán solicitar a la SRE la autorización para ingresar a los túneles del STR en forma previa a la visita. Personas ajenas al área deberán ser acompañadas por una persona de SRE o autorizada por SRE que sirva al propósito de la visita.
- Los portales de los túneles poseen portones de acceso que permanecen cerrados y cuyas llaves deben ser solicitadas a la SER.
- Todo vehículo o caravana que haga ingreso a los túneles debe portar un instrumento detector de oxígeno (O<sub>2</sub>) y uno de monóxido de carbono (CO) si realiza actividades periódicas de operación, mantenimiento y reparación. Ambos instrumentos deben estar provistos de una alarma sonora. El detector de O<sub>2</sub> debe ser calibrado antes del ingreso al túnel.
- El conductor, debidamente autorizado, deberá coordinar con el Operador de Panel Cordillera su ingreso a los túneles, utilizando los medios que se indican en la Tabla 7-1, dependiendo de su ubicación:

**Tabla 7-1: Medios de Comunicación para Tránsito en Túneles**

Ubicación	Vía
Entrada a Túnel N°1	por radio o por teléfono celular al número indicado en el portal de acceso
Salida de Túnel N°1	por teléfono ubicado en la caseta N°3 al número indicado en el portal de salida
Entrada a Túnel N°2	por teléfono ubicado en la caseta N°3 al número indicado en el portal de entrada
Salida de Túnel N°2	por teléfono ubicado en la caseta N°4 al número indicado en el portal de entrada
Entrada a Túnel N°3	por radio o por teléfono celular al número indicado en el portal de acceso
Salida de Túnel N°3	por radio o por teléfono celular al número indicado en el portal de acceso

- Una vez que el usuario salga por el otro extremo del túnel avisará al operador su salida utilizando alguno de los medios antes señalados.
- El tiempo mínimo de tránsito es aproximadamente 1 hora, por lo que el Operador de Panel Cordillera deberá dar un tiempo de 1,5 horas para la entrega del túnel, en caso de sobrepasar el tiempo, personal de inspección se movilizará para verificar la anomalía.
- Los vehículos no deben ser estacionados en el acceso del túnel para evitar que estos queden obstruidos.

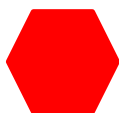
- En caso que el conductor, pasajero u otro vehículo sufran cualquier imprevisto o incidente dentro de los túneles, se deberá dar aviso al Operador de Panel Cordillera, por la vía más expedita e inmediata dependiendo del lugar en el que se encuentre.
- Tanto los portones de ingreso como de salida deben quedar debidamente cerrados.

Las disposiciones que se indican en este documento se complementan con lo indicado en el procedimiento operacional denominado “Procedimiento Operacional Tránsito en Túneles STR”.

### 7.1.3 Procedimiento de Detención Normal STR

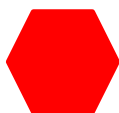
El procedimiento de detención normal del STR, descrito en la Figura 7-7, se aplica como consecuencia de una detención programada del Concentrador, mantenimiento programado del STR o por condiciones climáticas excepcionales que se asocian a riesgo de derrame de relaves.

Personal de operaciones SCO debe informar a la SMF de cualquier detención, indicando fecha, motivo y duración de ésta. Si la detención es avisada con suficiente anticipación, la SMF, a través del Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto, evaluará la posibilidad de utilizar la detención del Concentrador para realizar una inspección del estado de la canaleta y demás instalaciones y/o para efectuar una mantención del STR. También la detención puede generarse por parte de la SMF debido a mantenimiento programado del STR o riesgo de derrames debido a condiciones climáticas excepcionales.



Una vez finalizada la detención programada, el Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto deberá cumplir con el llenado oficial del Protocolo de Detención de operación, donde se evidencia los responsables de la detención.

Con la detención del Concentrador, ya sea por motivos propios o del STR, se dejan de alimentar relaves al STR y se inician las operaciones de vaciado del sistema, previa coordinación entre las áreas involucradas. Por su parte, los espesadores continuarán vaciando parcial o totalmente su carga antes de cerrar las válvulas de descarga. Una vez detenida la descarga al STR se deben cerrar las válvulas y colocar candados.

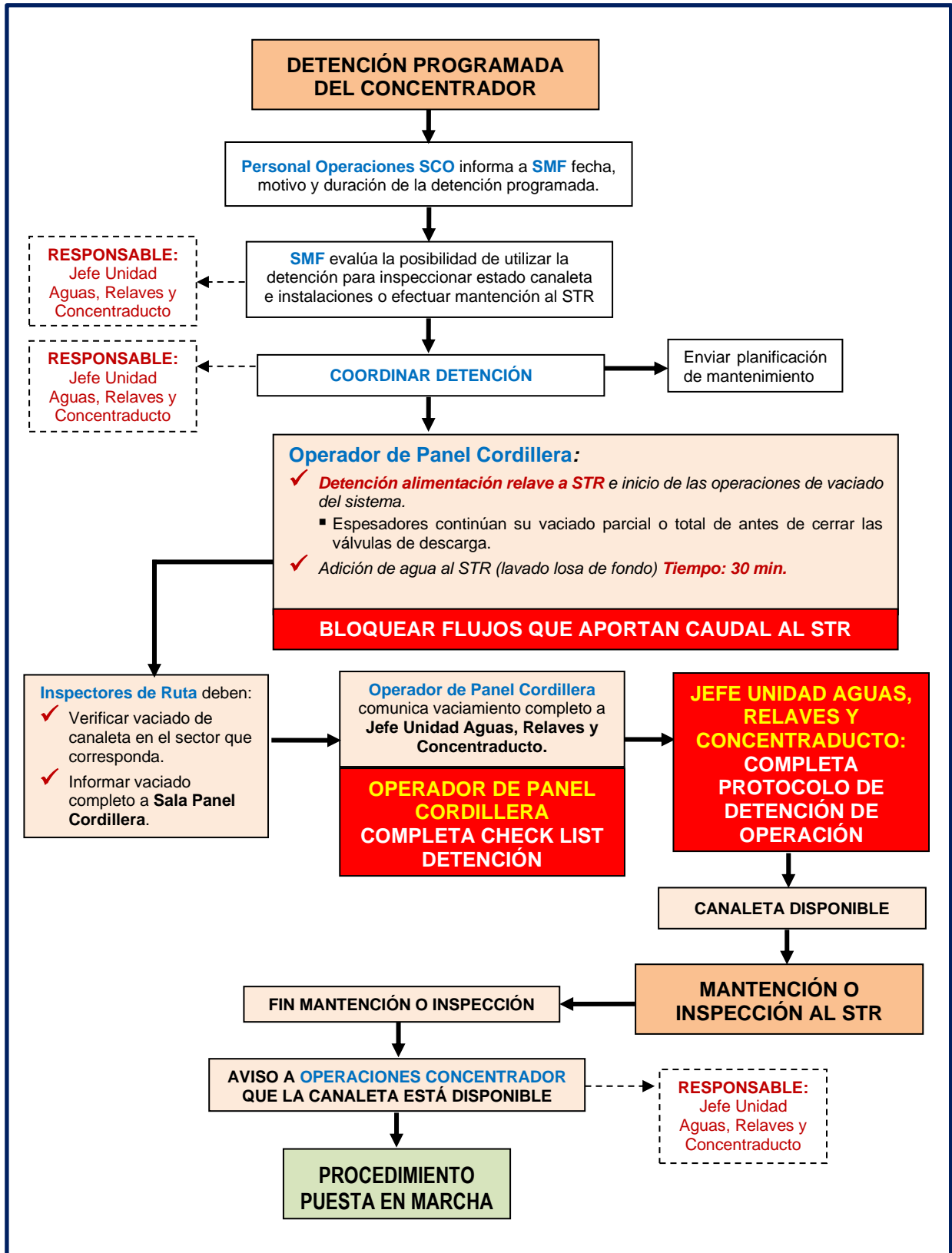


Se deberá bloquear todos los flujos que aporten caudal al STR de acuerdo a procedimiento de bloqueo de la división.

El Operador de Panel Cordillera realiza el lavado de las líneas de descarga, lo cual implica la adición de agua a la canaleta por un período aproximado de 30 min. De esta forma se realiza el vaciado del STR, a la vez que el grupo de inspección realiza el seguimiento del vaciado de la pulpa en el sector que corresponda, a fin de asegurar la normalidad de la detención e informa a Sala PANEL CORDILLERA cuando el vaciado se ha completado.

El Operador de Panel Cordillera comunica del vaciamiento completo de la canaleta al Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto, quién informa que la canaleta está disponible y autoriza el inicio de las labores de mantención o inspección al STR de acuerdo a la duración programada para la detención.

Figura 7-7: Diagrama de Bloques – Detención Normal



## 7.1.4 Procedimiento de Detención de Emergencia STR

Las detenciones por emergencia del STR obedecen a dos causas:

- 1) **Derrame de relaves** producto de rotura, obstrucción o embanque de la canaleta, lo cual puede ser considerado EMERGENCIA AMBIENTAL según la magnitud del evento, de acuerdo a la definición indicada en el capítulo 3. El diagrama de bloques de la Figura 7-8 resume el procedimiento a seguir ante esta situación.
- 2) **Riesgo de derrame de relaves** que podría originarse como consecuencia de una situación anómala, provocada por lluvias intensas, sismos de intensidad mayor a 6.0 grados en la escala de Mercalli, daños estructurales en canaletas y/o plataformas, daños en taludes y otros. Las Figura 7-9 y Figura 7-10 resumen el procedimiento a seguir ante esta situación mediante un diagrama de bloques.

El procedimiento de detención de emergencia, que se describe a continuación, se complementa con el procedimiento de emergencia denominado “Procedimiento de Respuestas a Emergencias Proceso Manejo de Fluidos” y el procedimiento Operativo “Procedimiento Operación Sistema de Transporte de Relaves Durante Invierno”, según corresponda.

### a) Detención de Emergencia por Derrames de Relaves

La detección de un derrame de relaves puede ser captada por:

- 1) El Operador de Panel Cordillera a través de señales observadas en pantalla que reportan condiciones anómalas del escurrimiento del relave. A través de alarmas de proceso que indiquen valores críticos en niveles de canaleta y porcentaje de sólidos del relave.
- 2) Grupos de inspección (Inspectores de Ruta) o mantención del STR, personal propio o terceros que al circular por el lugar del incidente detectan visualmente una condición de derrame.

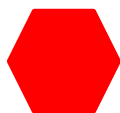
Las señales que se reportan en la sala de control que indica una condición anómala del sistema son las siguientes:

En la canaleta:

- Diferencia del nivel de escurrimiento de relave igual o superior a 5 cm entre dos sensores contiguos, que se prolongue por más de 15 minutos.

En aguas alumbradas:

- Medición de turbidímetros superior a 30 NTU.
- Medición de pH superior a 10.
- Medición de conductividad mayor a 1000  $\mu$ S.



Para una detención de emergencia por derrame de relaves **NO** se requiere tener el Protocolo de Detención de Operación firmado para iniciar las acciones. Una vez controlada la emergencia se firmarán los Protocolos de Detención de Operación o de Habilitación de Operación, según corresponda.

Si el Operador de Panel Cordillera detecta algunas de estas anomalías en pantalla deberá utilizar todos los medios existentes para comprobar la veracidad de la emergencia. Si dispone de CCTV en la zona afectada, debe corroborar inmediatamente si la señal detectada por los instrumentos es correcta, o en su defecto, deberá solicitar al grupo de inspección más cercano al lugar de registro de la anomalía, que verifique la condición de derrame (veracidad de medición de sensores).

Cuando la señal anómala indica contaminación de las aguas alumbradas se debe verificar que no haya una camioneta en tránsito al interior del túnel que pueda estar provocando la perturbación detectada.

Si el Operador de Panel Cordillera requiere que el grupo de inspección verifique la condición de derrame, y no logra establecer comunicación con este, o el grupo de inspección no puede acceder rápidamente a la zona de registro de la anomalía, se debe proceder como si se hubiese confirmado el derrame de relave, constituyendo una emergencia ambiental.

Si se confirma que no hay derrame, se debe continuar aplicando el procedimiento de operación normal. De lo contrario, si el Operador de Panel Cordillera tiene la confirmación del derrame, ya sea por observación del CCTV, ratificación del grupo de inspección o porque recibió el reporte de un evento de derrame pesquisado en el lugar de detección, debe evaluar si el evento constituye una EMERGENCIA AMBIENTAL, de acuerdo a lo estipulado en su definición.

- 1) En el caso de que se haya confirmado la existencia de un derrame de relaves, que no pueda ser solucionado en forma inmediata y que constituya una emergencia ambiental, el Operador de Panel Cordillera presenta los antecedentes al Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto, Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos y/o Superintendente Manejo de Fluidos solicitando la detención de la descarga de relaves al STR. Los supervisores evalúan los antecedentes disponibles, toman la decisión de realizar una detención total del Concentrador y aplican el Procedimiento "Detención STR por Riesgo o Emergencia de Derrame de Relave". En el caso de que el Operador de Panel Cordillera no logre establecer comunicación con Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto, Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos y/o Superintendente Manejo de Fluidos en un lapso de 10 minutos para solicitar la detención.

En forma paralela, el Operador de Panel Cordillera intenta mitigar el daño utilizando los sistemas de emergencia existentes, de acuerdo a la ubicación del derrame:

### **Túneles N°1, N°2 y N°3**

Si se ha producido la contaminación de las aguas alumbradas, el relave derramado será canalizado a través del túnel hacia el portal de salida, siendo desviado hacia el interior de la canaleta aguas abajo mediante el cierre de la compuerta del cajón de descarga existente en el exterior del túnel; caseta de monitoreo N°3 para el Túnel N°1 y caseta de monitoreo N°4 para el Túnel N°2. El cierre de la compuerta lo efectuará el Operador de Panel Cordillera desde la consola. Si por algún motivo no es posible accionar la compuerta desde la sala de control, el Operador de Panel Cordillera solicitará al Inspector de Ruta accionarla para lo cual tendrá que manipular el selector de operación a modo MANUAL y accionarla presionando el interruptor existente en la caseta.

En el caso de que el derrame haya ocurrido en el Túnel N°3 y se trate de un derrame puntual, los Inspectores de Ruta deberán construir un pretil que desvíe las aguas alumbradas contaminadas con relave hacia el interior de la canaleta, utilizando los recursos que se dispongan en el momento. Si el derrame es continuo, el Operador de Panel Cordillera debe cerrar en forma remota la compuerta de los embalses de seguridad ubicados aguas arriba del Túnel N°3.

### **Sector I al V**

Si el derrame se registra en algún punto de estos sectores, el Operador de Panel Cordillera debe cerrar en forma remota la compuerta del embalse de seguridad ubicado aguas arriba del sensor que registra el nivel de escurrimiento bajo. De esta forma, el nivel del cajón de caída aumenta y, por

rebose, el relave es desviado hacia el embalse de seguridad seleccionado. Si por algún motivo no es posible accionar la compuerta desde la sala de control, el operador en terreno tendrá que manipular el selector de operación a modo LOCAL y accionarlo presionando la botonera existente en la caseta correspondiente.

Dado que los embalses están diseñados considerando una capacidad superior al doble del relave en tránsito entre embalses, el Operador de Panel Cordillera deberá considerar el tiempo de respuesta de detención del Concentrado, para distribuir el relave entre los embalses ubicados aguas arriba del operado inicialmente. Para esto debe tomar en cuenta los volúmenes de cada embalse de seguridad y los volúmenes en tránsito que se muestran en la Tabla 3-2.

Cuando la situación de emergencia ha sido controlada, el retiro de relaves desde los embalses de seguridad debe efectuarse lo antes posible para dejarlo en condiciones de ser utilizado ante una eventual futura emergencia.

Cabe señalar que el vaciado de relave a la canaleta se debe hacer una vez que ésta se encuentre reparada y/o limpia y transportando agua o pulpa de relave.

- 2) En el caso que la señal detectada en la sala de control sea errónea o si el evento constituye un derrame menor, es decir no se considera emergencia ambiental, el grupo de inspección que corresponda deberá avisar al Operador de Panel Cordillera para que se aplique el Procedimiento de Contingencias.

## **b) Potenciales Causas con Riesgo de Derrame de Relaves y Acciones a Seguir**

Los acontecimientos que pueden colocar al STR en riesgo de derrame de relaves son los siguientes:

- a) Precipitaciones sobre 70 mm/24hrs de agua pronosticada, de acuerdo al análisis de la información obtenida de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona y con cota de la Isotherma 0 sobre 2,800 m.s.n.m. y que en ese período se incluyan al menos un lapso de 3hrs continuas de precipitación con una tasa promedio horaria igual o superior a 4,5 mm/hr.
- b) Precipitaciones de más de 100 mm de agua pronosticada en el evento, de acuerdo al análisis de la información obtenida de las estaciones meteorológicas indicadas y que en ese período se incluya al menos un lapso de 3 hrs continuas de precipitación con una tasa promedio horaria igual o superior a 4,0 mm/hr.
- c) Daños estructurales en canaleta y/o plataformas que impidan el correcto funcionamiento del STR.
- d) Sismos de intensidad mayor a 6,0 grados en la escala de Mercalli.
- e) Tendencia a embanque, entre otros.

Las condiciones a), b), c), d) y e) pueden ocurrir, en su totalidad, de forma independiente o simultánea.

En caso que se registre alguna de las condiciones mencionadas el Superintendente de Manejo de Fluidos deberá activar el flujo de comunicaciones correspondiente.



Figura 7-8: Diagrama de Bloques - Detención Emergencia Derrame Relaves

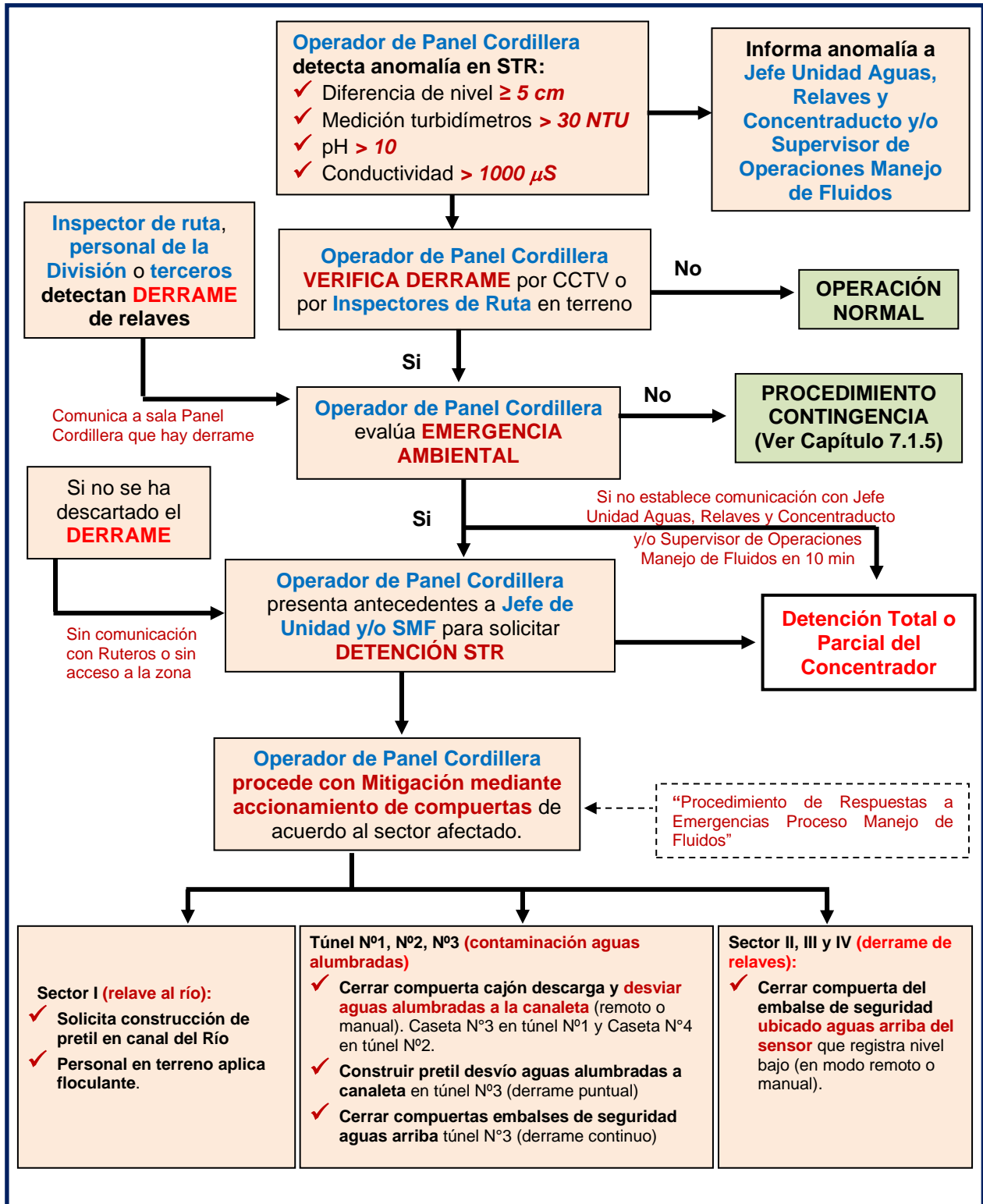


Figura 7-9: Diagrama de Bloques – Potenciales Causas con Riesgo de Derrame de Relaves  
Casos a) y b) – Eventos Climáticos

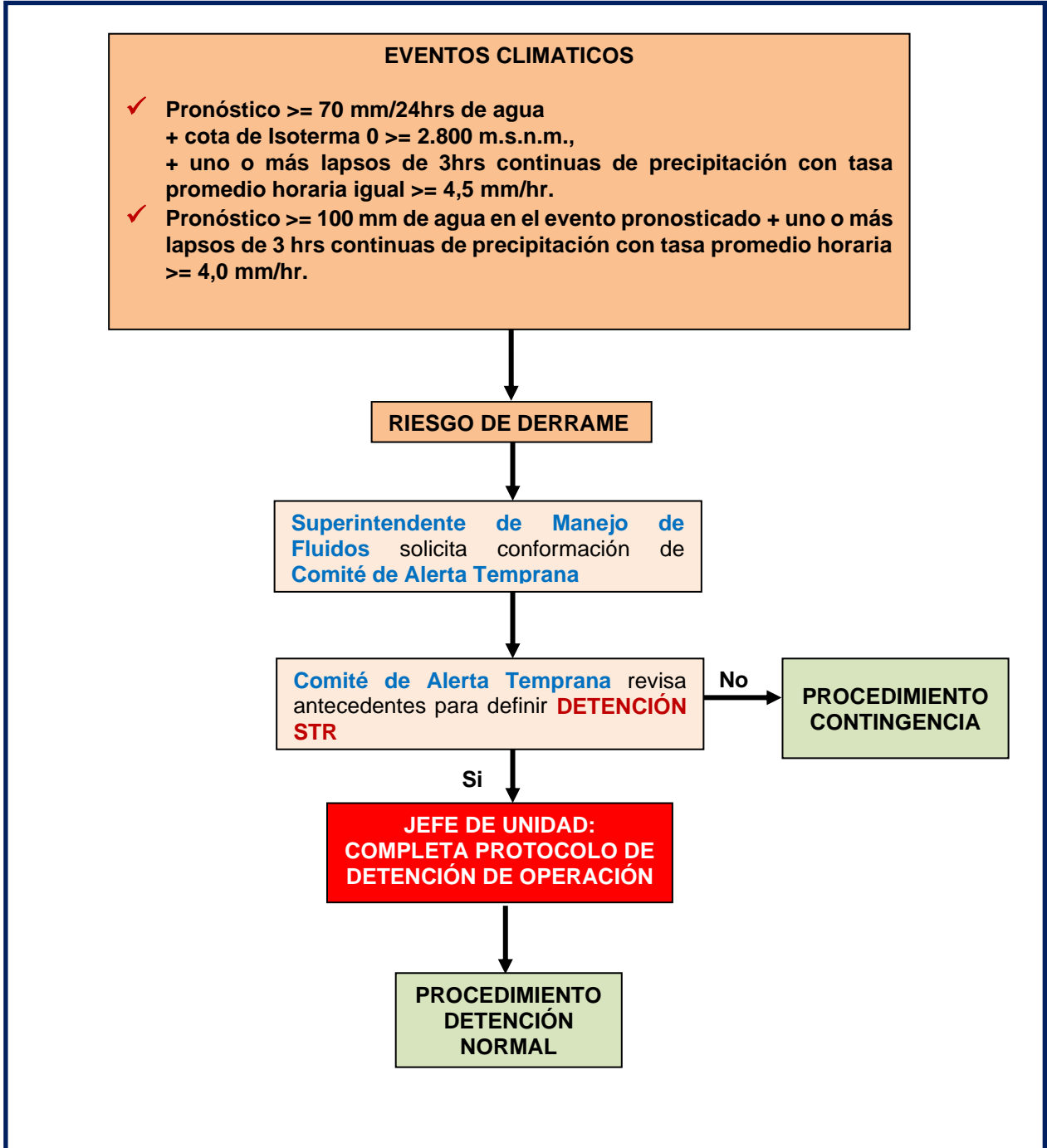
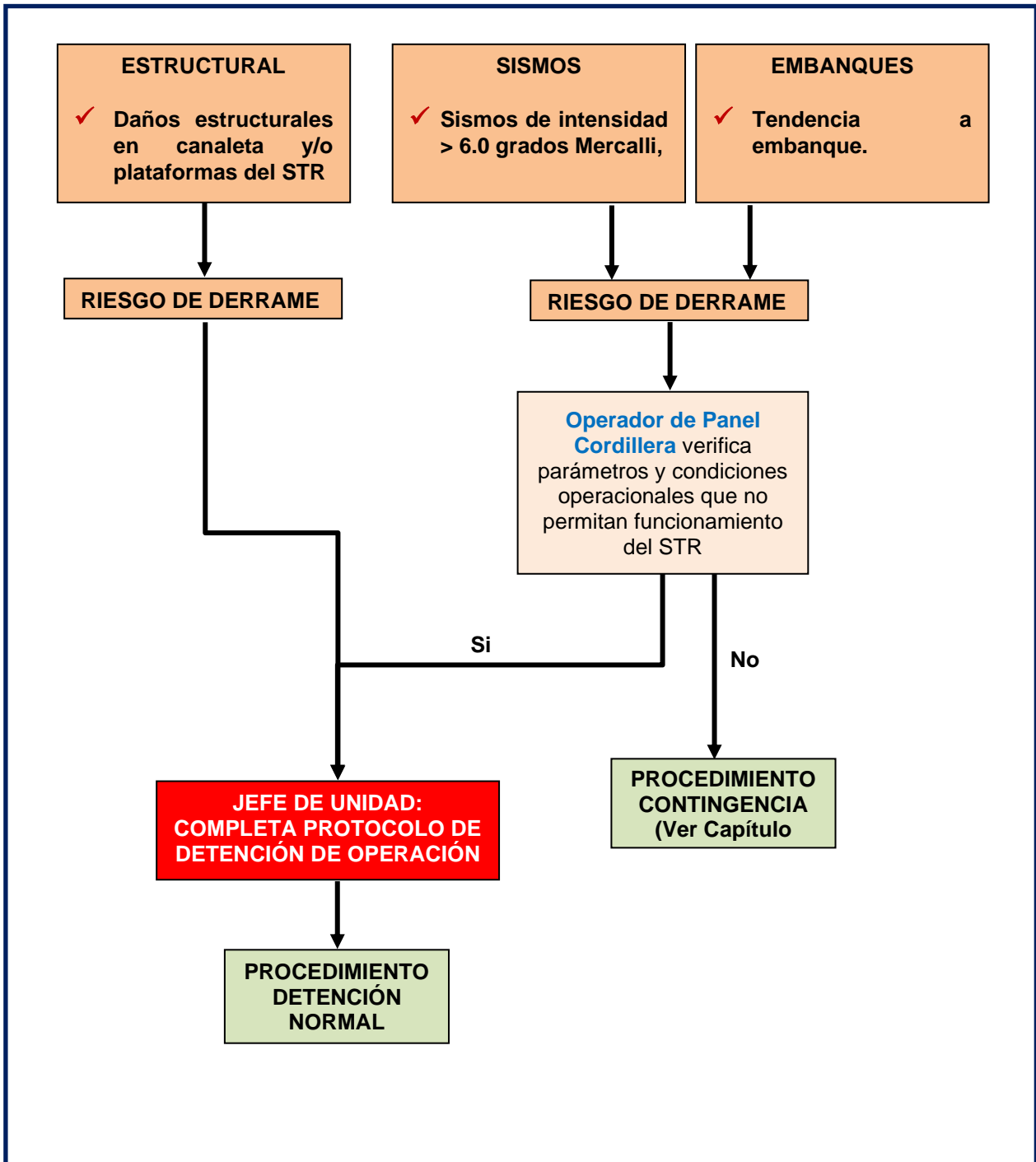


Figura 7-10: Diagrama de Bloques – Potenciales Causas con Riesgo de Derrame de Relaves Caso c), d) y e)



## **7.1.5 PROCEDIMIENTOS DE CONTINGENCIA STR**

Durante la operación del STR, el Operador de Panel Cordillera puede enfrentarse a diversas situaciones imprevistas producto de alteraciones en los procesos del concentrador, eventos climáticos, eventos sísmicos, fallas de equipos e instalaciones, entre otros, que deben ser enfrentados de acuerdo a la magnitud del acontecimiento y del impacto que tenga en el STR

A continuación, se analizarán diferentes contingencias que pueden afectar el STR para detallar las acciones o medidas que deben realizarse en cada caso. Las contingencias y acciones a efectuar en cada caso se presentan en el diagrama de bloques de la Figura 7-11.

### **a) Ingreso de Ultragruesos al STR**

Se debe evitar que al STR ingresen relaves con una granulometría fuera de la banda establecida como segura. Se acepta como máximo un 30% +65 mallas, para impedir eventuales embanques de la canaleta. Para esto es fundamental consultar telefónicamente al Concentrador de la granulometría del relave, de manera que se pueda saber con horas de anticipación las características granulométricas que llegarán al STR y preparar las acciones de desvío en caso de ser necesario.

Como medida preventiva cada vez que se detecte granulometría gruesa de molienda por períodos mayores a una hora, y previo a que los relaves descarguen a los espesadores, el Operador de Panel Cordillera deberá comunicarse con el Concentrador para pedir acción correctiva en la molienda, antes que esto se transforme en un problema irreversible por acumulación en los espesadores. De manera paralela el Operador de Panel Cordillera deberá monitorear constantemente los sensores de nivel de la canaleta para asegurar que no ocurran derrames de relave producto de esta condición. En caso que esto último ocurriera se aplica procedimiento de detención de emergencia.

### **b) Ingreso de Ola de Relaves al STR**

El ingreso de una ola de relaves al STR generada en el Concentrador, producto de una descarga no controlada de los Espesadores de Relaves u otro flujo no identificado hacia la canaleta, puede ser detectada por el Operador de Panel Cordillera, a través del monitoreo de la señal desplegada en consola por los sensores de nivel instalados a lo largo de la canaleta, por los grupos de inspección o bien por información dada por el Concentrador.

Al encontrarse ante esta situación se debe monitorear desde sala PANEL CORDILLERA y en terreno el avance de la ola de relave. Para evitar salpicaduras y derrames de relaves se debe cerrar parcialmente la compuerta del embalse de seguridad más cercano (25%), aguas abajo del avance de la ola de relaves, desviando parte del caudal de relave con el objetivo de restablecer la altura de operación de relave en la canaleta.

### **c) Tendencia a Embanque**

El Operador de Panel Cordillera detectará las anomalías en las alturas del relave por el sistema de sensores de nivel en la canaleta que le permiten identificar situaciones de embanque incipiente o en desarrollo.

Cuando se registran anomalías en la altura del relave, los inspectores deben concurrir al sitio afectado en forma inmediata para realizar un diagnóstico de la situación y resolver en lo posible el problema en terreno.

En el caso de un embanque inminente o desarrollado, el Operador de Panel Cordillera deberá ceñirse al Procedimiento de Detención de Emergencia.

## **d) Derrame de Relaves**

Una vez detectado un derrame de relaves a través de las señales que se reciben en la consola, el Operador de Panel Cordillera solicitará verificación visual en terreno a quien se encuentre más cerca del lugar, en caso que no pueda corroborar dicho evento a través de los CCTV. Si el problema se tratase de una obstrucción menor que posibilita su rápido despeje, el personal en terreno deberá confinar la zona comprometida mediante la construcción de barreras y/o trincheras. Cuando se ha controlado la condición de derrame, las áreas afectadas deben ser limpiadas utilizando maquinaria de movimiento de tierra y personal provisto de escobillones y palas, a fin de no dejar rastros de relave en el ambiente. Posteriormente debe subsanarse el problema que generó el derrame de relaves.

En el caso que se confirme que el derrame es mayor se aplica el PROCEDIMIENTO DE DETENCION DE EMERGENCIA, el cual se complementa con el procedimiento denominado "Detención STR por Riesgo o Emergencia de Derrame de Relave".

## **e) Falla de elementos de operación del Sistema de Seguridad STR**

Si se detecta una falla en alguno de los elementos de operación del sistema de seguridad del STR, ésta debe ser informada al Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto y/o al Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos para que de acuerdo a la magnitud de la falla se evalúen las medidas a tomar ante esta situación.

- Energía eléctrica
- Comunicaciones (estatus de equipos, lecturas de sensores de nivel)

## **f) Falla de Señales de Monitoreo**

Al detectarse fallas de señales de monitoreo se debe informar al Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto y/o al Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos. Si el transporte de relaves se realiza en forma normal, se deberá disponer de personal provisto de aparatos de comunicación apostados a lo largo de la zona afectada de la canaleta a fin de monitorear el nivel de escurrimiento hasta que la falla sea reparada por especialistas. Al mismo tiempo, los controles de las compuertas de los embalses y cajones deberán quedar habilitados para ser operadas localmente en caso de ser necesario.

## **g) Otras Situaciones**

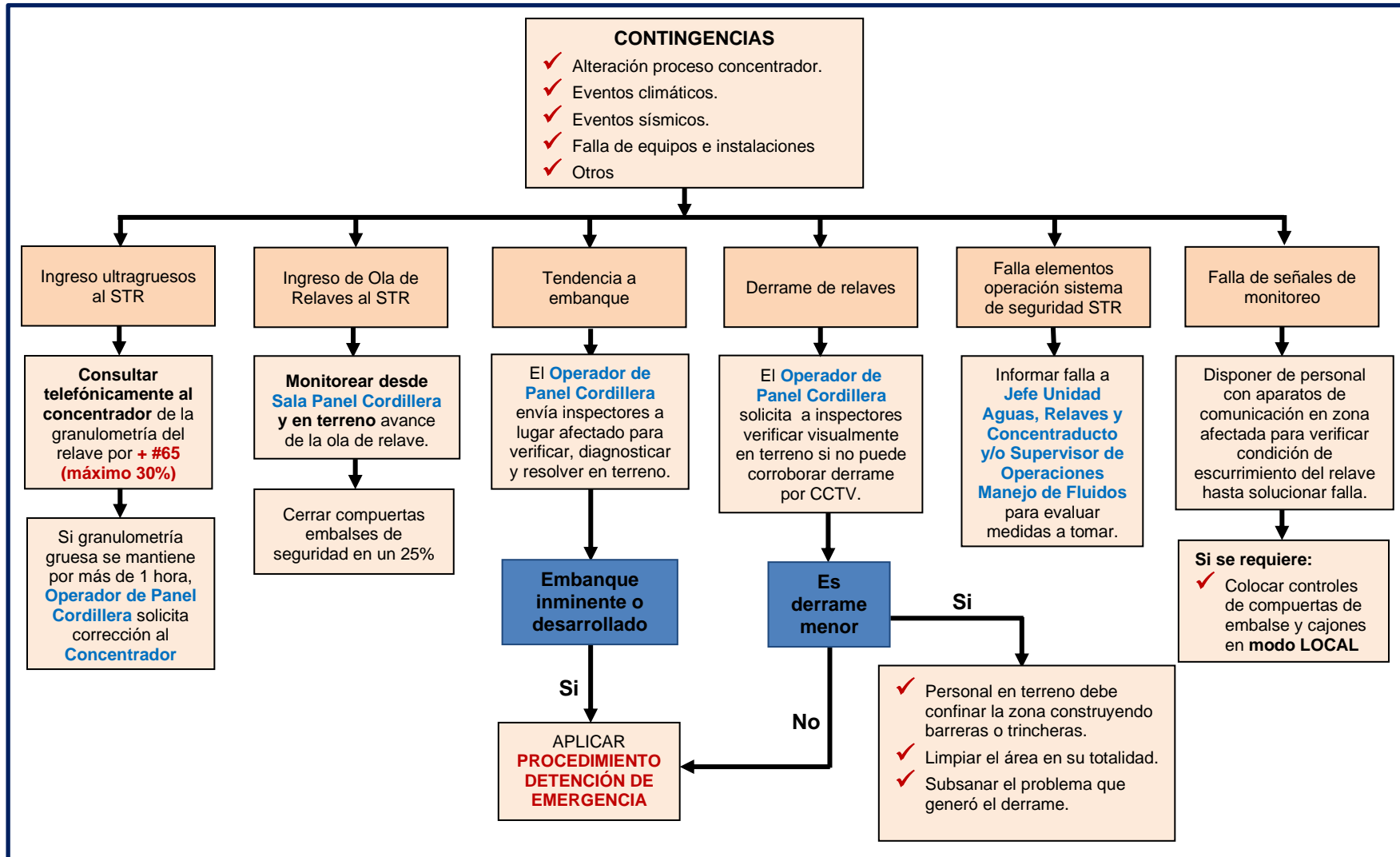
Existen otras situaciones de contingencias que pueden ser detectadas por el Operador de Panel Cordillera o Inspectores de Ruta, las que deben ser informadas al Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto y/o al Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos. Algunas de estas situaciones se presentan en la Figura 7-12 y se describen a continuación:

### **Personas Ajenas en el STR**

Si se detectan personas no autorizadas en el área de operación, se solicitará su retiro inmediato, en lo posible dejando constancia de la identificación del individuo. Si la persona no quiere hacer abandono del lugar se deberá comunicar esta situación al supervisor del área y a seguridad industrial para que determinen las acciones a seguir. Por ningún motivo el personal debe verse involucrado en riñas o acciones que pongan en peligro su integridad física, la de la otra persona o la de las instalaciones.

En caso de encontrar el cadáver de una persona en la canaleta o en algún recinto del STR, el cuerpo no deberá ser manipulado y se informará de inmediato al supervisor del área quien avisará a Carabineros del sector.

Figura 7-11: Diagrama de Bloques – Contingencias



### **Presencia de Animales**

En caso de encontrarse con animales que circulen por la plataforma de la canaleta, se deberán arrear hasta alguno de los pasos de animales existentes, avisar a seguridad industrial y en lo posible ubicar al dueño o responsable para evitar nuevas situaciones similares. Si se tratase de animales muertos, se deberá hacer retiro del cadáver del sector y dar aviso a su dueño.

### **Deslizamientos de Tierra y/o Erosiones en Plataformas y Caminos**

Estas situaciones deben ser identificadas durante la inspección diaria del STR. En el caso de ser necesario, se solicitará el apoyo de un especialista geotécnico para definir la complejidad del daño y definir las acciones a seguir, las cuales dependerán de la importancia del sector en cuestión.

Para el caso de la plataforma de relave, las erosiones y deslizamientos de tierra constituyen contingencias mayores en la medida que estas puedan afectar la estabilidad de la canaleta, por lo que se deberá evaluar la factibilidad del transporte de relave y realizar la reparación necesaria

### **Incendios**

Frente a la ocurrencia de incendios forestales en las zonas aledañas a las instalaciones del STR, el Operador de Panel Cordillera deberá avisar a Jefe Unidad Aguas, Relaves y Concentraducto y/o Supervisor de Operaciones Manejo de Fluidos, el cual dará aviso a Carabineros, Bomberos, otros y facilitará el ingreso de estos organismos a las áreas afectadas. Si este se produce cerca de alguna caseta de monitoreo, se corre el riesgo de perder las señales desde el concentrador hasta el punto afectado, por lo que se debe procurar proteger a la caseta de la acción del fuego. Si bien la probabilidad de que se origine un incendio en alguna de las casetas de monitoreo es baja, el Operador de Panel Cordillera verificará la ocurrencia de una anomalía a través de la pérdida de las señales del área, por lo que debe dar aviso al grupo de inspección del STR o a quien se encuentre en la zona para que verifique la condición de la caseta. Se atacará el fuego empleando los extintores de PQS existentes en las casetas y/u otros que se tengan a mano. Por ningún motivo el personal deberá realizar acciones que pongan en peligro su integridad física y/o la de otras personas.

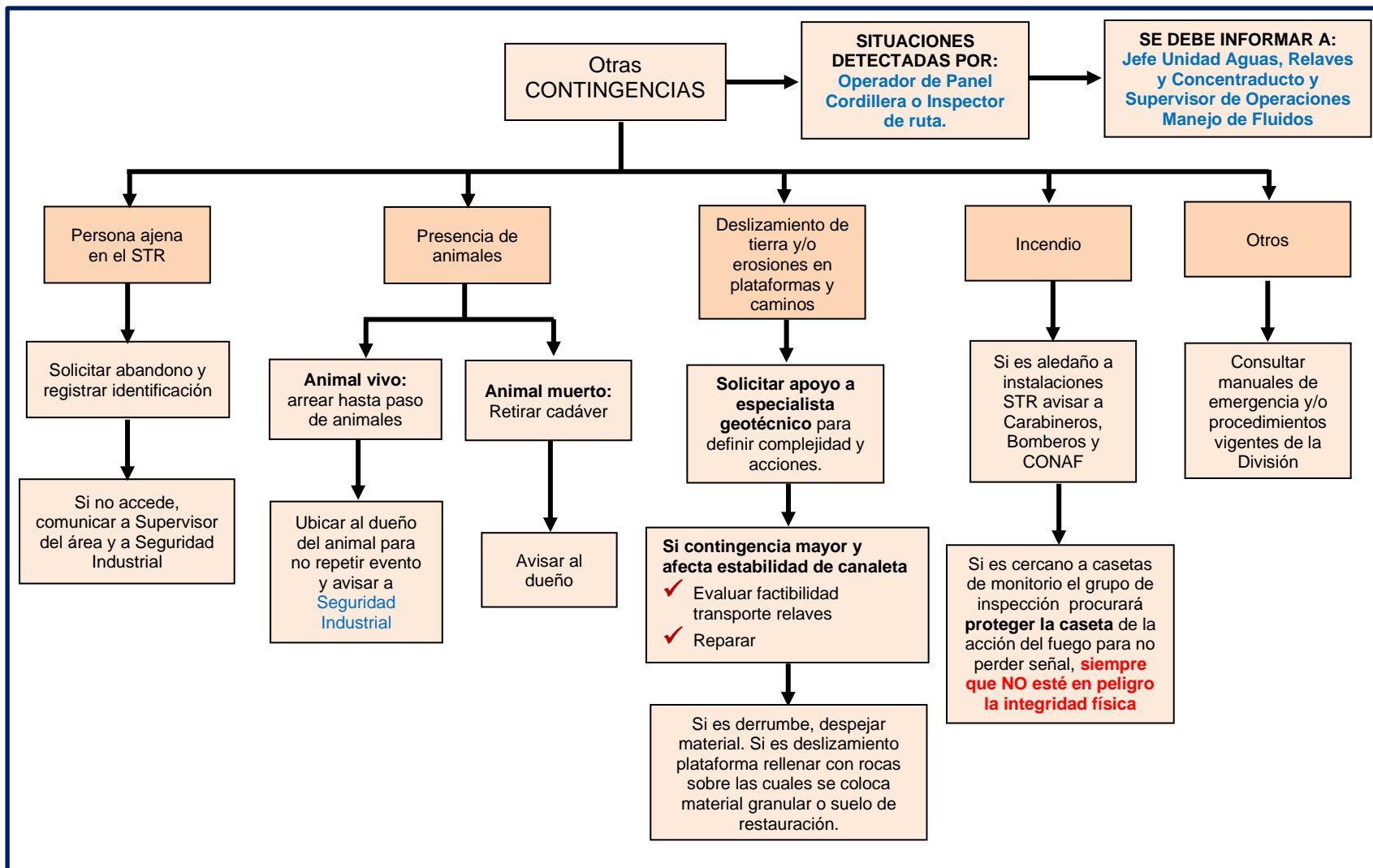
### **Otros**

Si el Inspector de Ruta y/o el Operador de Panel Cordillera se enfrentan a otras situaciones de emergencia que no han sido descritas en este manual de operación, deberá consultar los manuales de emergencia y/o procedimientos vigentes que posee la División para tales efectos.

### **Comunicados de Incidentes**

Toda comunicación o informe oficial hacia el exterior relacionado con un incidente en el STR, será efectuado sólo por personal autorizado para tales efectos.

Figura 7-12: Diagrama de Bloques – Otras Contingencias





## 7.2 PROCEDIMIENTOS SISTEMA DE DISPOSICIÓN, CLASIFICACIÓN DE RELAVES Y CONSTRUCCIÓN MURO

Los procedimientos de operación del SDCR Y CM son los siguientes:

- Procedimientos de Puesta en Marcha
- Procedimientos de Operación Normal
- Procedimientos de Detención Normal
- Procedimientos de Detención de Emergencia
- Procedimientos de Operación Eventuales

La aplicación de cada procedimiento dependerá directamente de la condición de operación del SDCR Y CM y/o de las condiciones de operación del STR, aguas arriba del sistema en estudio. A continuación, se presenta una breve descripción de cada procedimiento.

Los **procedimientos de puesta en marcha** se aplicarán cada vez que se restablezca la operación del sistema global o de parte de éste, luego de una detención programada o de emergencia.

Los **procedimientos de operación normal** podrán ser aplicados una vez que el sistema se haya estabilizado luego de la aplicación de los procedimientos de puesta en marcha de sus operaciones.

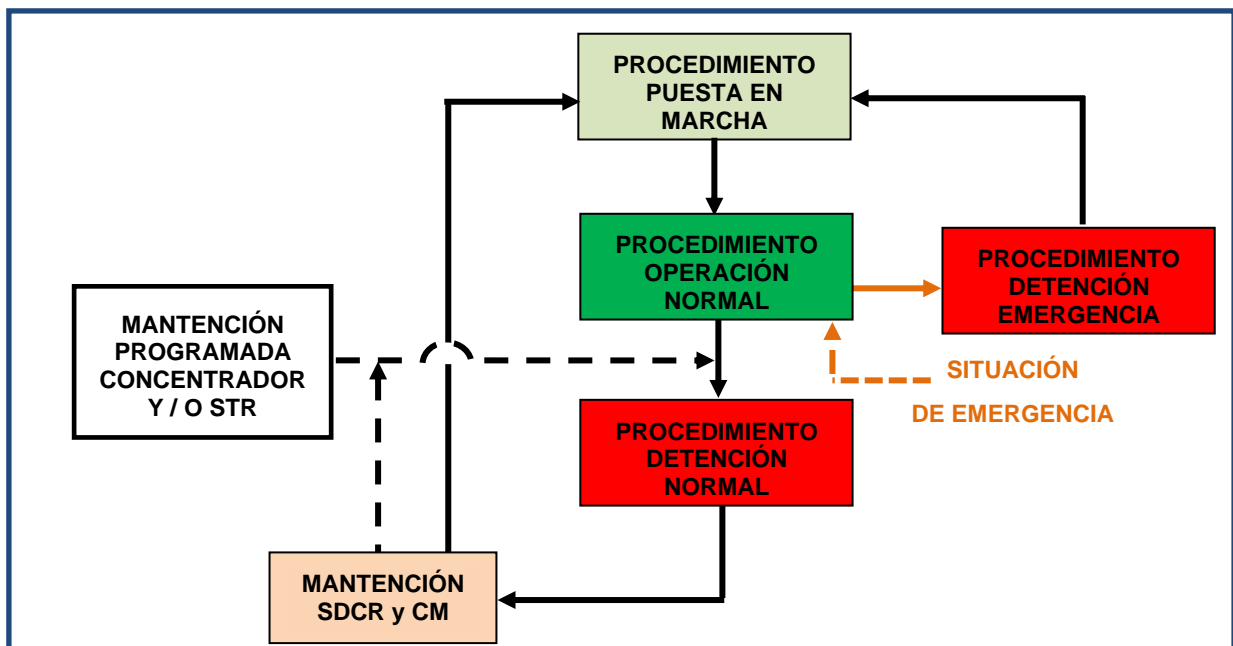
Los **procedimientos de detención normal** se aplicarán cuando se efectúe una detención programada del STR y/o se requiera detener la operación del sistema global o de parte de éste.

Los **procedimientos de detención de emergencia** se aplicarán frente a la ocurrencia de un evento de emergencia en el sistema global o en parte de éste.

Los **procedimientos de operación eventuales** se aplicarán para la realización de operaciones eventuales requeridas por la construcción del Muro.

En la Figura 7-13 se presentan la secuencia de aplicación e interrelación entre estos procedimientos.

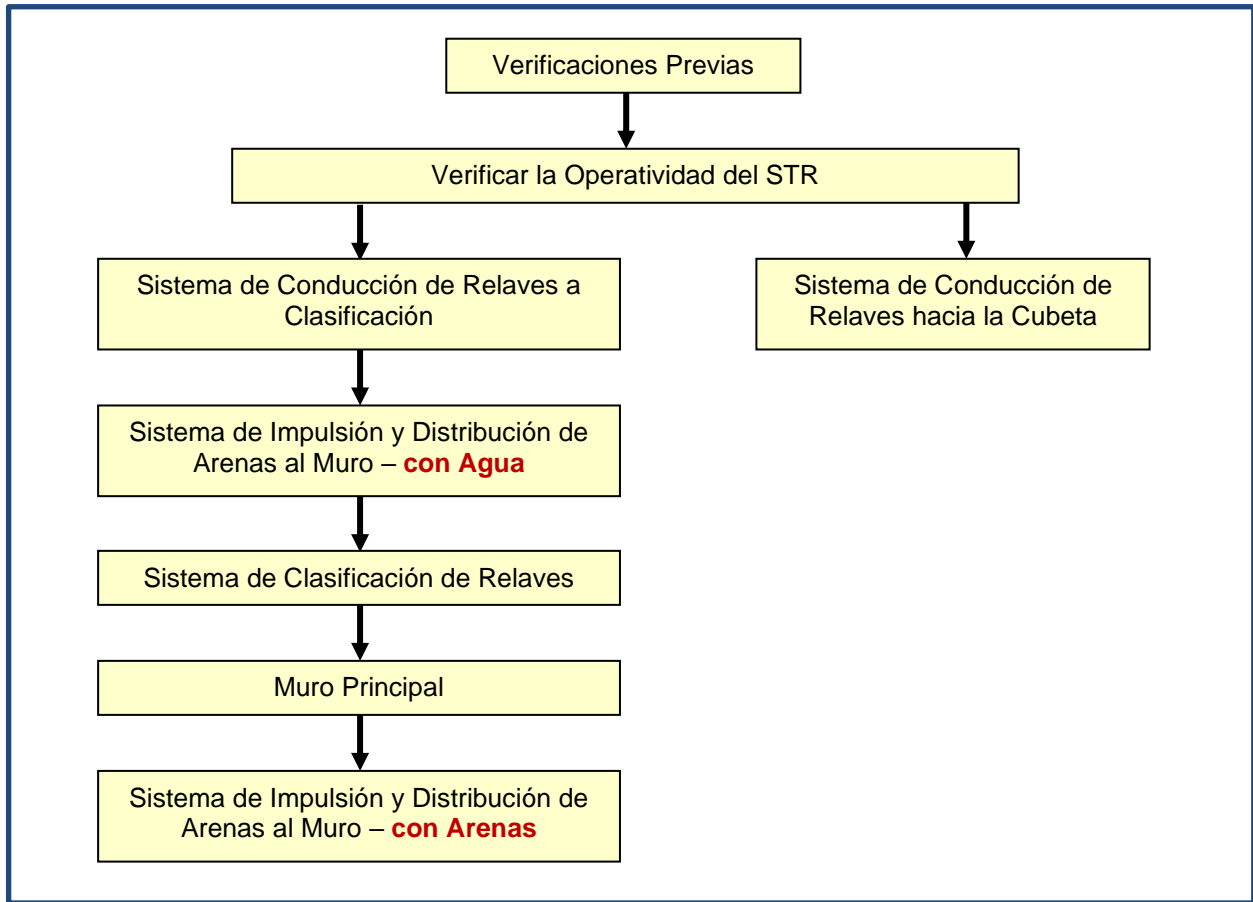
Figura 7-13: Diagrama de Bloques – Procedimientos de Operación



## 7.2.1 Procedimientos de Puesta en Marcha SDCR - CM

La secuencia general para la Puesta en Marcha, posterior a una detención del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Crecimiento del Muro, se presenta en la Figura 7-14 siguiente.

Figura 7-14: Secuencia General de Puesta en Marcha



La nomenclatura empleada para indicar el tipo de accionamiento de las válvulas tiene el siguiente significado:

- Manual-Panel Local (M-PL): Válvula accionada manualmente desde un panel local.
- Manual-Local (M-L): Válvula accionada manualmente “in situ”.
- Manual-Remota (M-R): Válvula accionada manual o automáticamente en forma remota desde la consola de operación.

### a) Verificaciones Previas

Previo a la Puesta en Marcha, el operador debe realizar las siguientes verificaciones:

1. Coordinar la operación del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves, con la operación de la Concentradora y el Sistema de Transporte de Relaves al Valle.

2. Verificar la operatividad de los sistemas de comunicación entre la Sala de Control y los diferentes sistemas y personal involucrado.
3. Verificar que los paneles de control local, según corresponda, estén energizados y con la respectiva indicación de estado de equipos.
4. Verificar que los siguientes equipos o instalaciones se encuentren libres de elementos extraños:

**Tabla 7-2: Equipos a verificar previa Puesta en Marcha**

Sistema	Equipo o Instalación
Sistema de Distribución de Relaves	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canaleta de relaves entre el cajón de traspaso y el cajón de distribución.</li> <li>• Cajón de Traspaso.</li> <li>• Canaleta desripiadora y cajón desripiador.</li> <li>• Cajón de distribución de relaves.</li> <li>• Cajón de medición.</li> <li>• Cajón Recuperador de Relaves Desripiados.</li> <li>• Cajón de alimentación ciclones.</li> </ul>
Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canaleta de relaves entre el cajón de salida del rápido El Álamo y el cajón de traspaso.</li> <li>• Cámara de captación Toma sello cubeta.</li> <li>• Cajones de derivación N°1 y N°2.</li> <li>• Cajones de traspaso R3-1 y R3-2.</li> </ul>
Sistema de Clasificación de Relaves	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubas de descarga de reciclones (overflow y underflow).</li> <li>• Estanque rejilla de protección.</li> <li>• Estanque de muestreo.</li> <li>• Cajón de lamas antiguo.</li> <li>• Cajón de lamas nuevo.</li> </ul>
Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estanque agitador.</li> <li>• Estanque alimentación bomba centrífuga.</li> <li>• Nuevo cajón de arenas.</li> <li>• Cajón de Cabecera.</li> </ul>

5. Verificar que las compuertas de los cajones de derivación estén habilitadas para desviar el caudal de relaves hacia la cubeta del Tranque.
6. Verificar la posición inicial de las siguientes válvulas de relave:

**Tabla 7-3. Válvulas a verificar previa Puesta en Marcha**

Sistema	Posición	TAG	Accionamiento
Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta	Abiertas	N/A	-
	Cerradas	FV-5750-02 FV-001 FV-002/003 KV-0-150-21/23 KV-0-100-222/223/224/225	M-R M-R M-L  M-L M-L
Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación	Abiertas	N/A	-
	Cerradas	WV-5750-01 PV-0-350-27 KV-0-100-226/227 PV-0-250-82	M-R M-L M-L M-L
Sistema de Clasificación de Relaves	Abiertas	FV-5755-08 KV-0-300-94 FV-5755-10 (según ciclones en operación)	M-R M-L M-L
	Cerradas	PV-3-300-84 FV-5755-09 PV-3-100-199 AV-0-50-93/95 KV-0-250-96 FV-5755-10 (según ciclones fuera de operación)	M-L M-R M-L M-L M-L M-L
Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro (Bombas Impulsión)	Abiertas	Desvío a cubeta en Chimbombo	M-L
	Cerradas	FV-5756-12 PV-3-100-107/109/113 AV-0-50-104/105/106 AV-3-50-108/110/115 AV-3-50-191/192/193 FV-5756-01/02/03 FV-5756-04 AV-3-50-117 AV-0-50-65 FV-5711-010A FV-5711-040B FV-5711-011A FV-5711-080 FV-5711-060/070	M-L M-L M-L M-L M-L M-L M-L M-L M-L M-L M-L M-L M-L M-L
Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro (Distribución en Muro)	Abiertas	Válvulas habilitación nudos de descarga de acuerdo a programa de disposición de arenas	M-L
	Cerradas	Válvulas que permiten la configuración de descarga en nudos seleccionados en programa de disposición de arenas	M-L
Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta	Abiertas	PV-3-300-185	M-L
	Cerradas	PV-3-450-128/137 PV-3-450-187/188/189 PV-3-450-155/130/190	M-L M-L M-L

7. Verificar la posición inicial de las siguientes válvulas de suministro de agua:

**Tabla 7-4: Válvulas Suministro de Agua a verificar previa Puesta en Marcha**

Sistema	Posición	TAG	Accionamiento
Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta	Abiertas	N/A	-
	Cerradas	W-1-100-16	M-L
Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación	Abiertas	W-1-300-17 W-1-500-18	M-L M-L
	Cerradas	FV-5757-06 DV-5757-04	M-PL M-R
Sistema de Clasificación de Relaves	Abiertas	N/A	-
	Cerradas	W-1-75-88/92 W-1-250-91 W-3-150-87 Válvula a Cajón Arenas	M-L M-L M-L M-L
Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro	Abiertas	N/A	-
	Cerradas	LV-5756-11 FV-5756-10 W-1-200-102 BV-0-25-103	M-L M-L M-L M-L

8. Verificar la disponibilidad de agua en los siguientes puntos de consumo operacionales:

**Tabla 7-5: Puntos de consumo de Agua a verificar previa Puesta en Marcha**

b) Punto consumo	Tipo Agua	Acción	Equipo
Cajón de Distribución	Lavado	Partir / Parar localmente	Bomba 5757-15100-01
Cajón Alimentación Ciclones	Dilución	Abrir / Cerrar remotamente	Válvula DV-5757-04
Batería Reciclones	Dilución	Abrir / Cerrar localmente	Válvula de agua de reciclones
Underflow Batería Reciclones	Dilución	Abrir / Cerrar localmente	Válvula de 2"
Cajón de Lamas Antiguo	Lavado	Abrir / Cerrar localmente	Válvula manual W-1-75-88
Estanque de Muestreo	Lavado	Abrir / Cerrar localmente	Válvula manual W-1-75-92
Estanque Rejilla Protección	Lavado	Abrir / Cerrar localmente	Válvula manual W-1-250-91
Estanque Agitador	Lavado	Abrir / Cerrar localmente	Válvula LV-5756-11
Estanque Bomba Centrífuga	Lavado	Abrir / Cerrar localmente	Válvula manual W-1-200-102
Nuevo Cajón de Arenas	Lavado	Abrir/Cerrar localmente	Válvula manual
Línea de acero de arenas a muro (Línea 1)	Lavado	Abrir / Cerrar localmente Chequear Presión	Válvula FV-5756-10 PI 5756-19
Línea HDPE de arenas a muro	Lavado	Abrir / Cerrar localmente Partir / Parar	Válvula W-1-200-102 Bombas centrífugas
Línea de acero 8" de arenas a muro (Línea 3)	Lavado	Abrir / Cerrar localmente Partir / Parar	Válvula a Cajón de arenas Bombas centrífugas
Línea de acero 8" de arenas a Muro Este (Línea 5)	Lavado	Abrir / Cerrar localmente Partir / Parar	Válvula W-1-200-102 o válvula a cajón de arenas Bombas centrífugas

## b) Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta

El sistema de conducción de relaves hacia la cubeta opera de acuerdo a lo definido en el programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque, cuyo objetivo es mantener confinada la laguna en el sector norponiente del tranque.

### Sistema de descarga por la cola

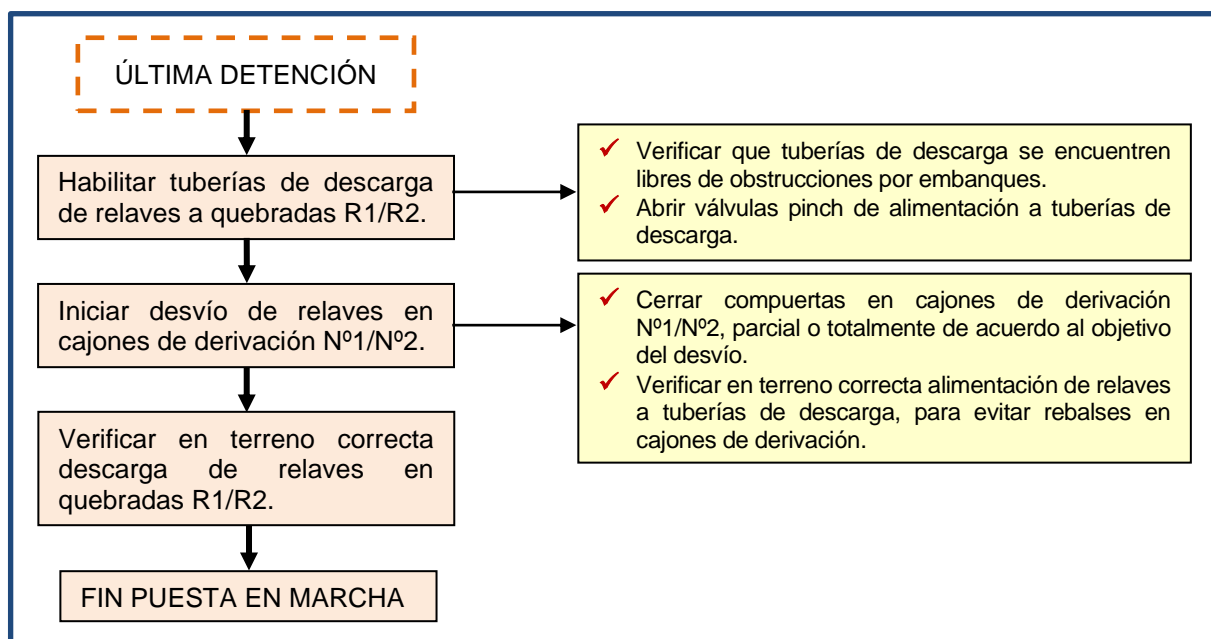
El procedimiento de puesta en marcha del sistema de descarga por la cola se describe en detalle en el documento “Obras Complementarias Sifón 1 y 2; Sistema de descarga por la cola. Instructivo de Operación, Actualización y Adaptación a Operación vía By-pass”

### Cajones de Derivación N°1 y N°2

Un diagrama de bloques general del procedimiento de puesta en marcha de los cajones de derivación, se presenta en la Figura 7-15. Los pasos a considerar, realizados por operadores en terreno, son los siguientes:

1. Habilitar en terreno las tuberías de descarga de relaves a las quebradas R1/R2. Para esto se debe verificar que dichas líneas de conducción se encuentren libres de obstrucciones por embanques y posteriormente abrir manualmente las válvulas pinch que permiten la alimentación de relaves a estas conducciones.
2. Iniciar el desvío de relaves en cajones de derivación, cerrando manualmente las compuertas parcial o totalmente de acuerdo al objetivo requerido (disminuir caudal de relave o detener alimentación a cajón de distribución, descargar relaves a ladera oriente del tranque). Junto a esto, verificar la correcta alimentación de relaves a las tuberías de descarga con el fin de evitar rebalses de relave en cajones de derivación.
3. Verificar en terreno la correcta descarga de relaves a las quebradas R1/R2, para su transporte a través de estas hasta la cubeta del tranque.

**Figura 7-15: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Cajones de Derivación N°1 y N°2**



### **Derivación por quebrada R3**

La operación de derivación de relaves por la quebrada R3 nueva es consecuencia de la operación del sistema de desripiado de relaves y de la quebrada R3 antigua del cajón de distribución y cajón alimentación ciclones, por lo tanto, sólo le aplica un procedimiento de puesta en marcha en una condición de operación eventual en que se requiere detener completamente la alimentación de relaves al cajón de distribución.

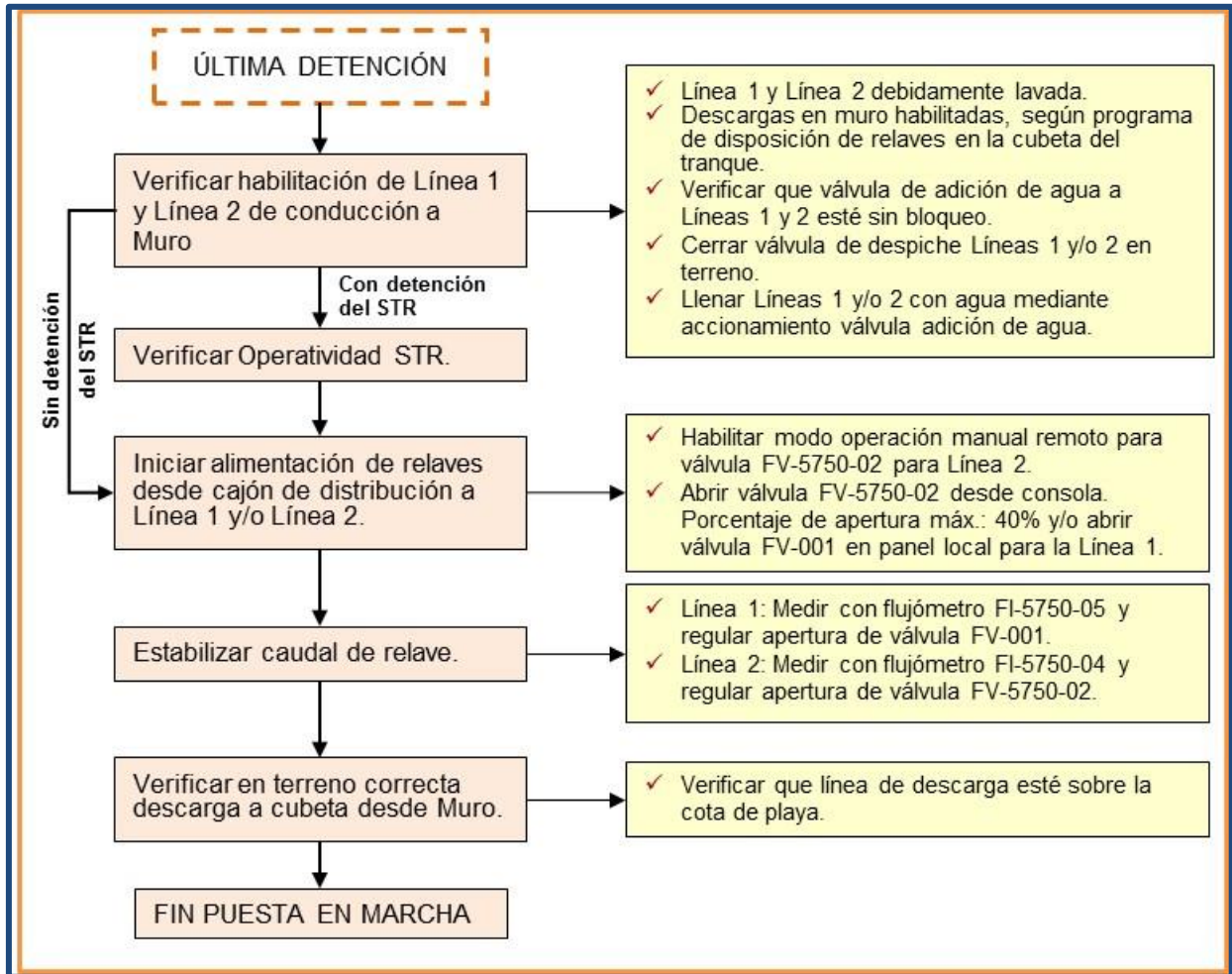
En este caso el sistema de desripiado de relaves opera como complemento de la operación de los cajones de derivación y el operador en terreno debe abrir completamente la compuerta de desvío del cajón desripiador, para permitir el paso de la totalidad del relave conducido por la canaleta desripiadora al canal desripiador que lo desvía a la quebrada R3 nueva.

### **Conducción por Línea 1 o Línea 2**

Un diagrama de bloques general del procedimiento de puesta en marcha para esta conducción, se presenta en la Figura 7-16. El detalle de los principales pasos que serán realizados por el Operador en Terreno, el Operador de Muro o el Operador de Consola, dependiendo del caso, es el siguiente:

1. Verificar en terreno que las líneas de conducción al muro se encuentren debidamente lavadas.
2. Verificar que en el sector del muro se encuentren habilitadas las descargas definidas en el programa de disposición de relaves en la cubeta del tranque.
3. Verificar en terreno que la válvula de adición de agua de lavado a las Línea 1 y Línea 2 se encuentre sin bloqueos para su operación.
4. Cerrar manualmente válvula de despiche de la Línea 1 y Línea 2, ubicada en el coronamiento del Muro Este.
5. Abrir manualmente la válvula de adición de agua de lavado a la Línea 1 y/o Línea 2 y llenar el sifón 560 mm con agua.
6. En caso de que la última detención de la Línea 1 y/o Línea 2 se haya realizado por una detención del STR, verificar en terreno la operatividad del STR.
7. Iniciar la alimentación de relaves desde cajón de distribución a Línea 1 y/o Línea 2, realizando las siguientes acciones:
  - En panel de control local verificar o seleccionar modo de operación remoto para la válvula FV-5750-02 para Línea 2, para operarla desde consola.
  - Desde Consola abrir parcialmente la válvula que se desea operar, seleccionando un porcentaje de apertura máximo de 40% y desde panel local la válvula FV-001 para la Línea 1.
8. Verificar el caudal de relaves medido en el cajón de medición hasta estabilizar:
  - Efectuar lecturas de caudal en Consola a través del flujómetro FI-5750-04 para la Línea 2 y FI-5750-05 para la Línea 1.
  - Regular, en modo manual-remoto la abertura de la válvula de control FV-5750-02 y/o en panel local la abertura de la válvula FV-5750-03 de acuerdo a la Línea que se opere, de manera de tener un caudal del orden de 235 l/s, manteniéndose en el rango entre 150 l/s – 350 l/s.
9. El Operador de Muro debe verificar la correcta descarga de relaves en los puntos de descarga definidos en el muro, asegurándose de que la línea de descarga de relaves se encuentre sobre la cota de playa.

Figura 7-16: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Conducción Línea 1 y Línea 2



### c) Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación

El objetivo de la operación del Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación es mantener un tonelaje y un caudal de relaves adecuado hacia la etapa de clasificación. El caudal de relave diluido a transportar se debe mantener entre 650 l/s – 850 l/s, con una densidad de pulpa de 1,3 t/m<sup>3</sup> a 1,4 t/m<sup>3</sup>.

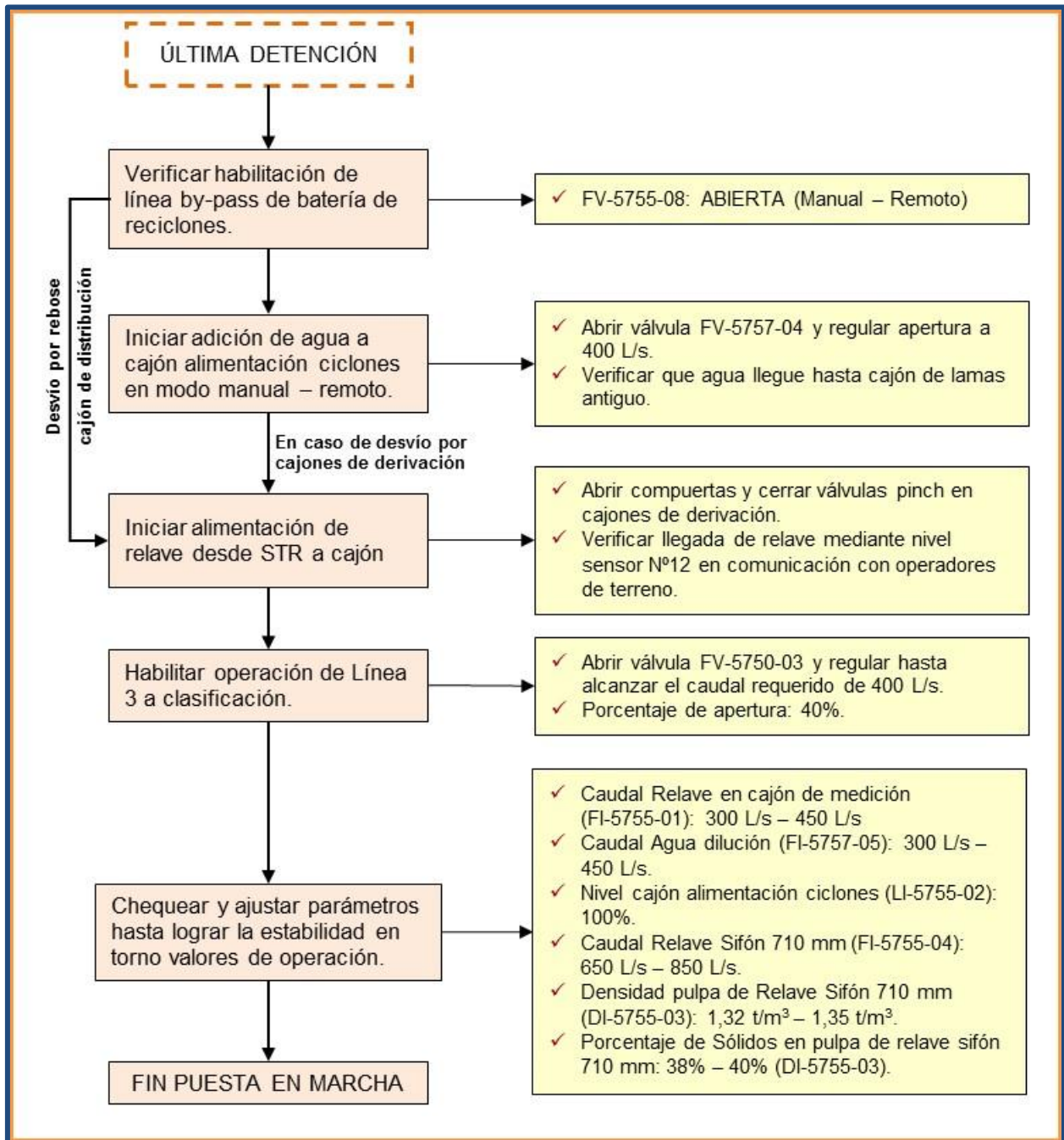
Un diagrama de bloques general del procedimiento de puesta en marcha para este sistema se presenta en la Figura 7-17. El detalle de los principales pasos a realizar por el Operador de Clasificación y el Operador de Consola es el siguiente:

1. Verificar que la línea by-pass de la batería de ciclones se encuentre habilitada. Para ello, revisar en consola que la válvula (FV-5755-08) se encuentre abierta, con lo que el caudal inicial by pasará a los reciclones y será descargado al cajón de lamas antiguo y desde allí directamente a la cubeta del tranque.
2. Iniciar la adición de agua al cajón de alimentación ciclones, abriendo manualmente la válvula DV-5757-04, hasta alcanzar 400 l/s y verificar que el agua llegue hasta el cajón de lamas antiguo.
3. En el caso de que el caudal de relaves esté siendo desviado desde los cajones de derivación a la cubeta:



- Detener la operación de los cajones de derivación, restableciendo el flujo de relave hacia el cajón de distribución, para lo cual el Operador en Terreno debe abrir las compuertas de los cajones y cerrar las válvulas pinch.
  - Desde Consola y en comunicación con Operador en Terreno, monitorear la llegada del relave, verificando el nivel del sensor N° 12.
4. Habilitar la operación de la Línea 3 para comenzar la conducción de relaves hacia la etapa de clasificación de acuerdo a los siguientes pasos:
- Abrir parcialmente válvula pinch WV-5750-01, ubicada en la Línea 3, operada en modo manual-remoto desde Consola, hasta que alcance un flujo medido en el cajón de medición de 400 l/s. (porcentaje de apertura 40%)
  - En el cajón de Alimentación a Ciclones mantener la adición de agua.
5. Chequear y ajustar constantemente el valor de los siguientes parámetros hasta lograr la estabilidad en torno a los valores de operación, a través del contraste del caudal de relave diluido y su porcentaje de sólidos con los caudales de relave fresco y agua de dilución. Las acciones a realizar para lograr este objetivo son:
- Caudal de relave en Cajón de Medición entre 300 l/s – 450 l/s, con lectura en la consola (FI-5755-01) y regulación mediante accionamiento manual-remoto de válvula pinch ubicada en salida cajón de distribución (WV-5750-01).
  - Caudal de agua a Cajón Alimentación a Ciclones entre 300 l/s – 450 l/s, con lectura en la consola (FI-5757-05) y regulación mediante accionamiento manual-remoto de válvula de adición de agua de dilución (DV-5750-04).
  - Nivel Cajón Alimentación a Ciclones en 100%, con lectura en la consola (LI-5755-02) y regulación mediante ajuste de caudal de relave diluido desde consola.
  - Caudal de relave en línea sifón 710 mm, entre 650 l/s y 850 l/s, con lectura en la consola (FI-5755-04) y regulación mediante ajuste de caudales de relave y agua de dilución desde la consola.
  - Densidad del relave a clasificación, entre 1,32 – 1,35 t/m<sup>3</sup> y Porcentaje de Sólidos en pulpa de relave sifón 710 mm, entre 38% - 40%, con lectura en la consola (DI-5755-03) y regulación mediante ajuste de caudal de agua de dilución desde la consola.

Figura 7-17: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación



#### d) Sistema de Clasificación de Relaves

Una vez que el caudal de relave conducido por el sifón de 710 mm sea estable y adecuado, se pondrá en marcha el Sistema de Clasificación. El objetivo de esta operación es obtener una cantidad adecuada de arenas aptas para la construcción del muro, cuyo contenido de finos (bajo 200#) sea inferior al 15%.

El procedimiento general de puesta en marcha para este sistema se presenta mediante un diagrama de bloques en la Figura 7-18.

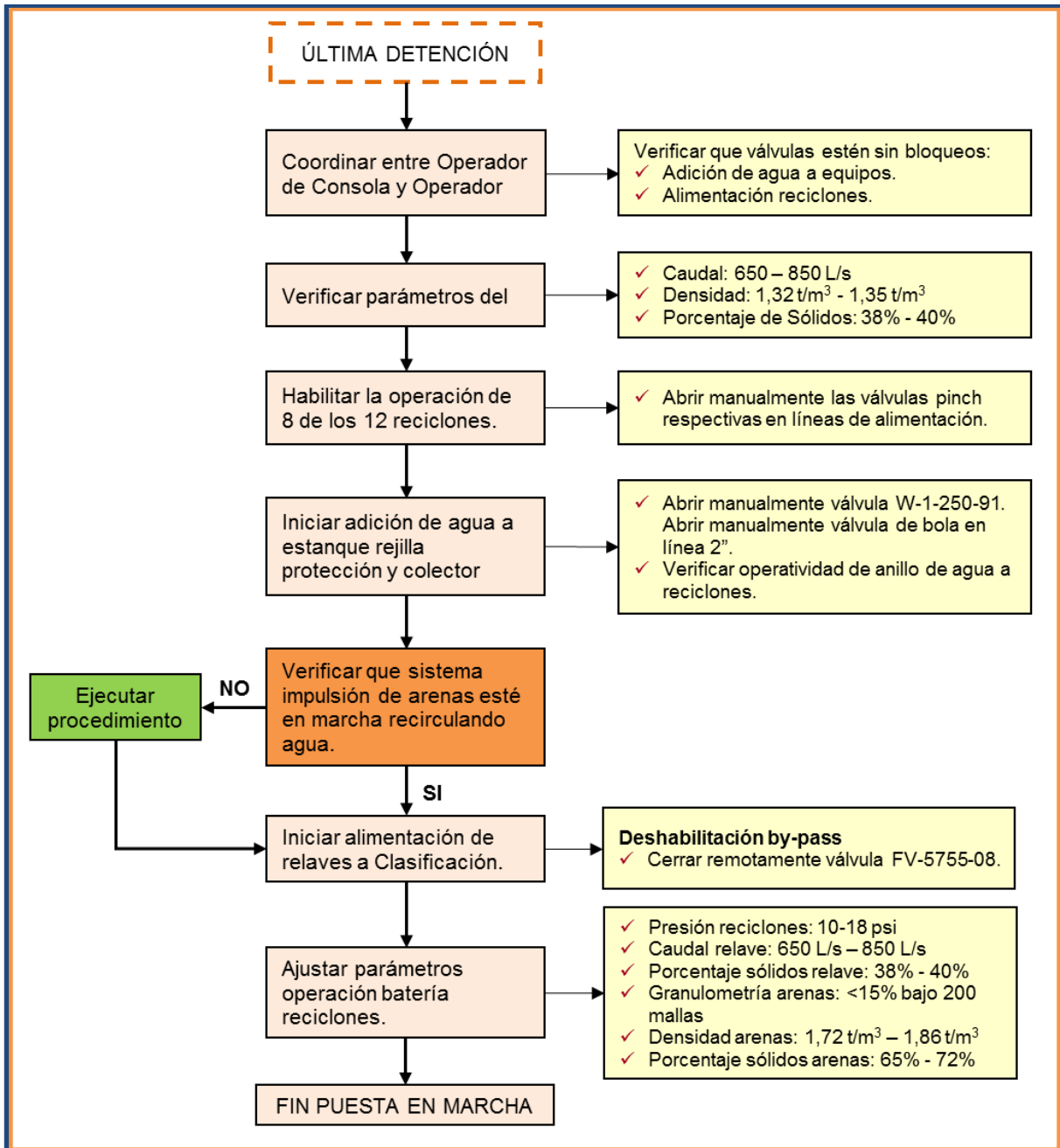
**Figura 7-18: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Sistema de Clasificación de Relaves**

El detalle de los principales pasos a seguir es el siguiente:

1. Coordinar entre el Operador de Consola y el Operador de Clasificación la puesta en marcha del sistema.
2. Verificar en terreno que válvulas de adición de agua a equipos como estanque rejilla protección, reciclones (overflow, underflow, anillo alimentación agua) y las válvulas de alimentación a reciclones estén sin bloqueos para iniciar la operación.
3. Verificar desde consola que el caudal de relave conducido por la Línea 3 se encuentre entre 650 l/s - 850 l/s y una densidad entre 1,32 t/m<sup>3</sup>– 1,35 t/m<sup>3</sup>, equivalentes a un porcentaje de sólidos del 38% - 40%.
4. Habilitar la operación de 8 de los 12 reciclones para lo cual el Operador de Clasificación debe abrir manualmente las válvulas pinch en las líneas de alimentación correspondientes.
5. Comenzar la adición de agua de lavado a canastilla de protección ubicada en Estanque Rejilla Protección, para lo cual es necesario abrir manualmente la válvula W-1-250-91.
6. Comenzar la adición de agua de lavado en el estanque colector del underflow de la batería de reciclones mediante la apertura manual de la válvula de bola de la línea de 2" de distribución de agua.
7. Verificar en terreno la operatividad del anillo que alimenta agua a los reciclones para su operación, abriendo y cerrando la válvula manual.
8. Verificar en terreno que el sistema de impulsión y distribución de arenas al muro de acuerdo a la configuración de operación a utilizar se encuentre en marcha, es decir, recirculando agua al estanque agitador mediante la operación de las BDP, recirculando agua al estanque alimentación bombas centrífugas si la operación es con las bombas del sistema de impulsión WARMAN – ULMAX o recirculando agua al nuevo cajón de arenas si la operación es con el sistema de impulsión BOC-002@BOC-004. Si lo anterior no se cumple se debe aplicar dicho procedimiento antes de continuar la puesta en marcha del sistema de clasificación.
9. Comenzar la alimentación de relaves a la batería de ciclones con un flujo de pulpa entre 650 l/s – 950 l/s, con una concentración de sólidos entre 38% - 40%, mediante el cierre de la válvula FV-5755-08, ubicada en la línea de by-pass. El accionamiento de estas válvulas se realiza en forma manual-remota desde la Consola de Operación.
10. Monitorear la presión de trabajo de la batería de ciclones con lectura local y remota PI-5755-05 y PI-9502, respectivamente, la cual debe encontrarse entre 10 psi – 18 psi. Si es necesario ajustar considerar que:
  - Para aumentar la presión de trabajo se puede disminuir el número de reciclones en operación o aumentar el caudal de relave alimentado a la batería de reciclones.
  - Para disminuir la presión de trabajo es posible aumentar el número de reciclones en operación o disminuir el caudal de relave alimentado a la batería de reciclones.
11. Una vez que se haya logrado la presión de trabajo de la batería, tomar muestras y realizar mallajes rápidos de las arenas para determinar la producción cumple con las exigencias de finos menores al 15% y una densidad entre 1,72 t/m<sup>3</sup> – 1,86 t/m<sup>3</sup>, equivalente a un 65% - 72% de sólidos.

12. Si no se cumplen los parámetros de calidad de las arenas, realizar ajustes de caudal de relaves frescos y concentración de sólidos desde consola. En caso de ser necesario el Operador de Clasificación deberá realizar el cierre de un reciclón.
13. Una vez estabilizada la operación, se procede a ajustar el Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro, el cual debe ser puesto en marcha en forma paralela a la Conducción de Relaves a Clasificación.

**Figura 7-18: Diagrama de Bloques – Puesta en Macha Sistema de Clasificación de Relaves**



## e) Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas

El objetivo del Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro es proveer un caudal de arenas constante y apto hacia los puntos de descarga definidos por el programa de construcción del muro, para lograr un crecimiento adecuado y seguro de este. Durante la operación, las arenas serán impulsadas hacia el muro mediante la operación del sistema de bombeo BDP y/o la operación del sistema de impulsión WARMAN – ULMAX, BOC-001 y sistema BOC-002 @ BOC-004. El programa de construcción del muro definirá si los sistemas de bombeo operan en conjunto o de modo independiente, de acuerdo a los puntos de descarga a los que se requiera llegar con la arena.

La puesta en marcha de este sistema considera la siguiente secuencia de etapas:

1. **Puesta en marcha del sistema con agua:** Esta operación deberá realizarse en forma previa al desvío de relaves a la batería de reciclones, es decir, en paralelo a la puesta en marcha del Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación, de tal manera que su operación esté totalmente estabilizada cuando la batería de reciclones comience a clasificar. La puesta en marcha de los sistemas de impulsión (BDP, WARMAN – ULMAX, BOC-001 y BOC-002 @ BOC-004) se realiza adicionando agua al estanque agitador, al estanque de alimentación bombas centrífugas y al nuevo cajón de arenas e impulsando a la cubeta.
2. **Puesta en marcha del sistema con presencia de arenas de clasificación:** Cuando las arenas de clasificación comiencen a llegar al Estanque Agitador, al estanque de alimentación de bombas centrífugas y al nuevo cajón de arenas según el sistema de impulsión a operar, desplazarán paulatinamente el agua por la pulpa de arenas, la que luego será impulsada hacia el muro. Por lo tanto, esta actividad debe ser coordinada con la puesta en marcha del sistema de clasificación.

### Puesta en Marcha del Sistema con Agua

Un diagrama de bloques general del procedimiento de Puesta en Marcha para este Sistema se presenta en la Figura 7-19.

#### *i. Sistema Impulsión Bombas Desplazamiento Positivo*

El detalle de los principales pasos a realizar por el Operador de Clasificación para la puesta en marcha del sistema BDP es el siguiente:

1. Agregar agua de dilución al estanque agitador, abriendo la válvula de compuerta manual LV-5756-11 hasta que alcance el nivel de 100%. Mantener la válvula abierta.
2. Poner en marcha la operación del mecanismo agitador del estanque, desde el panel de control local y luego efectuar las siguientes verificaciones de rutina:
  - Verificar la correcta operación del conjunto agitador - motor.
  - Verificar que no existan ruidos extraños y/o vibraciones.
  - Verificar manualmente la temperatura del motor y descansos si corresponde.

Si alguna de las condiciones verificadas no se cumple, comunicar situación al Supervisor responsable para que los equipos de mantención revisen el sistema y corrijan condición.

3. Preparar sistema BDP para la operación, abriendo manualmente las siguientes válvulas:
  - Válvula de compuerta de 6" de alimentación a cada BDP, ubicada a la salida del estanque agitador.
  - Válvula pinch de salida de cada bomba: FV-5756-01/02/03.
  - Mantener abierta la válvula de descarga a la cubeta desde el chimbombo FV-5756-06.

4. Poner en marcha las bombas de desplazamiento positivo en forma secuencial.
  - Verificar que cada BDP se encuentre energizada.
  - Abrir la válvula manual de alimentación de agua de refrigeración de cada una de las BDP.
  - Poner en marcha la primera bomba presionando el botón PARTIR en panel de control local y regular su velocidad de operación mediante el selector ubicado en el panel local a 10 carreras por minuto.
  - Poner en marcha la segunda bomba presionando el botón PARTIR en panel de control local y regular su velocidad de operación mediante el selector ubicado en el panel local 10 carreras por minuto.
  - Poner en marcha la tercera bomba presionando el botón PARTIR en panel de control local y regular su velocidad de operación mediante el selector ubicado en el panel local 10 carreras por minuto.

**ii. Sistema Impulsión WARMAN - ULMAX**

La puesta en marcha del sistema de impulsión WARMAN – ULMAX se realizará por el Operador de Clasificación de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Agregar agua de dilución al estanque de alimentación de la bomba centrífuga, abriendo la válvula manual VV-1-200-102 hasta que alcance el nivel de 100%. Mantener la válvula abierta.
2. Preparar las bombas centrífugas para operar, abriendo manualmente las válvulas pinch de descarga de las bombas centrífugas FV-5756-04 y FV-5756-05. Además, se debe solicitar al Operador de Muro que verifique la habilitación de la línea matriz de HDPE y de las líneas de distribución para la descarga del agua impulsada por la bomba centrífuga a la cubeta del tranque.
3. Poner en marcha las bombas centrífugas presionando el botón PARTIR en panel de control local y regular su velocidad de operación mediante el selector ubicado en el panel local.

**iii. Sistema Impulsión BOC-001/BOC-002@BOC-004**

La puesta en marcha del sistema de impulsión BOC-001/BOC-002@BOC-004 se realizará por el Operador de Clasificación de acuerdo a los siguientes pasos:

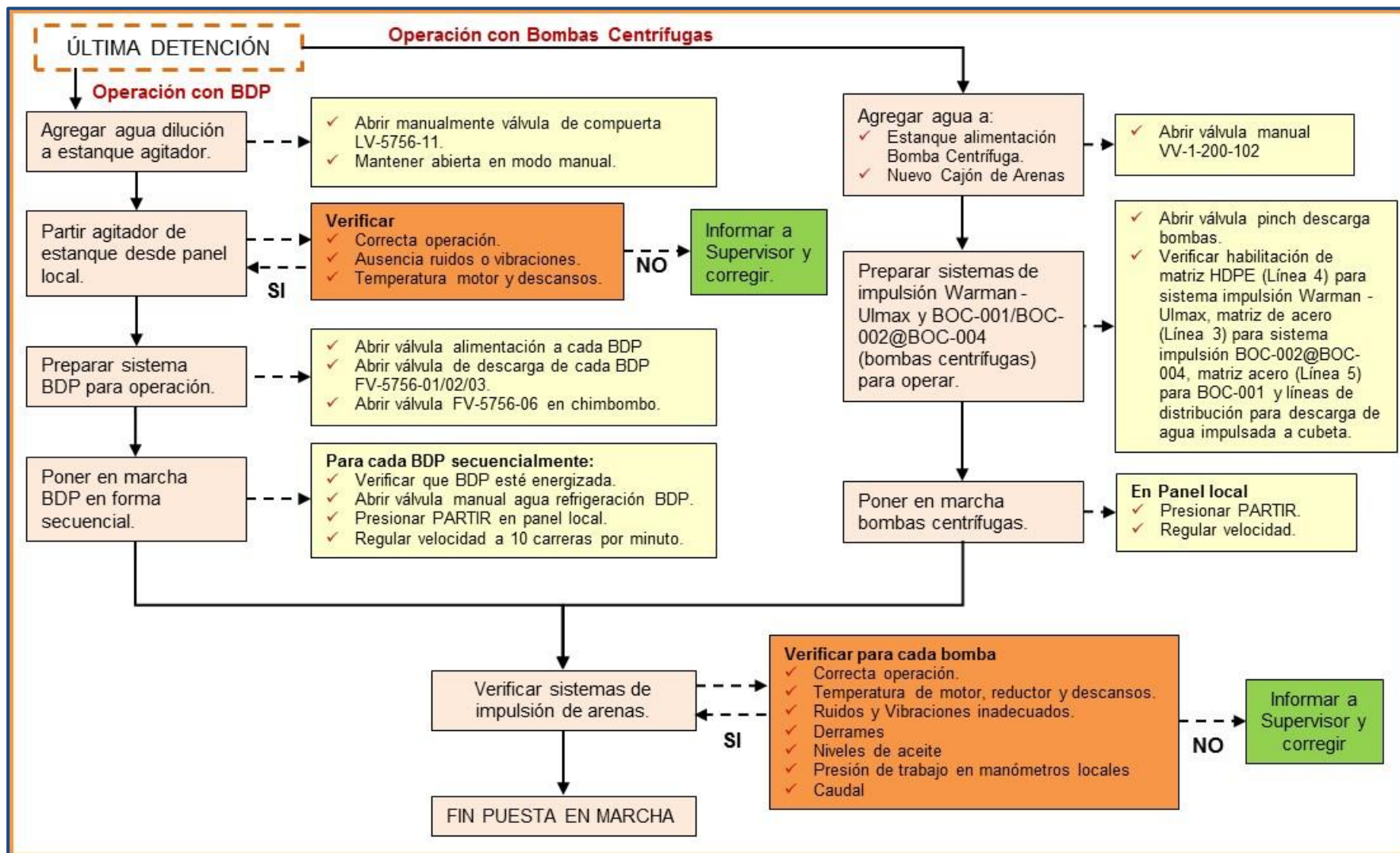
1. Agregar agua de dilución al nuevo cajón de arenas, abriendo la válvula manual hasta que alcance el nivel de 100%. Mantener la válvula abierta.
2. Preparar las bombas centrífugas para operar, abriendo manualmente la válvula pinch de descarga (FV-040B) del tren de bombas centrífugas BOC-002@004 en caso de impulsar arena al Muro Principal o la válvula FV-080 de la bomba BOC-001 para impulsar las arenas al Muro Este. Además, se debe solicitar al Operador de Muro que verifique la habilitación de la línea matriz de acero y de las líneas de distribución para la descarga del agua impulsada por la bomba centrífuga a la cubeta del tranque.
3. Poner en marcha las bombas centrífugas presionando el botón PARTIR en panel de control local y regular su velocidad de operación mediante el selector ubicado en el panel local.

Luego de poner en marcha la operación del sistema BDP y los sistemas de impulsión WARMAN - ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004 se debe:

1. Efectuar las siguientes verificaciones de rutina:
  - Verificar la correcta operación del conjunto de bombas.

- Verificar la temperatura del motor, reductor y descansos.
  - Ruidos extraños.
  - Vibraciones inadecuadas.
  - Derrames.
  - Niveles de aceite.
  - Presión de trabajo en manómetros locales.
  - Caudal impulsado por bomba mediante el número de pulsos en un tiempo determinado. Comparar este valor con el del caudal medido en la línea de descarga.
2. Si alguna de las condiciones verificadas no se cumple, comunicar situación al Supervisor responsable, quien enviará a los equipos de mantención para que normalicen el sistema.
  3. Finalizada la puesta en marcha del sistema con agua, se está en condiciones de recibir arenas de clasificación aptas para impulsarlas hacia el muro del Tranque.

Figura 7-19: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas – con Agua





## **Puesta en Marcha del Sistema con Arenas de Clasificación**

El procedimiento de puesta en marcha del sistema con arenas se presenta como un diagrama de bloques general en la Figura 7-20. El detalle de los principales pasos a realizar por el Operador de Clasificación y el Operador de Muro para la puesta en marcha del sistema BDP y de los sistemas de impulsión WARMAN - ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004, una vez realizado el ingreso del relave a Clasificación, son:

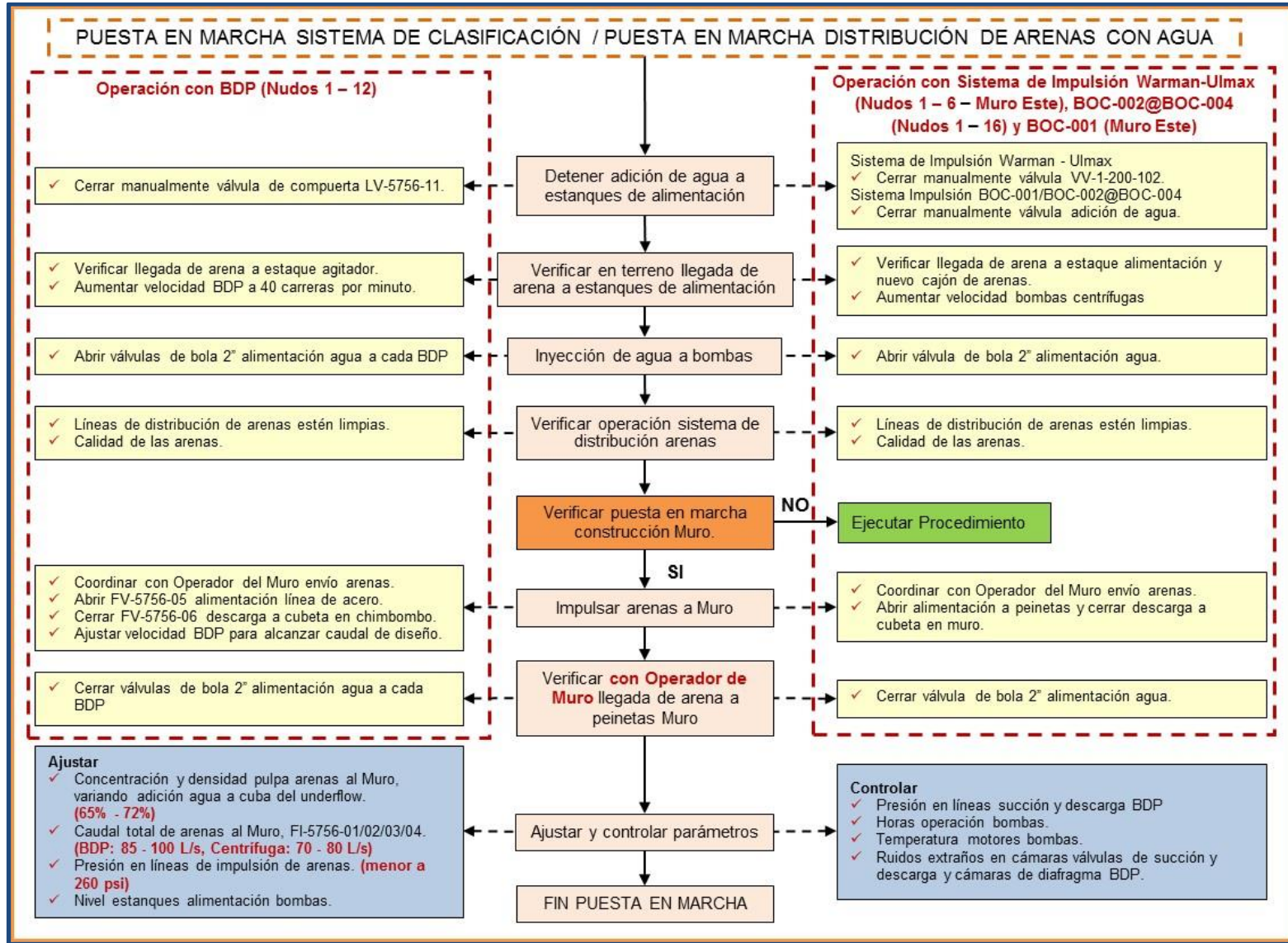
1. Detener adición de agua a estanques de alimentación bombas:
  - Para operar con sistema BDP: Detener adición de agua a estanque agitador, cerrando manualmente la válvula de compuerta LV-5756-11.
  - Para operar con bombas centrífugas del sistema de impulsión WARMAN - ULMAX: Detener adición de agua a estanque de alimentación bomba, cerrando manualmente válvula VV-1-200-102.
  - Para operar con bombas centrífugas del sistema de impulsión BOC-001/BOC-002@BOC-004: Detener adición de agua a nuevo cajón de arenas, cerrando manualmente válvula de adición de agua.
2. Verificar en terreno la llegada de arenas de clasificación a estanques de alimentación bombas:
  - Para operar con sistema BDP: Verificar llegada de arenas al estanque agitador y aumentar la velocidad de impulsión de cada bomba a 40 carreras por minuto.
  - Para operar con bombas centrífugas: Verificar llegada de arenas al estanque de alimentación y/o cajón de arenas y aumentar la velocidad de las bombas centrífugas.
3. Inyectar agua a bombas
  - Para operar con sistema BDP: Abrir válvulas de bola de 2" que adicionan agua a la entrada de cada BDP.
  - Para operar con bombas centrífugas: Abrir válvula de bola de 2" de alimentación de agua a las bombas centrífugas según corresponda a sistema de impulsión N°1 o N°2.
4. Verificar la operación del sistema de distribución de arenas:
  - Para operar con sistema BDP: Solicitar a Operador de Muro que verifique que la línea de acero de conducción (Línea 1) y las líneas distribución de arenas estén limpias.
  - Para operar con Sistema de Impulsión WARMAN - ULMAX: Solicitar a Operador de Muro que verifique que la línea de HDPE de conducción (Línea 4) y las líneas distribución de arenas estén limpias.
  - Para operar con Sistema de Impulsión BOC-001/BOC-002@BOC-004: Solicitar a Operador de Muro que verifique que la línea de acero de conducción (Línea 3 y/o Línea 5) y las líneas de distribución de arenas estén limpias.
  - El Operador de Clasificación verificará la calidad de arenas, es decir, que cumplan con un contenido de finos menor o igual al 15%, mediante los resultados de las muestras tomadas.
5. Verificar con Operador de Muro que se haya ejecutado el procedimiento de puesta en marcha de la construcción del muro, de modo que el sistema esté dispuesto para depositar las arenas

impulsadas. De lo contrario, se debe aplicar dicho procedimiento antes de iniciar la impulsión de arenas al muro.

6. Iniciar la impulsión de arenas hacia el muro del Tranque, para lo cual se debe:
  - Coordinar con Operador de Muro el envío de arenas a las líneas de conducción y distribución a peinetas, respectivas.
  - Para operar con sistema BDP: En chimbombo abrir válvula manual de alimentación a línea de acero (FV-5756-05) y cerrar válvula manual de descarga de arenas a la cubeta (FV-5756-06). Ajustar velocidad de BDP para alcanzar caudal de diseño si es necesario.
  - Para operar con bombas centrífugas: Solicitar a Operador de muro cerrar válvula de descarga de arenas a la cubeta desde muro y abrir válvula de alimentación a línea de distribución (peinetas) según corresponda a sistema de impulsión WARMAN – ULMAX o BOC-001/BOC-002@BOC-004.
7. Una vez que el Operador del Muro verifique la llegada de la pulpa de arenas a las peinetas, avisará al Operador de Clasificación para que cierre las válvulas de bola de 2" que alimentan con agua a las BDP y/o a las bombas centrífugas.
8. Ajustar los parámetros de operación:
  - Concentración y densidad de la pulpa de arenas que va al muro: Tal acción la realiza el Operador de Clasificación mediante la regulación manual del agua de dilución aportada en la cuba del underflow. La concentración debe variar entre 65% y 72%, dependiendo del sistema de bombeo en operación y del punto donde serán depositadas las arenas en el muro.
  - Caudal total de las arenas impulsadas hacia el muro: Para el sistema BDP, la verificación del caudal se realiza a través de los indicadores FI-5756-01/02/03 ubicados en la consola. Se debe mantener un caudal por bomba de 28 a 33 l/s, equivalente a un caudal total de 85 a 100 l/s, con un caudal promedio de 90 l/s. Para lograr esto se debe mantener la velocidad de operación de cada bomba, en forma manual, en torno a las 40 carreras / minuto. En el caso de la operación de las bombas centrífugas del sistema de impulsión WARMAN – ULMAX, el caudal se mide desde consola a través del indicador FI-5756-04, debiendo mantenerse entre 70 a 80 l/s, regulando localmente la velocidad de la bomba, mientras que el caudal del sistema de impulsión BOC-002@BOC-004 se mide a través del indicador FI-050, debiendo mantenerse entre 72 a 108 l/s.
  - Presión en línea de impulsión de arenas: En el caso de la línea de acero (Línea 1), verificar la presión en el indicador local PI-5756-18, ubicado en la línea, o a través del indicador PI-5756-19, con señal en la consola. La presión en esta línea no debe superar 260 psi. En caso de un alza de la presión, solicitar al Operador de Muro abrir más descargas en la peineta o diluir levemente la pulpa. Para la Línea 3, verificar la presión en el indicador PI-5711-050, mientras que la Línea 4 (HDPE) no requiere monitoreo de la presión.
  - Nivel de estanques de alimentación a bombas: Verificar que los estanques de alimentación mantengan un nivel estable, mediante las señales en consola LI-5756-11 para el estanque agitador, LI-5755-01 para el estanque de alimentación bomba centrífuga y LI-5711-001 para el nuevo cajón de arenas. Si alguno de los estanques baja su nivel, disminuir la velocidad de impulsión de la o las bombas y luego ingresar más caudal de alimentación a ciclones.
9. Otros parámetros que controlar para asegurarse de la correcta operación del sistema de impulsión de arenas son:
  - Presión en líneas de succión y de descarga de las BDP.

- Horas de operación de las bombas.
- Temperatura de los motores de las bombas.
- Presencia de ruidos extraños en las cámaras de las válvulas de succión y descarga y en cámaras de diafragma de las BDP.

**Figura 7-20: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas – con Arenas**

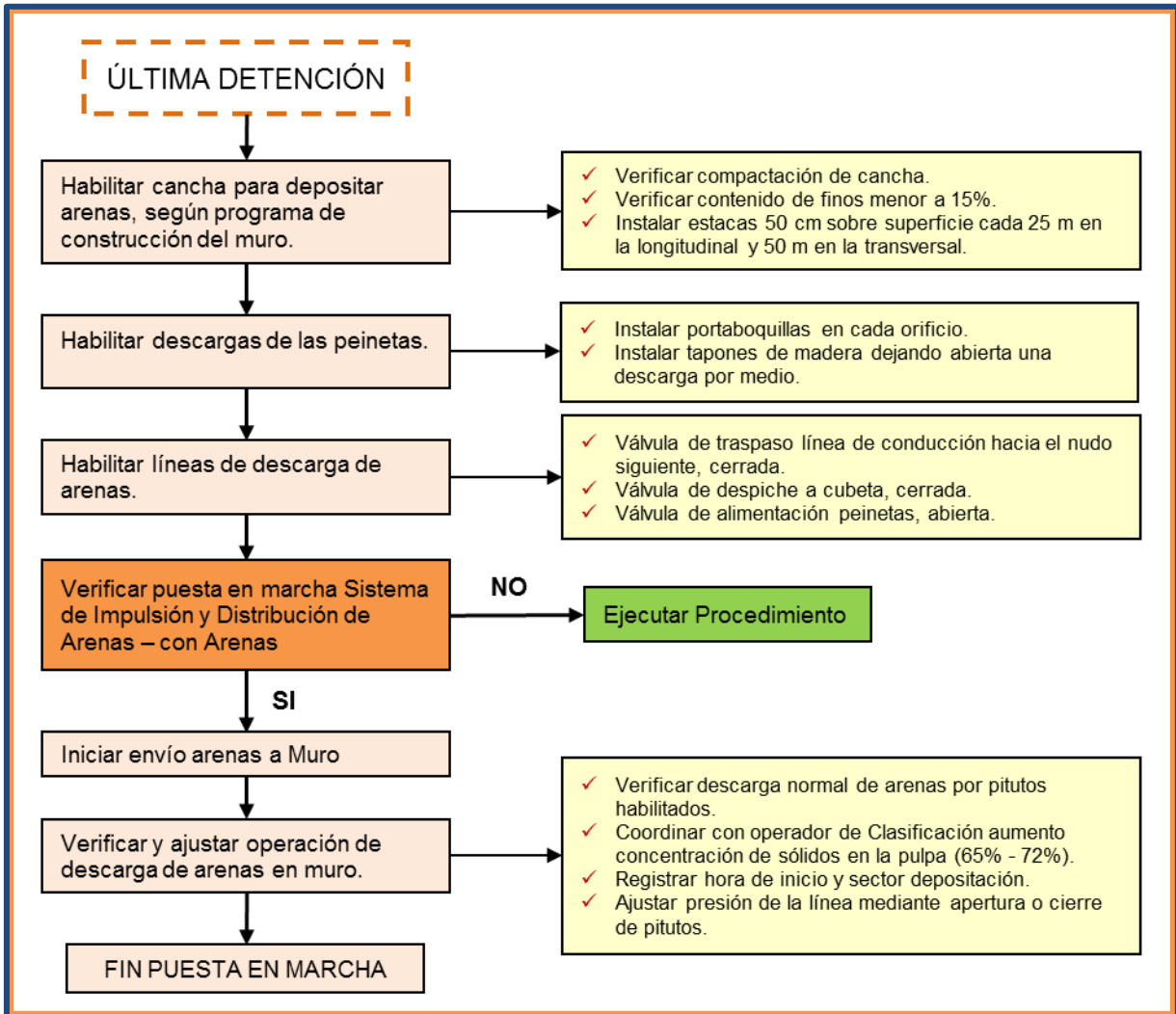


## f) Construcción del Muro

La operación de Construcción del Muro está estrechamente ligada al Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro. Un diagrama de bloques general del procedimiento de puesta en marcha para este Sistema se presenta en la Figura 7-21. Los puntos principales a realizar por el Operador de Muro son los siguientes:

1. Habilitar cancha para la depositación de arenas de acuerdo a lo definido en el programa de construcción del muro. Verificar que la cancha se encuentre debidamente compactada y con contenidos de finos inferiores al 15%. Instalar estacas con 50 cm sobre la superficie del muro, espaciadas cada 25 m en la longitudinal y 50 m en el eje transversal sobre la cancha.
2. Habilitar descargas de las peinetas, para lo cual se requiere preparar las descargas de las peinetas (pitutos), colocando portaboquillas de poliuretano amarrados a la tubería en cada uno de los orificios. Sobre ellos se colocan tapones de madera, dejando abierta una descarga por medio.
3. Habilitar líneas de descarga de arenas, verificando que se encuentren cerradas, la válvula de traspaso de la línea de conducción hacia el nudo siguiente y la válvula de despiche, mientras que la válvula de alimentación a las peinetas se encuentre abierta en un 100%.
4. Verificar con Operador de Clasificación la puesta en marcha del sistema de impulsión y distribución de arenas, impulsando arenas con descarga a la cubeta del tranque. Una vez que los sistemas de clasificación e impulsión estén en condiciones, se iniciará el envío de la pulpa de arenas hacia el muro.
5. El Operador de Muro debe verificar y ajustar la operación de descarga de arenas en el muro, para esto debe:
  - Verificar que el flujo de arenas salga por cada una de las descargas habilitadas, especialmente en la de los extremos de la peineta.
  - Coordinar con Operador de Clasificación el aumento de la concentración de la pulpa a los valores definidos (65% - 72%).
  - Controlar y anotar la hora de inicio de la depositación y el sector en operación.
  - Ajustar la presión de la línea de conducción mediante la apertura o cierre de pitutos, lo cual, además evita la propagación de cárcavas o grietas.
  - Evitar embanques de las líneas de descarga de arena, monitoreando en terreno su operación.

Figura 7-21: Diagrama de Bloques – Puesta en Marcha Construcción del Muro



## 7.2.2 Procedimientos de Operación Normal SDCR-CM

### a) Operación

Los procedimientos de operación del Sistema han sido desarrollados para cumplir con los siguientes objetivos generales:

- Clasificar el relave y producir una arena en calidad y cantidad adecuada para cumplir con el programa de construcción del muro.
- Descargar el relave en forma controlada hacia la cubeta del tranque, ya sea por las descargas ubicadas en el sector del muro, por el sistema de sellado de cubeta hacia la cola del tranque o directamente a la cubeta a través de las quebradas R1, R2, R3 antigua y R3 nueva, de manera de manejar y confinar la laguna en el sector norponiente del tranque y mantenerla alejada del muro.

La operación del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro se lleva a cabo desde la sala de control por el Operador de Consola, para los elementos de accionamiento manual-remoto y en terreno por el Operador en Terreno, Operador de Clasificación y Operador de Muro, para los elementos de accionamiento manual-local. Los operadores deben actuar en forma coordinada para controlar las variables del proceso.

El Operador de Consola tendrá a su disposición pantallas de operación a través de las cuales accede a información relativa al proceso y a la operación de los equipos, con la que podrá:

- Supervisar el proceso.
- Tomar acciones.
- Solicitar que algún operador ejecute alguna acción local en terreno.
- Colocar en marcha o detener equipos.

Sin embargo, requiere un contacto sistemático con los operadores ubicados en terreno para que verifiquen las observaciones registradas en pantallas o realicen acciones que no pueden ejecutarse en forma remota.

Los operadores ubicados en terreno individualizados de acuerdo al área al que están asociados, como Operador en Terreno, Operador de Clasificación y Operador de Muro, ejecutan, inspeccionan e informan de aquellos aspectos del proceso que no se pueden manejar desde la Sala de Control. Además, informan periódica y sistemáticamente de la situación operacional de los equipos en terreno, especialmente de aquellos que requieren de mantención. Asimismo, solicitan al Operador de Consola, aquella información que no esté disponible en terreno.

A continuación, se detalla las actividades que constituyen la operación normal de los distintos sistemas.

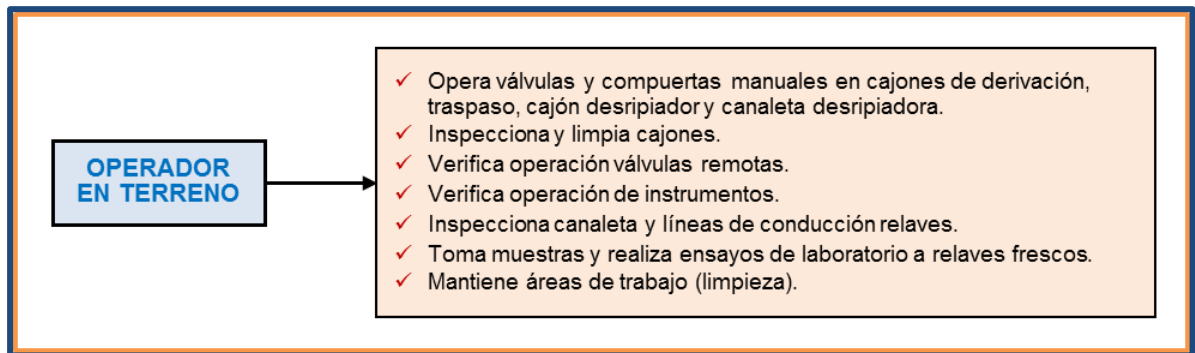
## **b) Sistema de Distribución de Relaves**

La operación normal de este sistema se realiza de modo totalmente local por lo tanto, sólo se ve involucrado el Operador en Terreno. La Figura 7-22 presenta las acciones concernientes a la operación normal del Sistema de Distribución de Relaves

### **Acciones del Operador en Terreno**

- Operación de válvulas y compuertas manuales de los cajones de derivación, cajón de traspaso, cajón desripiador y canaleta desripiadora.
- Inspección y limpieza de los diversos cajones: derivación N°1 y N°2, traspaso, distribución, medición, desripiador y recuperador de relaves.
- Verificación del estado y operación de las válvulas remotas.
- Verificación de la operación de instrumentos como sensores de nivel en canaleta y flujómetros en cajón de medición.
- Inspección de la canaleta y líneas de conducción relaves, verificando que no existan roturas.
- Toma de muestras y realización ensayos de laboratorio de relaves frescos (concentración en peso, granulometrías).
- Mantención de todas las áreas de trabajo en términos de limpieza y aseo.

**Figura 7-22: Operación Normal Sistema de Distribución de Relaves**



### c) Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta

El sistema de conducción de relaves hacia la cubeta del tranque incorpora la operación del Sistema de sellado de cubeta, Cajones de derivación N°1 y N°2, Derivación por quebrada R3 y Conducción por líneas 1 y 2. Las principales acciones y controles realizados en este sistema durante la operación son:

#### Acciones del Operador de Consola

- Monitorear y controlar constantemente el caudal de relave transportado hacia la cubeta a través de la Línea 1 y Línea 2, manteniendo un registro histórico.
- Ajustar el caudal de relaves en el cajón de distribución, mediante accionamiento de válvula FV-001 de Línea 1 y válvula FV-5750-02 para Línea 2.
- Ajustar el caudal de relaves recuperados a cajón de medición mediante accionamiento de las válvulas en las líneas de relave recuperado.
- Llevar una bitácora del turno registrando las horas de inicio y término de la disposición de relaves por las descargas ubicadas en el muro, los puntos donde se descargó relave, considerando el sello de cubeta y las quebradas R1, R2 y R3, y las observaciones más importantes relacionadas con la operación.

#### Acciones del Operador en Terreno

- Inspección de la Línea 1 y Línea 2 de conducción de relaves hacia la cubeta, verificando que no presenten roturas.
- Operación de válvula manual de adición de agua de lavado a Línea 1 y Línea 2.
- Operación de sistema de sellado de cubeta y cajones de derivación N°1 y N°2 cuando se requiera, accionando válvulas y compuertas tanto para iniciar como para detener la operación.
- Verificación de la correcta descarga de relaves en directo a la cubeta por quebradas, ya sea por la operación de cajones de derivación N°1 y N°2, que conducen los relaves a la cubeta a través de las quebradas R1 y R2, respectivamente o por la operación del sistema de desripiado de relaves por la quebrada R3 nueva, rebose cajón de distribución, rebose cajón alimentación ciclones, que conducen los relaves a través de la quebrada R3 antigua.



- Operación eventual de válvulas de recirculación de relave recuperado.
- Operación eventual del cajón desripiador para detener la alimentación de relave a cajón de distribución. En este caso se considera la apertura total de la compuerta de desvío.

### Acciones del Operador de Muro

- Operación manual de las válvulas para cambiar de descarga en operación.
- Si se requiere cambiar de descarga en sentido oriente a poniente o nudos abajo, el operador debe:
  - Abrir la válvula de descarga que entrará en operación.
  - Cerrar la válvula de paso en la línea de conducción asociada.
  - Abrir la válvula de conducción que se encontraba cerrada.
  - Cerrar la válvula en la cual se estaba realizando la descarga.
- Si se requiere cambiar de descarga en sentido poniente a oriente o nudos arriba, previo al cambio debe detener la descarga y lavar las líneas solicitando al Operador de Clasificación la adición de agua de lavado, para evitar embanques.
- Verificación de la correcta salida del flujo de relave por las descargas ubicadas en el muro, mediante inspección visual. En caso de anomalía comunica a Operador de Consola para coordinar con Operador de Clasificación la inyección de agua de lavado o detención de la operación.

### Controles de Proceso

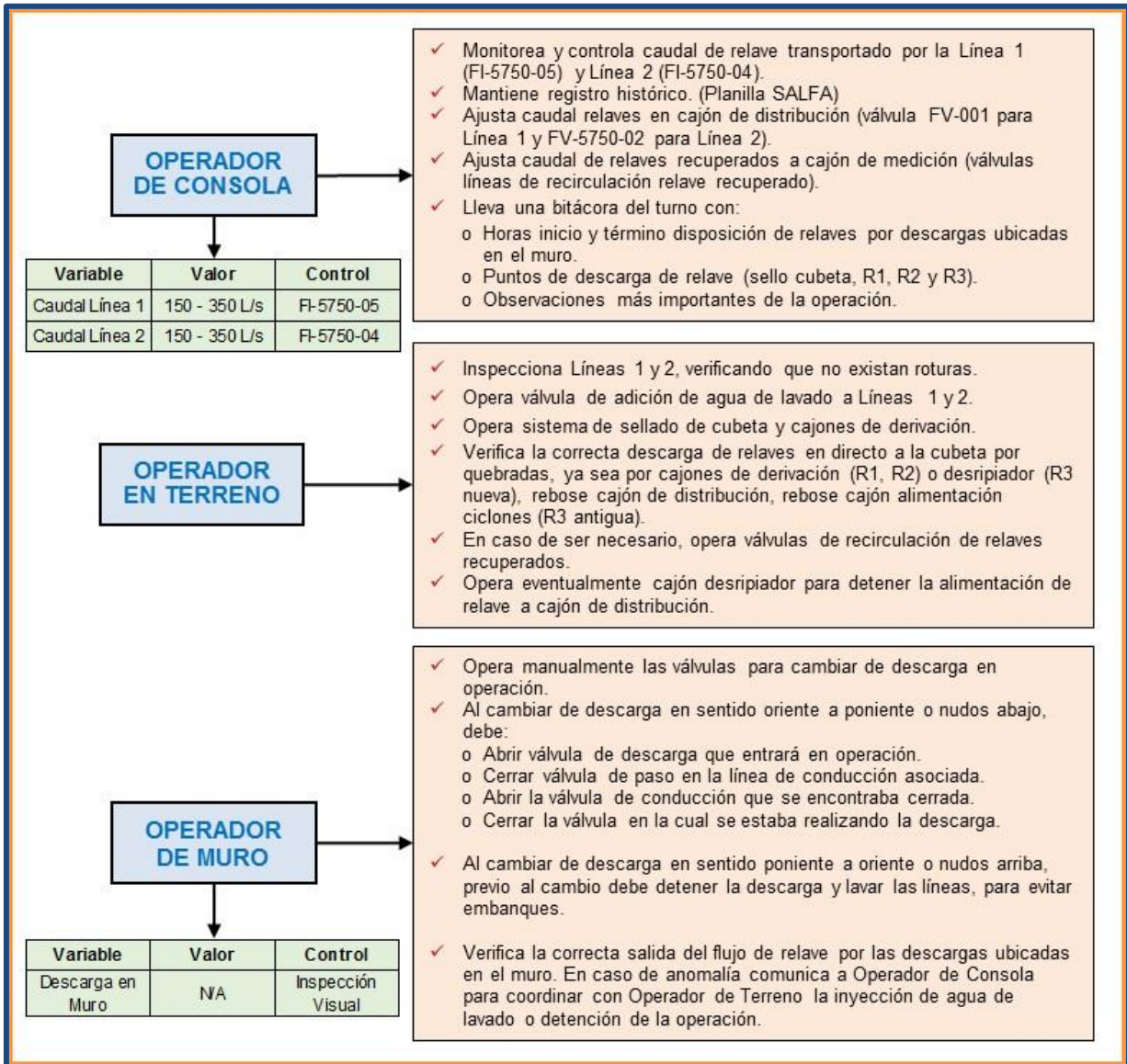
Los controles de proceso periódicos que deben realizar los operadores se resumen en la Tabla 7-6 siguiente:

**Tabla 7-6: Operación Normal Sistema de Distribución de Relaves**

Variable a Controlar	Valor	Controlar
Caudal de relaves enviados desde el cajón de distribución por Línea 1	150 – 350 l/s	Flujómetro FI-5750-05 en consola
Caudal de relaves enviados desde el cajón de distribución por Línea 2	150 – 350 l/s	Flujómetro FI-5750-04 en consola
Descarga de relaves a la cubeta en muro	N/A	Control visual en terreno

En la Figura 7-23 se presenta un diagrama de bloques de la operación normal del sistema de conducción de relaves hacia la cubeta.

**Figura 7-23: Operación Normal Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta**



## d) Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación

A continuación, se describen las principales acciones desarrolladas por los operadores involucrados en la operación de la Línea 3 y los controles de proceso que se deben realizar.

### Acciones del Operador de Consola

- Controlar el caudal de relave sin diluir medido en el cajón de medición (FI-5755-01), que se transporta por la Línea 3.
- Ajustar caudal de relaves en cajón de distribución mediante la apertura de la válvula remota ubicada a la salida del cajón FV-5750-03.

- Controlar el caudal de agua de dilución hacia el cajón de alimentación ciclones. El ajuste se realiza mediante la apertura o cierre de la válvula remota FV-5757-04.
- Verificar el nivel de relave en el cajón de alimentación ciclones mediante lectura en pantalla de sensor de nivel LI-5755-02. Para mantener nivel se regula caudal de relave y agua alimentado al cajón.
- Controlar el caudal de relave diluido transportado por la Línea 3, que es alimentado a clasificación (FI-5755-04), el cual debe ser igual o inferior a 850 l/s en operación con 8 reciclones. El caudal no debe ser inferior a 650 l/s para evitar embanque del sifón 710 mm.
- Controlar la densidad y la concentración de sólidos del relave alimentado a clasificación (DI-5755-03), cuyos valores deben variar entre 1,32 t/m<sup>3</sup> a 1,35 t/m<sup>3</sup> y 38% a 40%, respectivamente. Se debe evitar concentraciones de sólidos superiores al 40% ya que aceleran el desgaste de la tubería.
- Verificar la posición de las siguientes válvulas con señal en la consola:
  - Válvula de control FV-5750-03, para ajuste de caudal en Línea 3.
  - Válvula de control FV-5757-04, en línea de agua a cajón alimentación ciclones.
- Controlar la velocidad de flujo en el sifón 710 mm, informada en consola, cuyo valor no debe ser menor a 3 m/s para evitar embanques en la Línea 3.
- Verificar que no se activen las alarmas de:
  - Alarma de bajo flujo en cajón de medición (FI-5755-01).
  - Alarma de nivel bajo en cajón alimentación ciclones (LI-5755-02).
  - Alarma de nivel bajo en el Estanque de Agua de Dilución y Lavado (LLL-5757-02).

### **Acciones del Operador en Terreno**

- Inspección de la Línea 3, de conducción de relaves a Clasificación, verificando que no presente roturas.
- Verificación en terreno de la información desplegada en pantalla (Consola) de la lectura de instrumentos.
- Verificación del nivel del cajón de alimentación ciclones, el cual debe mantenerse permanente con rebose.
- Verificación del estado del cajón de alimentación ciclones.
- Verificación de la operación y estado de válvula remota de adición de agua de dilución a cajón de alimentación ciclones y de flujómetro dispuesto en la línea de agua de dilución.
- Verificación de la operación y estado del densímetro y flujómetro ubicado en Línea 3.

## Controles de Proceso

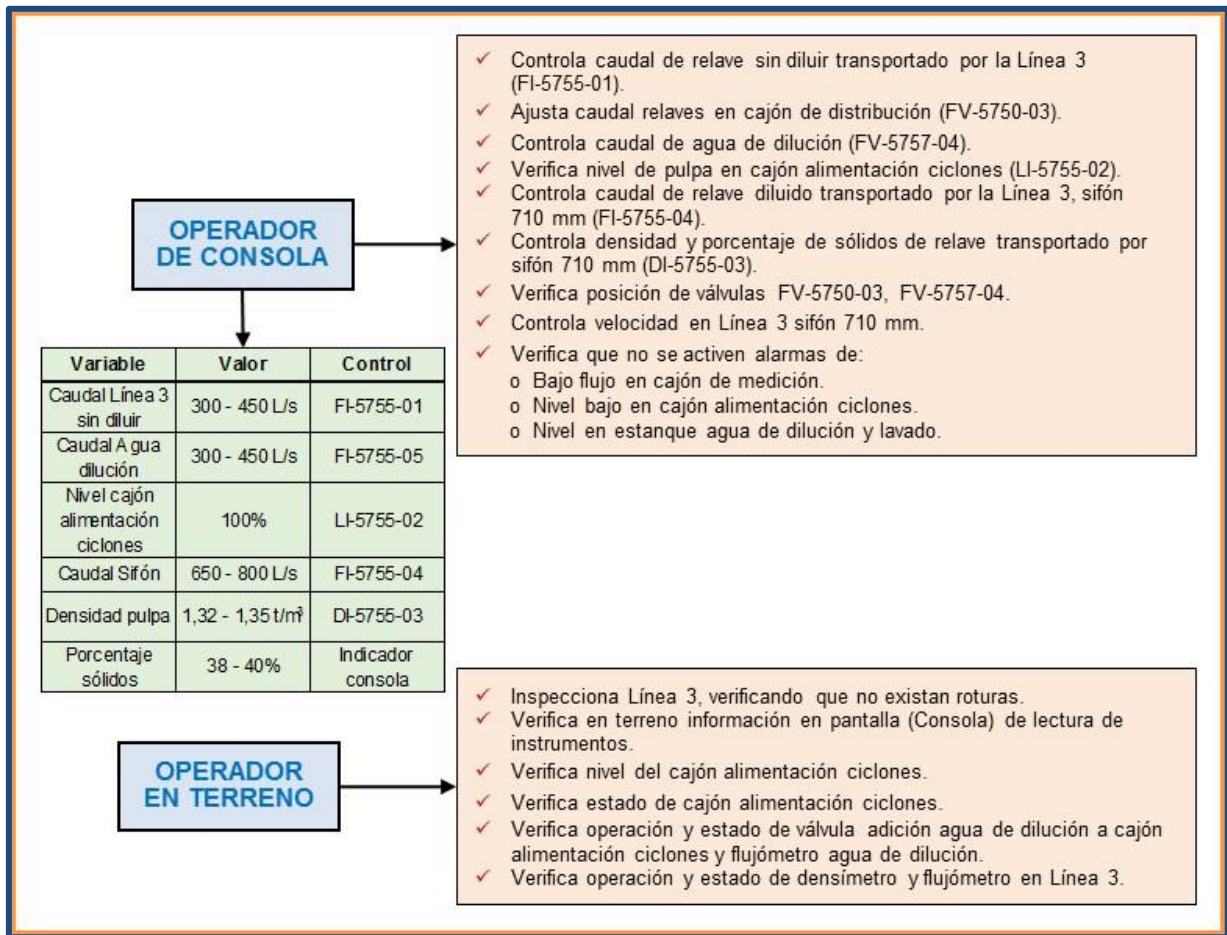
Los controles de proceso periódicos que deben realizar los operadores se resumen en la Tabla 7-7 siguiente:

**Tabla 7-7: Controles de Proceso Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación**

Variable a Controlar	Valor	Controlar
Caudal de relaves enviados desde el cajón de distribución a clasificación (Línea 3)	300 – 450 l/s	Flujómetro FI-5755-01 en consola
Caudal de agua de dilución a cajón de alimentación ciclones	300 – 450 l/s	Flujómetro FI-5757-05 en consola
Nivel de cajón de alimentación ciclones	100%	Sensor nivel LI-5755-02 en consola
Caudal de relave diluido transportado por sifón 710 mm	650 – 850 l/s	Flujómetro FI-5755-04 en consola
Densidad de relave diluido transportado por sifón 710 mm	1,32 – 1,35 t/m <sup>3</sup>	Densímetro DI-5755-03 en consola
Velocidad de relave diluido transportado por sifón 710 mm	≥ 3 m/s	Indicador en consola
Porcentaje de sólidos en relave diluido transportado por sifón 710 mm	38 – 40 %	Indicador en consola

En la Figura 7-24 se presenta un diagrama de bloques de la operación normal del sistema de conducción de relaves a clasificación.

**Figura 7-24: Operación Normal Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación**



## e) Sistema de Clasificación de Relaves

Las acciones que se considera realizar durante la operación de este sistema son:

### Acciones del Operador de Consola

- Monitorear que el caudal de relave alimentado a clasificación, transportado por Línea 3 sifón 710 mm se encuentre en el rango entre 650 l/s y 850 l/s, mediante lectura en consola de flujómetro FI-5755-04.
- Monitorear densidad y concentración de sólidos del relave alimentado a clasificación (DI-5755-03), variando entre 1,32 - 1,35 t/m<sup>3</sup> y 38% - 40%, respectivamente.
- Aumentar tonelaje de relave alimentado a clasificación mediante incorporación de más pulpa al estanque de alimentación ciclones, mediante la apertura de la válvula remota FV-5750-03. Si esto no aumenta el tonelaje, debido a las condiciones de dilución y/o caudal del relave fresco, entonces el ajuste se puede realizar con el cierre parcial o total de las válvulas que alimentan a las líneas de conducción de relaves hacia la cubeta.
- Monitorear y controlar que la presión de la batería de reciclones se mantenga entre 10 - 18 psi (PI-9502). Si la presión disminuye, aumentar el tonelaje, caudal y/o concentración de la pulpa de

alimentación. Si con esta medida no se consigue regularizar la presión, solicitar al Operador de Clasificación que verifique la granulometría de las arenas y relaves y saque un ciclón de operación. Si la presión aumenta, entonces disminuir el caudal y concentración de pulpa de alimentación.

- Verificar la posición de la válvula de corte FV-5755-08, en línea by-pass ciclones.
- Verificar que no se activen las alarmas de:
  - Alarma de presión alta o baja en clasificación de relaves (PI-9502).
  - Alarma de nivel bajo en el Estanque de Agua de Dilución y Lavado (LLL-5757-02).
- Llevar una bitácora del turno con las horas de inicio y término de la operación de reciclones, parámetros operacionales y las observaciones más importantes relacionadas con la operación.

#### **Acciones del Operador en Terreno**

- Verificar el estado del cajón de lamas nuevo, estanque rejilla protección, estanque de muestreo, cajón de lamas antiguo y cajón de cabecera.
- Verificar el estado de las válvulas de corte del sistema.
- Verificar el estado y operación de las válvulas remotas.

#### **Acciones del Operador de Clasificación**

- Chequear constantemente la presión de operación de reciclones tanto en terreno mediante manómetro local como informado por el Operador de Consola, ya que ésta depende de las características de la alimentación, que incluye: densidad, concentración en peso, caudal y tonelaje; y de la cantidad de ciclones en operación y del estado en que estos se encuentren.
- Habilitar y sacar reciclones de operación, para lo cual debe abrir o cerrar las válvulas manuales de alimentación.
- Chequear el estado de los ápex y vortex de cada reciclón.
- Verificar periódicamente el corte de la descarga de cada reciclón, el cual debe poseer un ángulo de abertura de aproximadamente 30° respecto a la vertical. Si el ángulo se encuentra abierto (aspersión) y la presión de la batería es baja, se está en presencia de alimentación con baja concentración. Por el contrario, si la descarga se visualiza cerrada (acordonamiento) y la presión es alta, entonces la alimentación posee alta concentración de sólidos.
- Verificar que la descarga del reciclón sea continua y no intermitente ya que, en caso de ocurrencia, el dispositivo presenta problemas en su revestimiento o en el ápex. Por lo tanto, se debe cerrar la alimentación y reemplazar el dispositivo por otro en stand by.
- Verificar la descarga de arenas a los estanques rejilla protección y de muestreo.
- Con cierta periodicidad, retirar las piedras y basuras acumuladas en el estanque rejilla protección.
- Cada dos horas, tomar una muestra de:
  - Alimentación: Realizar ensayo de control de densidad y comparar con lo registrado en la Consola. Realizar granulometría.
  - Underflow: Realizar un mallaje rápido utilizando una malla Tyler N°200 para determinar su contenido de finos (el cual debe ser menor a 15%) y su concentración de sólidos (65 – 72%).

- Overflow. Realizar granulometría.
- Cada muestra obtenida, es acumulada en un balde para, al final del turno y mediante ensayos de laboratorio, determinar la razón de corte del sistema.
- Si alguno de los parámetros operacionales no logra sintonía con el rango definido para una operación normal, se debe informar al Operador de Consola para que verifique y corrija la situación aguas arriba del sistema. Si lo anterior no es posible y persiste la situación, debe detener la etapa de clasificación.
- Coordinar con el Operador de Muro y controlar la dilución de las arenas en la cuba de underflow, mediante la adición de agua provista por la línea de 2”.
- Llevar una bitácora del turno con las mediciones de densidad y granulometría hechas por turno, las horas de inicio y término de la clasificación, la cantidad de reciclones en operación y las observaciones más importantes relacionadas con la operación.

### Controles de Proceso

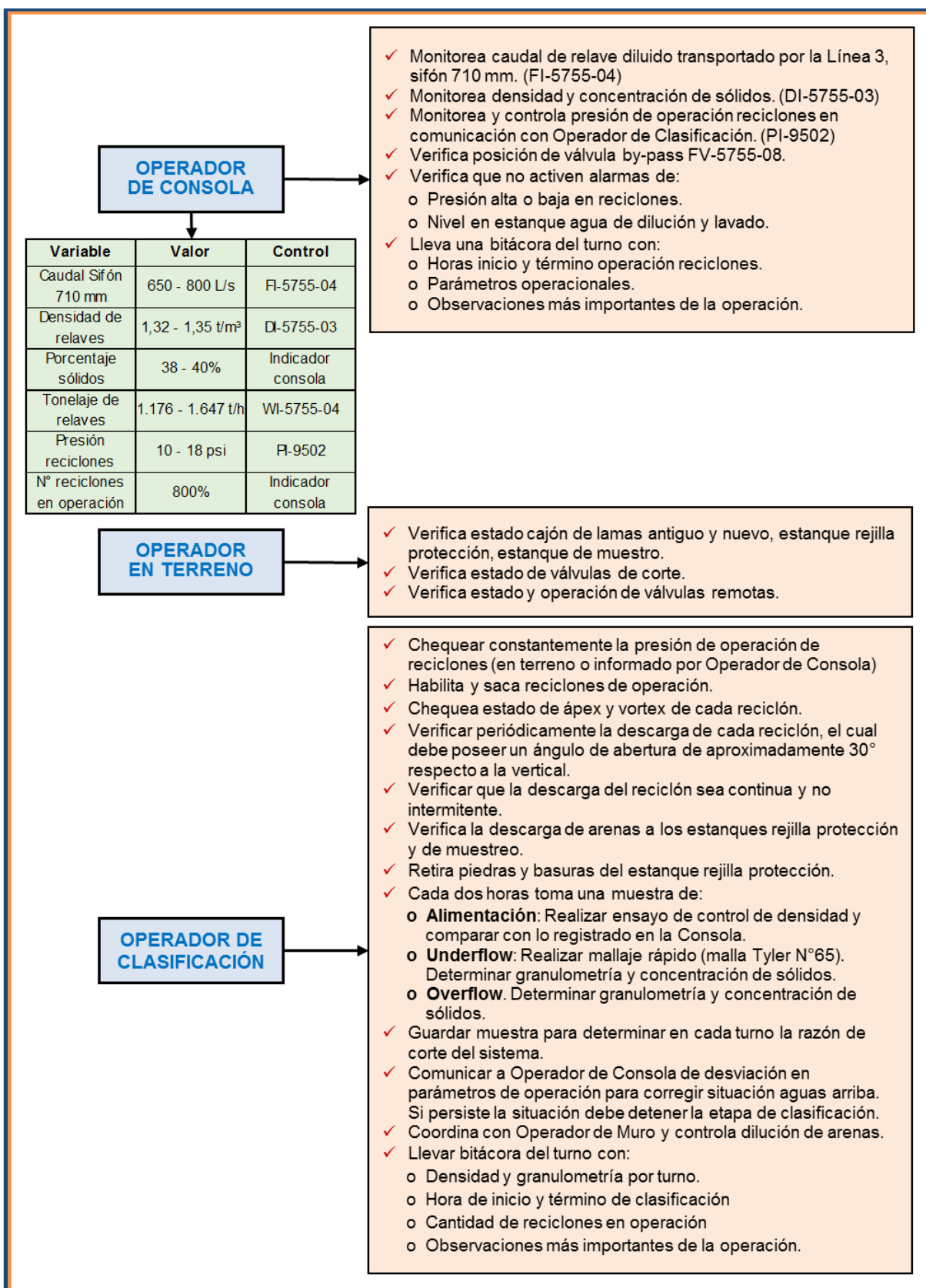
Los controles de proceso periódicos que deben realizar los operadores se resumen en la Tabla 7-8 siguiente:

**Tabla 7-8: Controles de Proceso Sistema Clasificación de Relaves**

Variable a Controlar	Valor	Controlar
Caudal de relaves alimentados a Clasificación (sifón 710 mm).	650 – 850 l/s	Flujómetro FI-5755-04 en consola
Densidad de relaves alimentados a Clasificación.	1,32 – 1,35 t/m <sup>3</sup>	Densímetro DI-5755-03 en consola
Porcentaje de sólidos en relaves alimentados a Clasificación.	38 – 40 %	Indicador en consola
Tonelaje de sólidos en relaves alimentados a Clasificación.	1.176 – 1.647 t/h	Indicador WI-5755-04 en consola
Presión de alimentación a batería de reciclones.	10 – 18 psi	Manómetro PI-9502 en consola y Manómetro en terreno
Número de reciclones en operación	8	Indicador en consola

Un diagrama de bloques de la operación normal del sistema de conducción de relaves a clasificación se presenta en la Figura 7-25: **Operación Normal Sistema Clasificación de Relaves**

Figura 7-25: Operación Normal Sistema Clasificación de Relaves





## f) Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro

La operación normal del Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro considera básicamente un control permanente sobre la operación de las bombas, caudal y presión en la línea de conducción de arenas. Bajo esta perspectiva, los controles, verificaciones y/o acciones básicas que deben realizar tanto el Operador de Consola como el Operador de Clasificación, son las siguientes:

### Acciones del Operador de Consola

- Monitorear el caudal de pulpa de arenas impulsado hacia el muro:
  - BDP: para la operación normal de las tres bombas, el caudal total debe estar en un rango de 85 a 100 l/s, con un valor medio 90 l/s (FI-070) y por cada bomba en un rango de 28 a 33 l/s.
  - Sistema Impulsión WARMAN-ULMAX (bombas centrífugas): para la operación normal de las bombas, el caudal debe estar en un rango de 82 a 94 l/s (FI-100).
  - Sistema Impulsión BOC-001/BOC-002@BOC-004 (bombas centrífugas WARMAN): para la operación normal de las bombas, el caudal debe estar en un rango de 78 a 99 l/s (FI-090 y FI-050).
- Monitorear la concentración de pulpa de arenas impulsada hacia el muro, la cual debe estar entre 68% y 72%, dependiendo del sector del muro en que se esté realizando la depositación, y dar aviso al Operador de Clasificación para que realice los ajustes necesarios (DI-5756-09).
- Monitorear la presión en la línea matriz de acero de conducción de arenas (Línea 1), la cual no debe ser superior a 260 psi y en forma eventual 300 psi (PI-070). La Consola dispone de una alarma sonora que se activa cuando el manómetro ubicado a la salida del chimbombo alcance 250 psi, por lo que el operador debe dar aviso al Operador de Clasificación para que normalice la situación.
- Monitorear el nivel de pulpa en el estanque agitador (LI-5756-11), en el estanque alimentación bombas centrífugas (LI-5755-01) y nuevo cajón de arenas (LI-5711-001), los cuales deben mantenerse constante. En caso de baja del nivel, debe avisar al Operador de Clasificación para que normalice la situación.
- Verificar la posición de las siguientes:
  - Válvulas de corte FV-5756-01/02/03, en líneas de descarga BDP.
  - Válvula de corte FV-5756-10, en línea de agua de lavado matriz de acero (Línea 1) de impulsión de arenas.
  - Válvula de corte en línea de agua de lavado matriz de acero (Línea 3) de impulsión de arenas.
  - Válvula de corte en línea de agua de lavado matriz de HDPE (Línea 4) de impulsión de arenas.
- Verificar las señales de estado de operación de los mecanismos de los siguientes equipos:
  - Motor del agitador del Estanque Agitador.
  - Bombas de desplazamiento positivo (BDP).
  - Bombas centrífugas sistema impulsión WARMAN - ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004.
- Verificar que no se activen alarmas de:
  - Alarma de alta presión en línea matriz de impulsión de arenas.
  - Alarma de nivel bajo en estanque agitador, estanque alimentación bombas centrífugas y nuevo cajón de arenas.

- Alarma de parada del mecanismo agitador.
  - Alarmas de ruptura de discos en BDP.
  - Alarmas de operación de las bombas (multivariables).
- Llevar una bitácora del turno con las horas de inicio y término de operación de las bombas, los parámetros operacionales del proceso y con las observaciones más importantes relacionadas con la operación.

### **Acciones del Operador de Clasificación**

- Monitorear el nivel del estanque agitador, estanque de alimentación bombas centrífugas y nuevo cajón de arenas en terreno o informado por el Operador de Consola y realizar las correcciones para evitar una baja, entre ellos:
  - Disminuir la velocidad de impulsión de las BDP o de las bombas centrífugas de los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004 según corresponda.
  - Solicitar al Operador de Consola un aumento en el caudal de alimentación al estanque agitador, estanque de alimentación de bombas centrífugas o nuevo cajón de arenas.
  - Como último recurso se deberá diluir la pulpa de arenas, adicionando agua al estanque agitador, estanque de alimentación de bombas centrífugas o nuevo cajón de arenas, dependiendo del sistema de impulsión que esté operando.
- Monitorear que el nivel de operación del cajón de arenas no sobrepase un 80% para evitar el embanque del mismo. En caso de que el nivel alcance un nivel mayor a 80%, se debe disminuir el flujo a clasificación y monitorear su nivel en terreno por 2 horas una vez que ha bajado por el Operador del área.
- Verificar la operación del sistema de agitación del estanque agitador.
- Operar manualmente las válvulas de:
  - Adición de agua a las BDP y a las bombas centrífugas de los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004.
  - Descarga del estanque agitador.
  - Descarga de las BDP.
  - Alimentación a la línea de acero de conducción de arenas (Línea 1), desde chimbombo.
  - Desvío de arenas hacia la cubeta, desde chimbombo.
  - Agua de lavado para líneas de conducción de arenas.
- Realizar el ajuste de la velocidad de impulsión de las BDP y bombas de los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004, para lo cual se debe mover el selector ubicado en el panel de control local.
- Chequear la presencia de ruidos extraños en las cámaras de succión e impulsión de las BDP. Estos ruidos implican la falla en las válvulas API que poseen cada cámara, por lo tanto, la bomba debe ser detenida y la pieza defectuosa cambiada.
- Chequear la presencia de ruidos extraños en las bombas centrífugas de los sistemas de impulsión WARMAN –ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004.
- Verificar la presión en las líneas de acero de conducción de arenas (Línea 1, Línea 3 y Línea 5), ya sea en terreno desde el manómetro ubicado aguas abajo del “chimbombo” o con lectura en la Consola para línea 1 y en el manómetro ubicado en la descarga de las bombas del sistema de impulsión BOC-002@BOC-004 para la Línea 3. La presión de la línea de arenas dependerá del punto donde se esté realizando la descarga y no debe superar 300 psi.

- Si la presión de la línea aumenta, el operador debe solicitar al Operador de Muro la apertura de más descargas en la peineta. Si lo anterior no puede realizarse o la presión sigue en aumento, disminuir la velocidad de impulsión de las bombas y/o diluir levemente la pulpa de arenas.
  - Si la presión de la línea disminuye, solicitar al Operador de Muro que cierre algunas descargas en la peineta. Si lo anterior no puede realizarse o la presión sigue en descenso, aumentar la velocidad de impulsión de las bombas y/o aumentar levemente la concentración de la pulpa de arenas.
- Llevar una bitácora del turno registrando las horas de operación de las bombas, los parámetros electromecánicos de las bombas y las observaciones más importantes relacionadas con la operación.

### Controles de Proceso

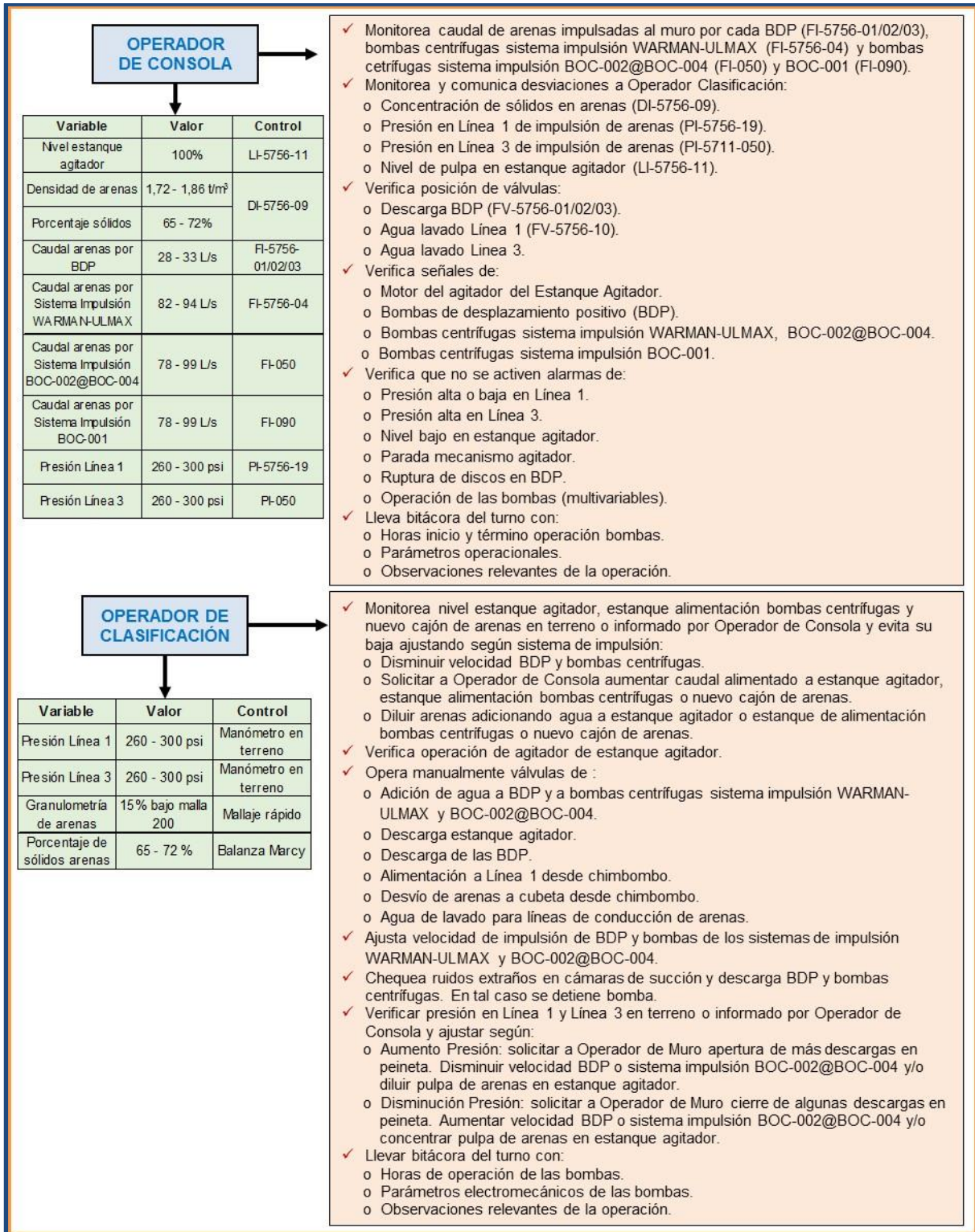
Los controles de proceso periódicos que deben realizar los operadores se resumen en la Tabla 7-9 siguiente:

**Tabla 7-9: Controles de Proceso Sistema Impulsión y Distribución de Arenas al Muro**

Variable a Controlar	Valor	Controlar
Nivel del estanque agitador	100 %	Panel local y sensor de nivel LI-5756-11 en consola
Nivel del estanque de alimentación bombas centrífugas	100%	Panel local y sensor de nivel LI-5755-01 en consola
Nivel nuevo cajón de arenas	80%	Panel local y sensor de nivel LI-5711-001
Densidad de arenas bombeadas hacia el muro por Línea 1.	1,72 – 1,86 t/m <sup>3</sup>	Densímetro DI-5756-09 en consola
Porcentaje de sólidos de arenas bombeadas hacia el muro.	65 – 72 %	Balanza de Marcy en terreno y densímetro DI-5756-09 en consola
Caudal de arenas bombeadas hacia el muro por cada bomba BDP.	33 – 38 l/s	Flujómetros FI-5756-01/02/03 en consola
Caudal de arenas bombeadas hacia el muro, sistema impulsión WARMAN – ULMAX.	82 – 94 l/s	Flujómetro FI-5756-04 en consola
Caudal de arenas bombeadas hacia el muro principal, sistema impulsión BOC-002@BOC-004.	78 – 99 l/s	Flujómetro FI-050
Caudal de arenas bombeadas hacia el Muro Este, sistema WARMAN – ULMAX o BOC-001	78 – 99 l/s	Flujómetro FI-090
Presión de Línea 1 de conducción de arenas al muro.	260 – 300 psi	Manómetro PI-5756-19 en consola y Manómetro en terreno
Presión de Línea 3 de conducción de arenas al muro.	260 – 300 psi	Manómetro PI-050
Granulometría de las arenas conducidas hacia el muro	15 % bajo 200 mallas	Mallaje rápido en terreno

Un diagrama de bloques de la operación normal del sistema de conducción de relaves a clasificación se presenta en la Figura 7-26.

**Figura 7-26: Operación Normal Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas**



## **g) Construcción de Muro del Tranque**

La operación normal de la construcción del muro del tranque la realiza el Operador de Muro, considerando las siguientes actividades:

### **Deposición de Arenas**

La construcción del muro se efectúa mediante la depositación hidráulica de arenas sobre el talud de aguas abajo y sobre el coronamiento. El tiempo empleado para esta operación debe ser el suficiente para completar una capa de 30 a 50 cm de espesor y dependerá del largo de la superficie del talud o si la depositación se realiza sobre el coronamiento. El control del espesor de la capa se realiza mediante la instalación de estacas sobre la superficie del sector a depositar, de manera que una vez que se haya cumplido, se cambia el sector en operación.

El Operador de Muro debe cambiar constantemente las descargas en operación, manteniendo igual número de orificios abiertos hacia ambos lados de la peineta para evitar embanque de las puntas. Para esto se utilizan tapones de madera que se colocan en el orificio del portaboquilla de poliuretano. Este trabajo es fundamental para realizar una distribución de arenas en forma uniforme, con el espesor requerido, y para controlar y evitar la generación de cárcavas en la superficie del muro.

Para realizar la depositación de arenas sobre el coronamiento, el operador debe girar las peinetas de manera que los orificios queden direccionados hacia el punto donde se desea depositar. Por otro lado, se debe construir un pretil de aproximadamente 50 cm en el borde del coronamiento con el talud de aguas arriba para confinar la arena y evitar su escurrimiento hacia la cubeta. Además, el operador debe evitar acumulaciones de agua que pueden escurrir hacia el talud de aguas abajo o de aguas arriba, que puedan generar cárcavas.

Para evitar el escurrimiento de la pulpa de arenas hacia el sistema de drenaje, el operador puede construir pretil en el pie de talud con una altura no superior a 70 cm, en dirección hacia aguas abajo, utilizando una máquina de movimiento de tierra.

El Operador de Muro debe verificar la normal descarga de arenas desde las peinetas, si esto no ocurre, es probable que se esté en una condición de embanque de la línea de impulsión. En este caso, el Operador de Clasificación debe inyectar agua de lavado a la línea, desde menos a más, hasta que se normalice la situación. En el caso de que el problema no se solucione en forma inmediata, entonces se debe desviar el flujo de arenas hacia la cubeta e inyectar agua de lavado a la línea, por lo que para evitar exceso de agua y cárcavas en el muro, el flujo se debe desviar hacia el punto de descarga hacia la cubeta ubicado al final de la línea.

### **Cambio de Sector de Descarga**

La operación de cambio de sector de descarga de las arenas involucra la coordinación del Operador de Clasificación y el Operador de Muro y se efectúa cada vez que la capa de arena en una cancha haya cumplido con el espesor requerido. El cambio siempre se efectúa de oriente a poniente y una vez que se haya alcanzado la última cancha, es necesario detener la clasificación para realizar el lavado de las líneas de impulsión y de las peinetas.

Los pasos a seguir son:

- El Supervisor a cargo verificará que se haya completado el espesor de capa requerido y coordinará con los operadores respecto de la maniobra a realizar.
- El Operador de Muro debe preparar el sector que entrará en operación, para esto realizará las siguientes actividades:
  - Colocar portaboquillas y tapones necesarios.

- Instalar estacas de 50 cm en la superficie del muro.
  - Cerrar la válvula de traspaso de la línea de impulsión.
  - Verificar que peineta a utilizar esté limpia.
  - Abrir la válvula de alimentación a la peineta.
  - Verificar que la válvula de drenaje esté completamente cerrada.
  - Dar aviso al Operador de Clasificación que se encuentra en condiciones de realizar la maniobra.
- Solicitar al Operador de Clasificación que realice la dilución de la pulpa de arenas mediante la apertura de la válvula de lavado de la Línea 1 (FV-5756-01). En el caso de que la operación se realice en la Línea 3 o línea de HDPE (Línea 4) la dilución se realiza mediante la inyección de agua a las bombas con la apertura de las válvulas de 2".
  - Al llegar la pulpa diluida a la peineta, el Operador de Muro debe mantener la descarga unos minutos para luego abrir la válvula de traspaso y cerrar la válvula de alimentación a la peineta.
  - En la peineta que ingresa a operación, verificar la normal salida de la pulpa por los pitutos, especialmente por los ubicados en los extremos de la tubería. Ajustar la descarga de pulpa mediante la apertura o cierre de pitutos.
  - Una vez estabilizada la descarga en el muro le comunica al Operador de Clasificación para recuperar la concentración de sólidos de operación normal, cerrando las válvulas de inyección de agua a la pulpa de arenas.

### **Compactación de Arenas Depositadas**

Una vez que se cumpla la depositación de arenas en forma uniforme sobre el muro (talud y/o coronamiento), se debe dar un tiempo de reposo a las arenas depositadas que permita la percolación y posterior drenaje del agua contenida en la pulpa hasta que la humedad del material se acerque al valor óptimo obtenido en el ensayo Proctor Estándar. Este tiempo dependerá de la estación del año en que se esté operando, considerando al menos 12 horas durante el verano y 24 horas en invierno.

La compactación se realiza utilizando un rodillo vibrador, el cual debe estar en perfectas condiciones mecánicas. Una vez que la superficie del muro se encuentre cercana a la humedad óptima, el equipo compactador hará ingreso a la cancha.

En el talud del muro, un equipo de movimiento de tierra (bulldozer) debe emparejar la parte superior del muro, aguas abajo de la empalizada. Posteriormente, el equipo compactador (rodillo vibratorio) se desplazará en sentido transversal a la empalizada, hacia arriba y hacia abajo manteniendo la vibración y una velocidad adecuada para que el rodillo pase por toda la superficie. En el coronamiento, un equipo de movimiento de tierra (bulldozer) debe emparejar la superficie para que posteriormente ingrese el equipo compactador (rodillo vibratorio), el cual se moverá en sentido longitudinal, hacia delante y hacia atrás.

El número de pasadas sobre un mismo punto para lograr el grado de compactación requerido depende principalmente de las características del equipo empleado, para lo cual el operador debe realizar canchas de prueba hasta establecer un procedimiento satisfactorio. En el caso de que al aplicar el número de pasadas establecidas no se cumpla con la compactación, entonces verificar el grado de humedad de las arenas y si es posible, efectuar un ciclo adicional, sino, entonces retirar la capa de arenas con equipos de movimiento de tierra y depositarla en la cubeta.

### **Humectación Muro de Arenas**

El Operador del Muro debe verificar que se está realizando la humectación en forma periódica del coronamiento del muro de arenas, si esto no ocurre, debe coordinar con el personal a cargo de la humectación para normalizar la operación.

## Controles de la operación

La Tabla 7-10 siguiente resume los principales controles periódicos que se deben realizar en el muro.

**Tabla 7-10: Controles Construcción del Muro**

Variable a Controlar	Valor	Controlar
Espesor capas de arenas depositadas sobre el muro.	50 cm	Estacas en terreno
Grado de compactación del muro (densidad)	>95% densidad máxima compactada seca de ensayo Proctor Estándar	Ensayo in situ: Proctor Estándar y Cono de Arenas
Granulometría de arenas	<15% bajo 200 mallas	Ensayo de laboratorio
Lecturas de los piezómetros electrostáticos, electrodinámicos y Casagrande ubicados en el muro	5,0 m	Instrumentación en muro

### *i. Controles de Calidad y Mecánica de Suelos del Muro*

El Operador de Muro debe controlar en terreno la calidad granulométrica de las arenas y la correcta ejecución de la compactación. Para esto, es necesario contar con un equipo de Laboratorio que al menos pueda realizar los siguientes ensayos en forma normalizada:

- Distribución granulométrica de las arenas utilizando la serie de tamices Tyler, con mallas número 50, 60, 100, 140, 200 y 270.
- Determinación del grado de compactación mediante la Densidad Relativa, para el caso en que la granulometría de los finos sea inferior a 12% en malla número 200.
- Determinación de la densidad máxima compactada seca mediante ensayo de Proctor Estándar (NCh 1534/1 Of79).
- Determinación de la densidad in situ mediante ensayo del Cono de Arenas (NCh 1516. Of1979).

Adicionalmente, el operador puede utilizar un Densímetro Nuclear debidamente calibrado para complementar las mediciones de densidad sobre la superficie compactada, de acuerdo a la norma AASHTO T 238 – 79.

El control de calidad de cada cancha depositada y compactada debe contemplar a lo menos lo siguiente:

- Un ensayo Proctor Estándar, para lo cual el operador debe tomar una muestra de arenas desde la cancha previamente al ingreso del equipo compactador.
- Controlar el espesor de la capa depositada mediante la medición de varillas de control instaladas en la superficie del muro. Si el espesor de la capa supera el valor establecido (50 cm), entonces se debe rebajar utilizando maquinaria para movimiento de tierra. Mensualmente, estos espesores deben ser corroborados con el levantamiento topográfico realizado.
- Cuatro densidades in situ obtenidas por método tradicional (Cono de Arenas) espaciados cada 100 m en el eje longitudinal, mientras que en el eje transversal se realizan al primer y segundo tercio de la altura del muro. Todos los ensayos realizados deben entregar un grado de

compactación mínimo de 95% de la densidad máxima compactada seca obtenida por el ensayo Proctor Estándar.

- Granulometrías de arenas en el primer y segundo tercio de la altura del muro. El resultado de cada ensayo debe ser que el contenido de finos en las arenas no supere el 15% de material pasante bajo la malla 200 de la serie Tyler.
- Determinación de humedad de las muestras de arena obtenidas para los ensayos de granulometría y Cono de Arenas.
- Las mediciones pueden ser complementadas con controles de densidad utilizando Densímetro Nuclear, lo que permite generar una malla de control más exigente. También se recomienda realizar ensayo de determinación de Peso Específico de las arenas lo cual sirve de apoyo para el análisis del ensayo Proctor Estándar.
- En el caso de que la capa depositada alcance los 50 cm, realizar un ensayo de densidad subsuperficial de manera que se controlen los primeros 20 cm de la capa.

Si el grado de compactación o granulometría no cumple con los requerimientos, la capa debe ser removida utilizando un equipo de movimiento de tierra y depositada en la cubeta del Tranque. Posteriormente, realizar la pronta depositación de arenas sobre la cancha y ejecutar la compactación adecuada. Además, el operador debe revisar los procedimientos de operación correspondientes.

Con cierta periodicidad, el operador debe realizar ensayos de densidad y granulometrías en profundidad, para lo cual es necesario construir calicatas de a lo menos 1 m de profundidad.

Trimestralmente, los resultados de densidad in situ, densidad máxima compactada seca, grado de compactación y granulometría obtenidos mensualmente deben ser informados al Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).

Debido a la gran cantidad de información generada y a la relevancia que esta posee, el operador debe elaborar y mantener registros históricos de los resultados del control de calidad del muro.

## *ii. Controles de Geometría del Muro y Cubeta*

La operación normal relacionada con la construcción del muro del Tranque considera, las siguientes actividades de control topográfico:

- Controlar semanalmente la revancha del coronamiento del muro con relación a las lamas y a la superficie de la laguna.
- Mensualmente, realizar un levantamiento completo con el objeto de verificar la geometría del muro de arenas y determinar el volumen de arenas depositado durante el mes.
- Control de la cota de lamas y agua en la Torre de Captación y de Evacuación y comparar con el nivel superior de las losetas.
- Realizar como mínimo una vez al año, preferentemente después de la época de lluvias, un levantamiento completo del Tranque, que incluya el contacto del relave con el terreno natural, contacto laguna con el relave, cálculo de superficie de cubeta y volumen de agua.

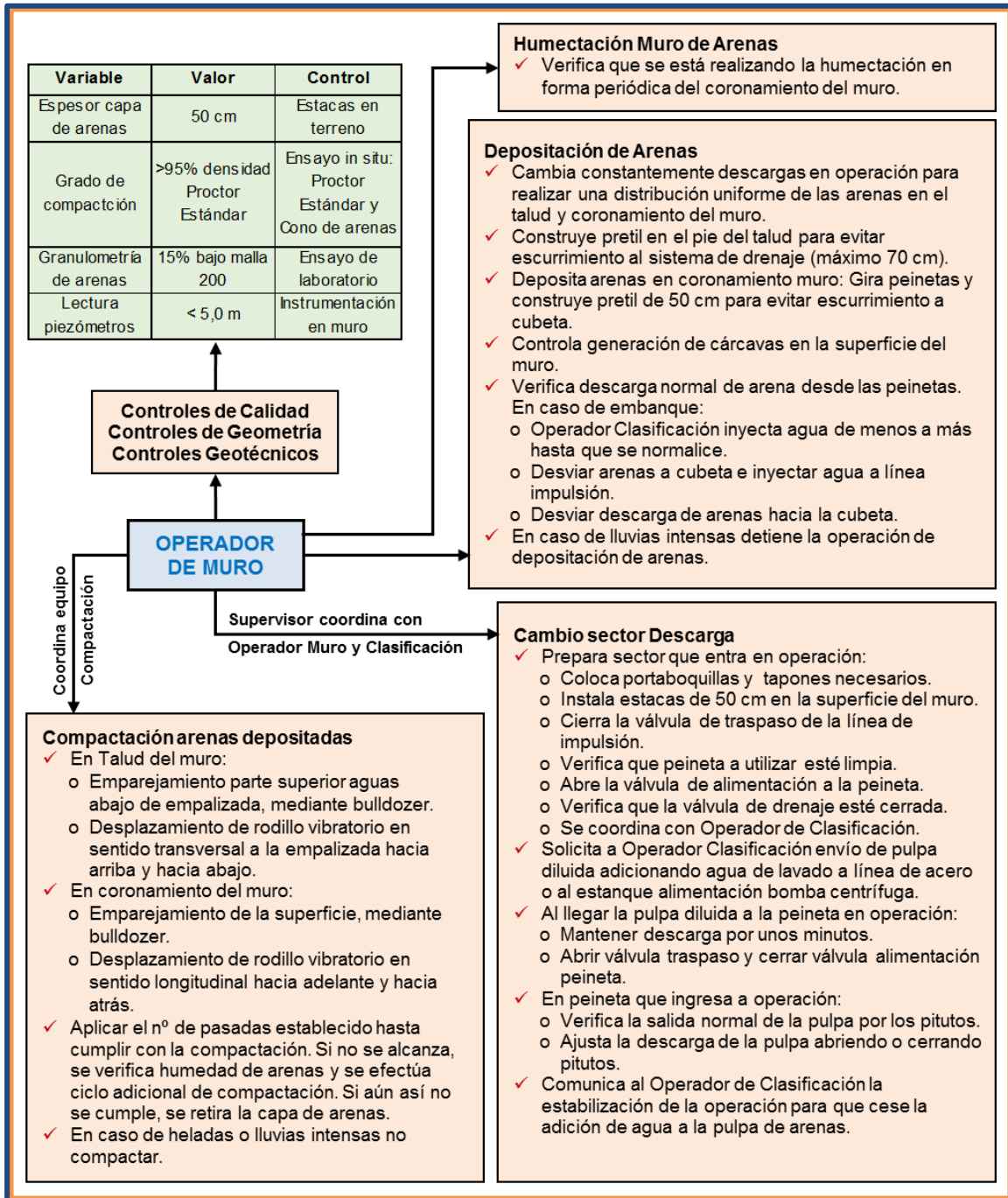


*iii. Controles Geotécnicos*

- Al menos semanalmente, y cada vez que ocurra un evento sísmico, inspeccionar el coronamiento del muro revisando la aparición de grietas, filtraciones, u otras anomalías en la estructura.
- Al menos quincenalmente y cada vez que ocurra un evento sísmico o de lluvias intensas, monitorear el nivel freático en el muro, aguas abajo del Tranque y en los alrededores de la cubeta, mediante la medición de los piezómetros Casagrande y de Sondaje para lo cual es necesario contar con una sonda sonora y apoyo topográfico.
- Rescatar mensualmente la información almacenada en los datalogger de las casetas de instrumentación geotécnica del muro, la cual contiene registros de presiones de poros obtenidas por los piezómetros electrostáticos y celdas de asentamiento.
- Trimestralmente y cada vez que ocurra un evento sísmico, rescatar la información almacenada en los acelerógrafos ubicados en el coronamiento del muro, en la caseta de instrumentación N°2 y en la caseta ubicada en el estribo poniente aguas arriba del Canal de Contorno. Además, rescatar la información de los piezómetros electrostáticos almacenada en el datalogger de la caseta N°2.
- Al menos semanalmente, inspeccionar las cámaras del sistema de drenaje, verificando la descarga normal de agua desde los drenes y la turbidez de las aguas.
- Emitir en forma mensual un informe que contenga los resultados y registros obtenidos y las novedades más relevantes.

Un diagrama de bloques de la operación normal del sistema de conducción de relaves a clasificación se presenta en la Figura 7-27.

Figura 7-27: Operación Normal Construcción del Muro



### 7.2.3 Procedimientos de Detención Normal SDCR-CM

La Detención Normal del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro, puede ser parcial o total, básicamente por las siguientes causas:

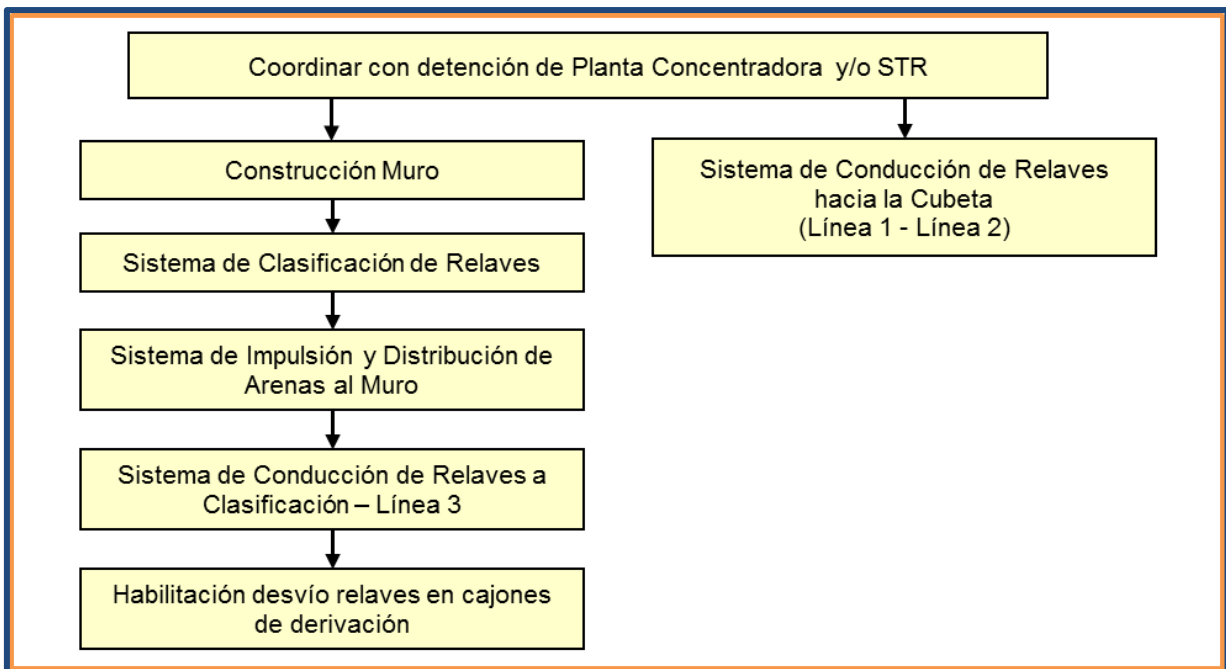
- Detención programada de la Concentradora.
- Detención programada del Sistema de Transporte de Relaves.
- Detención programada del Sistema de Clasificación de Relaves y del Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro.
- Detención programada del Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta.

Las dos primeras causas obligan a la detención total del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro. La tercera causa, solo implica la detención del Sistema de Clasificación de Relaves y del Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro, mientras que la cuarta causa implica solo la detención del Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta.

#### a) Detención Normal SDCR-CM

La Detención Normal del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro, tiene su origen en una detención programada de la Concentradora y/o del Sistema de Transporte de Relaves (STR). La secuencia general para la Detención Normal del Sistema se resume en el siguiente diagrama de bloques:

Figura 7-28: Detención Normal SDCR-CM



## **Coordinación de la Detención Normal del Sistema**

Cada vez que la Concentradora y/o el Sistema de Transporte de Relave realicen una detención programada de su operación, consecuentemente deberá efectuarse una detención programada del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro.

Es responsabilidad de la Concentradora y/o de la Superintendencia de Recursos Hídricos y Relaves dar el aviso de la detención, incluyendo el tiempo estimado de la detención.

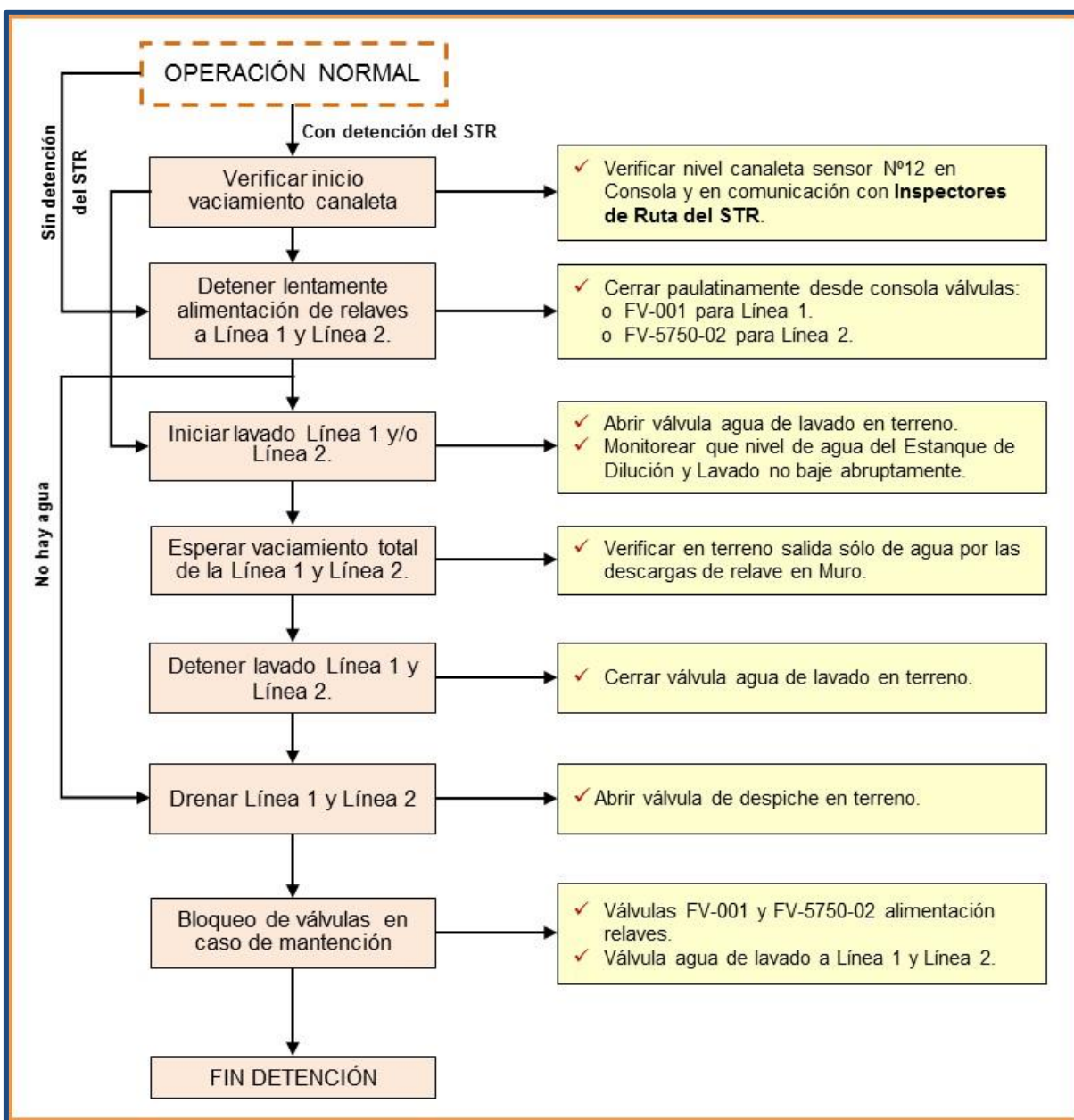
## **Detención Línea de Conducción de Relaves hacia la Cubeta**

Una vez coordinada la detención normal de este sistema con los otros Sistemas o Plantas involucradas, se procede a detener la operación de las Línea 1 y Línea 2 de conducción de relaves hacia la cubeta, la cual se realiza con a lo menos una hora de anticipación a la detención del sistema de clasificación. Este desfase en los tiempos de detención se realiza para asegurar la recuperación del nivel del estanque de dilución y lavado.

Las principales actividades a realizar para llevar a cabo la detención normal de la Línea 1 y Línea 2 se describen a continuación y se resumen en el diagrama presentado en la Figura 7-29.

1. Si la detención es provocada por una detención del STR, se debe verificar el inicio del vaciamiento de la canaleta, mediante la lectura del nivel de relave en el sensor N° 12 desde consola (ubicado en cajón de traspaso) y en comunicación con los inspectores de ruta del STR que monitorean en terreno el vaciamiento de la canaleta.
2. Detener lentamente la alimentación de relaves a la Línea 1 y Línea 2, cerrando paulatinamente la válvula remota de salida respectiva del Cajón de Distribución (FV-001 para Línea 1 y FV-5750-02 para Línea 2).
3. Iniciar el lavado de las líneas 1 y 2, inyectando agua de lavado mediante la apertura de la válvula respectiva en terreno. Además, es necesario monitorear constantemente el nivel del estanque de agua de dilución y lavado, para evitar que baje abruptamente. En caso de observar un descenso en el nivel, detener el lavado y continuar una vez que se restablezca. En caso de no disponer de agua de lavado, drenar inmediatamente las líneas 1 y 2 abriendo la válvula de despiche ubicada en el coronamiento del Muro Secundario.
4. Esperar el vaciamiento total del relave contenido al interior del sifón completando la operación de lavado. Para esto se debe mantener la inyección de agua de lavado hasta que solo salga agua por las descargas de relave en el muro.
5. Verificado lo anterior, detener el lavado cerrando la válvula de inyección de agua a las líneas 1 y 2, de manera de mantener el sifón de relaves con agua en su interior.
6. Finalmente drenar las líneas 1 y 2, abriendo la válvula de despiche en la parte baja del sifón, ubicada en el coronamiento del Muro Este.
7. En caso de que la detención esté asociada a labores de mantención e inspección de la Línea 1 o Línea 2 se debe realizar el bloqueo de válvulas, específicamente de válvula pinch de alimentación de relaves a Línea 1 FV-001 y a Línea 2 FV-5750-02 y de adición de agua de lavado.

Figura 7-29: Detención Líneas de Conducción de Relaves hacia la Cubeta



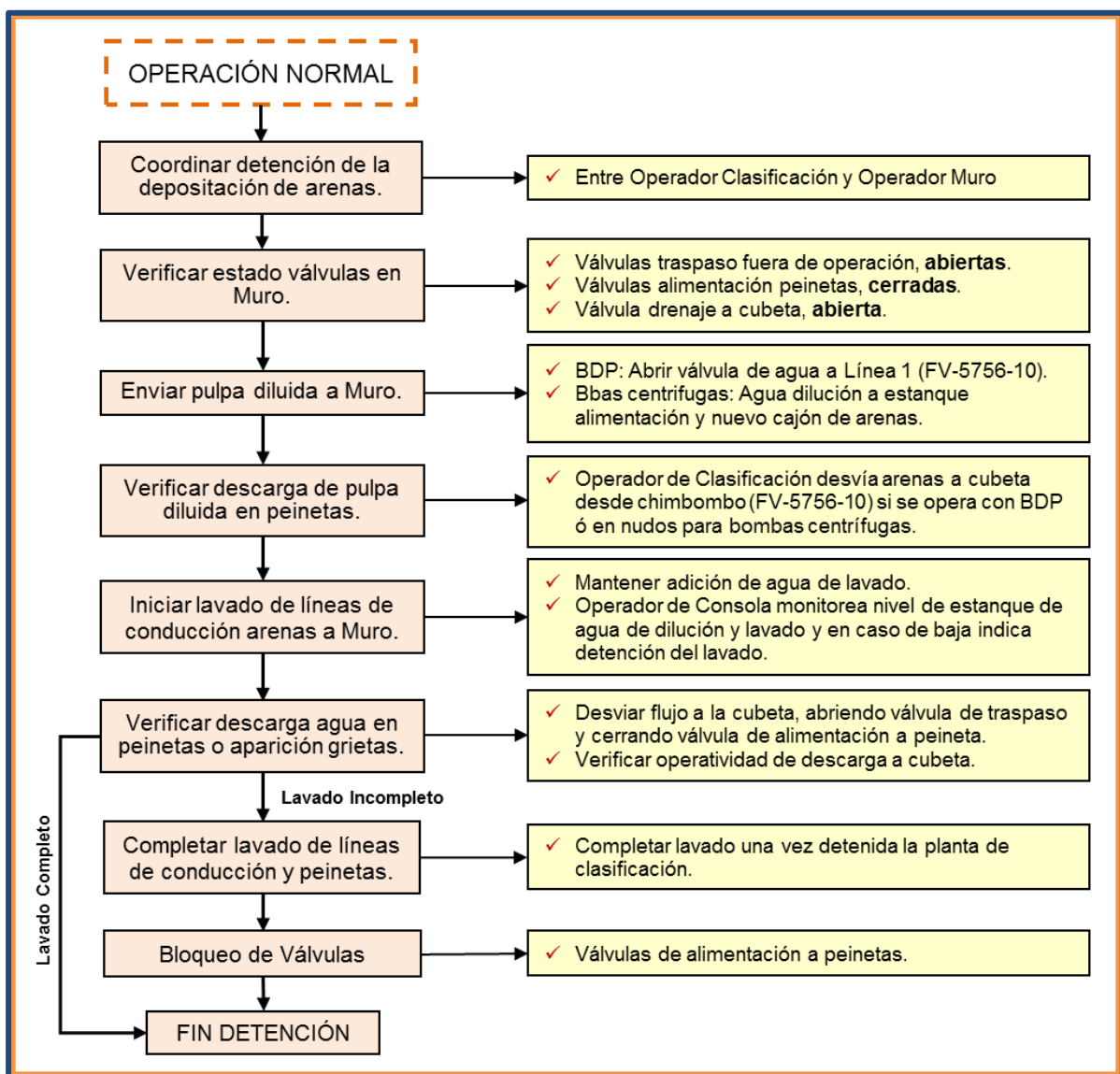
### Detención de la Construcción del Muro

La detención normal de la construcción del muro se refiere básicamente a la detención en la depositación de arenas. Las acciones que debe realizarse para la detención se resumen en el diagrama presentado en la Figura 7-30 y se explican a continuación:

1. Coordinar entre el Operador de Clasificación y el Operador de Muro la detención de la depositación de arenas.
2. Verificar que todas las válvulas de traspaso que no están en operación se encuentren abiertas y las de alimentación a las peinetas debidamente cerradas. Verificar que la válvula de drenaje hacia la cubeta ubicada al final de la tubería se encuentre abierta.

3. Diluir la pulpa de arenas conducida al muro mediante la inyección de agua de lavado a la línea de conducción de arenas (FV-5756-10) en el caso de impulsar arenas a través de Línea 1, adicionando agua de dilución a estanque de alimentación bomba centrífuga en caso de operar a través de Línea 4 o Línea 5 y adicionando agua de dilución al nuevo cajón de arenas en caso de operar con Línea 3 o Línea 5.
4. Cuando el Operador de Muro verifique la descarga de la pulpa diluida desde la peineta, el Operador de Clasificación debe desviar el flujo hacia la cubeta:
  - En el caso de la operación de Línea 1 (BDP), cerrando la válvula de alimentación a la línea de conducción de acero y abriendo la válvula de descarga hacia la cubeta en el chimbo.
  - En el caso de la operación de Línea 4 (sistema impulsión WARMAN – ULMAX) abriendo válvulas de despiche a cubeta en nudos y cerrando las de alimentación a las peinetas.
  - En caso de la operación de Línea 3 (sistema impulsión BOC-002@BOC-004) abriendo válvulas de despiche a cubeta en nudos y cerrando las de alimentación a las peinetas.
  - En caso de la operación de Línea 5 (sistema de impulsión WARMAN – ULMAX o BOC-001) abriendo válvulas de despiche en nudos del Muro Este y cerrando las de alimentación a las peinetas.
5. Mantener la inyección de agua para el lavado de la línea y la peineta en operación. Una vez que salga agua limpia por los extremos de la peineta o si se están generando grietas en el muro, desviar el flujo hacia la cubeta, para lo cual el operador debe abrir la válvula de traspaso y cerrar la válvula de alimentación a la peineta. Verificar la operatividad de la descarga hacia la cubeta. Por su parte, el Operador de Consola monitorea el nivel del estanque de Dilución y Lavado y solicita al Operador de Clasificación la detención de la operación para recuperar el agua del estanque.
6. Si el lavado de las líneas de conducción y peinetas no ha sido completado, completarlo una vez que se haya detenido el sistema global.
7. Finalmente, realizar el bloqueo de las válvulas de alimentación de arenas a las peinetas en nudos, dejando abiertas las válvulas de despiche de arena a cubeta, para evitar la depositación de arenas en el muro de modo no controlado.

Figura 7-30: Detención Construcción del Muro



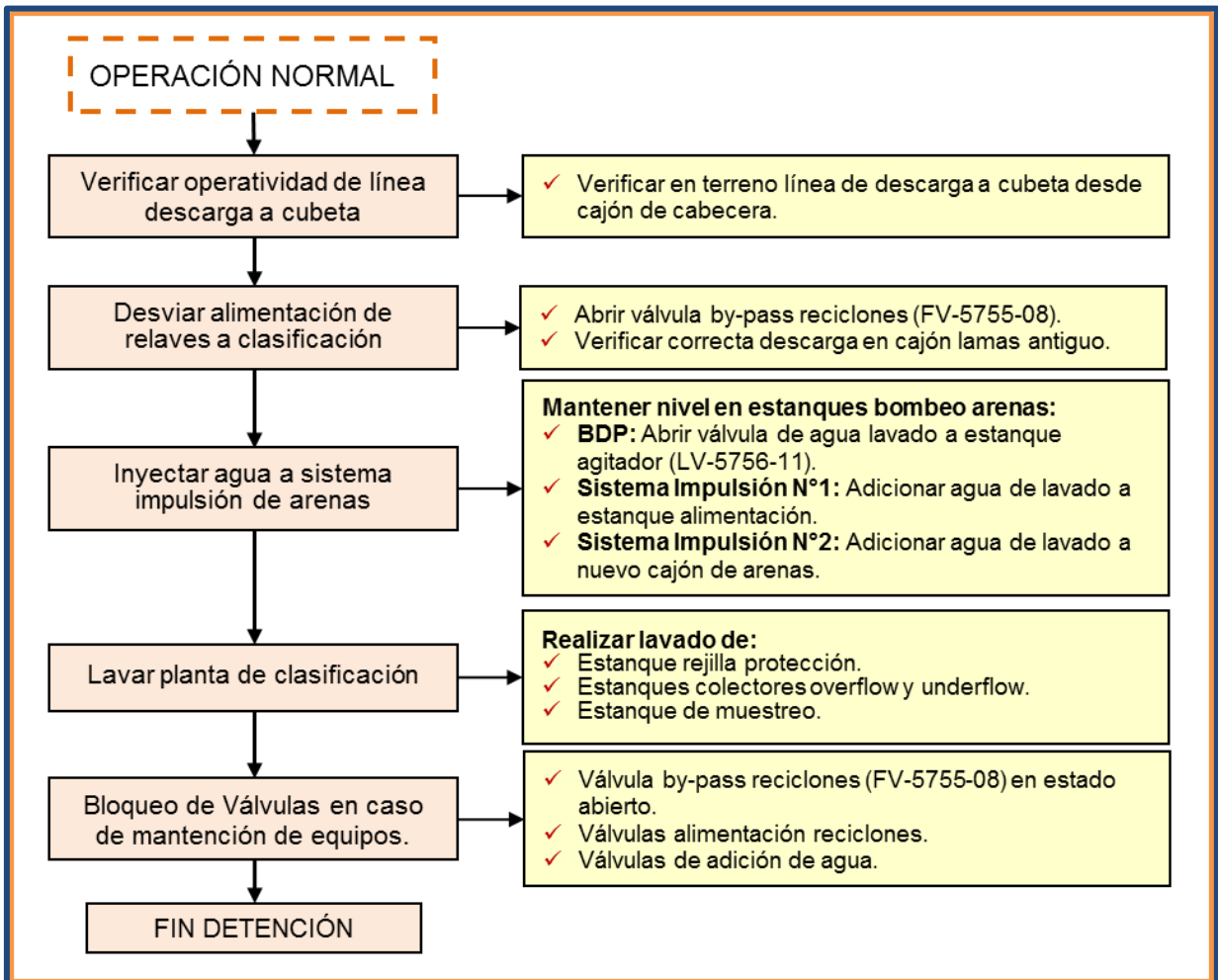
### Detención del Sistema de Clasificación de Relaves

Esta detención consiste, básicamente, en by-pasear la batería de ciclones, enviando todo el relave de clasificación directamente hacia la cubeta del Tranque, a través del cajón de lamas antiguo. A continuación, se detallan las actividades a realizar, las que se resumen en la Figura 7-31.

1. Verificar en terreno que la línea de descarga a la cubeta del tranque desde el cajón de cabecera esté habilitada.
2. Desviar alimentación de relaves a la batería de ciclones, a través de la línea de by-pass:
  - Abrir válvula FV-5755-08 ubicada en la línea de by-pass de ciclones. La acción se realiza en forma manual-remota desde la Consola.
  - Verificar la adecuada descarga de relaves by-paseados en el cajón de lamas antiguo.

3. Inyectar agua a sistema de impulsión de arenas para mantener nivel en estanques de alimentación bombas de arena:
  - Abrir válvula de agua de lavado a estanque agitador (LV-5756-11).
  - Adicionar agua de lavado a estanque de alimentación bomba centrífuga y nuevo cajón de arenas.
4. Realizar el lavado de la planta de clasificación, específicamente del estanque rejilla de protección, estanques colectores underflow y overflow, estanque de muestreo, ya sea utilizando las válvulas de lavado existentes y/o con mangueras. Dejar que el agua escurra hasta el estanque agitador.
5. Finalmente, si se va a realizar mantenencias de equipos durante la detención se debe realizar el bloqueo de válvulas para evitar alimentaciones de pulpa y agua accidentales a los equipos. Se considera bloquear válvula by-pass FV-5755-08 en estado abierto, las válvulas de alimentación a cada reciclón y las válvulas de adición de agua a los distintos equipos y para lavado de líneas.

**Figura 7-31: Detención Clasificación de Relaves**



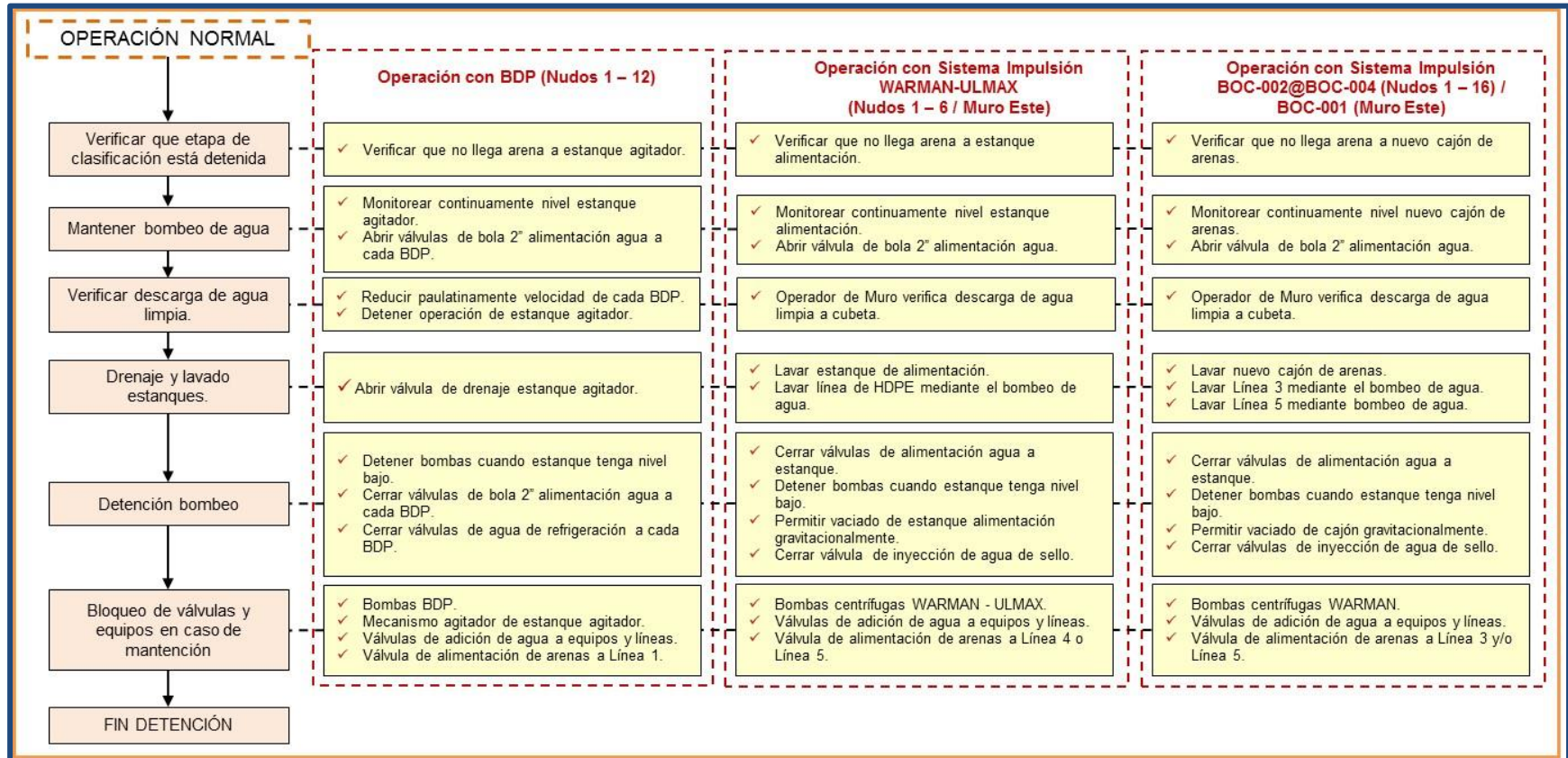


## Detención del Sistema de Impulsión de Arenas al Muro

Una vez by-paseado el relave alimentado a la batería de ciclones, el estanque agitador solamente será alimentado con agua de lavado. Hasta este momento, la operación del estanque y de las bombas se desarrolla sólo con la presencia de agua y desviado hacia la cubeta. Los pasos a seguir para detener este sistema se detallan en los puntos siguientes y se presentan en el diagrama mostrado en la Figura 7-32.

1. Verificar que la etapa de clasificación está detenida, es decir que el by-pass de la batería de ciclones esté operando y que no lleguen arenas al estanque agitador, ni al estanque de alimentación bombas centrífugas ni al nuevo cajón de arenas.
2. Mantener el bombeo de agua y chequear constantemente el nivel del estanque agitador, estanque alimentación bombas centrífugas y nuevo cajón de arenas. Apoyar con la inyección de agua de lavado a las BDP, al estanque alimentación bombas centrífugas y nuevo cajón de arenas, mediante las líneas de 2" respectivas.
3. Una vez que se verifique que las bombas descargan agua limpia, detener la operación del estanque agitador desde el panel de control local y posteriormente disminuir la velocidad de impulsión de las BDP. En el caso de las bombas centrífugas (sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004) el operador de muro debe verificar la descarga de agua limpia a la cubeta a través de las líneas de despiche de arenas.
4. Abrir la válvula de drenaje FV-5756-12 del estanque agitador, para apoyar el vaciamiento del estanque. Lavar estanque de alimentación bombas centrífugas, nuevo cajón de arenas y líneas 3 y 4 de impulsión de arenas, mediante el bombeo de agua a través de ellas.
5. Detener el bombeo:
  - En el caso de las BDP, detener las bombas desde el botón PARAR ubicado en el panel de control local, cuando el estanque agitador posea un bajo nivel de agua y cerrar las válvulas de lavado de 2". Cerrar válvulas de agua de refrigeración de cada una de las BDP.
  - En el caso del sistema de impulsión WARMAN – ULMAX, cerrar válvula de adición de agua a estanque de alimentación y detener bombas cuando tenga nivel bajo. Luego permitir el vaciado gravitacionalmente y cerrar válvula de agua de sello.
  - En el caso del sistema de impulsión BOC-001/BOC-002@BOC-004, cerrar válvula de adición de agua al nuevo cajón de arenas y detener bombas cuando tenga nivel bajo. Luego permitir el vaciado gravitacionalmente y cerrar válvulas de agua de sello.
6. En caso de realizar mantenimiento de equipos durante la detención es necesario bloquear algunos equipos como las bombas de impulsión de arenas (BDP, sistema de impulsión WARMAN - ULMAX y BOC-002@BOC-004), el mecanismo agitador del estanque agitador, las válvulas de adición de agua a equipos y líneas y las válvulas de alimentación de arenas a las líneas de conducción (Línea 1 y Línea 3 de acero y Línea 4 de HDPE).

**Figura 7-32: Detención Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas**

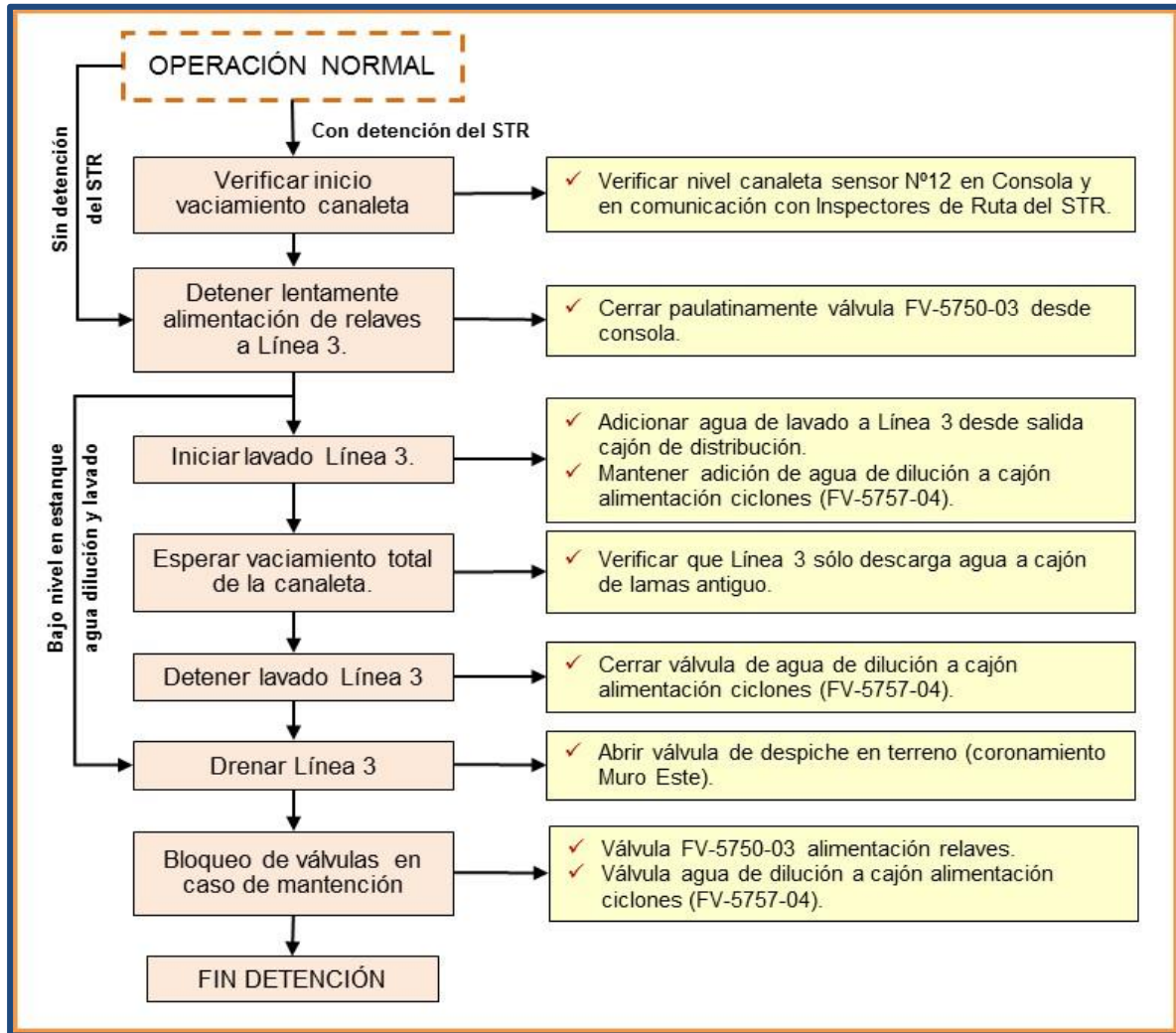


## **Detención del Sistema de Conducción de Relaves a Clasificación**

La detención de la conducción de relaves a clasificación permite suspender la alimentación a esta etapa, que ya se encuentra siendo by-paseada a la cubeta del tranque. Esta acción posibilita el vaciamiento del sifón 710 mm y del cajón de alimentación ciclones para eventuales mantenciones o inspecciones. Las actividades a desarrollar para lograr la detención se describen a continuación, siendo resumidas en el diagrama presentado en la Figura 7-33.

1. Si la detención es provocada por una detención del STR, se debe verificar el inicio del vaciamiento de la canaleta, mediante la lectura del nivel de relave en el sensor N° 12 desde consola y en comunicación con los inspectores de ruta del STR que monitorean en terreno el vaciamiento de la canaleta.
2. Detener lentamente la alimentación de relaves a la Línea 3, cerrando paulatinamente la válvula remota de salida del Cajón de Distribución (FV-5750-03).
3. Iniciar el lavado de la Línea 3. Para el lavado del tramo comprendido entre el cajón de distribución y el cajón de alimentación ciclones se debe adicionar agua de lavado manualmente desde el cajón de distribución, mediante la manguera disponible en el sector, cuya descarga se realiza al cajón de alimentación ciclones. El lavado del segundo tramo o sifón 710 mm se realiza manteniendo la adición de agua de dilución al cajón alimentación ciclones, a través de la válvula FV-5757-04. Es necesario monitorear constantemente el nivel del estanque de agua de dilución y lavado, para evitar que baje abruptamente. En caso de observar un descenso en el nivel, detener el lavado y continuar una vez que se restablezca. En caso de no disponer de agua de lavado, drenar inmediatamente la Línea 3 abriendo la válvula de despiche ubicada en el coronamiento del Muro Este.
4. Esperar el vaciamiento total del relave contenido al interior del sifón 710 mm, completando la operación de lavado. Para esto se debe mantener la adición de agua de dilución al cajón de alimentación ciclones hasta que sólo se descargue agua al cajón de lamas antiguo.
5. Verificado lo anterior, detener el lavado cerrando la válvula de agua de dilución al cajón de alimentación ciclones (FV-5757-04) de manera de mantener el sifón 710 mm con agua en su interior.
6. Finalmente drenar la Línea 3, abriendo la válvula de despiche en la parte baja del sifón 710 mm, ubicada en el coronamiento del Muro Este.
7. En caso de que la detención esté asociada a labores de mantención e inspección de la Línea 3 se debe realizar el bloqueo de válvulas, específicamente de válvula pinch de alimentación de relaves a Línea 3 FV-5750-03 y de adición de agua de dilución al cajón de alimentación ciclones FV-5757-04.

Figura 7-33: Detención Normal Línea 3



## b) Detención Normal del Sistema de Clasificación de Relaves y Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro

La Detención Normal de estos sistemas pudiera deberse a una serie de causas, entre las cuales se destacan:

- Disminución de la producción de relaves de la Concentradora.
- Baja calidad del relave enviado por la concentradora.
- Mantención programada de algunos de los equipos y/o instalaciones del sistema.

## c) Detención Normal del Sistema de Conducción de Relaves hacia la Cubeta del Tranque por Líneas 1 y 2

La Detención Normal de este sistema puede deberse principalmente a dos causas:

- Disminución de la producción de relaves de la Concentradora,
- Mantención programada de algunos de los equipos y/o instalaciones del sistema.

## 7.2.4 Procedimientos de Detención de Emergencia SDCR-CM

Las principales situaciones, que llevan a una Detención de Emergencia o no programada del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro, son las siguientes:

- Detención del sistema de bombeo de Agua de Dilución.
- Suspensión del Suministro de Energía Eléctrica.
- Falla del sistema de impulsión de arenas.
- Embanque o rotura de tubería de arenas.
- Falta de relave por detención de emergencia del STR.
- Detención por lluvias extremas.
- Ocurrencia de un sismo.

A continuación, se describen los procedimientos a ejecutar para estos casos.

### a) Emergencia por Detención del Sistema de Bombeo de Agua para Dilución

La detención del bombeo de agua al estanque de dilución puede ser producto de:

- Bloqueo del Canal de Contorno, por derrumbes o por basuras acumuladas en las parrillas.
- Falla en el sistema de impulsión de agua desde la Torre de Captación.
- Falla en el sistema de impulsión de agua desde la Piscina de Dilución.
- Falla del Estanque de Agua de Dilución que lo retira de servicio.

El volumen total del Estanque de Agua de Dilución permite continuar la operación durante unos 15 a 20 minutos, antes de tomar medidas de emergencia. Si al cabo de ese tiempo no se ha regularizado la situación, se debe detener la alimentación de relave a clasificación y proceder al lavado del sifón de alimentación y la línea de conducción de arenas al muro, aplicando los procedimientos de detención normal de los Sistemas de Clasificación, Impulsión y Distribución de Arenas al Muro y Conducción de Relaves a Clasificación

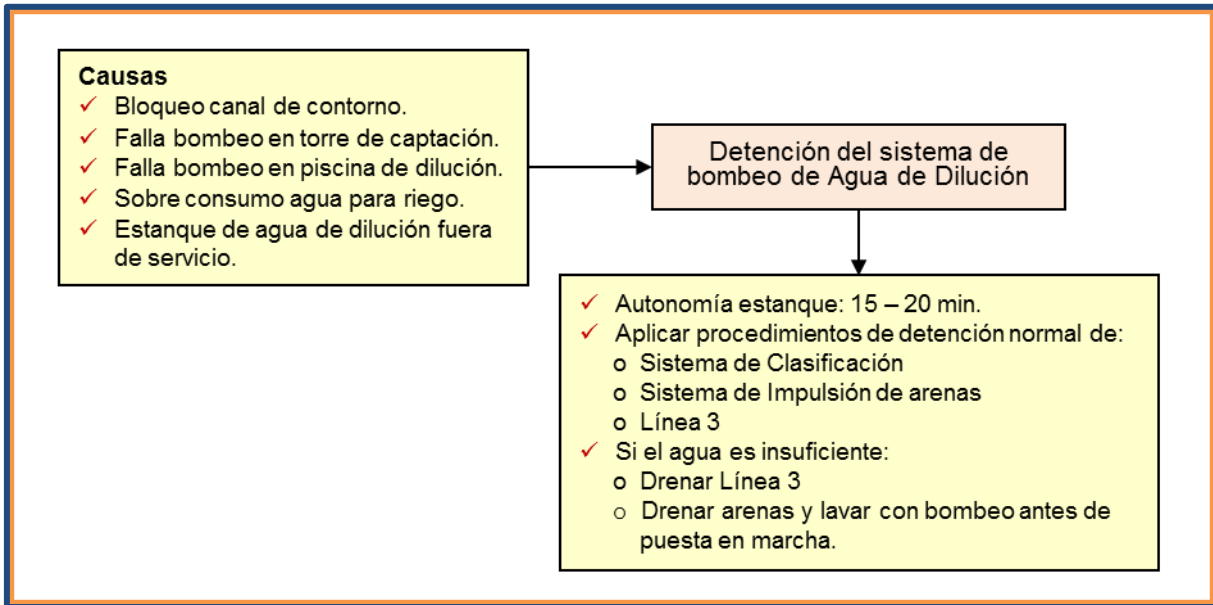
Si el agua no es suficiente para realizar el lavado del sifón 710 mm (Línea 3), abrir la válvula de despiche de emergencia y monitorear su vaciado a la cubeta desde el Muro Este. En el caso de las líneas de conducción de arenas dejar drenar la pulpa y previo a la puesta en marcha, realizar un exhaustivo lavado utilizando agua bombeada por las BDP o la bomba centrífuga.

Para evitar situaciones similares es necesario:

- Inspeccionar continuamente el Canal de Contorno, verificando estado de taludes y realizando la limpieza de las parrillas atrapa basuras existentes.
- Realizar mantenciones preventivas a las instalaciones electromecánicas y de instrumentación de los sistemas de bombeo de la Torre de Captación y de la Piscina de Dilución.
- Realizar limpieza programada del fondo de la piscina de dilución.
- Efectuar una correcta operación de las obras de toma de agua para el sistema de riego de Forestación, privilegiando la demanda de agua de la operación del Estanque de Dilución.
- Inspeccionar el Estanque de Dilución para cerciorarse de su integridad estructural.

El procedimiento descrito anteriormente se encuentra resumido en el diagrama presentado en la Figura 7-34.

**Figura 7-34: Emergencia por Detención del Sistema de Bombeo de Agua**



## **b) Emergencia por Suspensión del Suministro de Energía Eléctrica**

La interrupción del suministro de energía eléctrica provoca la detención de bombas de impulsión de arenas, motor del estanque agitador, bombas del Sistema de Manejo de Aguas, además de no establecer control sobre las válvulas remotas a excepción de la válvula de by-pass de la batería de reciclones FV-5755-08.

Frente a un corte de energía se deben seguir los siguientes pasos:

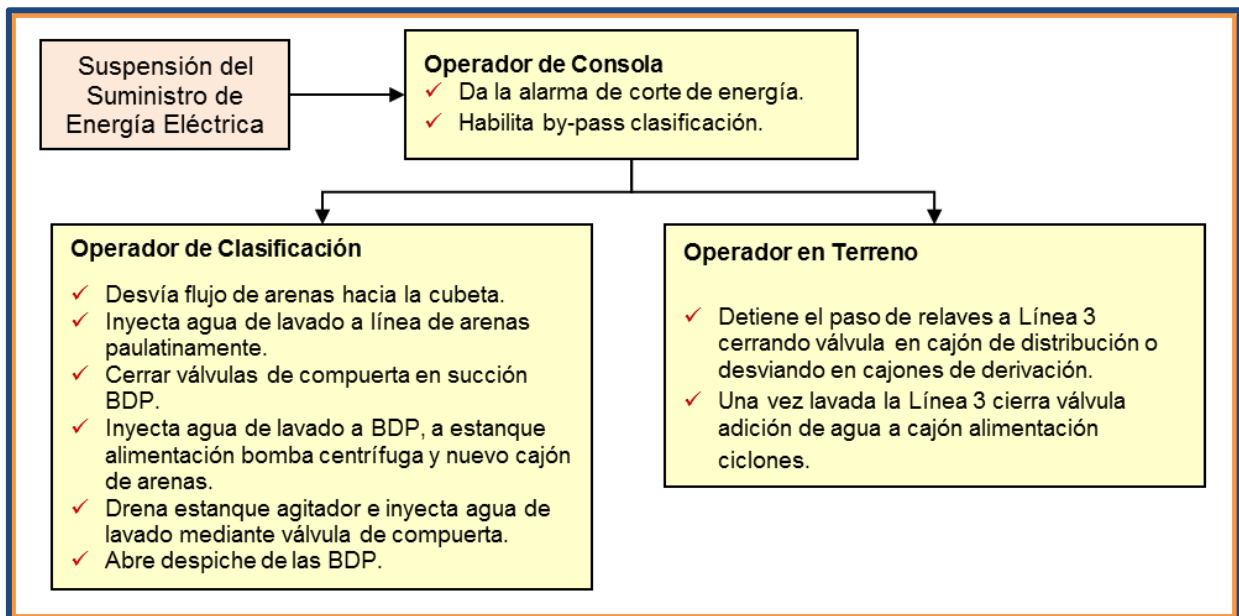
1. El Operador de Consola debe dar la alarma de corte de energía y by-pasear el flujo de relaves de alimentación, enviándolo hacia la cubeta.
2. El Operador de Clasificación debe desviar el flujo de arenas hacia la cubeta mediante el cierre de la válvula de alimentación a línea de acero de conducción de arenas en chimbombo (Línea 1) y abriendo la válvula de descarga a la cubeta. En el caso de operar por la Línea 4 (línea de HDPE) y/o con la Línea 3 (de acero) y Línea 5 al Muro Este, se debe abrir las válvulas de despiche a cubeta ubicados en los nudos y cerrar las válvulas de alimentación a las peinetas.
3. Inyectar agua de lavado a las líneas de conducción de arenas en operación en forma paulatina ya que la apertura brusca de la válvula de lavado puede facilitar la generación de un taco en el interior de la tubería. Se desviará el flujo de pulpa en el muro hasta la descarga hacia la cubeta, manipulando la válvula de corte de la línea de conducción y de alimentación a las peinetas.
4. Por su parte, el Operador de Clasificación debe cerrar las válvulas de compuerta ubicadas a la salida del estanque agitador y que alimentan a las BDP. Inyectar agua de lavado a las BDP mediante la apertura de la válvula de 2" y a las bombas centrífugas de los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004 por adición de agua a estanque de alimentación y nuevo cajón de arenas.
5. Abrir despiche del Estanque Agitador, del estanque de alimentación bomba centrífuga y nuevo cajón de arenas y conectar una manguera que permita diluir la pulpa que está siendo descargada.

Inyectar agua de lavado a los estanques desde las válvulas de compuerta respectivas ubicadas en la parte superior.

6. Abrir el despiche de cada BDP y mantener la adición de agua.
7. El Operador en terreno cierra el paso de relaves hacia el sifón 710 mm (Línea 3), ya sea desviando en los cajones de derivación o mediante el cierre de la válvula en el cajón de distribución.
8. Una vez que se haya lavado el sifón, cerrar manualmente y en forma local la válvula que abastece de agua al cajón de alimentación ciclones.
9. Una vez normalizada la situación, el Operador de Consola debe dar aviso al proveedor de energía para que reponga el suministro. Al mismo tiempo, personal de mantención debe inspeccionar las áreas para determinar las causas del incidente y normalizar la situación, en caso de requerirlo.

La Figura 7-35 presenta un diagrama que resume el procedimiento antes indicado.

**Figura 7-35: Emergencia por Suspensión del Suministro Eléctrico**



### c) Emergencia por Falla en el Sistema de Bombeo de Arenas

El sistema de bombeo de arenas puede operar mediante el sistema BDP y/o los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004, dependiendo del sector de depositación de arenas. El sistema BDP posee la capacidad de operar con dos de las tres bombas de desplazamiento positivo, sin embargo, los flujos, tonelajes y concentraciones de pulpa disminuyen considerablemente.

El sistema de bombeo de arenas puede fallar por:

- Pérdida de comunicación o desprogramación del PLC.
- Bloqueo y rotura de válvulas de cámaras de succión y de descarga producto del desgaste normal o por ingreso de piedras al sistema, en el sistema BDP.

- Rotura de diafragma de la cámara de impulsión por ingreso de piedras al sistema, en el sistema BDP.
- Falta de agua de sello para la operación de las bombas centrífugas de los sistemas de impulsión N°1 y N°2.
- Otras fallas electromecánicas y/o de instrumentación.

El procedimiento de detención es:

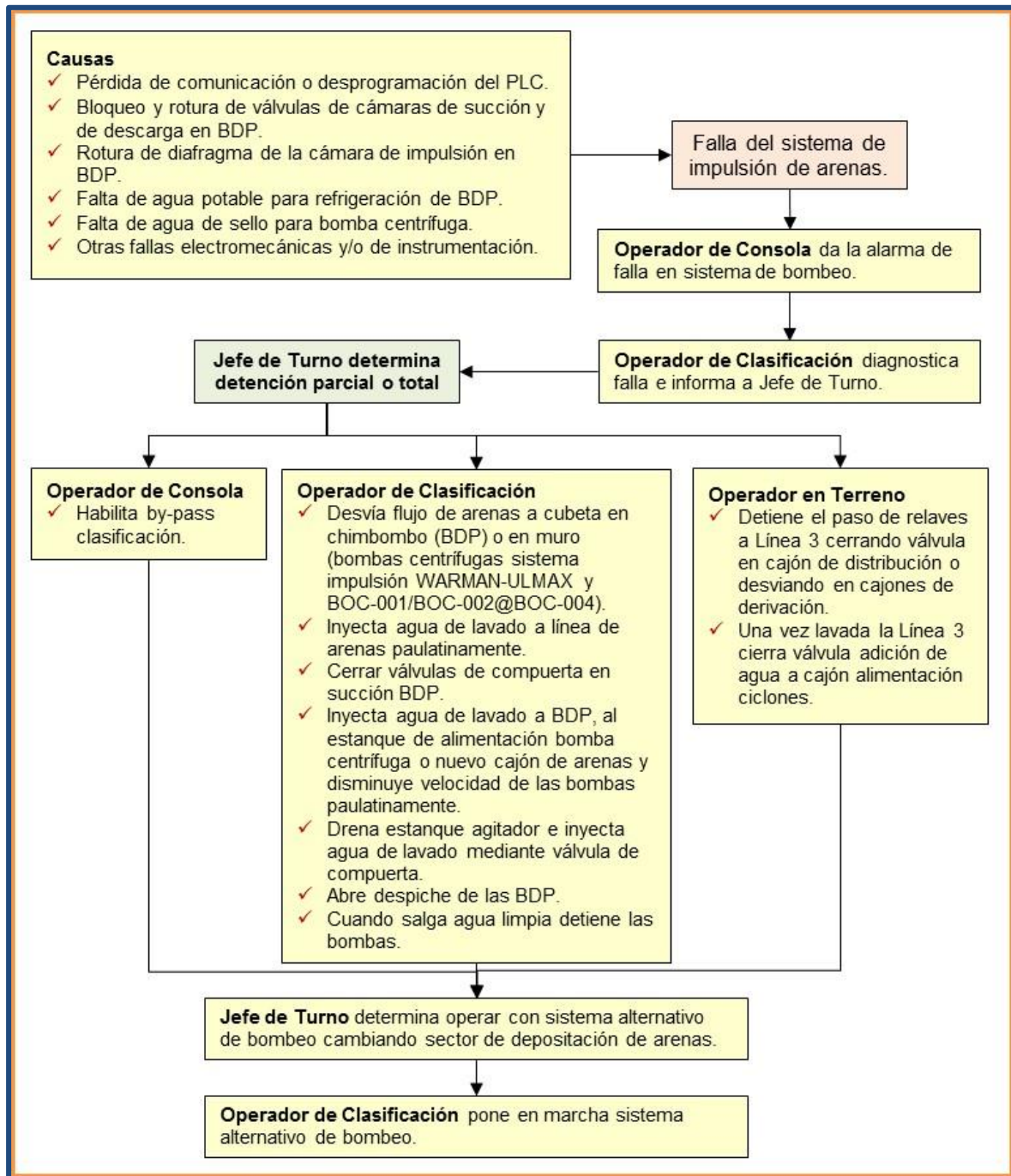
1. El operador de Consola debe dar la alarma falla en el sistema de bombeo de arenas.
2. El operador de Clasificación diagnosticará preliminarmente la falla y dará aviso al Jefe de Turno, quien determinará la necesidad de detener o no el sistema de bombeo y en caso de detención si esta será total o parcial.
3. En caso de que se tome la decisión de detener el sistema, el Operador de Consola realiza el by-pass del flujo de relaves de alimentación a clasificación hacia la cubeta.
4. El Operador de Clasificación debe desviar el flujo de arenas hacia la cubeta mediante el cierre de la válvula de alimentación a Línea 1 y abriendo la válvula de descarga a la cubeta en chimbo en caso de falla de las BDP. En caso de falla de los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004 se desvía el flujo de arenas a la cubeta en el muro.
5. Inyectar agua de lavado a las líneas de conducción de arenas en operación en forma paulatina ya que la apertura brusca de la válvula de lavado puede facilitar la generación de un taco en el interior de la tubería. En el caso de falla en las BDP, se desviará el flujo de pulpa en el muro hasta la descarga hacia la cubeta, manipulando la válvula de corte de la línea de conducción y de alimentación a las peinetas.
6. El Operador de Clasificación debe cerrar las válvulas de compuerta ubicadas a la salida del estanque agitador, que alimentan a la BDP. Inyectar agua de lavado a las BDP mediante la apertura de la válvula de 2" y a las bombas centrífugas de los sistemas de impulsión WARMAN – ULMAX y BOC-001/BOC-002@BOC-004 mediante la adición de agua al estanque de alimentación y nuevo cajón de arenas. Disminuir paulatinamente la velocidad de operación de las bombas.
7. Abrir despiche del Estanque Agitador, de alimentación bomba centrífuga y nuevo cajón de arenas y conectar una manguera que permita diluir la pulpa que está siendo descargada. Inyectar agua de lavado a los estanques desde las válvulas de compuerta respectivas ubicadas en la parte superior.
8. Abrir el despiche de la o las bombas y mantener la adición de agua. Una vez que salga agua limpia, detener la o las bombas y cerrar la válvula de adición de agua.
9. El Operador en Terreno cierra el paso de relaves hacia clasificación, ya sea desviando en los cajones de derivación o mediante el cierre de las válvulas en el Cajón de Distribución.
10. Una vez que se haya lavado el sifón, cerrar la válvula que abastece de agua al cajón de alimentación ciclones.

Finalizada la detención, los equipos de mantención deben revisar el problema para normalizarlo lo antes posible. El Jefe de Turno debe determinar si es conveniente y factible operar con el sistema de bombeo alternativo, cambiando el sector de descarga. En este último caso, el Operador de Clasificación debe aplicar el procedimiento de puesta en marcha respectivo.

En la Figura 7-36 se presenta un resumen del procedimiento de detención por falla en el sistema de bombeo de arenas.



**Figura 7-36: Emergencia por Falla en el Sistema de Bombeo de Arenas**



#### **d) Embanque de Línea de Conducción de Arenas**

Siempre que se efectúe la descarga de arenas sobre el muro, se debe dejar habilitada la línea de manera que al abrir la válvula de traspaso el flujo de pulpa pueda ser descargado por los despiches ubicados al final de la tubería de conducción de arenas.

Si el Operador de Muro detecta que la pulpa de arenas no sale por los orificios más alejados del centro de la peineta, entonces se está en presencia de un embanque en la peineta. Para este caso se debe realizar lo siguiente:

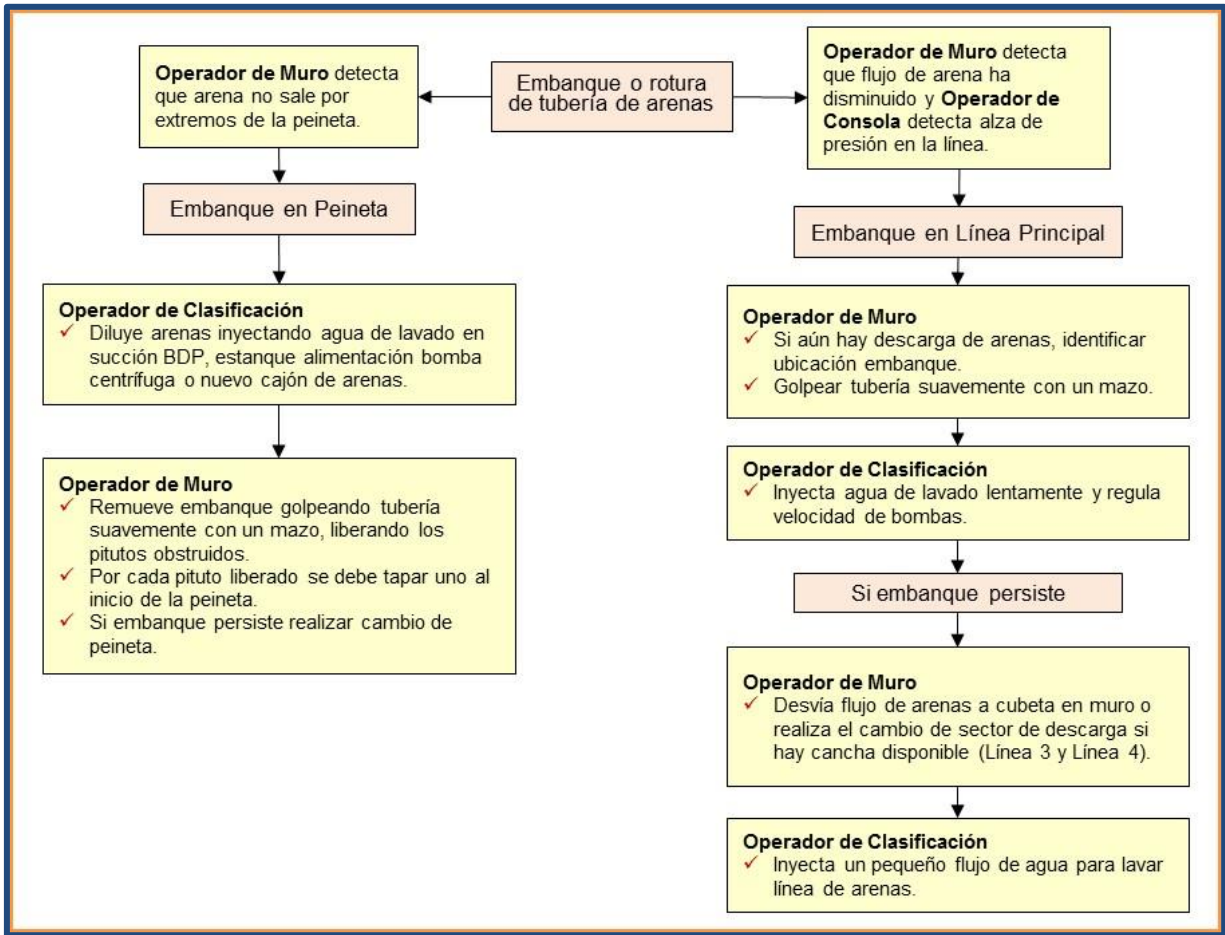
1. Solicitar al operador de Clasificación que diluya la pulpa de arenas, inyectando agua de lavado a la entrada de las BDP o al estanque de alimentación de la bomba centrífuga o nuevo cajón de arenas, dependiendo del sistema de bombeo involucrado en la impulsión de arenas.
2. El Operador de Muro debe remover el embanque golpeando la tubería con un mazo de mano, en forma suave, liberando así los pitutos obstruidos. Por cada pituto liberado, se debe tapar uno de los existentes en los primeros tramos de la peineta.
3. Si lo anterior no resulta y se verifica que el embanque avanza hacia el centro de la peineta, entonces realizar el cambio de peineta.

En la eventualidad de que el Operador de Muro detecte que el flujo de descarga ha disminuido y que el Operador de Consola detecte un alza de presión, entonces se estaría en presencia de un embanque de la línea principal de conducción de arenas. Frente a esta situación se debe hacer lo siguiente:

1. Si a pesar del embanque aún existe descarga de arenas en la peineta, entonces el Operador de Muro debe identificar el lugar donde se está produciendo el embanque y golpear la tubería con un mazo, en forma suave.
2. Por su parte, el Operador de Clasificación debe inyectar agua de lavado en forma paulatina y regular la velocidad de impulsión de las bombas.
3. Si lo anterior no da los resultados esperados, entonces se procede a desviar el flujo de pulpa hacia la cubeta o, si fuese posible, realizar la descarga de arenas en un sector que opera a través de otra de las líneas de conducción (Línea 3 y 4), siempre y cuando se disponga de una cancha habilitada para la depositación de arenas.
4. Una vez realizado el desvío, inyectar un leve flujo de agua para lavar la línea, descargando el remanente de pulpa hacia las peinetas.

La Figura 7-37 resume los pasos a seguir ante embanques en peinetas o en la línea principal de conducción de arenas.

**Figura 7-37: Embanque de Línea de Conducción de Arenas**

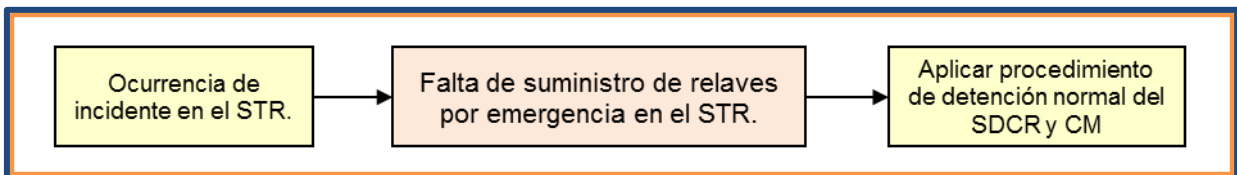


**e) Falta del Suministro de Relave por Emergencia en el STR**

Si por efecto de algún incidente producido en el Sistema de Transporte de Relaves se produce la detención del suministro de relaves, entonces se debe detener el Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del muro, aplicando los procedimientos de detención normal. Considerar que la descarga controlada de relaves a la cubeta del tranque se mantiene hasta que se produzca el vaciamiento completo de la canaleta.

La Figura 7-38 resume las acciones a realizar en este caso.

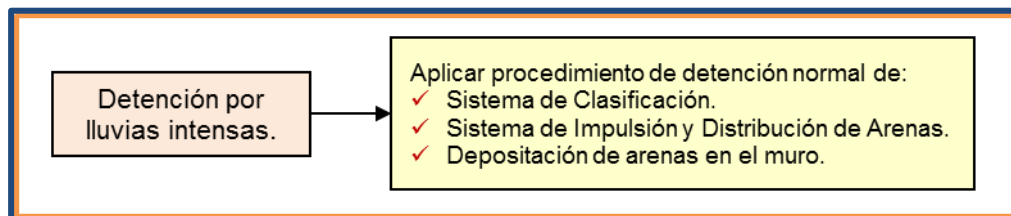
**Figura 7-38: Falta de Suministro de Relaves**



## f) Detención por Lluvias Intensas

En el caso de que el área del Tranque sea azotada por lluvias intensas y se determine la detención de la operación de clasificación, el canal de contorno debe limpiarse para que las aguas lluvias sean utilizadas para riego y se procede a realizar la detención de los Sistemas de Clasificación, Impulsión y Distribución de Arenas y Construcción del Muro de acuerdo a lo señalado en los procedimientos de detención normal. Por otro lado, se mantiene la descarga controlada de relaves desde el muro y desde los Cajones de Derivación. La Figura 7-39: **Detención por Lluvias Intensas** resume las acciones mencionadas.

Figura 7-39: Detención por Lluvias Intensas



## g) Ocurrencia de un Sismo

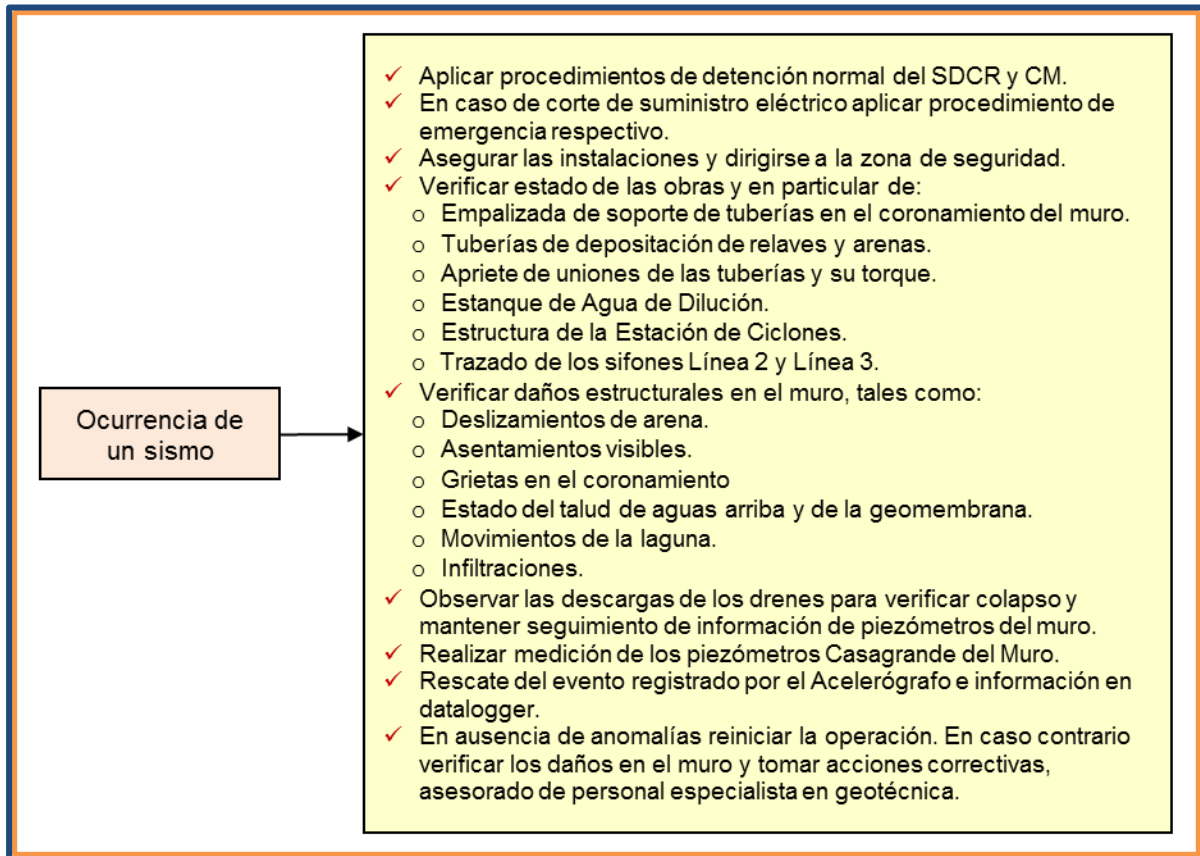
Frente a la ocurrencia de un sismo de importancia se deben seguir las siguientes acciones principales:

1. Aplicar procedimientos de detención normal de todos los sistemas. En caso de que producto del sismo ocurra un corte del suministro de energía eléctrica, aplicar procedimiento de emergencia respectivo.
2. Asegurar las instalaciones y dirigirse a la zona de seguridad estipulada por Operaciones para estas situaciones de emergencia.
3. Verificar el estado de las distintas obras y en particular, de las siguientes instalaciones:
  - Empalizada de soporte de tuberías en el coronamiento del muro.
  - Tuberías de depositación de relaves y arenas.
  - Apriete de las uniones de las tuberías y su torque.
  - Estanque de Agua de Dilución.
  - Estructura de la Estación de Ciclones.
  - Trazado de los sifones Línea 1, Línea 2 y Línea 3.
4. Verificar si no se produjeron daños estructurales en el muro, tales como deslizamientos de arena, asentamientos visibles, grietas en el coronamiento, estado del talud de aguas arriba y de la geomembrana, movimientos de la laguna, infiltraciones, otros.
5. Observar las descargas de los drenes para ver cuales pudiesen haber colapsado y de acuerdo a estas observaciones, mantener un seguimiento de la información que vayan entregando a través del tiempo los piezómetros del muro
6. Realizar la medición de los piezómetros Casagrande del Muro, rescate del evento registrado por el Acelerógrafo y rescate de la información almacenada en los datalogger,
7. Si no se identificaron anomalías, entonces reiniciar la operación. En caso contrario verificar las deformaciones que pudo haber sufrido el muro y tomar las acciones correctivas necesarias, asesorado de personal especialista en geotécnica.

Las acciones descritas se resumen en la

Figura 7-40: Detención por Ocurrencia de un Sismo

Figura 7-40: Detención por Ocurrencia de un Sismo



## 7.2.5 Procedimientos de Operación Eventual SDCR-CM

Los Procedimientos de Operación Eventuales tienen relación con las tareas de crecimiento del muro y se destacan principalmente las siguientes:

### a) Construcción de una Nueva Empalizada para el Soporte de las Tuberías de Disposición de Arenas.

Consiste en construir una nueva empalizada cada vez que el muro crezca entre 3 y 5 metros de altura y la anterior quede fuera de servicio. La construcción de la nueva empalizada deberá hacerse en el borde de aguas abajo del coronamiento, lo cual deberá coincidir con el desplazamiento hacia aguas abajo del eje de la presa, producto del crecimiento.

El trazado del eje de la empalizada debe ser efectuado topográficamente en forma paralela al eje longitudinal del muro. Se deben utilizar equipos de levante adecuados para la instalación de los marcos.

Las tuberías de arena son desenfangeadas y luego elevadas por tramos hasta la nueva posición, una vez que la empalizada haya sido terminada.

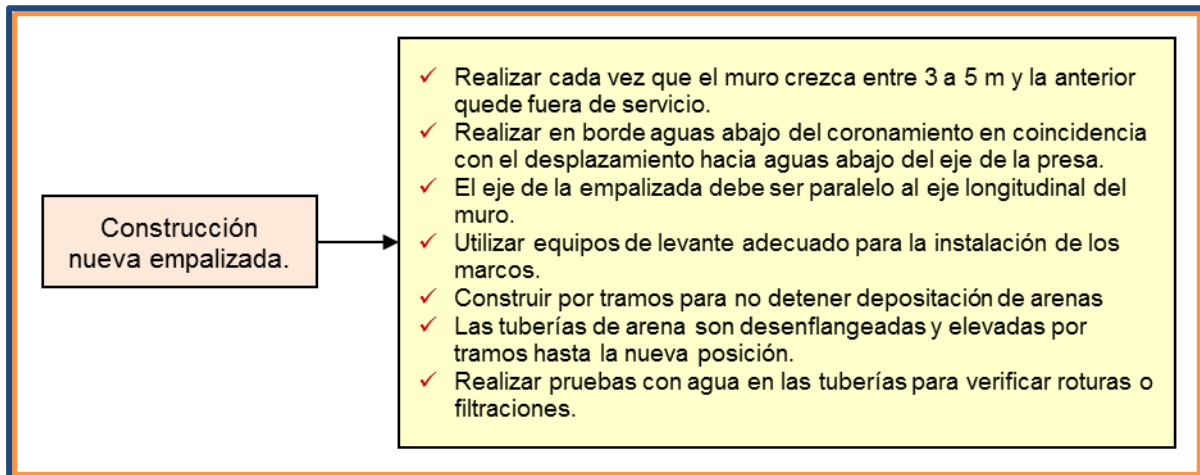
Para hacer más eficiente la construcción y no detener la depositación de arenas, el muro es dividido en dos o tres tramos, de los cuales uno se encuentra en faenas de construcción de la estructura y peralte de líneas y una vez que se encuentre operativo, continuar con el resto del muro.

Una vez instalado un tramo de la línea, se deben realizar pruebas con agua para verificar puntos con rotura o filtraciones, los cuales serán reparados antes de la puesta en marcha del sistema con relave.

La Figura 7-41: **Construcción Nueva Empalizada**

resume las actividades principales que incluye la construcción de una nueva empalizada.

**Figura 7-41: Construcción Nueva Empalizada**



## b) Levante de Tuberías de Relaves

Previo a la instalación de la geomembrana, se realizará el traslado de las tuberías de descarga de relaves hacia la cubeta para que sean instaladas en la nueva cota del muro.

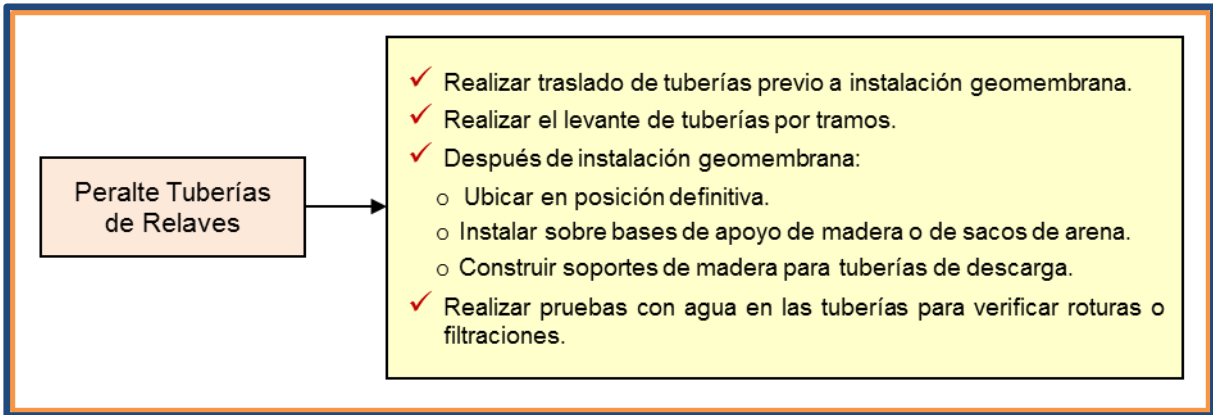
El levante de tuberías se realiza por tramos utilizando equipos y materiales adecuados, los cuales dejarán las piezas retiradas sobre el coronamiento del muro. Una vez que la geomembrana sea instalada, la tubería será ubicada en su posición definitiva y se construirán los soportes de madera que afirman las tuberías de descarga. Por otro lado, la tubería de conducción debe ser instalada sobre unas bases de apoyo construidas de madera o de sacos rellenos con arena.

Una vez instalada la línea completa, se deben realizar pruebas con agua para verificar puntos con rotura o filtraciones, los cuales serán reparados antes de la puesta en marcha del sistema con relave.

La Figura 7-42: **Levante de Tuberías de Relaves**

resume los detalles de la operación de levante de las tuberías de relaves.

**Figura 7-42: Levante de Tuberías de Relaves**



### c) Instalación de la Membrana Impermeable

Consiste en instalar una geomembrana de HDPE en el talud de aguas arriba del muro de arenas para protegerlo de eventuales contactos con el agua de la laguna. Esta actividad debe coordinarse con el peralte del sistema de tuberías de arenas y relaves y se debe realizar antes del inicio del período de lluvias.

La altura de impermeabilización será aquella obtenida por el cálculo que determina la altura del muro necesaria para enfrentar el invierno sobre la base de la información topográfica existente, proyección de producción de relaves e información meteorológica. Además, se debe considerar que el muro debe poseer al menos 3 m de revancha en cualquier período de operación.

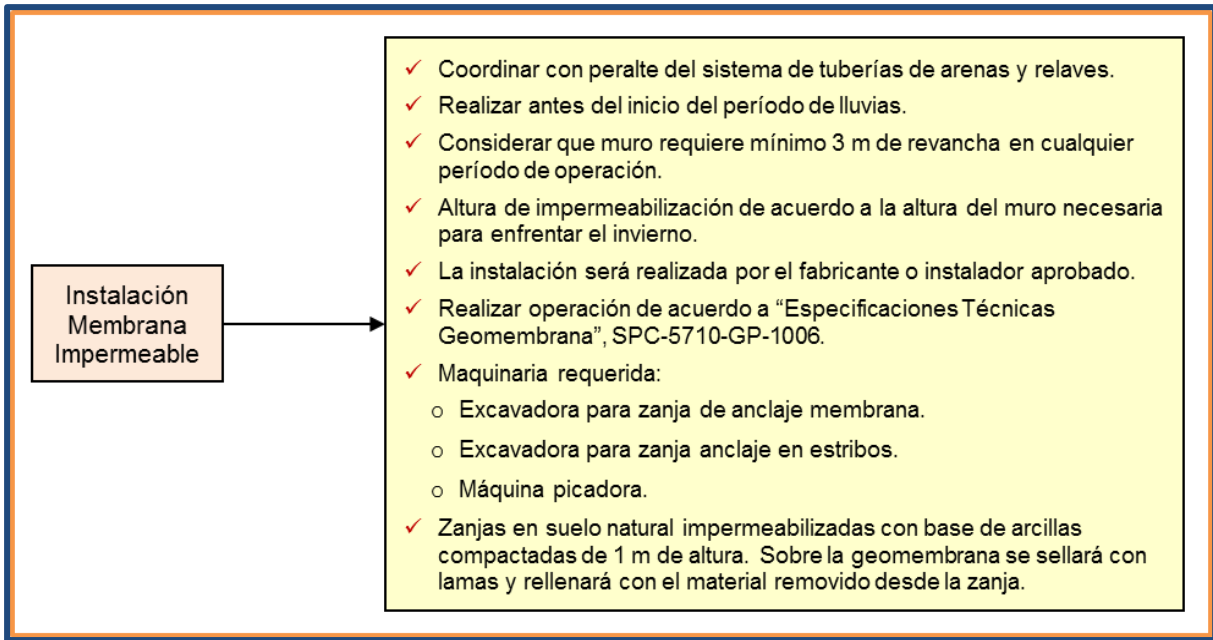
La membrana a instalar deberá estar fabricada con material nuevo y de primera calidad, diseñada específicamente para la contención de líquidos. Deberá estar libre de agujeros, roturas, defectos o contaminación con materiales extraños. Deberá presentar uniformidad tanto en color, espesor, dimensiones y textura y ser capaz de resistir la acción de la radiación ultravioleta.

Para la instalación de la membrana, la superficie en contacto con ésta deberá estar libre de elementos cortantes, partículas de tamaños superiores a 1/2", palos y en general cualquier elemento que pueda dañarla. La superficie deberá ser relativamente suave y sin grandes depresiones, montículos o desniveles abruptos que impidan el apoyo de la membrana.

La instalación de la membrana deberá realizarse por el fabricante o por un instalador aprobado.

Tanto en la construcción de la zanja de anclaje de la geomembrana en el coronamiento del muro como en la construcción de la zanja para el anclaje en los estribos debe emplearse una excavadora. Debido a las características geológicas del cerro entre muros, será necesario contar, además con una máquina picadora. Las zanjas construidas en suelo natural deben ser impermeabilizadas con una base de arcillas compactadas de a lo menos 1 m de altura y sobre el fondo de la geomembrana, se sellará con lamas del mismo Tranque para posteriormente rellenar con el material removido desde la zanja.

**Figura 7-43: Instalación de Membrana Impermeable**



### 7.3 PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN SISTEMA DE MANEJO DE AGUA

Los procedimientos de operación asociados al Manejo de Agua son presentados por subsistema y han sido estructurados de tal forma de incorporar los siguientes procedimientos:

- Procedimiento de Puesta en Marcha.
- Procedimiento de Operación Normal.
- Procedimiento de Detención Normal.
- Procedimiento de Detención por Emergencia.

En el caso particular del Subsistema Agua de Dilución y Lavado sólo se describen los procedimientos de puesta en marcha y detención de emergencia debido a que los procedimientos de operación normal y detención normal asociados al suministro de agua de Dilución y lavado están ligados a la operación del SDCR y CM, y por este motivo, se presenta una breve descripción de cada procedimiento.

El **procedimiento de puesta en marcha** se aplicará cada vez que se restablezca la operación de un determinado subsistema luego de una detención programada (detención normal) o de una detención de emergencia.

El **procedimiento de operación normal** podrá ser aplicado cuando el subsistema haya alcanzado una condición de operación estable del proceso.

El procedimiento de detención normal se efectuará cuando se efectúe una mantención programada del Concentrador que podrá ser utilizado por el STR para efectuar labores de inspección y/o de mantención de la canaleta, por el SDCR y CM y por el SMA.

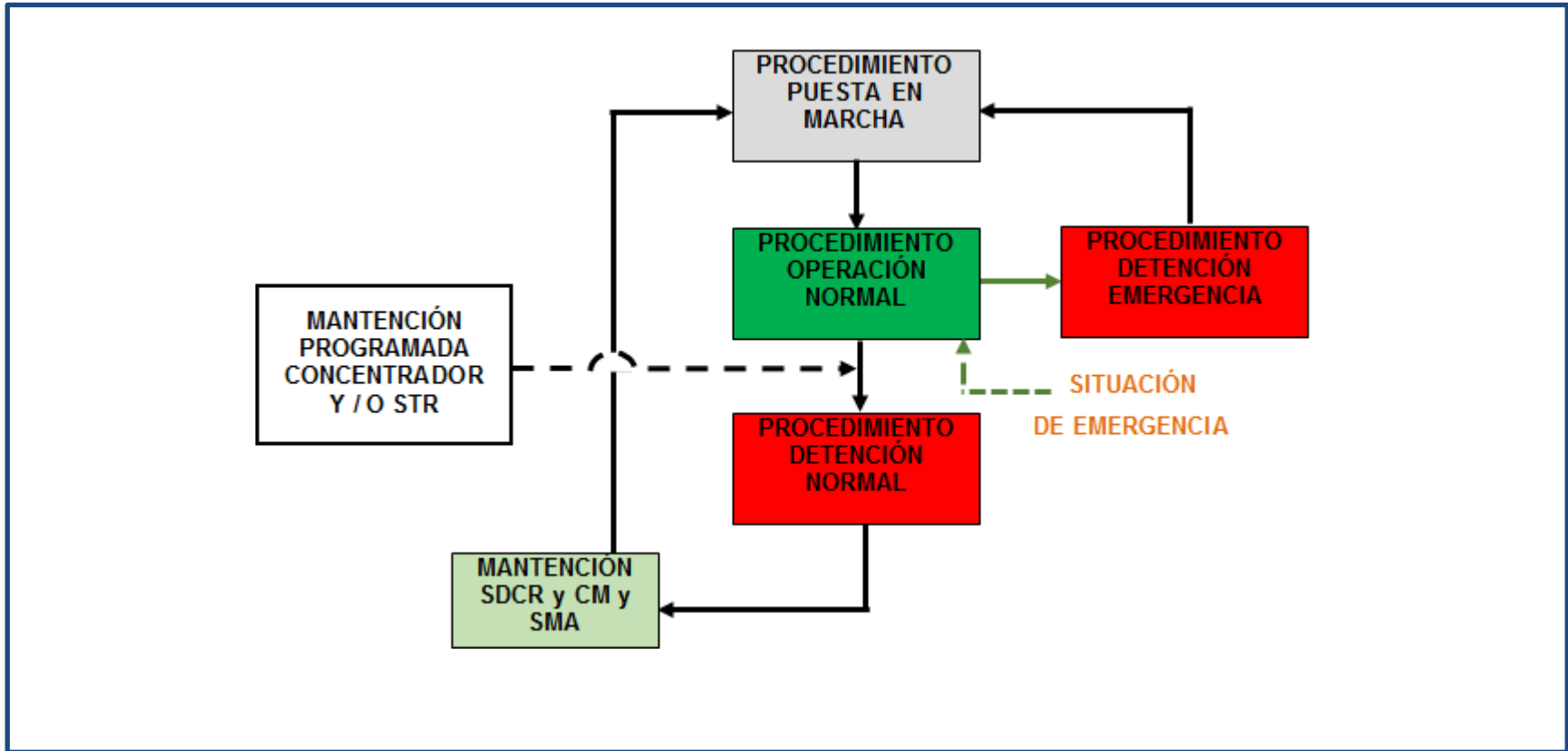
El **procedimiento de detención por emergencia** se aplicará frente a un evento imprevisto en el que sea inminente la detención de un determinado subsistema porque ha ocurrido un incidente que afecta al sistema, propiamente tal, y/o a la seguridad de las personas.

En la Figura 7-2 se presenta la secuencia de aplicación e interrelación entre los procedimientos de operación del SMA.



A continuación, se describen las acciones que se deben realizar en los procedimientos generales de operación durante una puesta en marcha, operación normal, detención normal y durante una emergencia, para cada una de las áreas o subsistemas que componen el Sistema de Manejo de Aguas del Tranque.

Figura 7-44: Diagrama de Bloques – Procedimientos de Operación



### **7.3.1 Manejo de Agua de la Laguna**

El sistema de manejo del agua de la laguna tiene como finalidad mantener el control sobre los volúmenes de agua existentes en la cubeta y con eso mantener la seguridad del embalse. Para tal efecto debe captar y conducir, hasta la Piscina de Agua de Dilución y Lavado, el agua necesaria para satisfacer los requerimientos de agua de dilución y lavado del SDCR y CM, riego y red de incendio.

En forma paralela cuenta con un sistema de evacuación de crecidas que entrará en operación sólo en casos de emergencia.

#### **a) Procedimiento de Puesta en Marcha del Sistema de Bombeo**

Para efectuar la puesta en marcha del Sistema de bombeo de la Torre de captación se debe respetar la siguiente secuencia actividades:

- 1) Efectuar las verificaciones de seguridad.
- 2) Realizar las verificaciones previas al inicio de la operación.
- 3) Llevar a cabo la secuencia de tareas que permiten colocar en marcha al sistema de impulsión de la Torre de Captación.

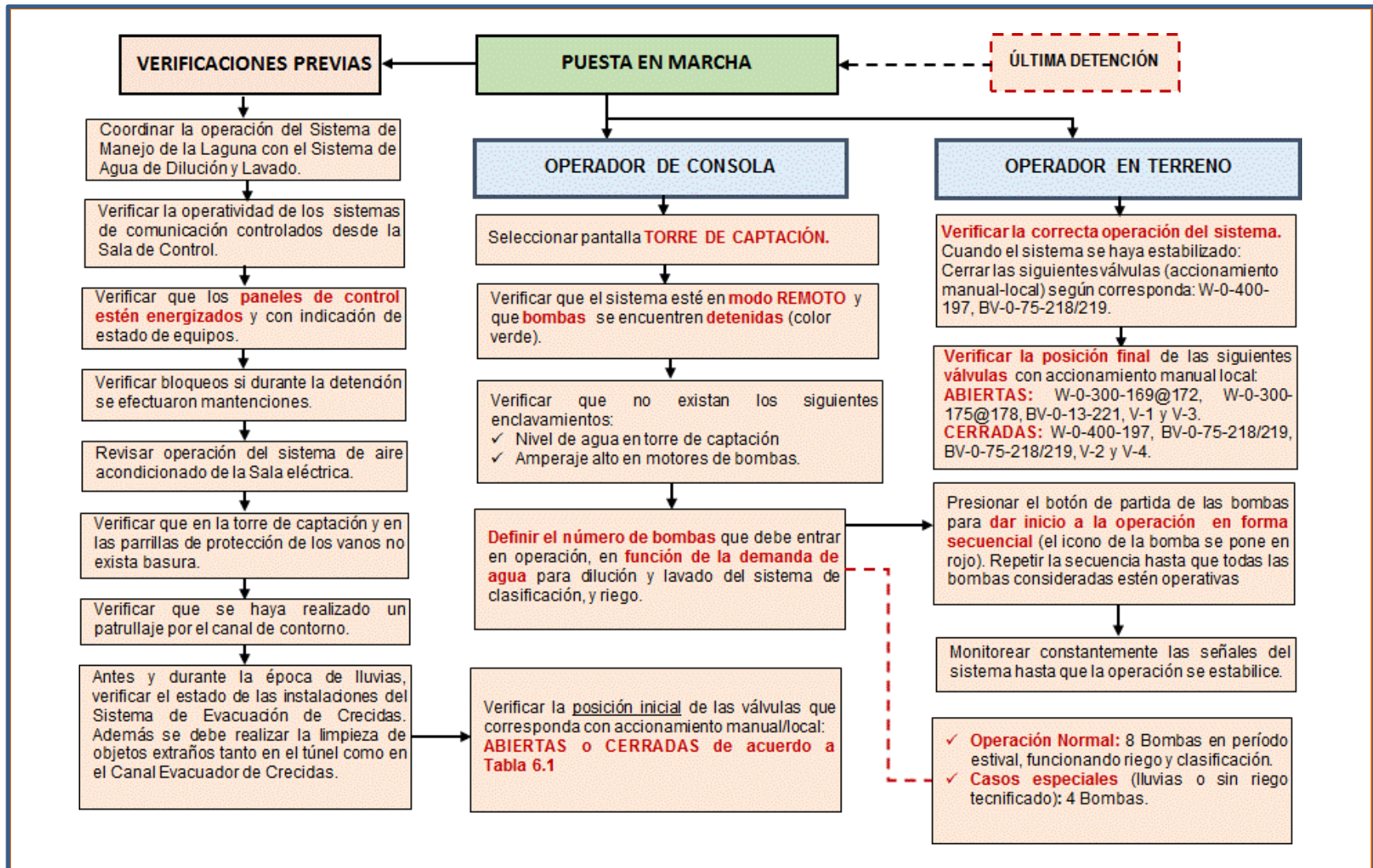
En la Figura 7-45 se presenta el diagrama de bloques que muestra en forma esquemática las tareas que deben efectuarse para la puesta en marcha del sistema de bombeo, aparte de las verificaciones previas de seguridad.

#### **Verificaciones Previas Operacionales**

Estas verificaciones permiten comprobar el estado de los recursos involucrados en el desarrollo y control de la puesta en operación normal del sistema. Las tareas de verificación previa que deben efectuarse antes de la puesta en marcha son las siguientes:

- Coordinar la operación del Sistema de Alimentación de agua al estanque con la operación de la torre de captación y del Sistema de Agua de Dilución y Lavado.
- Verificar la operatividad de los sistemas de comunicación que son controlados desde la Sala de Control.
- Verificar que los paneles de control, según corresponda, estén energizados y con la respectiva indicación de estado de equipos.
- Verificar bloqueos si durante la detención se efectuaron mantenciones.
- Verificar el estado de las instalaciones del Sistema de Evacuación de Crecidas, principalmente antes y durante la época de lluvias, con especial énfasis en los vanos de la torre de evacuación, sistema de compuertas. Además, se debe realizar la limpieza de objetos extraños tanto en el túnel como en el Canal Evacuador de Crecidas.
- Verificar la posición inicial de las válvulas del sistema de impulsión de accionamiento manual-local (M-L) que se identifican en la Tabla 7-11.

Figura 7-45: Procedimiento Puesta en Marcha Manejo de Agua de la Laguna



**Tabla 7-11: Posición Inicial de Válvulas del Sistema de impulsión**

Posición	TAG	Descripción Válvula
Abiertas	W-0-300-169	Válvula de descarga de la bomba 5781-15100-04
	W-0-300-170	Válvula de descarga de la bomba 5781-15100-03
	W-0-300-171	Válvula de descarga de la bomba 5781-15100-02
	W-0-300-172	Válvula de descarga de la bomba 5781-15100-01
	W-0-300-175	Válvula de descarga de la bomba 5781-15100-05
	W-0-300-176	Válvula de descarga de la bomba 5781-15100-06
	W-0-300-177	Válvula de descarga de la bomba 5781-15100-07
	W-0-300-178	Válvula de descarga de la bomba 5781-15100-08
	W-0-400-197	Válvula entre líneas que conducen agua a obra de cabecera agua captada
	BV-0-75-218	Válvula de drenaje línea de bombas 01 a 04
	BV-0-75-219	Válvula de drenaje línea de bombas 05 a 08
	BV-0-13-221	Válvula línea de retorno

### Puesta en Marcha

Esta operación se realiza desde la Sala de Control ubicada en tranque, como se indica a continuación:

1. En el menú colgante del sistema FIX, presionar la opción MENU y seleccionar la pantalla TORRE DE CAPTACION.
2. Verificar que el sistema se encuentre en modo REMOTO y que los iconos de las bombas de impulsión 5761-15100-01/02/03/04/05/06/07/08 se encuentran en color verde (detenido).
3. Verificar que las condiciones de operación sean las requeridas para que no se activen los siguientes enclavamientos:
  - Nivel de agua en Cajón Torre Captación < LSSL-5761-12; <LSSL-5761-13.
  - Amperaje alto en motores de bombas.
4. Definir el número de bombas que debe entrar en operación, en función de la demanda de agua para dilución y lavado del sistema de clasificación y riego. Cabe señalar que la operación normal, en período estival, considera el funcionamiento de 8 bombas para abastecer de agua al riego y al sistema de clasificación. En casos especiales, de lluvias o bajo condiciones en las cuales no esté operando el riego tecnificado, se deberá operar con 4 bombas.
5. Presionando sobre el icono de cada bomba aparece la ventana de opciones. Presionar el botón PARTIR. Una vez puesta en marcha, el color del icono que representa a la bomba en la pantalla se torna de color rojo (operando). Repetir la secuencia hasta que se tengan en funcionamiento todas las bombas consideradas.
6. En la sala de control, monitorear constantemente las señales de: funcionamiento y corriente de motores, caudal de agua bombeada (FI-5761-16 y 23), horas de operación de cada bomba, presión en manifold de descarga (PI-5761-15 y 24), nivel normal / bajo de la laguna (LALL-5761-12 y 13).

El Operador de terreno debe realizar las siguientes tareas:

1. Verificar en terreno la correcta operación del sistema de impulsión. Cuando el sistema se haya estabilizado, cerrar las válvulas de accionamiento manual-local según corresponda.
2. Verificar la posición final de las válvulas de descargas de las bombas en operación del sistema de impulsión.

## b) Procedimiento de Operación Normal

El procedimiento de Operación Normal del Manejo de Agua de la Laguna, que se describe a continuación, define las tareas que deben ser desarrolladas en forma rutinaria por el Operador de Consola y el Operador de Terreno (Figura 7-46). Adicionalmente, se han incorporado las tareas que la Oficina Técnica debe coordinar que se realicen para mantener control de la laguna.

**El operador de consola** debe monitorear y controlar las señales de:

- Funcionamiento y Amperaje de motores.
- Caudal de agua bombeada máximo 1300 l/s.
- Horas de operación de cada bomba.
- Presión en manifold de descarga
- Nivel normal / bajo de la laguna

Además, como control operacional de la laguna debe mantener estricto control de la geometría de la laguna, para lo cual debe Monitorear en forma diaria el sensor de nivel que indica la cota de la laguna y corrige el valor por topografía una vez por semana.

Para mantener control de la laguna la oficina técnica debe coordinar la realización de las siguientes actividades:

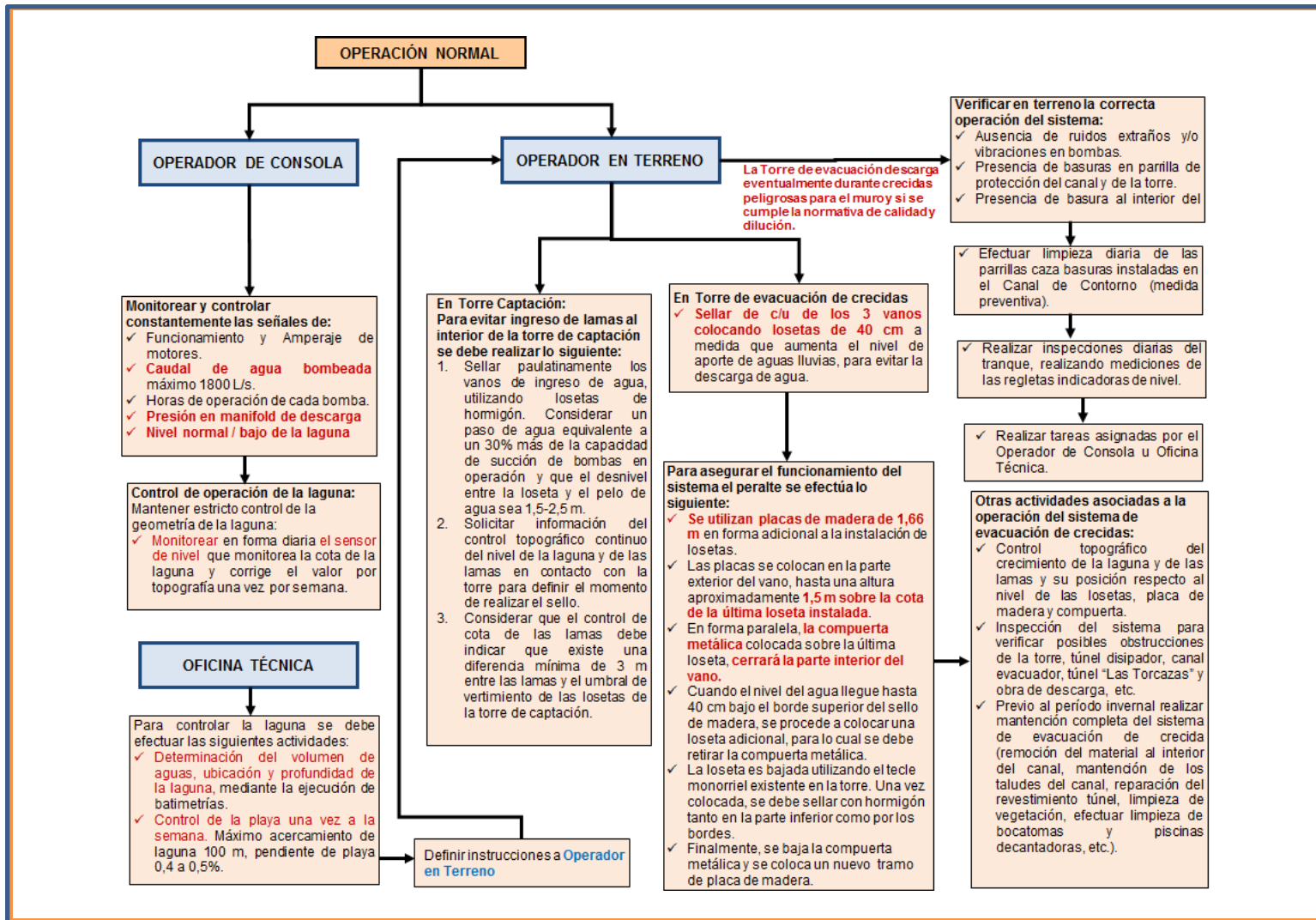
- Determinación del volumen de aguas, ubicación y profundidad de la laguna, mediante la ejecución de batimetrías. A partir de las batimetrías, realizar análisis que permitan evaluar el desarrollo de la poza de aguas claras, indicando un orden de magnitud para el volumen de agua disponible.
- Control de la playa una vez a la semana. Máximo acercamiento de laguna 100 m, pendiente de playa 0,4 a 0,5%.

En base a los resultados obtenidos en los puntos anteriores podrá definir tareas o instrucciones que serán llevadas a cabo por el Operador de Terreno.

**El operador de terreno** debe verificar la correcta operación del sistema, para lo cual realiza las siguientes actividades:

- Verificar ausencia de ruidos extraños y/o vibraciones en bombas
- Verifica que no haya basuras en la parrilla de protección del canal y de la torre, presencia de basura al interior del muelle de captación, etc.
- Realizar inspecciones diarias del tranque para realizar mediciones de las regletas indicadoras de nivel ubicadas en el canal de aproximación de la Torre de captación.
- Efectuar limpieza diaria de las parrillas caza basuras instaladas en el Canal de Contorno.

Figura 7-46: Procedimiento Operación Normal Manejo de Agua de la Laguna



### ***Torre de Captación***

Para evitar el ingreso de lamas al interior de la Torre de Captación y que éstas puedan afectar el funcionamiento de las bombas, el operador de terreno debe ir paulatinamente sellando los vanos de ingreso de agua a la torre, utilizando losetas de hormigón. Se debe considerar el paso de un flujo de agua hacia la torre equivalente a 30% más de la capacidad de succión de las bombas que se encuentran en operación, y que el desnivel entre la loseta y la cota del pelo de agua sea entre 1,5 a 2,5 m.

Para lograr lo anterior y no producir problemas de falta de agua en el interior de la torre, el operador de terreno solicita información del control topográfico continuo que se realiza del nivel de la laguna y de las lamas en contacto con la torre. Esta información permite determinar el desnivel existente entre las lamas y la cota superior del sello del vano y el existente entre este último y la cota del agua, lo que definirá el momento de realizar el sello.

El control de cota de las lamas debe indicar que existe una diferencia mínima de 3 metros entre las lamas y el umbral de vertimiento de las losetas en la torre de captación, para evitar el riesgo de ingreso de lamas a la sentina de la torre.

### ***Torre de Evacuación de Crecidas***

El tranque de relaves opera normalmente sin evacuación de aguas claras, lo cual sólo podrá realizar en forma eventual durante crecidas que pongan en peligro la estabilidad del muro y en condiciones que se cumplan las normativas de calidad y dilución.

Para evitar la descarga de agua, la operación normal de la Torre de Evacuación de Crecidas considera el sellado de cada uno de los tres vanos colocando losetas de 40 cm a medida que el agua de la laguna aumenta de nivel por aportes de aguas lluvias. Para asegurar el funcionamiento del sistema en caso de ser utilizado, el peralte del sello debe realizarse de la siguiente forma:

- Se utilizarán placas de madera de 1,66 m en forma adicional a la instalación de losetas.
- Las placas serán colocadas en la parte exterior del vano, hasta una altura aproximadamente 1,5 m sobre la cota de la última loseta instalada.
- En forma paralela, la compuerta metálica colocada sobre la última loseta cerrará la parte interior del vano.
- Cuando el nivel del agua llegue hasta 40 cm bajo el borde superior del sello de madera, se procede a colocar una loseta adicional, para lo cual se debe retirar la compuerta metálica.
- La loseta es bajada utilizando el tecele monorriel existente en la torre. Una vez colocada, se debe sellar con hormigón tanto en la parte inferior como por los bordes.
- Finalizado lo anterior, se baja la compuerta metálica y se coloca un nuevo tramo de placa de madera.

De esta forma, se mantiene una holgura de 1,5 m entre la placa de madera y la última loseta y una columna de agua de 1 m sobre la loseta. Esto permite que, en la eventualidad de una emergencia, al retirar las placas de madera instaladas y la compuerta metálica, el sistema será capaz de evacuar hasta 10 m<sup>3</sup>/s de agua.

Otras actividades asociadas a la operación del sistema de evacuación de crecidas contemplan:

- Control topográfico del crecimiento de la laguna y de las lamas y su posición respecto al nivel de las losetas, placa de madera y compuerta.
- Inspección del sistema, incluyendo: torre, túnel, disipador, canal evacuador y obra de descarga, a objeto de verificar el estado de sus componentes, posibles obstrucciones, etc.
- Previo al período invernal se debe realizar una mantención completa del sistema de evacuación de crecida, en aspectos tales como: remoción del material que pudiere haber caído al interior del canal, mantención de los taludes del canal, reparación del revestimiento túnel, limpieza de vegetación, efectuar limpieza de bocatomas y piscinas decantadoras, etc.



### c) Procedimiento de Detención Normal Sistema de Bombeo

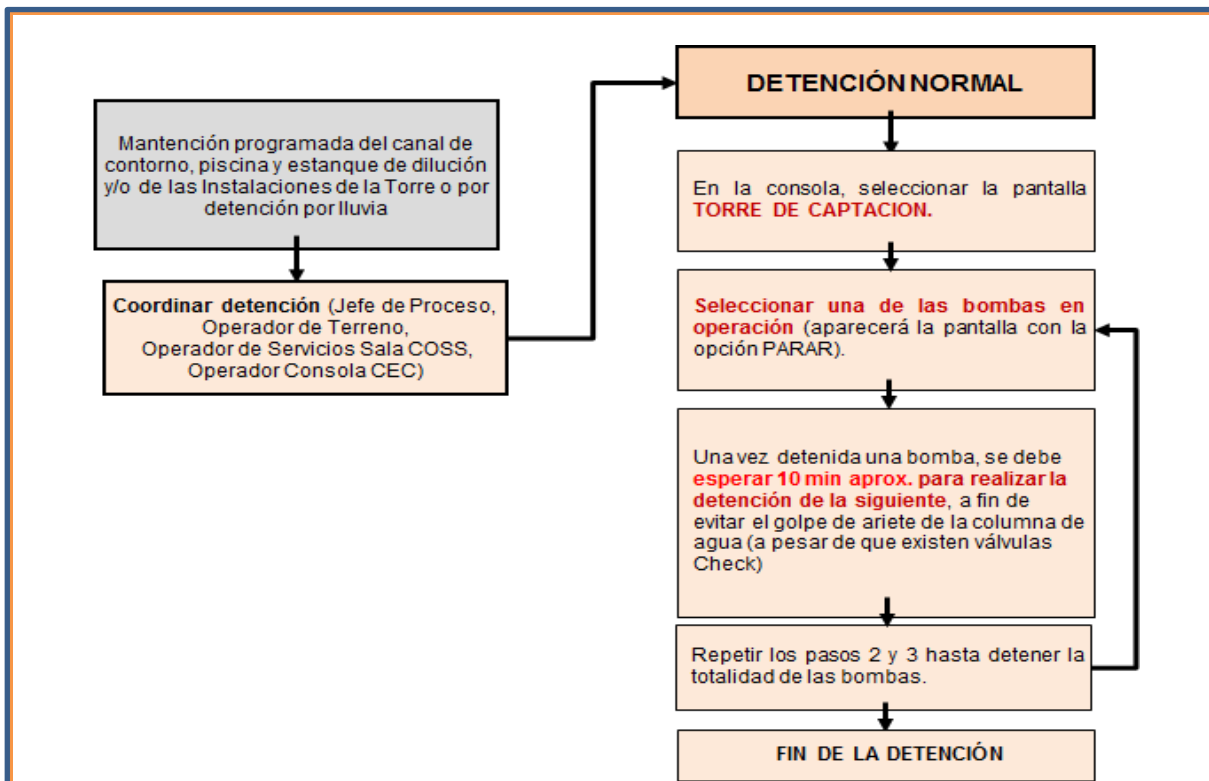
La filosofía operacional del Manejo da Agua de la laguna considera la operación permanente del sistema de captación de agua, para permitir el abastecimiento de agua al SDCR y CM, al sistema de riego y a la red de incendio. Por esto, sólo se considera como detención normal del sistema aquellas detenciones realizadas para efectuar una mantención programada del canal de contorno, piscina y estanque de dilución y/o de las instalaciones de la torre o como consecuencia de una detención generada por lluvia. En el caso de que los puntos de consumo de agua no se encuentren operando, se debe disminuir el número de bombas en operación.

Cuando se ha definido que se efectuará una detención normal, como consecuencia de las causas mencionadas en el párrafo anterior, se deberá efectuar previamente una coordinación de la detención entre las partes involucradas (Jefe de Proceso, Operador de Consola y Operador de Terreno).

Para efectuar la detención del sistema de bombeo de la torre de captación se debe seguir la siguiente secuencia de actividades (ver Figura 7-47)

1. En la consola, seleccionar la pantalla TORRE DE CAPTACIÓN.
2. Seleccionar una de las bombas en operación. Aparecerá la pantalla con la opción PARAR.
3. Una vez detenida una bomba, se debe esperar un breve lapso de tiempo (10 min aproximadamente) para realizar la detención de la siguiente, a fin de evitar el golpe de ariete de la columna de agua (a pesar de que existen válvulas Check).
4. Repetir los dos pasos anteriores hasta detener la totalidad de las bombas.

Figura 7-47: Procedimiento Detención Normal Manejo de Agua de la Laguna



## **d) Procedimiento de Detención de Emergencia del Sistema de Bombeo**

Las detenciones por emergencia del sistema de bombeo, indicadas en el diagrama de bloques de la Figura 7-48, obedecen a dos causas:

- 3) Causas Operacionales: fallas de comunicación, cortes de energía, fallas en el sistema de impulsión, etc.
- 4) Causas de origen naturales: sismo de intensidad mayor a 6.0 grados en la escala de Mercalli.

El procedimiento de detención de emergencia, que se describe a continuación, se complementa con el procedimiento de emergencia denominado “Actuación en Caso de Emergencia en Proceso Relaves”.

Las principales causas que pueden provocar una detención de emergencia y las acciones que se deben realizar en cada caso se indican en los puntos siguientes.

- **Nivel bajo - bajo en cajón de la Torre de Captación**

Si el nivel de agua al interior de la torre se encuentra en nivel bajo – bajo, entonces las bombas se detendrán automáticamente.

El operador debe determinar en terreno las causas del problema, entre los cuales se puede considerar la falta de limpieza de la parrilla de protección de los vanos, la instalación apresurada de losetas o falla de instrumentación y dar solución a la anomalía.

- **Corriente alta en los motores de las bombas**

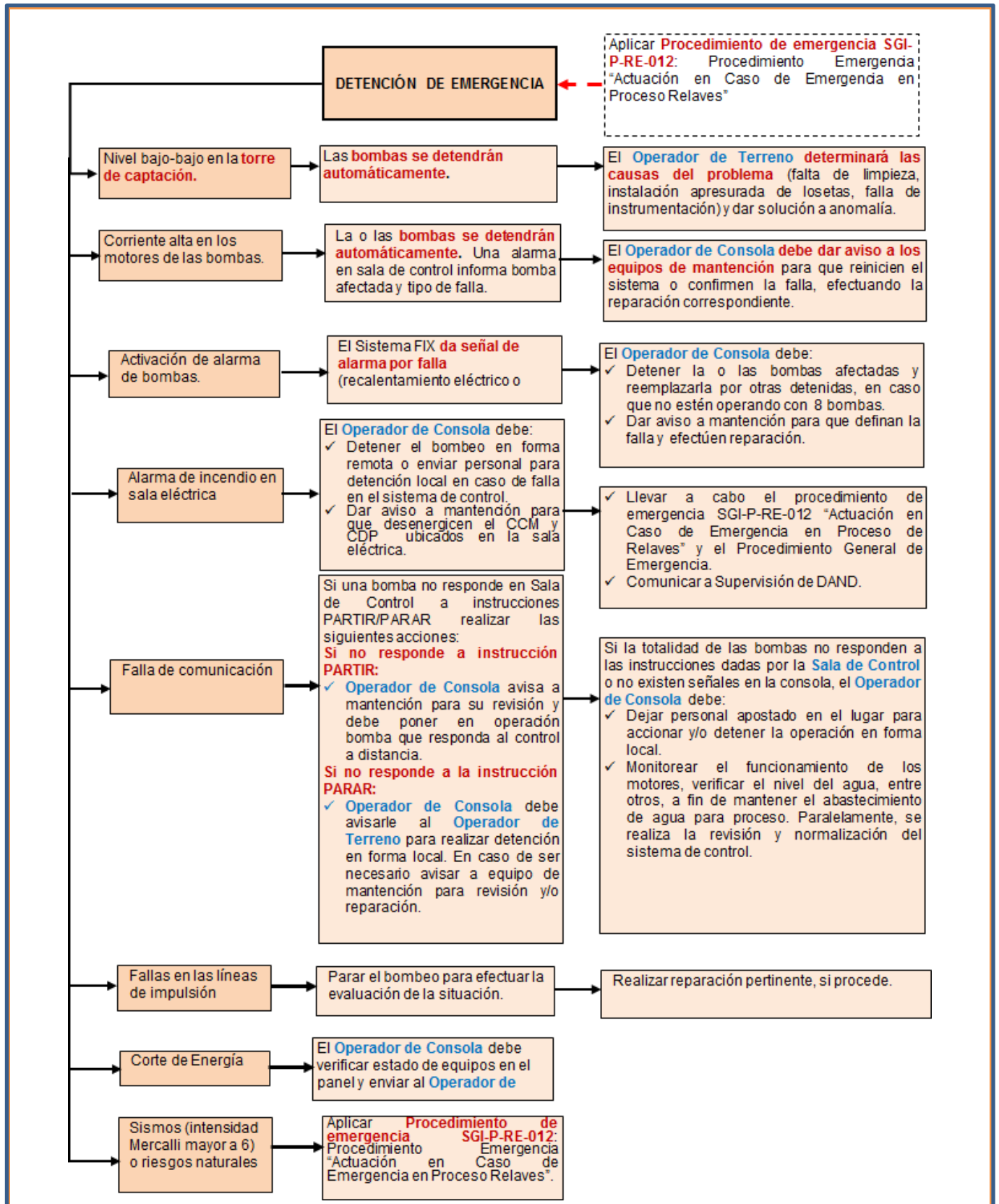
La detención de una o más bombas se produce automáticamente por corriente alta en los motores. La alarma de la sala de control informa la identificación de la o las bombas afectadas y el tipo de falla.

El operador de sala de control debe dar aviso a los equipos de mantención para que reinicien el sistema o confirmen la falla efectuando la reparación correspondiente.

- **Activación de Alarmas de Bombas**

Frente a una falla de la bomba, tales como recalentamiento eléctrico o mecánico, el sistema FIX reconocerá la señal de alarma y dará aviso al operador, identificando a la bomba afectada.

Figura 7-48: Procedimiento de Detención de Emergencia Manejo de Agua de la Laguna



Frente a esa situación el Operador de Consola debe detener la o las bombas afectadas y mantener la operación poniendo en marcha alguna de las bombas que se encuentren detenida. Inmediatamente, debe dar aviso a los equipos de mantención para que definan la falla y efectúen la reparación.

- **Alarma de Incendio en Sala Eléctrica**

En la eventualidad que se produzca una situación de incendio en la sala eléctrica de la torre, el operador de la sala de consola debe detener el bombeo en forma remota o enviar personal para que realice la detención en forma local en el caso de falla en el sistema de control.

Inmediatamente debe dar aviso al equipo de mantención para que procedan a la desenergización del CCM y CDP, ubicados en la sala eléctrica y llevar a cabo el procedimiento de emergencia “Actuación en Caso de Emergencia en Proceso de Relaves” y el Procedimiento General de Emergencia.

- **Falla de comunicación**

Si una bomba no responde en la Sala de Control a las instrucciones de PARTIR/PARAR se debe realizar las siguientes acciones:

- Si una bomba detenida no responde a la instrucción PARTIR efectuado desde la Sala de Control, el operador de consola deberá avisar a los equipos de mantención para su revisión y pondrá en operación otra bomba que responda al control a distancia.
- Si una bomba en operación no responde a la instrucción PARAR efectuado desde la Sala de Control, el operador de consola debe avisarle al operador de terreno para que este realice la detención en forma local. En caso que sea necesario dará aviso al equipo de mantención para su revisión y/o reparación.

Si la totalidad de las bombas no responden a las instrucciones dadas por la sala de control o no existen señales en la consola, el operador de consola debe dejar personal apostado en el lugar para accionar y/o detener la operación en forma local. Además, debe monitorear el funcionamiento de los motores, verificar el nivel del agua, entre otros, a fin de mantener el abastecimiento de agua para proceso. Paralelamente, se realiza la revisión y normalización del sistema de control.

- **Fallas en las líneas de impulsión**

En caso de una falla en una de las líneas de impulsión de agua, se debe parar el bombeo para efectuar la evaluación de la situación y realizar la reparar pertinente.

- **Corte de energía**

En caso de corte de Energía el Operador de Consola debe verificar el estado de los equipos en el panel y enviar al Operador de Terreno para verificar condiciones locales.

- **Sismos o riesgos naturales**

En caso que se registre un sismo de intensidad mayor a 6 en la Escala de Mercalli o riesgos naturales aplicar el Procedimiento de emergencia “Actuación en Caso de Emergencia en Proceso Relaves”.

- **Descarga superficial no controlada de aguas claras**

Una descarga no controlada de aguas claras se produce por falla de los sistemas, ya sea en la torre de evacuación o en el sistema de recirculación de agua de la forestación o por una mala operación en el manejo de la laguna de aguas claras. El evento se caracteriza por la descarga de agua a cauces públicos en periodos de riego (torre de evacuación) o por la llegada de agua clara al tranque de los regantes (falla del sistema de recirculación de agua de la forestación).

Las acciones específicas de control de la emergencia que deben realizarse, dependiendo de la instalación donde se origina, son las siguientes:

- Canal contorno: se destinarán los recursos necesarios para la reposición del canal.
- Líneas de bombeo torre captación: se detendrá el bombeo y se realizarán las acciones necesarias para reparar las instalaciones.
- Torre de evacuación: Se colocarán losetas adicionales que permitan detener la evacuación.
- Sistema de recirculación de agua de la forestación: Se habilitarán a la brevedad las acequias, canales, tuberías y bombas.
- Canal de evacuación: se realizarán los movimientos de tierra necesarios para el desvío de las aguas hacia instalaciones de la división.

### **7.3.2 Agua de Piscina de Dilución a Estanque de Dilución**

El Sistema de Alimentación de agua al estanque de dilución y Lavado está comprendido por una piscina con cinco bombas centrífugas horizontales que impulsan agua al estanque, de las cuales cuatro operan en forma continua y una se encuentra en stand by.

Si bien el sistema está diseñado para trabajar en forma automática, el flujo de agua que se suministrará a la clasificación depende del nivel que posea el estanque. Solo cuando se mantenga controlado la alimentación y la salida del agua del estanque, el operador podrá trabajar con las bombas en modo MANUAL – REMOTO.

#### **a) Procedimiento Puesta en Marcha Alimentación Agua Piscina a Estanque de Dilución**

A continuación, se detallan los procedimientos para una puesta en operación normal del sistema después de alguna detención prolongada, ya sea programada o de emergencia. La secuencia general es la siguiente:

Para efectuar la puesta en marcha de alimentación de agua desde la piscina al estanque de dilución, después de alguna detención prolongada, ya sea programada o de emergencia, se debe respetar la siguiente secuencia actividades:

- 1) Efectuar las verificaciones de seguridad.
- 2) Realizar las verificaciones previas al inicio de la operación.
- 3) Llevar a cabo la secuencia de tareas que permiten colocar en marcha este sistema.

#### **Verificaciones Previas Operacionales**

Estas verificaciones permiten comprobar el estado de los recursos involucrados en el desarrollo y control de la puesta en operación normal del sistema. Las tareas de verificación previa que deben efectuarse antes de la puesta en marcha son las siguientes:

- Coordinar la operación del Sistema de Manejo de la Laguna con el Sistema de Agua de Dilución y Lavado. Las necesidades para el proceso son de 350-500 L/s de agua impulsados desde la piscina hacia el estanque de dilución.
- Verificar la operatividad de los sistemas de comunicación que son controlados desde la Sala de Control.
- Verificar que los paneles de control, según corresponda, estén energizados y con la respectiva indicación de estado de equipos.
- Verificar bloqueos si durante la detención se efectuaron mantenciones.
- Verificar la posición inicial de las siguientes válvulas de accionamiento manual del sistema de alimentación al estanque de agua de dilución y lavado (ver Tabla 7-12).
- Verificar el nivel de la piscina y el paso de agua desde el Canal de Contorno (compuerta abierta). Limpiar la obra de toma en caso de ser necesario.

**Tabla 7-12: Posición Inicial Válvulas Alimentación Agua de Piscina a Estanque de Dilución**

Posición	TAG	Descripción Válvula
Abiertas	W-0-300-198 @ 204	Válvulas de compuerta de las líneas de succión de las bombas 5766-15100-01@07, con accionamiento manual-local
	W-0-250-206 @ 212	Válvula de mariposa de la línea de descarga de la bomba 5766-15100-01@07, accionamiento manual-local

### Puesta en Marcha

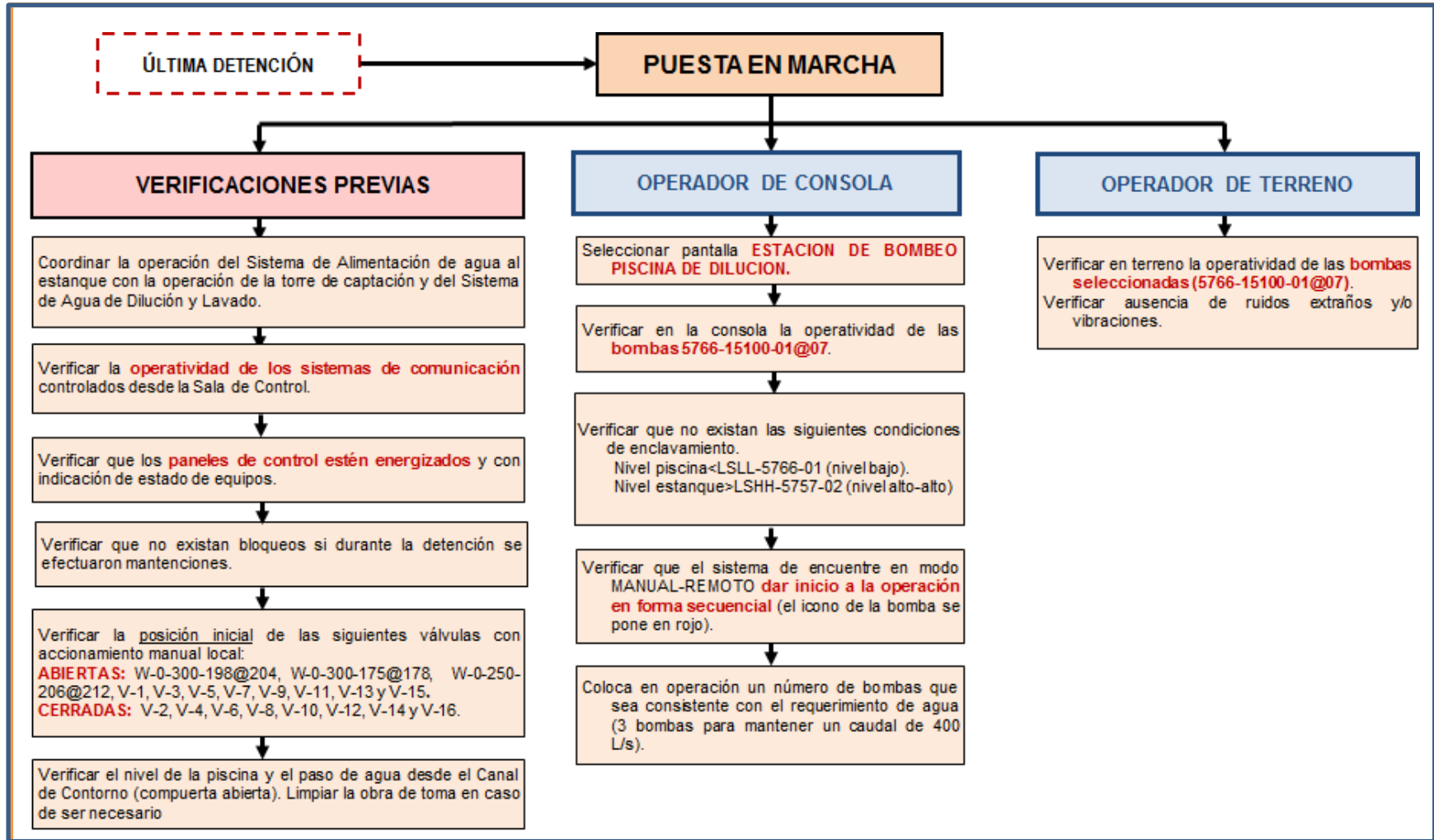
La puesta en Marcha del sistema de alimentación de agua desde la piscina de dilución hasta el estanque de dilución y lavado involucra actividades que deben ser desarrolladas por el Operador de Consola y por el Operador de Terreno, luego de haber efectuado las verificaciones previas de seguridad.

El Operador de Consola debe realizar las siguientes tareas:

- Seleccionar la pantalla ESTACION DE BOMBEO PISCINA DE DILUCION.
- Verificar en la pantalla la operatividad de las bombas N°5757-15100-01@07.
- Verificar que las condiciones de operación sean las requeridas para que no se activen los siguientes enclavamientos:
  - Nivel Piscina < LSLL-5766-01 (nivel bajo).
  - Nivel Estanque > LSHH-5757-02 (Nivel Alto-Alto).
- Verificar que el sistema se encuentre en modo MANUAL-REMOTO.
- La partida secuencial se realizará en forma manual-remota desde Consola de tal forma de colocar en operación un número de bombas que sea consistente con el requerimiento de agua para SDCR y CM y para realizar descarte (3 bombas permiten mantener un caudal de 400 l/s).
- El Operado de Consola debe posicionar el cursor sobre una de las bombas que se encuentren en color verde (detenido) y presionar. Aparecerá una pantalla que indica el estado de la bomba, luego presionar dar PARTIR. El icono pasará de color verde a rojo (operando). Repetir esta secuencia hasta tener en marcha todas las bombas consideradas.

En Figura 7-49 se muestra el procedimiento de puesta en marcha de alimentación de agua desde piscina de dilución a Estanque de Agua de Dilución y Lavado.

Figura 7-49: Procedimiento Puesta en Marcha Alimentación Agua de Piscina a Estanque de Dilución



## b) Procedimiento de Operación Normal

Una vez concluida la puesta en marcha, el sistema deberá ser regulado de acuerdo al consumo de agua de la operación de Clasificación y Depositación de Arenas y por el requerimiento de descarte del sistema.

El procedimiento de Operación Normal que se describe a continuación define las tareas que deben ser desarrolladas en forma rutinaria por el Operador de Consola y el Operador de Terreno (ver Figura 7-50).

Durante la operación normal se mantendrán en operación un número de bombas apropiada al consumo de agua para la operación de Clasificación y Depositación de Arenas y para efectuar el descarte requerido por el sistema.

En este contexto, el Operador de Consola debe monitorear y controlar, en forma permanente, las siguientes variables:

- Flujo de agua (FI-5766-01 en pantalla): Valor máximo 500 l/s.
- Presión en la línea (PI-5766-01 en pantalla).
- Nivel NORMAL / BAJO (LALL-5766-01).
- Porcentaje de llenado piscina de dilución (LI-5761-01 en pantalla).
- Porcentaje de llenado del estanque de dilución (LI-5757-03 en pantalla).
- Funcionamiento y amperaje de motores.
- Horómetro de operación de cada bomba.

En el caso que la clasificación y depositación de arenas estén detenidas:

- Mantener cuatro bombas de la piscina operando hasta que finalice el lavado de líneas y estanques. Una vez recuperado el nivel máximo del estanque (100% en LI-5757-03), detener el bombeo de impulsión hacia el estanque de dilución.
- Para el lavado de cajones u otras instalaciones o en caso que exista algún otro consumo de agua de bajos caudales, entonces mantener el nivel del estanque mediante la impulsión de agua con una o dos bombas, según sea la necesidad.
- En el caso del descarte de agua a riego se deberá mantener el número de bombas requerido por este sistema.

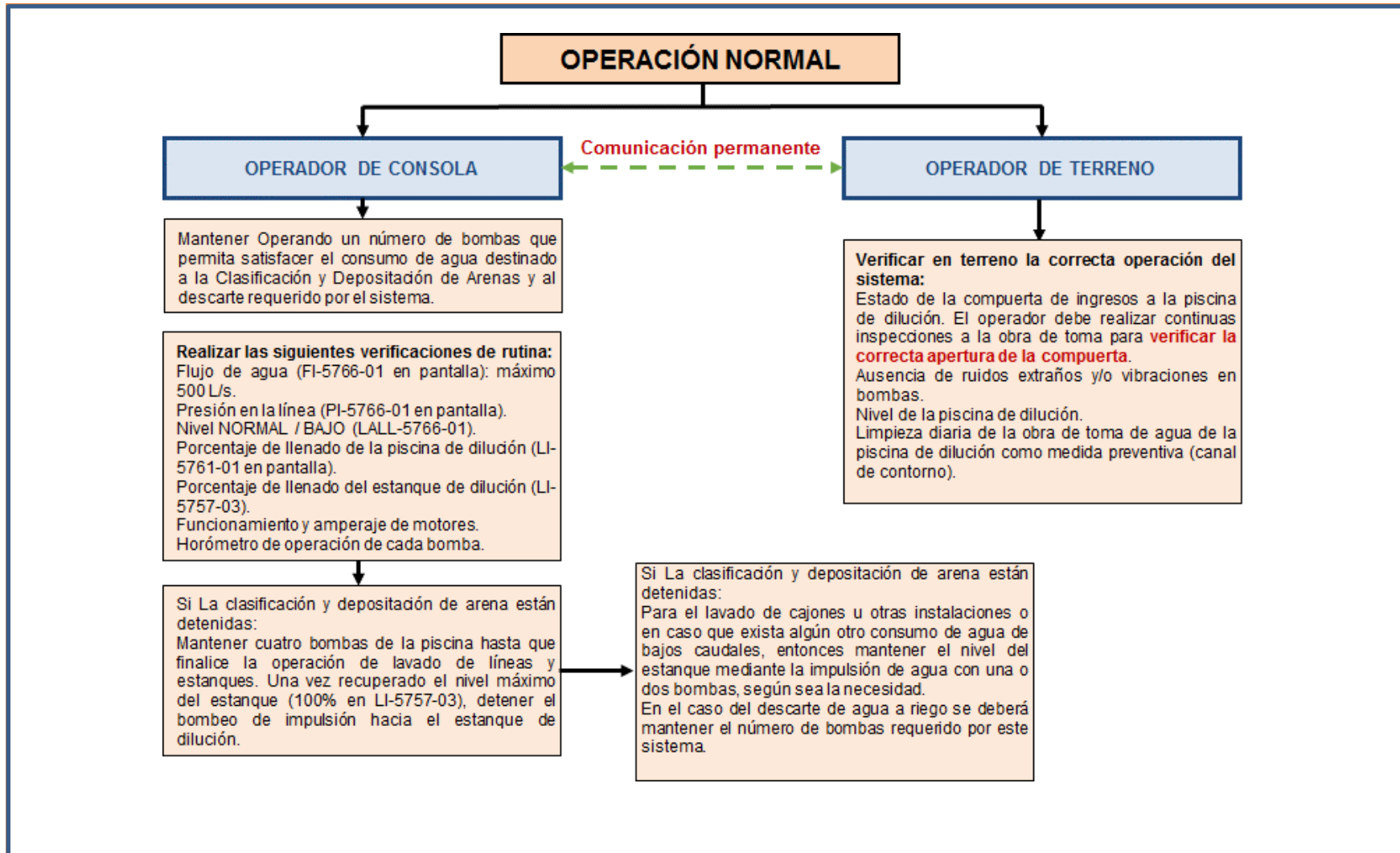
El Operador de Terreno debe realizar diariamente las siguientes verificaciones de terreno:

- Estado de la compuerta de ingresos a la piscina de dilución. El operador debe realizar continuas inspecciones a la obra de toma para verificar la correcta apertura de la compuerta.
- Ausencia de ruidos extraños y/o vibraciones en bombas.
- Nivel de la piscina de dilución.
- Limpieza diaria de la obra de toma de agua de la piscina de dilución como medida preventiva (canal de contorno).

Adicionalmente, debe mantener comunicación permanente con el Operador de Consola y comunicar cualquier anomalía que verifique en terreno.



Figura 7-50: Procedimiento Operación Normal Alimentación Agua de Piscina a Estanque de Dilución



### c) Procedimiento de Detención Normal del Sistema de Bombeo

La detención normal del sistema de bombeo que alimenta el Estanque de Dilución desde la Piscina de Dilución se realiza como consecuencia de un programa de mantención global que posibilita efectuar una mantención programada de este sistema (

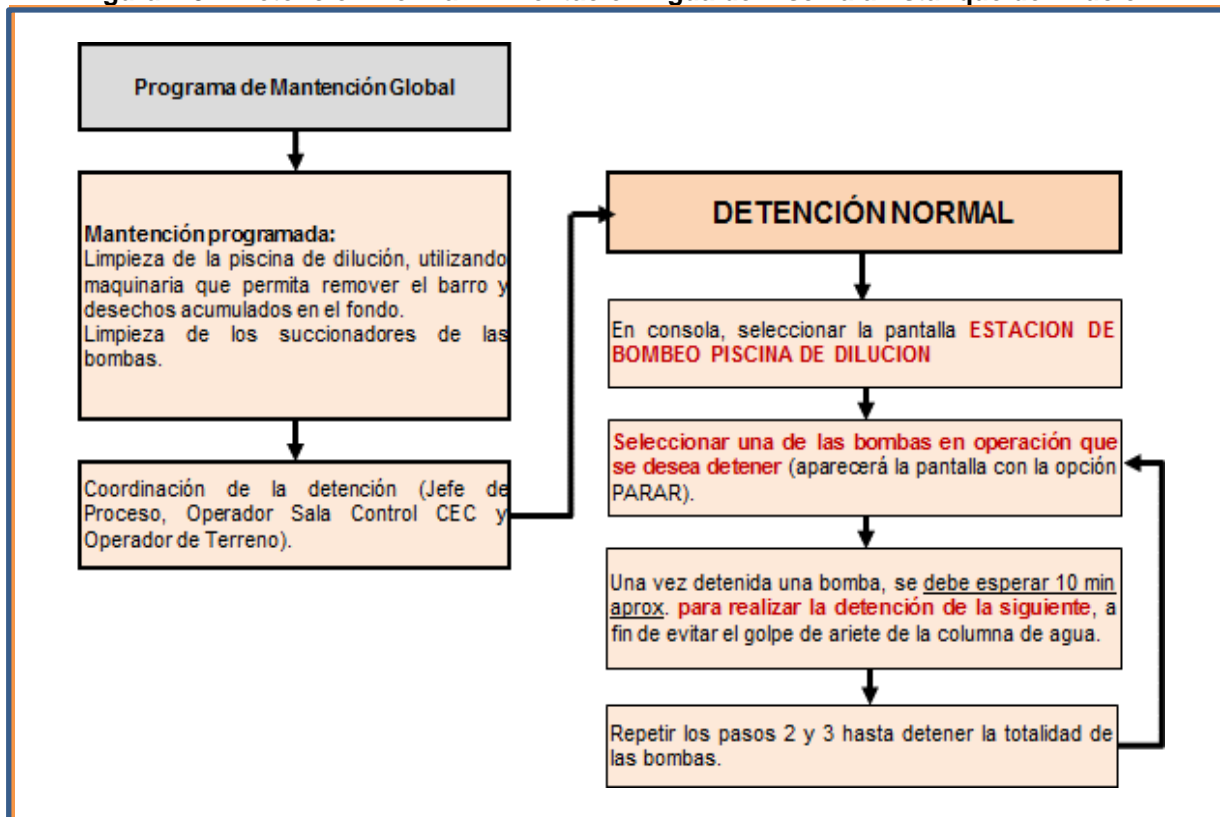
Figura 7-51). Esta mantención programada contempla realizar las siguientes actividades:

- Limpieza de la piscina de dilución, utilizando maquinaria que permita remover el barro y desechos acumulados en el fondo.
- Limpieza de los succionadores de las bombas.

Siempre que se efectúe una detención normal de este sistema, se deberá realizar una coordinación previa entre el Jefe de Proceso, el Operador de Consola y el Operador de Terreno. Posteriormente se debe llevar a cabo la secuencia de detención del sistema de bombeo de la piscina como se indica a continuación:

1. En consola seleccionar la pantalla ESTACIÓN DE BOMBEO PISCINA DE DILUCIÓN.
2. Seleccionar la bomba en operación que se desea detener. La detención de una bomba en Consola se realiza posicionando el cursor sobre aquella que se encuentre en color rojo (operando). Presionando el icono aparece la pantalla de estado de la bomba, presionar PARAR. El icono pasa de color rojo a verde, (detenido).
3. Una vez detenida una bomba, se debe esperar 10 minutos aproximadamente para realizar la detención de la siguiente, a fin de evitar el golpe de ariete de la columna de agua.
4. Repetir los pasos 2 y 3 anteriores hasta detener la totalidad de las bombas.

Figura 7-51: Detención Normal Alimentación Agua de Piscina a Estanque de Dilución



## d) Procedimientos de Detención de Emergencia

El Procedimiento de Detención de emergencia debe ser aplicado cuando ocurren incidentes que pueden afectar el sistema de Alimentación Agua de desde la Piscina Dilución al Estanque de Dilución. Los incidentes que ameritan una detención de emergencia y los pasos a seguir, en cada caso, se indican a continuación (Figura 7-52). Adicionalmente, se debe tener en consideración lo indicado en el Procedimiento de emergencia “Actuación en Caso de Emergencia en Proceso Relaves”.

### Piscina de Dilución sin Agua

El sensor LSSL-5766-01, alarmará al Operador de Consola y detendrá las bombas en operación, en el caso de que la piscina de dilución se encuentre con nivel bajo de agua. El motivo del incidente puede ser:

- **Canal de contorno se encuentra obstruido:** ya sea por derrumbes de taludes, por falta de limpieza de las parrillas caza basura o por falta de limpieza en la obra de toma.

Si se produjo un derrumbe, se debe retirar el material desde el interior del canal utilizando maquinaria para movimiento de tierra y depositado aguas abajo de la plataforma. En caso de que fuese necesario, se debe disminuir el número de bombas o detener la impulsión de aguas desde la torre de captación.

Si la obstrucción es producto de la falta de limpieza de las parrillas caza basura o de la obra de toma, el operador debe realizar su inmediata limpieza y aumentar la frecuencia con que se realiza.

- **Compuerta de obra de toma de la piscina se encuentra parcial o totalmente cerrada:** en este caso, no ingresa el flujo de agua necesario para mantener el nivel de la piscina ya que continúa por el Canal de Contorno. Por lo tanto, el operador debe abrir la compuerta por completo a fin de que el total del agua conducida ingrese a la piscina.

Para evitar situaciones similares, el operador debe realizar continuas inspecciones a la obra de toma para verificar la correcta apertura de la compuerta.

- **Obras de toma del sistema de riego se encuentran abiertas:** si bien el caudal de agua en el canal de contorno debe satisfacer las necesidades del proceso y de riego, en el caso de que la falta de agua no sea producto de las dos causas anteriores, entonces coordinar con el Operador de Riego.

### Corriente alta en los motores de las bombas

La detención de una o más bombas se produce automáticamente por corriente alta en los motores. La alarma de la sala de control informa la identificación de la o las bombas afectadas y el tipo de falla. El operador de sala de control debe dar aviso a los equipos de mantención para que reinicien el sistema.

### Activación de Alarmas de Bombas

Frente a una falla de la bomba, tales como recalentamiento eléctrico o mecánico, el sistema FIX reconocerá la señal de alarma y dará aviso al operador, identificando a la bomba afectada.

- Frente a esa situación, el Operador de Consola CEC debe detener la o las bombas afectadas y mantener la operación poniendo en marcha alguna de las bombas que se encuentren detenida. Inmediatamente debe dar aviso a los equipos de mantención para que definan la falla y efectúen la reparación.

### **Obstrucción de Bombas**

Debido a las características físicas de la piscina y del canal de contorno, es probable que se obstruyan los succionadores de las bombas. En este caso, detener el bombeo y el ingreso de agua a la piscina para permitir el acceso de los equipos de mantención quienes diagnosticarán y normalizarán la falla.

### **Corte de Energía**

Si se ha producido un corte de energía, ya sea por causa externa o interna, las bombas de la piscina de dilución se detendrán automáticamente, por lo que no se podrá abastecer de agua al estanque de Dilución. El Operador de Sala de Control debe dar aviso a los equipos de mantención para que reinicien el sistema.

### **Alarma de Incendio en Sala Eléctrica**

Frente una alarma de Incendio en la Sala Eléctrica el Operador de Sala de Control debe realizar las siguientes acciones:

- Detener el bombeo en forma remota o enviar personal para detención local en caso de falla en el sistema de control.
- Dar aviso a mantención para que desenergicen el CCM y CDP ubicados en la Sala eléctrica.
- Llevar a cabo procedimiento de emergencia “Actuación en Caso de Emergencia en proceso de relaves” y el Procedimiento General de Emergencia.
- Comunicar a su Supervisión.

### **Falla de comunicación**

Si una bomba no responde en la Sala de Control a las instrucciones PARTIR/PARAR se debe realizar las siguientes acciones:

- Si una bomba detenida no responde a la instrucción PARTIR efectuado desde la Sala de Control (ya sea manual o automático), el operador deberá avisar a los equipos de mantención para su revisión y pondrá en operación otra bomba que responda al control a distancia.
- Si una bomba en operación no responde a la instrucción PARAR efectuado desde la Sala de Control (ya sea manual o automático o por enclavamiento), el operador debe presentarse en terreno para realizar la detención en forma local. Deberá avisar a los equipos de mantención para su revisión y pondrá en operación otra bomba que responda al control a distancia, en caso de que sea necesario.

Si la totalidad de las bombas no responden a las instrucciones dadas por la sala de control y/o enclavamientos o no existen señales en la consola, el operador debe dejar personal apostado en el lugar para accionar y/o detener la operación en forma local. El operador en terreno, además, debe monitorear el funcionamiento de los motores, verificar el nivel del agua, entre otros, a fin de mantener el abastecimiento de agua para proceso. Paralelamente, se realiza la revisión y normalización del sistema de control.

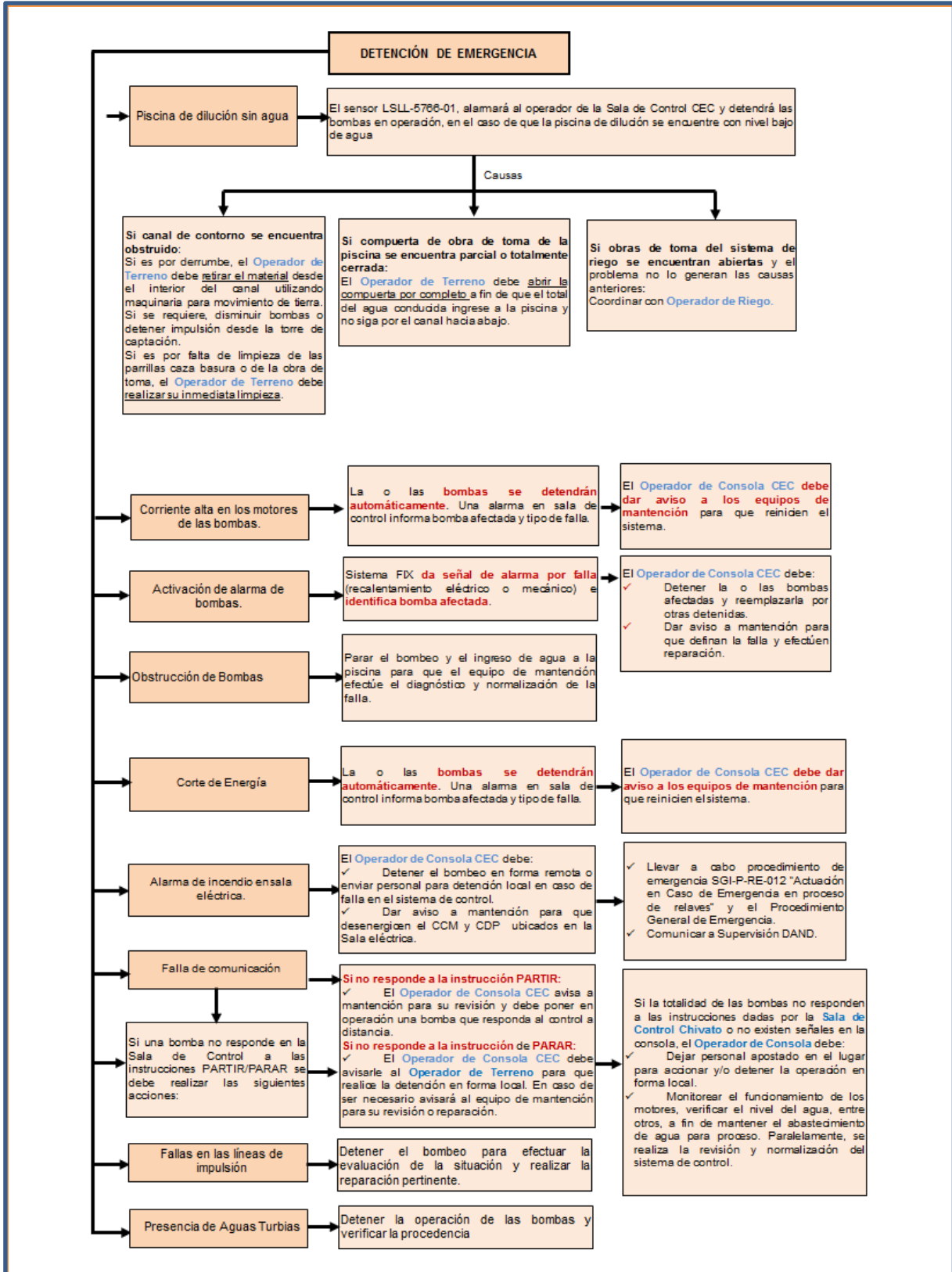
### **Fallas en las líneas de impulsión**

En caso de falla en las líneas de impulsión de agua, se debe parar el bombeo para efectuar la evaluación de la situación y realizar la reparación pertinente.

### **Presencia de aguas turbias**

En caso de determinar una presencia de aguas turbias, detener la operación de las bombas y verificar la procedencia.

**Figura 7-52: Procedimiento Detención de Emergencia Alimentación Agua de Piscina de dilución a Estanque de Dilución y Lavado**



### **7.3.3 Agua de Dilución y Lavado**

El Sistema de dilución y lavado tiene como finalidad suministrar agua en los puntos en que los procesos de Distribución, Clasificación y Depositación de Relaves, requiera realizar la dilución de pulpa o el lavado de líneas, cajones y otras instalaciones.

Por lo tanto, se considera que el control de la cantidad de agua de dilución, así como la del lavado de cada punto, depende de la operación del sistema antes mencionado.

#### **a) Procedimiento de Puesta en Marcha del Sistema Agua de Dilución y Lavado**

Para efectuar la puesta en marcha del Sistema de Agua de Dilución y Lavado se debe respetar la siguiente secuencia actividades:

- Efectuar las verificaciones de seguridad.
- Realizar las verificaciones previas al inicio de la operación.
- Llevar a cabo la secuencia de tareas que permiten colocar en marcha al Sistema de Agua de Dilución y Lavado.

En la Figura 7-53 y Figura 7-54 se presenta el diagrama de bloques que muestra en forma esquemática las tareas que deben efectuarse para la puesta en marcha del Sistema de Agua de Dilución y Lavado, a continuación de las verificaciones previas de seguridad.

#### **Verificaciones Previas Operacionales**

Estas verificaciones permiten comprobar el estado de los recursos involucrados en el desarrollo y control de la puesta en operación normal del sistema. Las tareas de verificación previa que deben efectuarse antes de la puesta en marcha son las siguientes:

Figura 7-53: Procedimiento Puesta en Marcha Agua de Dilución y Lavado

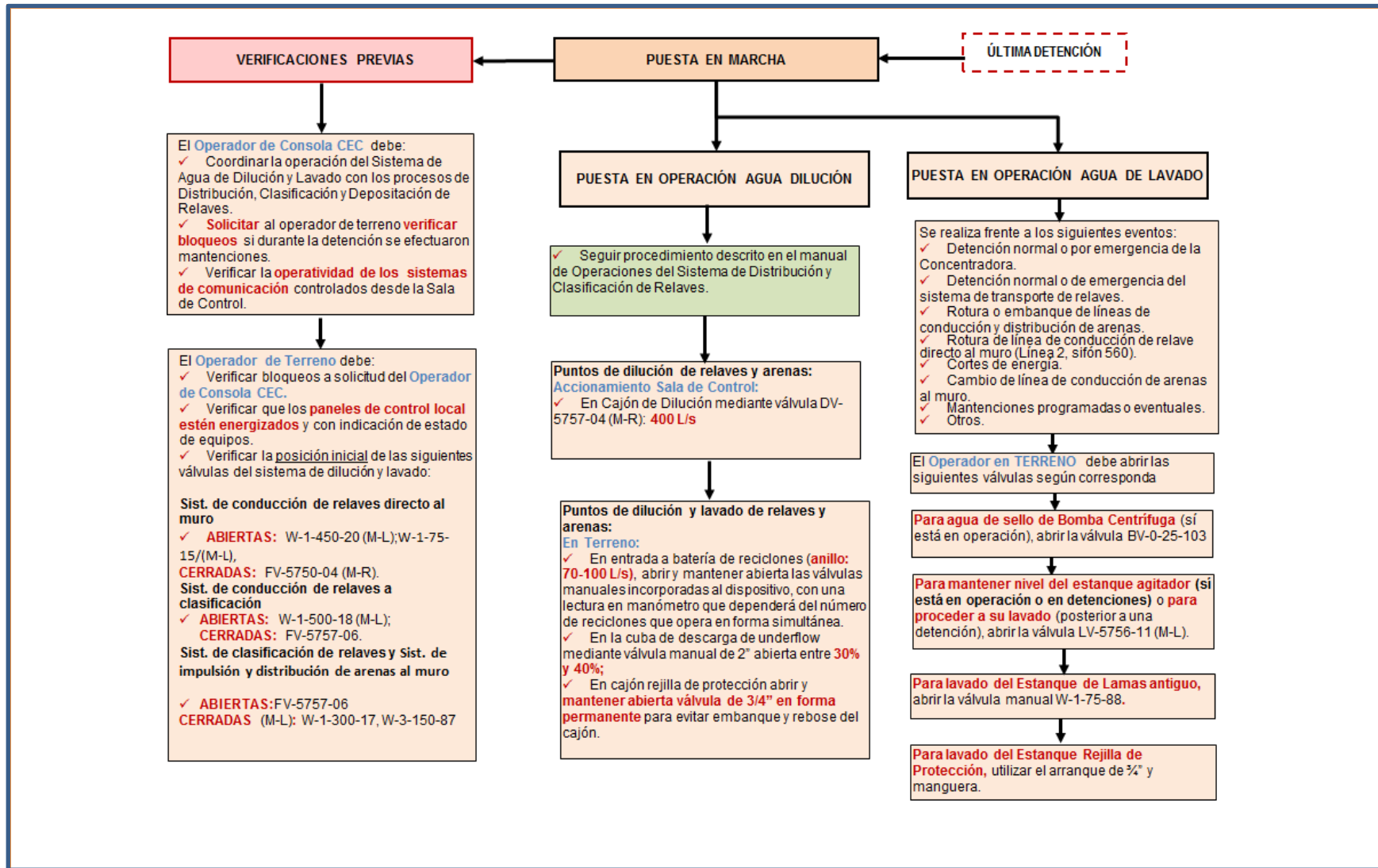
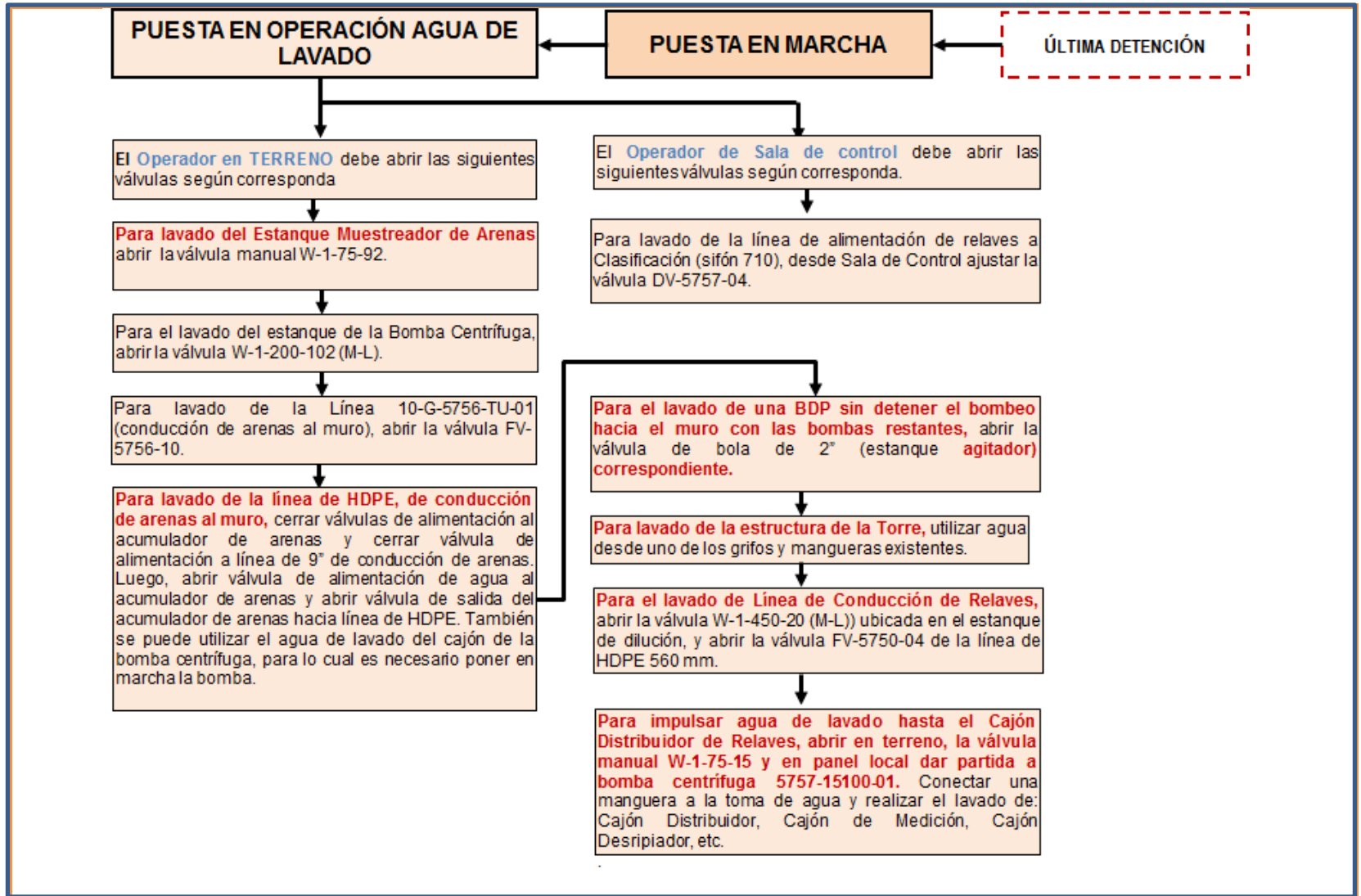


Figura 7-54: Procedimiento Puesta en Marcha Agua de Dilución y Lavado





El Operador de Consola debe realizar las siguientes actividades previas a la Puesta en Marcha:

- Coordinar la operación del Sistema de Agua de Dilución y Lavado con los procesos de Distribución, Clasificación y Depositación de Relaves.
- Solicitar al Operador de Terreno verificar bloqueos si durante la detención se efectuaron mantenciones.
- Verificar la operatividad de los sistemas de comunicación controlados desde la Sala de Control.

El Operador de Terreno debe realizar las siguientes actividades previas a la Puesta en Marcha:

- Verificar bloqueos a solicitud del Operador de Consola.
- Verificar que los paneles de control local estén energizados y con indicación de estado de equipos.
- Verificar la posición inicial de las siguientes válvulas del sistema de dilución y lavado indicadas en la Tabla 7-13.

**Tabla 7-13: Posición Inicial de Válvulas del Sistema Agua de Dilución y Lavado**

Sistema	Posición	TAG	Accionamiento
Conducción de relaves directo al muro	Abiertas	W-1-450-20	Válvula de compuerta, manual-local
		W-1-75-15	Válvula de compuerta, manual-local
	Cerradas	FV-5750-04	Válvula de compuerta motorizada (ON/OFF), manual - remota
		Válvula a Línea 1	-
Conducción de relaves a clasificación	Abiertas	W-1-500-18	Válvula de compuerta, manual local
	Cerradas	DV-5757-04	Válvula manual-remota
Clasificación de relaves e Impulsión y distribución de arenas al muro	Abiertas	FV-5757-06	Válvula accionada manualmente desde un panel local.
	Cerradas	W-1-300-17	Válvula manual-local
		W-3-150-87	Válvula manual-local

## **Puesta en Marcha**

### ***i. Dilución de Relaves y Arenas***

El procedimiento de puesta en marcha del Sistema de Agua de Dilución se establece en el Manual de Operación del Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro Relaves de acuerdo a los requerimientos de este proceso.

El sistema considera realizar dilución de relaves y arenas en los siguientes puntos:

#### Accionamiento en Sala de Control:

- En Cajón de Alimentación a Ciclones mediante válvula DV-5757-04, que regula el flujo de forma automática mediante un lazo de control con la medición de densidad de la pulpa, para lograr la dilución requerida, estableciéndose un requerimiento del orden de 400 l/s.

#### En terreno:

- En entrada a anillo de batería de reciclones (condición lavado continuo), de tal manera de abrir y mantener abierta las válvulas manuales incorporadas al dispositivo, con una lectura en manómetro que dependerá del número de reciclones que operan en forma simultánea. El requerimiento de agua de este punto de dilución es de 70-100 l/s.
- En la cuba de descarga del underflow mediante válvula manual de 2" abierta entre 30% y 40%.

### ***ii. Agua de Lavado***

La operación de lavado de líneas y cajones se realizará cada vez que se efectúe la detención normal o de emergencia del Sistema de Conducción de Relaves al Muro y/o del Sistema de Clasificación y Distribución de Relaves, entre los que se encuentran los siguientes eventos:

- Detención normal o por emergencia de la Concentradora.
- Detención normal o por emergencia del sistema de Transporte de Relaves.
- Rotura o embanque de líneas de conducción y distribución de arenas.
- Rotura de línea de conducción de relaves en directo al muro (línea 2, sifón 560).
- Cortes de energía.
- Cambio de línea de conducción de arenas al muro.
- Mantenciones programadas o eventuales.
- Otros.

El Sistema de Clasificación y Distribución de Relaves requiere agua de lavado en puntos específicos del proceso, Como se indica a continuación:

#### En terreno:

El Operador de Terreno debe abrir las siguientes válvulas, según corresponda:

- Para agua de sello de Bombas Centrifugas (sí están en operación), abrir las válvulas de alimentación (manual-local).
- Para mantener nivel del estanque agitador (sí está en operación o en detenciones) o para proceder a su lavado (posterior a detención), abrir la válvula LV-5756-11 (manual-local).
- Para lavado del Estanque de Lamas antiguo, abrir la válvula manual W-1-75-88;
- Para lavado del Estanque Rejilla de Protección, utilizar el arranque de ¾" y manguera.

- Para lavado del Estanque Muestreador de Arenas, abrir la válvula manual W-1-75-92.
- Para el lavado del estanque de la Bomba Centrífuga, abrir la válvula W-1-200-102 (manual-local).
- Para lavado de la Línea 1 (conducción de arenas al muro), abrir la válvula FV-5756-10 o alimentar agua al estanque agitador de arenas y bombearla con las BDP a través de las líneas 1 y 2.
- Para lavado del resto de las líneas de transporte de arenas de los sistemas de impulsión N°1 y N°2 (líneas 3, 4 y 5) utilizar el agua de lavado de los cajones de alimentación, para lo cual es necesario poner en marcha las bombas.
- Para el lavado de una BDP sin detener el bombeo hacia el muro con las bombas restantes, abrir la válvula de bola de 2" (estanque agitador) correspondiente.
- Para lavado de la estructura de la torre, utilizar agua desde uno de los grifos y mangueras existentes.
- Para el lavado de Línea de Conducción de Relaves a Cubeta (Líneas 1 y 2), abrir la válvula W-1-500-18 (manual local) ubicada en el estanque de dilución o alimentar agua a través del cajón de medición.
- Para impulsar agua de lavado hasta el Cajón Distribuidor de Relaves, abrir la válvula manual W-1-75-15 y en panel local dar partida a bomba centrífuga 5757-15100-01. Conectar una manguera a la toma de agua y realizar el lavado de: Cajón Distribuidor, Cajón de Medición, Cajón Desripiador, Cajón recuperador de relaves desripiados, etc.

#### En Sala de Control:

El Operador de Consola ajustará la válvula DV-5757-04 para realizar el lavado de la línea de alimentación de relaves a Clasificación (sifón) mediante la alimentación de agua al cajón de alimentación ciclones.

## **b) Procedimientos de Detención de Emergencia**

El Procedimiento de Detención de emergencia debe ser aplicado cuando ocurren incidentes que pueden afectar el sistema de Agua de Dilución y Lavado. Los incidentes que ameritan una detención de emergencia y los pasos que se deben seguir, en cada caso, se indican en la Figura 7-55.

Adicionalmente, se debe tener en consideración lo indicado en el Procedimiento de emergencia SGIP-RE-012 "Actuación en Caso de Emergencia en Proceso Relaves".

### **Estanque de Dilución sin Agua**

Si el estanque de dilución se encuentra sin agua, el indicador de porcentaje de llenado, LI-5757-03 desplegado en pantalla, alarmará al Operador de Consola respecto del bajo nivel del estanque. Durante la operación se recomienda mantener un nivel superior al 50%.

Por su parte, Operador de Consola debe comprobar que las bombas de la piscina de dilución estén operando. Si es así, deberá disminuir el flujo de agua de sobre consumo. Para tal efecto, el Operador de Terreno verifica que las válvulas de lavado o grifos existentes se encuentren cerradas y, en caso contrario, deberá cerrarlas. Si todas las válvulas se encuentran cerradas, entonces el Operador de Consola deberá revisar la cantidad de agua utilizada para dilución.

Si el problema persiste, entonces se debe enviar a los equipos de mantención para que revisen una posible falla en las bombas de la piscina de dilución, obstrucción de succionadores u obstrucción de la línea de impulsión hacia el estanque. Dependiendo del diagnóstico, se deberá detener la operación de los sistemas.

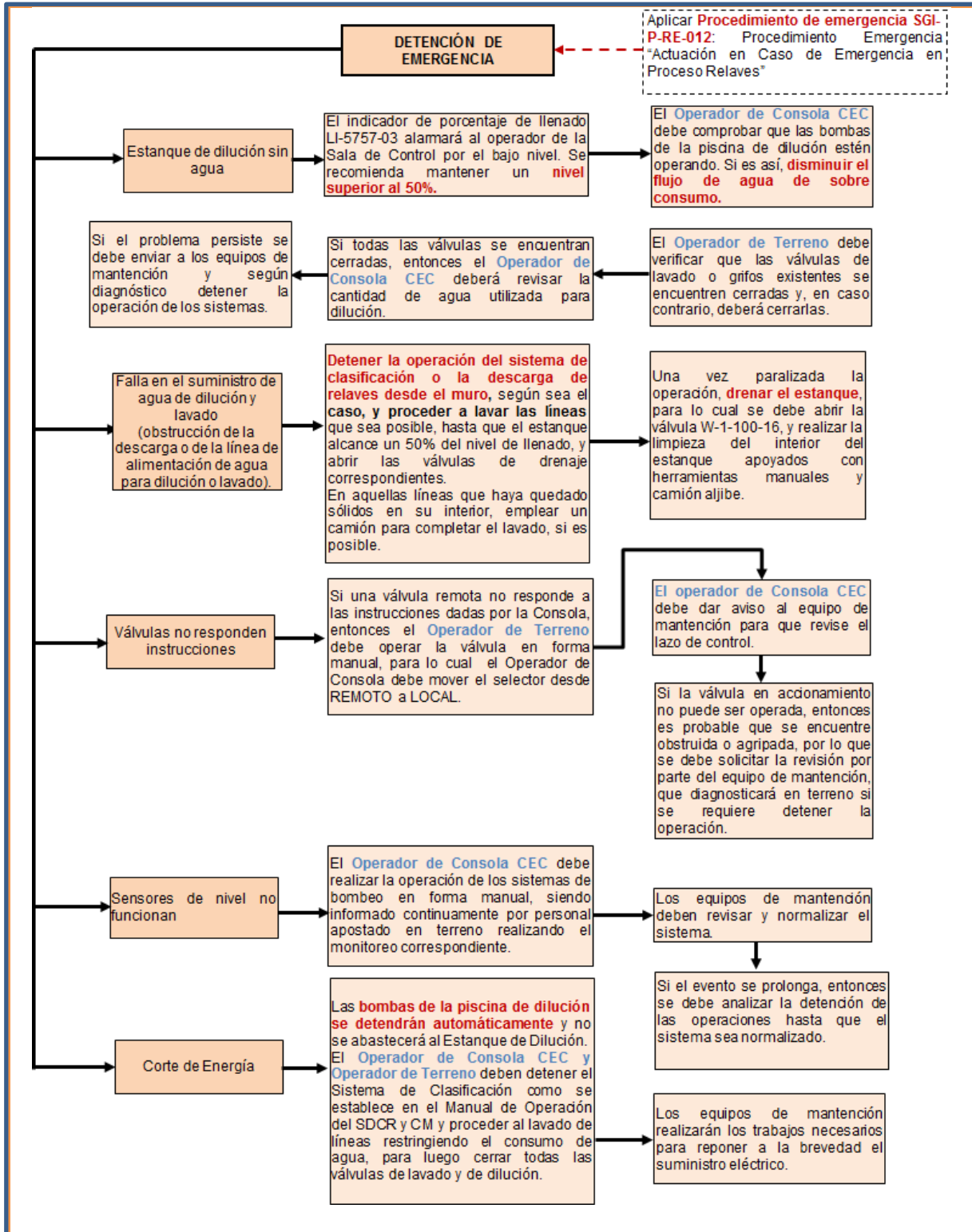
Para evitar incidentes de este tipo, se debe mantener un estricto control mecánico y eléctrico del sistema de bombeo, realizar limpiezas periódicas de las parrillas caza basura del canal de contorno y efectuar limpiezas programadas al fondo de la piscina y del canal.

### **Falla en el Suministro de Agua de Dilución y/o Lavado**

Si el estanque no aporta el flujo de agua requerido a alguna de las líneas o se aprecia una alta concentración de partículas sólidas en el agua de proceso, entonces se está en una situación de obstrucción de la descarga o de la línea de alimentación de agua para dilución o lavado. Esto se produce por la acumulación de barro o desechos vegetales en el fondo del estanque.

Frente a una situación de este tipo, se debe detener la operación del sistema de clasificación o la descarga de relaves desde el muro, según sea el caso, y proceder a lavar las líneas que sea posible y abrir las válvulas de drenaje correspondientes. En aquellas líneas, en las que haya quedado sólidos en su interior, emplear un camión cisterna con mangueras para completar el lavado, si es posible.

Figura 7-55: Procedimiento Detención de Emergencia Agua de Dilución y Lavado



Una vez paralizada la operación, drenar el estanque, para lo cual se debe abrir la válvula W-1-100-16, y realizar la limpieza del interior del estanque apoyados con herramientas manuales y camión aljibe.

Para evitar incidentes de estas características, realizar limpiezas programadas del estanque de dilución aprovechando detenciones prolongadas del Concentrador y/o STR.

### **Válvulas No Responden Instrucciones**

Si una válvula remota no responde a las instrucciones dadas por la Consola, entonces el operador debe dirigirse a terreno y desde ahí operar la válvula en forma manual, para lo cual debe mover el selector desde REMOTO a LOCAL. A su vez, debe dar aviso al equipo de mantención para que revise el lazo de control.

Si la válvula en accionamiento manual (ya sea remota o manual) no puede ser operada, entonces es probable que se encuentre obstruida o agripada, por lo que se debe solicitar la revisión por parte del equipo de mantención. En terreno se diagnosticará si es necesario detener la operación o no para realizar la revisión y reparación.

### **Sensores de Nivel No Funcionan**

En este caso, el operador de Consola debe realizar la operación de los sistemas de bombeo en forma manual, siendo informado continuamente por personal apostado en terreno realizando el monitoreo correspondiente. Por su parte, los equipos de mantención deben revisar y normalizar el sistema.

Si el evento se prolonga por varias horas, entonces de acuerdo a la información proporcionada por mantención se debe analizar la detención de las operaciones hasta que el sistema sea normalizado.

### **Corte de Energía**

Si se ha producido un corte de energía, ya sea por causa externa o interna, las bombas de la piscina de dilución se detendrán automáticamente, por lo que no se podrá abastecer de agua al estanque de dilución. Esto implica que el Operador de Consola y Operador de Terreno deben detener el Sistema de Clasificación como se establece en el Manual de Operación del SDCR y CM y proceder al lavado de líneas restringiendo el consumo de agua, para luego cerrar todas las válvulas de lavado y de dilución.

Por su parte, los equipos de mantención realizarán los trabajos necesarios para reponer a la brevedad el suministro eléctrico.

### **7.3.4 Agua Recolectada de Drenes**

Las aguas provenientes del sistema de drenaje del muro son conducidas hasta dos sentinas: la Sentina Oriente y la Sentina Poniente, desde donde son impulsadas a los siguientes puntos:

- Cajón de Lamas para ser descargadas finalmente en la cubeta del embalse.
- Piscina de Dilución o lavado para retornar al proceso (SDCR y CM).

La Sentina Poniente cuenta con dos bombas verticales, una en operación y otra de reserva para impulsar las aguas captadas hasta la Sentina Oriente. Desde esta última, el total del agua captada es impulsada por cuatro bombas, 3 en operación y 1 de reserva, hasta los puntos de destino, de acuerdo a los requerimientos del sistema.

El diseño considera el funcionamiento en forma automática, es decir, dependiendo del nivel de llenado de la sentina será la partida o parada de la o las bombas. Sin perjuicio de esto, el operador puede realizar la operación en forma manual/remota, para lo cual debe monitorear el nivel y dar la partida o detención de cada bomba.

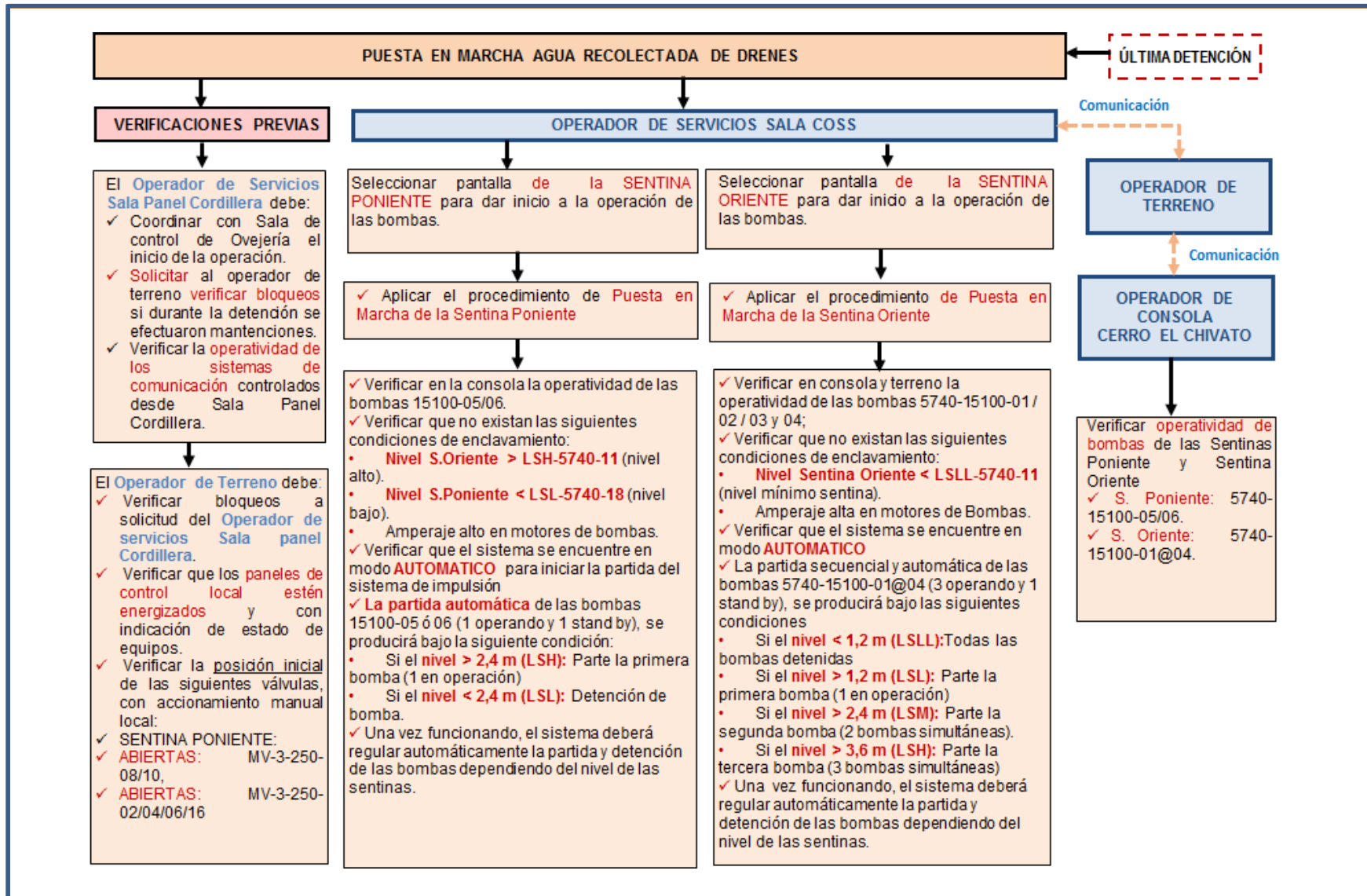
#### **a) Procedimiento de Puesta en Marcha Agua Recolectada de Drenes**

Para efectuar la puesta en marcha del Sistema de Agua Recolectada de Drenes se debe respetar la siguiente secuencia actividades:

- 1) Efectuar las verificaciones de seguridad.
- 2) Realizar las verificaciones previas al inicio de la operación.
- 3) Llevar a cabo la secuencia de tareas que permiten colocar en marcha al Sistema de Agua Recolectada de Drenes.

En la Figura 7-56 se presenta el diagrama de bloques que muestra, en forma esquemática, las tareas que deben efectuarse para la puesta en marcha del Sistema de Agua Recolectada de Drenes, a continuación de las verificaciones previas de seguridad.

Figura 7-56: Procedimiento Puesta en Marcha Agua Recolectada de Drenes





## Verificaciones Previas Operacionales

Se deberá realizar verificaciones previas a la puesta en operación normal para comprobar el estado de los recursos involucrados en este sistema. Las tareas de verificación previa que deben efectuarse antes de la puesta en marcha se describen a continuación.

El Operador de Sala Panel Cordillera debe realizar las siguientes actividades previas:

- Coordinar con Sala de Control Tranque el inicio de la operación.
- Solicitar al operador de terreno verificar bloqueos si durante la detención se efectuaron mantenciones.
- Verificar la operatividad de los sistemas de comunicación controlados desde panel cordillera.

El Operador de Terreno debe realizar las siguientes actividades previas:

- Verificar bloqueos a solicitud del Operador de sala panel cordillera.
- Verificar que los paneles de control local estén energizados y con indicación de estado de equipos.
- Verificar la posición inicial de las válvulas del sistema de agua recolectada de los drenes, de accionamiento manual-local (M-L) que se identifican en la Tabla 7-14. La instrumentación asociada al Sistema de Agua Recolectada de Drenes se presenta en el Anexo A, figura A.3.
- Verificar el suministro de aire para instrumentación.

**Tabla 7-14 Posición Inicial de Válvulas del Sistema de Agua Recolectada de Drenes**

Sentina	Posición	TAG	Descripción Válvula
Poniente	Abiertas	MV-3-250-08	Válvula de mariposa de la línea de descarga de la bomba 15100-05
		MV-3-250-10	Válvula de mariposa de la línea de descarga de la bomba 15100-06
Oriente	Abiertas	MV-3-250-02	Válvula de mariposa de la línea de descarga de la bomba 15100-01
		MV-3-250-04	Válvula de mariposa de la línea de descarga de la bomba 15100-02
		MV-3-250-06	Válvula de mariposa de la línea de descarga de la bomba 15100-03
		MV-3-250-16	Válvula de mariposa de la línea de descarga de la bomba 15100-04

## **Puesta en Marcha**

Una vez realizadas las verificaciones previas, se procede a la puesta en operación de la Sentina Poniente y Sentina Oriente, como se indica en la Figura 7-56. Esta operación se realiza desde Sala Panel Cordillera, como se indica a continuación:

### **Sentina Poniente**

Una vez realizadas las verificaciones previas, se procede a la puesta en operación del Sistema de Impulsión.

- En la Pantalla de Menú de Despliegues seleccione la pantalla Sentina Poniente.
- Verificar en la consola y terreno la operatividad de las bombas 15100-05 y 15100-06.
- Verificar que las condiciones de operación sean las requeridas para que no se activen los siguientes enclavamientos:
  - Nivel Sentina Oriente > LSH-5740-11 (nivel alto).
  - Nivel Sentina Poniente < LSL-5740-18 (nivel bajo).
  - Amperaje alto en motores de bombas.
- Verificar que el sistema se encuentre en modo AUTOMATICO para iniciar la partida del sistema de impulsión
- La partida automática de las bombas 15100-05 ó 06 (1 operando y 1 stand by), se producirá bajo la siguiente condición:
  - Si el nivel > 2,4 m (LSH): Parte la primera bomba (1 en operación)
  - Si el nivel < 2,4 m (LSL): Detención de bomba.
- Una vez funcionando, el sistema deberá regular automáticamente la partida y detención de las bombas dependiendo del nivel de las sentinas.

### **Sentina Oriente**

Una vez finalizada la puesta en marcha de la sentina poniente, realizar las siguientes actividades:

- En la Pantalla de Menú de Despliegues seleccione la pantalla Sentina Oriente.
- Verificar en consola y terreno la operatividad de las bombas 15100-01 / 02 / 03 y 04.
- Verificar que las condiciones de operación sean las requeridas para que no se activen los siguientes enclavamientos:
  - Nivel Sentina Oriente < LSL-5740-11 (nivel mínimo sentina).
  - Amperaje alto en motores de Bombas.
- Verificar que el sistema se encuentre en modo AUTOMATICO
- La partida secuencial y automática de las bombas 15100-01@04 (3 operando y 1 stand by), se producirá bajo las siguientes condiciones.
  - Si el nivel < 1,2 m (LSLL): Todas las bombas detenidas.
  - Si el nivel > 1,2 m (LSL): Parte la primera bomba (1 en operación).
  - Si el nivel > 2,4 m (LSM): Parte la segunda bomba (2 bombas simultáneas).
  - Si el nivel > 3,6 m (LSH): Parte la tercera bomba (3 bombas simultáneas).
- Una vez funcionando, el sistema deberá regular automáticamente la partida y detención de las bombas dependiendo del nivel de las sentinas.

Durante la puesta en marcha del sistema de Agua recolectada de Drenes el operador de terreno debe verificar la operatividad de las bombas de las Sentinas Poniente y Sentina Oriente:

- S. Poniente: bombas 15100-05/06.
- S. Oriente: bombas 15100-01@04.

Cabe señalar que la comunicación entre el Operador de Sala panel cordillera y el Operador de terreno se efectúa a través del Operador de Consola. En Anexo A, figura A.3 se encuentra el P&ID del sistema de aguas recolectada de Drenes.

## **b) Procedimientos de Operación Normal Agua Recolectada de Drenes**

El procedimiento de Operación Normal del Agua Recolectada de Drenes, que se describe a continuación, define las tareas que deben ser desarrolladas en forma rutinaria por el Operador de panel cordillera y el Operador de Terreno (ver Figura 7-57).

El Operador de Panel Cordillera realizará en forma rutinaria el monitoreo y control de las siguientes variables:

### **Sentina Poniente**

- Flujo de agua impulsada (FI-022 en pantalla).
- Presión en la línea (PI-023 en pantalla).
- Porcentaje de nivel de llenado de la sentina (LI-019 en pantalla).
- Horas de funcionamiento de las bombas.
- Amperaje de motores de bombas.

### **Sentina Oriente**

- Flujo de agua impulsada (FI-015 en pantalla).
- Presión en la línea (PI-016 en pantalla).
- Porcentaje de nivel de llenado de la sentina (LI-012 en pantalla).
- Horas de funcionamiento de las bombas.
- Amperaje de motores de bombas.

Cuando el sistema de bombeo esté funcionando se regulará automáticamente la partida y detención de las bombas, dependiendo del nivel de las sentinas.

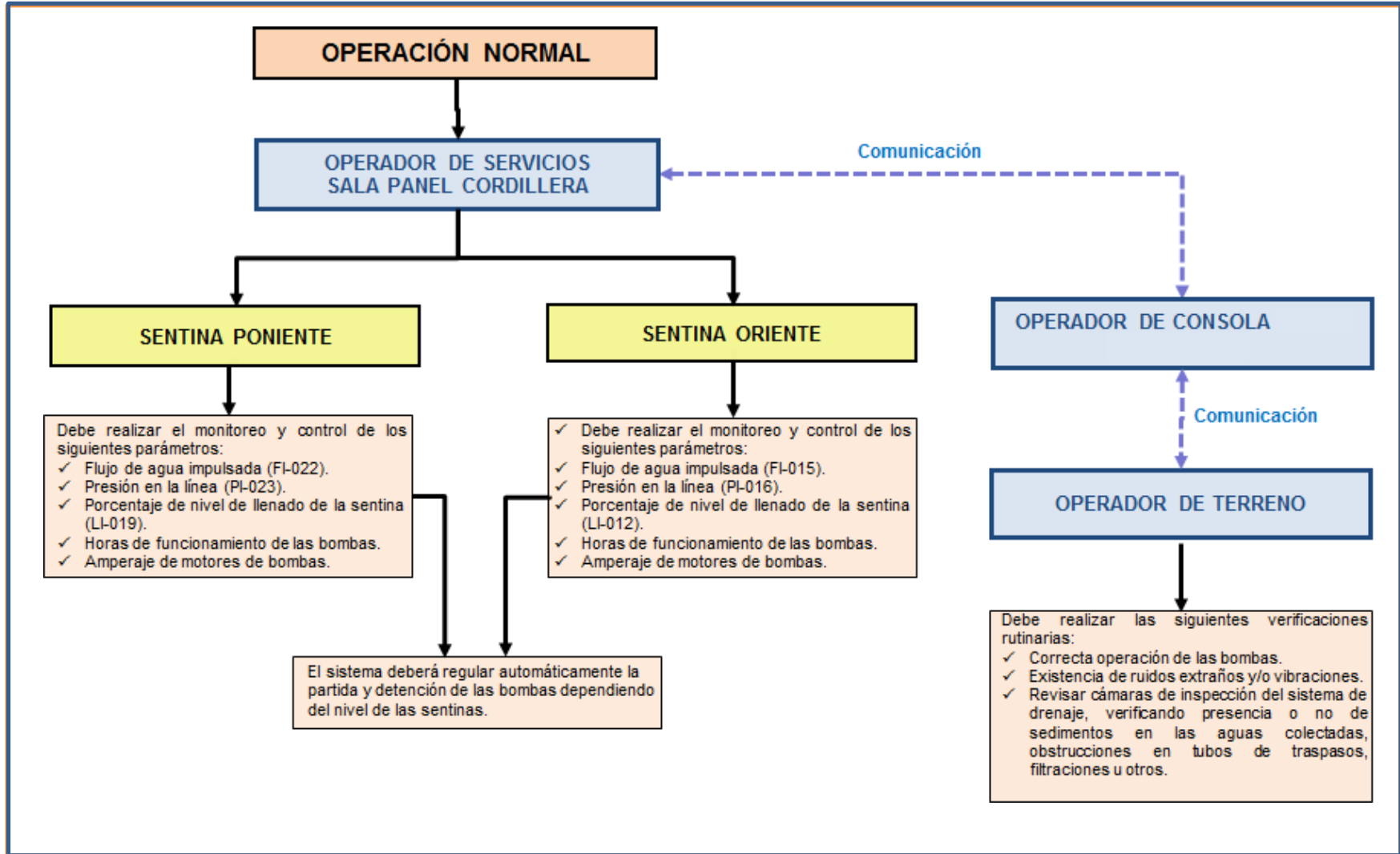
En caso que requiera comunicarse con el Operador de terreno deberá hacerlo a través del Operador de Consola.

El Operador de Terreno debe realizar las siguientes verificaciones en forma rutinaria:

- Correcta operación de las bombas.
- Ruidos extraños y/o vibraciones.
- Revisión de las cámaras de inspección del sistema de drenaje, verificando: inexistencia de sedimentos en las aguas colectadas, obstrucciones en tubos de traspaso, filtraciones, otros.

En caso que requiera comunicarse con el Operador de panel cordillera deberá hacerlo a través del Operador de Consola.

Figura 7-57: Diagrama de Bloques Procedimiento Operación Normal Agua Recolectada de Drenes



### c) Procedimiento de Detención Normal Agua Recolectada de Drenes

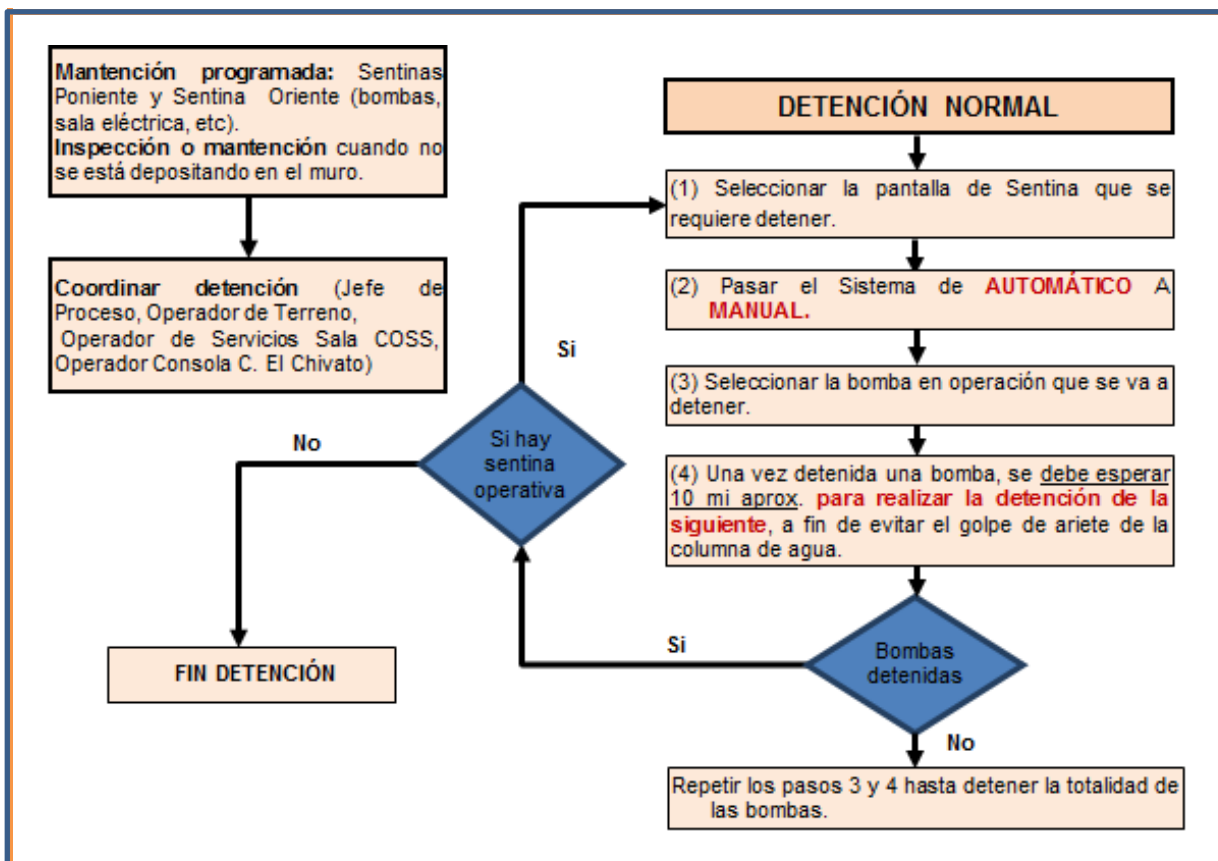
La detención normal del sistema de Agua Recolectada de Drenes se realiza como consecuencia de una mantención programada de la Sentina Poniente y Sentina Oriente para efectuar mantención a bombas, sala eléctrica, etc. También es posible que se efectúe una detención normal para efectuar inspecciones o mantenciones cuando no se está depositando arenas en el muro. Siempre que se efectúe una detención normal del sistema de Agua Recolectada de Drenes, se deberá realizar una coordinación previa entre el Jefe de Proceso, el Operador de Panel Cordillera, el Operador de Consola y el Operador de Terreno.

Para efectuar la detención normal del sistema de Agua Recolectada de Drenes se debe realizar la siguiente secuencia de actividades:

1. Seleccionar la pantalla de Sentina que se requiere detener.
2. Pasar el sistema de AUTOMATICO a MANUAL.
3. Seleccionar la bomba en operación que se desea detener.
4. Una vez detenida una bomba, se debe esperar 10 minutos aproximadamente para realizar la detención de la siguiente, a fin de evitar el golpe de ariete de la columna de agua.
5. Repetir los pasos 3 y 4 hasta detener la totalidad de las bombas.
6. Cuando se haya concluido la detención de ambas sentinas se habrá concluido la detención normal del subsistema de Agua Recolectada de Drenes.

En la Figura 7-58 se muestra un diagrama de bloques del procedimiento de detención normal del sistema de agua recuperada de drenes.

Figura 7-58: Procedimiento Detención Normal Agua Recolectada de Drenes



## **d) Procedimiento de Detención de Emergencia**

Los incidentes que pueden afectar el subsistema de Agua Recolectada de Drenes y los pasos a seguir en cada caso, se indican a continuación y se ilustran en forma esquemática en la Figura 7-59.

### **No Llega Agua a la Sentina**

El Operador de Terreno debe ingresar a las cámaras de inspección del sistema de drenaje para verificar presencia de sedimentos en el agua o la existencia de elementos que obstruyen los tubos de traspaso entre una cámara y otra.

La normalización de estas anomalías requiere de suma urgencia ya que pone en peligro la estabilidad del muro y debe realizarse según lo descrito en el Manual de Operaciones del SDCR y CM.

### **Corte de Energía Eléctrica**

Frente a un corte de energía eléctrica, ya sea local o que afecte a toda el área del tranque, las bombas de las sentinas se detendrán, provocando el aumento del nivel de agua en las sentinas y en las cámaras de inspección.

Si el problema se prolonga, de manera que el agua comienza a escurrir fuera de las cámaras de inspección, el operador de terreno debe canalizar el agua y dirigirla hacia las quebradas Ojos de Agua o el Espino, según corresponda. Al mismo tiempo, el operador de sala panel cordillera realiza las gestiones y trabajos necesarios para solucionar la falla prontamente, antes de que el agua de drenaje se acumule en los dedos drenantes, provocando daños por socavación en el muro.

### **Falla de Secuencia de Partida**

Si se presentan problemas de partida o detención automática de las bombas, entonces el operador de panel cordillera debe pasar el sistema a modo MANUAL. A partir de ese momento deberá monitorear el porcentaje de llenado de las sentinas (LI-019 en sentina Poniente y LI-012 en la sentina Oriente) en forma permanente, verificar enclavamientos por nivel y efectuar secuencia de partida manual.

### **Amperaje Alto en los Motores de las Bombas**

La detención de una o más bombas se produce automáticamente por corriente alta en los motores. La alarma de la sala de control informa la identificación de la o las bombas afectadas y el tipo de falla. El operador de panel cordillera debe dar aviso a los equipos de mantención para que reinicien el sistema.

### **Activación Alarmas de Bombas**

Frente a una falla de la bomba, tales como recalentamiento eléctrico o mecánico, el sistema FIX reconocerá la señal de alarma y dará aviso al operador, identificando a la bomba afectada.

Frente a esa situación, el operador de panel cordillera debe detener la o las bombas afectadas y mantener la operación poniendo en marcha alguna de las bombas que se encuentren detenida. Inmediatamente debe dar aviso a los equipos de mantención para que definan la falla y efectúen la reparación.

### **Alarma de Incendio en Sala Eléctrica**

En la eventualidad se produzca una situación de incendio en la sala eléctrica de una de las sentinas, el operador de panel cordillera debe detener el bombeo en forma remota o enviar personal para que realice la detención en forma local en el caso de falla en el sistema de control.

Inmediatamente debe dar aviso al equipo de mantención para que procedan a la desenergización del CCM y CDP, ubicados en la sala eléctrica y llevar a cabo el procedimiento de emergencia “Actuación en Caso de Emergencia en Proceso de Relaves” y el Procedimiento General de Emergencia. Adicionalmente, deberá comunicar lo sucedido a la Supervisión.

### **Fallas en las líneas de impulsión**

En caso de falla en las líneas de impulsión de agua, se debe parar el bombeo para efectuar la evaluación de la situación y realizar la reparación pertinente.

Una vez efectuada la reparación, poner en marcha el sistema de bombeo aplicando el procedimiento de Puesta en Marcha.

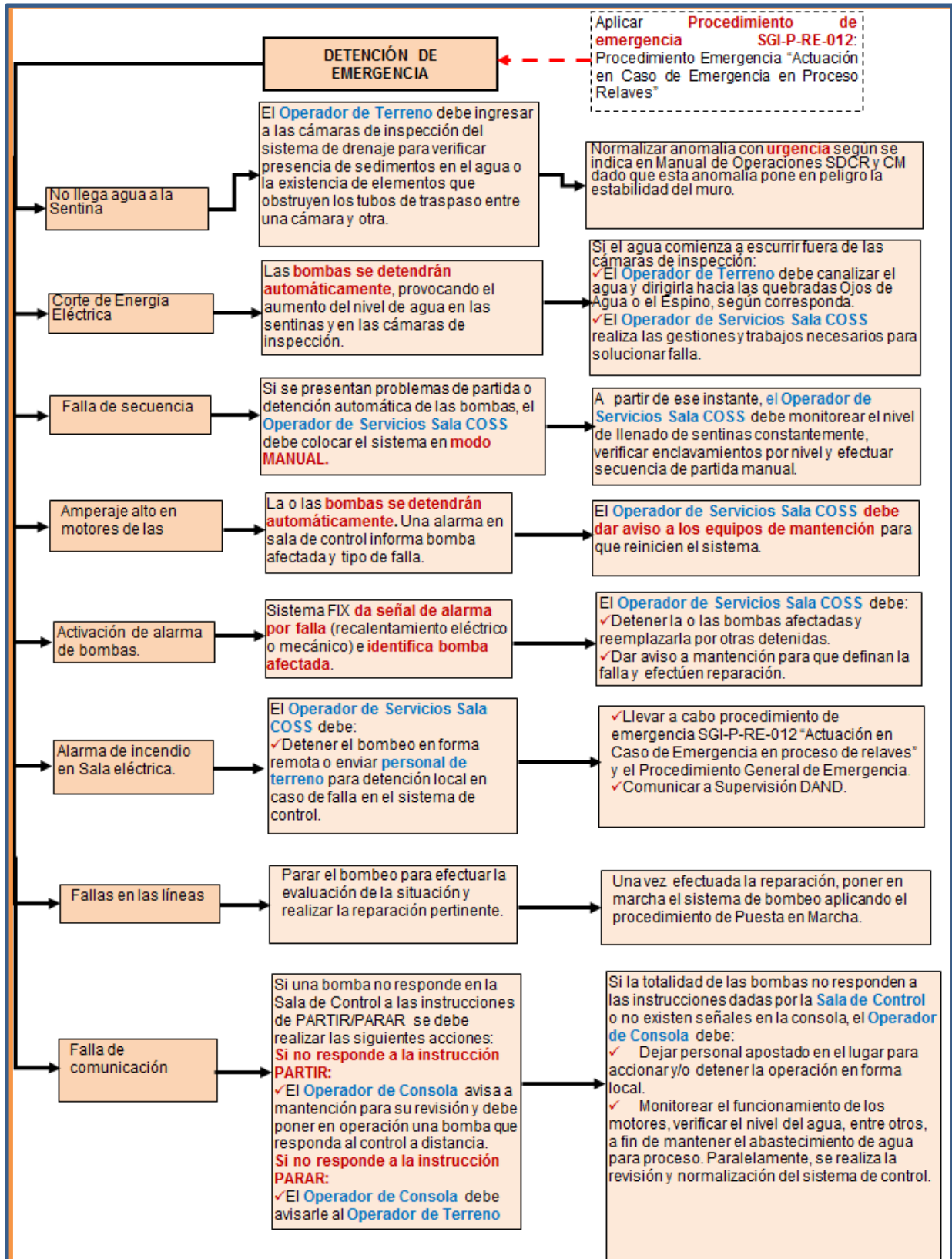
### **Falla de comunicación**

Si una bomba no responde en la Sala de Control a las instrucciones de PARTIR/PARAR se debe realizar las siguientes acciones:

- Si una bomba detenida no responde a la instrucción PARTIR efectuado desde la Sala de Control, el operador de consola deberá avisar a los equipos de mantención para su revisión y pondrá en operación otra bomba que responda al control a distancia.
- Si una bomba en operación no responde a la instrucción PARAR efectuado desde la Sala de Control, el operador de consola debe avisarle al operador de terreno para que este realice la detención en forma local. En caso que sea necesario dará aviso al equipo de mantención para su revisión y/o reparación.

Si la totalidad de las bombas no responden a las instrucciones dadas por la sala de control o no existen señales en la consola, el operador de consola debe dejar personal apostado en el lugar para accionar y/o detener la operación en forma local. Además, debe monitorear el funcionamiento de los motores, verificar el nivel del agua, entre otros, a fin de mantener el abastecimiento de agua para proceso. Paralelamente, se realiza la revisión y normalización del sistema de control.

Figura 7-59: Procedimiento Detención de Emergencia Agua Recolectada de Drenes





### **7.3.5 Procedimiento de Emergencia por Lluvias Intensas**

Las lluvias intensas representan un evento cuya consecuencia puede provocar un aumento del nivel de agua en el tranque, que ponga en riesgo la estabilidad del muro, afloramientos de agua localizado, formación de cárcavas y contacto del agua con el muro de arenas.

El diseño y la planificación de la operación del tranque considera una revancha suficiente que permita contener las aguas claras de relave más las aguas de aporte de lluvias con retorno inferior a 5 años, más el aporte de una lluvia de retorno de 1 en 500 años. Además, considera mantener una revancha mínima de 3 m en todo momento de operación del tranque.

Sin perjuicio de lo anterior, el operador debe estar preparado para enfrentar eventuales situaciones de riesgo por ocurrencia de lluvias intensas.

La Figura 7-60 indica el Diagrama de Bloques de Riesgos Potenciales por Lluvia y Acciones Previas.

#### **a) Riesgos Potenciales**

Los riesgos potenciales provocados por lluvias intensas son los indicados a continuación:

##### **Aumento de agua en la laguna**

El ingreso al embalse de grandes volúmenes de aguas lluvias, provoca el aumento del volumen de la laguna de clarificación y como consecuencia de esto, el aumento paulatino del nivel de agua y la disminución de la revancha. Se considera crítico cuando la revancha entre la cota mínima del muro impermeabilizado y la cota de la superficie del agua sea inferior a 3 m.

##### **Afloramiento de agua en el muro**

Corresponde al afloramiento localizado, en uno o más puntos en el talud del muro, de un caudal importante de agua, lo cual puede ser producido por que el nivel de la laguna ha sobrepasado la cota del muro impermeabilizado.

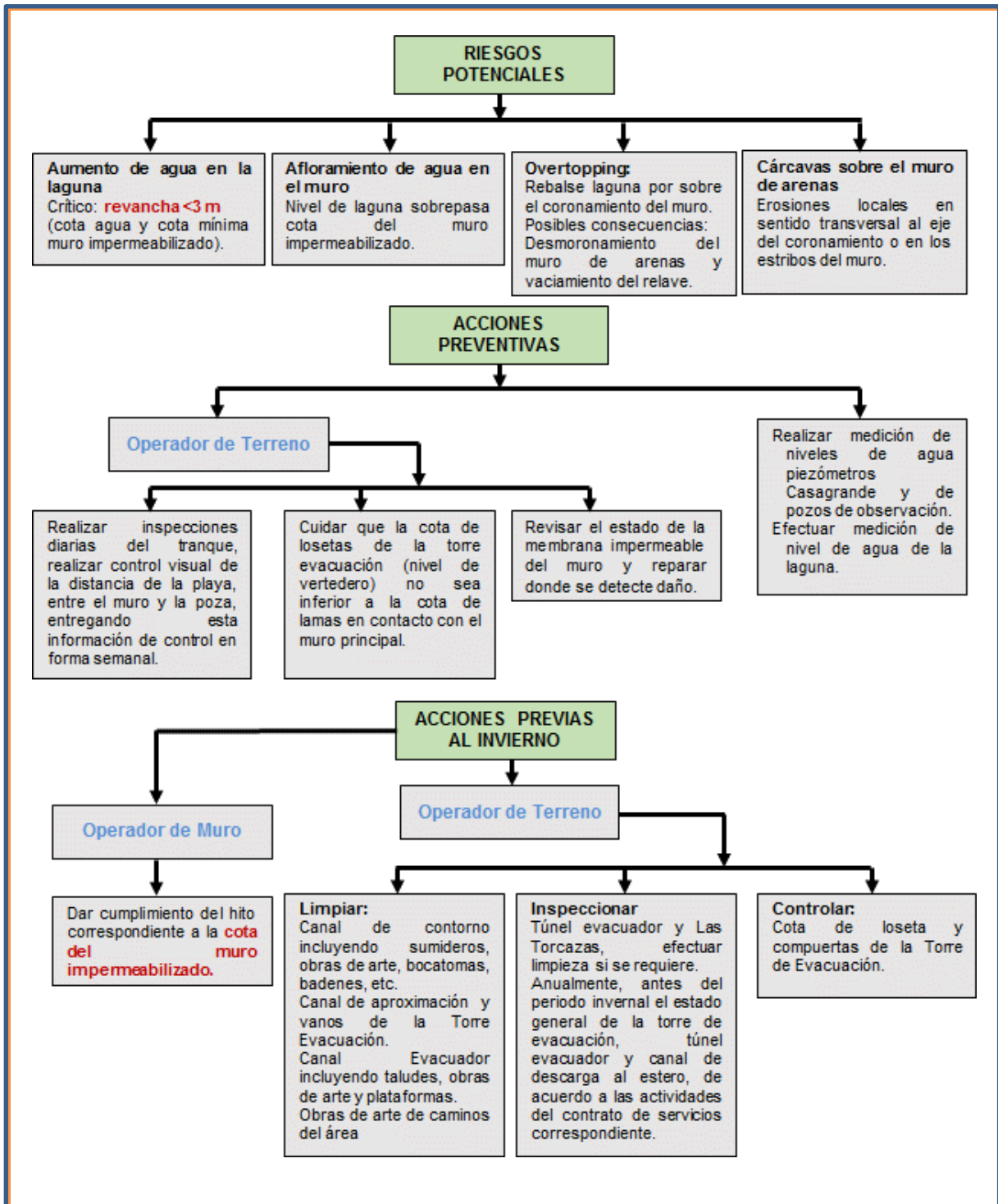
##### **Cárcavas sobre el muro de arenas**

Corresponden a erosiones locales formadas en sentido transversal al eje del coronamiento, las cuales son producidas por cursos de agua generados por acumulación superficial de aguas lluvias. Éstas también se producen en los estribos del muro debido a cursos de aguas provenientes de las laderas.

##### **Overtopping**

Evento crítico correspondiente al rebalse de la laguna por sobre el coronamiento del muro, lo cual puede producir el desmoronamiento del muro de arenas y el vaciamiento del relave.

Figura 7-60: Diagrama de Bloques Riesgos Potenciales por Lluvia y Acciones Previas



## b) Acciones preventivas

Las acciones preventivas que deben ser realizadas periódicamente son las siguientes:

- Realizar inspecciones diarias del tranque, realizar control visual de la distancia de la playa, entre el muro y la poza, entregando esta información de control en forma semanal.
- Realizar batimetrías mensuales, para evaluar el desarrollo de la poza de aguas claras, determinando un orden de magnitud del volumen remanente de almacenamiento
- En periodo normal de operación se debe cuidar que la cota de losetas de la torre de evacuación (nivel de vertedero) no sea inferior a la cota de lamas en contacto con el muro principal.
- Revisar el estado de la membrana impermeable del muro y reparar donde se detecte daño.
- Medición de niveles de agua piezómetros Casagrande y de pozos de observación.
- Medición de nivel de agua de la laguna.

## c) Acciones Previas al Invierno

Para enfrentar en forma preparada el invierno, los operadores deben realizar las siguientes tareas previas:

### Operador de Muro:

- Cumplimiento del hito correspondiente a la cota del muro impermeabilizado que es capaz de contener las aguas claras y de lluvias de retorno de 1 en 5 años y de 1 en 500 años.

### Operador de Terreno:

- Realizar limpieza del Canal de Contorno, incluyendo sumideros, obras de arte, bocatomas, badenes, mantención de compuertas, taludes y plataforma.
- Efectuar limpieza de canal de aproximación y vanos de la Torre de Evacuación.
- Inspeccionar y limpiar el Túnel evacuador y Las Torcazas. Inspeccionar anualmente, antes del periodo invernal el estado general de la torre de evacuación, túnel evacuador y canal de descarga al estero, de acuerdo a las actividades del contrato de servicios correspondiente.
- Realizar limpieza de Canal Evacuador, incluyendo taludes, obras de arte, plataformas.
- Efectuar limpieza de obras de arte de caminos del área.
- Realizar el control de la cota de losetas y compuertas de la Torre de Evacuación.

## d) Procedimiento de Emergencia

Las acciones que deben realizarse en condición de emergencia por lluvia son las siguientes:

### **Operación del Sistema de Captación de Aguas**

- Mantener un control de las lecturas pluviométricas, las que permitirán decidir:
  - La continuidad o detención de las bombas de operación del sistema de bombeo y canal de contorno.
  - El vertido de aguas al Tranque Viejo.
  - Entrega de agua a los regantes por el canal de contorno.
- Para evitar la condición de overtopping el evacuador de crecidas debe operar al máximo de su capacidad.
- Si se requiere abrir las compuertas y retirar las losetas para evacuar el máximo de agua posible, se debe tener cuidado de no producir derrame de lamas.
- En el caso de ocurrir filtraciones, se colocará un geotextil en contacto con el suelo.

- Sobre el geotextil se colocará un relleno con material de gravas y sobre este último una sobrecarga de material común, ayudándose en esta maniobra con maquinaria pesada como buldózer y retroexcavadora.
- Para evitar la formación de cárcavas en los muros de arenas se debe mantener un control visual permanente, revisando y desviando oportunamente los cursos de agua que los invaden, ya sea en las laderas de los cerros o del coronamiento.
- Inspeccionar y evaluar la calidad de la carpeta de rodado en los caminos para el tránsito vehicular en los caminos de operación del STR y acceso en el Tranque.
- Situación de lluvias intensa declaradas, por informe meteorológico, proceder a:
  - Detención de bombeo de agua recuperada de laguna.
  - Detención del ciclonaje y colocación de arenas.
  - Detención de bombeo de agua desde piscina de Dilución.
  - Conducción de aguas captadas por canal de contorno a Tranque Viejo.
  - Inspección de sistema evacuador de crecidas.
  - Descarga de agua por sistema evacuador de crecidas.

### **Medición de Niveles Piezométricos**

En cada lluvia intensa, se realizará la medición de los piezómetros Casagrande del muro, de Sondajes ubicados aguas abajo de la presa y electrostáticos, a fin de determinar si se ha producido un aumento sustancial del nivel freático de la presa.

### **Operación del Sistema de Drenaje del Muro**

Durante las lluvias, aumenta el caudal de agua drenada debido a la percolación de las aguas lluvias a través del muro de arenas y de la carpeta drenante. A fin de evitar la inundación de las cámaras, y con ello, la saturación de los drenes basales es necesario:

- Mantener continuo bombeo desde las sentinas hacia el tranque.
- Inspeccionar las cámaras colectoras del sistema de drenaje, verificando la turbidez y flujo del agua.
- Detener bombeo desde pozos PVN 1/2/3 hacia sentinas en caso de estar operando.

### **Operación del Evacuador de Crecidas**

El sistema de evacuación de crecidas podrá ser utilizado sólo excepcionalmente frente a la ocurrencia de una crecida con periodo de retorno sobre 5 años o con lluvias intensas que acumulen un volumen de 7 millones de m<sup>3</sup> adicionales al existente en la laguna de aguas claras.

Si el evento cumple con las condiciones descritas en el párrafo anterior, el Operador de Consola debe informar a la Superintendencia de Recursos Hídricos y Relaves (SRHR) dando cuenta de la situación y riesgos existentes. Con los antecedentes analizados, el Superintendente de la SRHR, o a quien designe, autoriza al operador a hacer uso del sistema de Evacuación de Crecidas.

Para realizar la evacuación de las aguas lluvias:

- Personal debidamente sujetado a la estructura realiza el retiro de la placa carpintera exterior de cada vano utilizando el teclé existente en la torre.
- Con el mismo teclé, accionar las compuertas de cada vano. Cuando las compuertas están cerradas se obtiene una carga máxima de 1,5 m, lo cual a su vez permitiría partir con una evacuación rápida variable de 0 a 10 m<sup>3</sup>/s.
- Monitorear física y químicamente la evolución de la descarga aguas abajo del túnel evacuador.

Las Figura 7-61 y Figura 7-62 muestran, en formato de diagrama de bloques, las acciones de emergencia por lluvia.

Figura 7-61: Diagrama de Bloques Acciones de Emergencia por Lluvia (1/2)

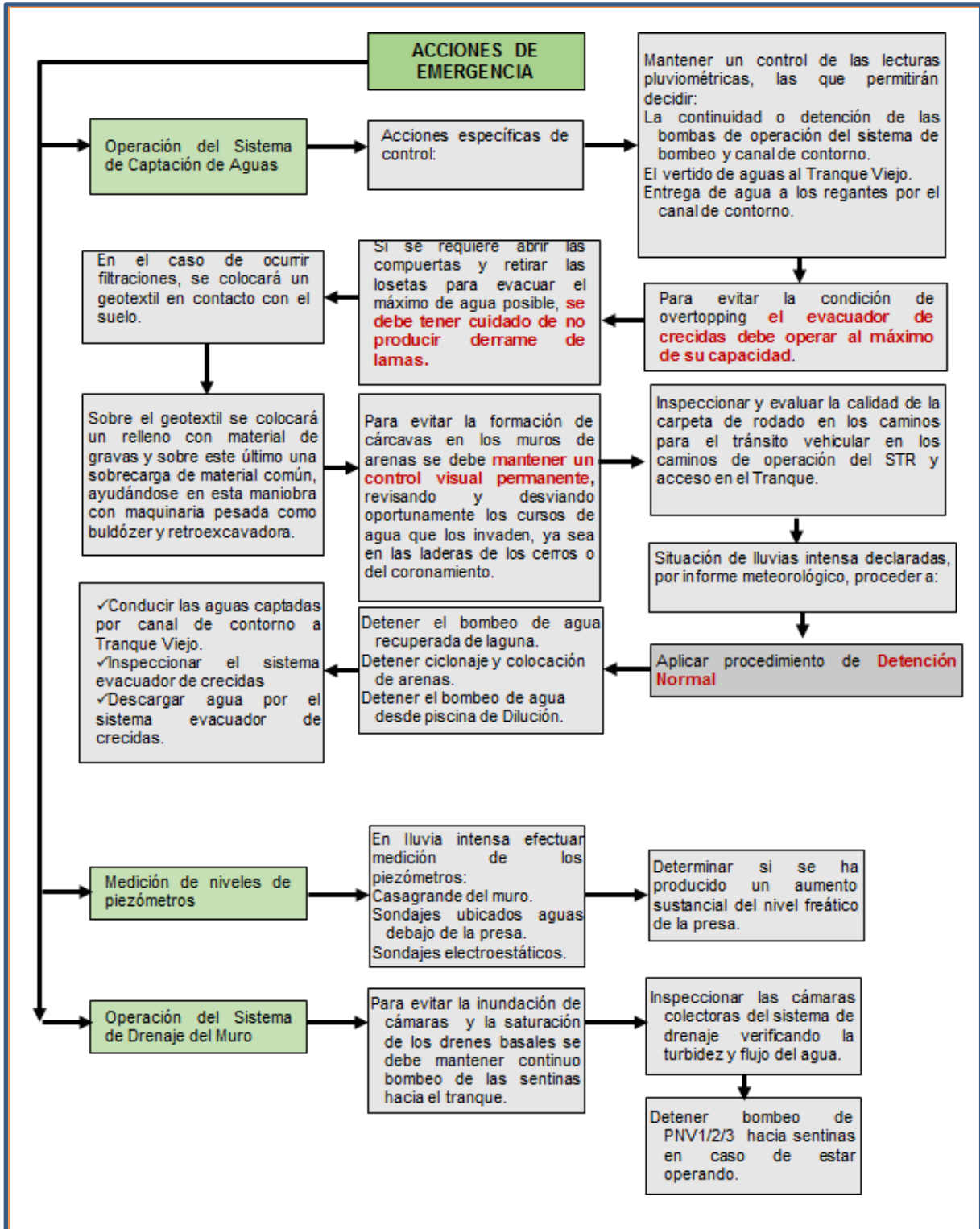
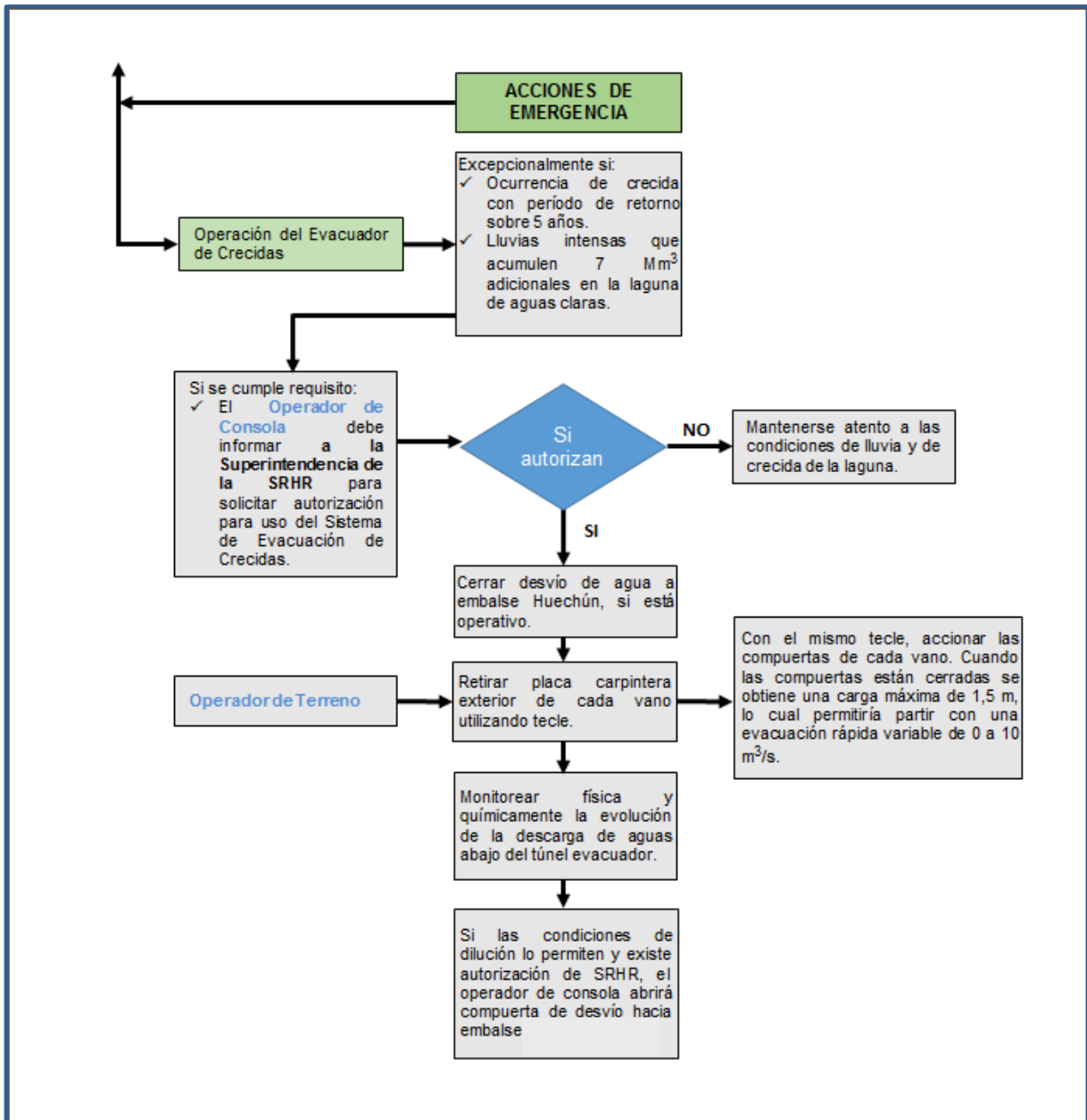


Figura 7-62: Diagrama de Bloques Acciones de Emergencia por Lluvia (2/2)



## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 CONCLUSIONES

La principal conclusión luego de desarrollar este Manual de Operaciones es que todos los objetivos planteados fueron cumplidos:

- Estandarización de la Operación: la operación se rige por una forma única de realizar las labores y controles operativos, según los procedimientos establecidos en el Manual.
- Guía y elemento de consulta para los Operadores y Supervisores: Las acciones del día a día se están realizando acorde con lo establecido en el Manual. Ante cualquier duda, los Operadores y Supervisores acuden y consultan el Manual. Se ha notado un involucramiento importante de la Jefatura en estimular a los Operadores respecto a consultar y revisar el Manual durante la operación, sobre todo ante dudas. No más improvisaciones.
- Capacitar a todos los Operadores: Todos los Operadores y Supervisores han sido capacitados. Se definió capacitaciones anuales para todos los trabajadores del área.
- Evitar Incidentes operacionales: la Operación en su conjunto ha cumplido cabalmente con los procedimientos y controles indicados. Se destaca el control sobre las variables críticas de operación. Lo anterior ha permitido la no ocurrencia de incidentes operacionales.
- Cumplimiento Normativo: con la realización de un Manual actualizado se da cumplimiento a lo indicado en el DS 248 “Reglamento para la aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves”, respecto de mantener actualizados sus Manuales de Operación y Mantenimiento.

El Manual está vivo, se utiliza para consulta, se actualiza cuando corresponde y principalmente se opera según los procedimientos establecidos.

### 8.2 ANÁLISIS CRÍTICO

En todas las faenas que he visitado a lo largo de mi vida profesional, más de 30 años, independiente del área productiva (Mina, Planta, Tranque de Relaves, etc.) en general ocurre lo mismo: los Manuales de Operación, que se desarrollan al inicio de las operaciones, quedan guardados y cuentan con escasas o nulas actualizaciones, nunca son consultados. Muchas veces están guardados, olvidados en estanterías o bibliotecas virtuales por años.

Por lo tanto, el desafío es cómo mantener un Manual de Operaciones vivo, actualizado, que esté presente y sea útil para los Operadores.

En las recomendaciones siguientes se lista una serie de medidas prácticas que permiten revertir esta tendencia histórica, para que los Manuales de Operación no queden en el olvido.

## **8.3 RECOMENDACIONES**

### **8.3.1 Asociadas al Manual**

- Actualizar el Manual una vez al año.
- Actualizar el Manual cada vez que se produzca un cambio, ya sea en la infraestructura o en algún procedimiento.
- Revisar y/o actualizar el Manual cada vez que se produzca un evento no deseado.
- Mantener copias controladas del Manual en cada Sala de Control y en lugares donde los Operadores puedan consultarlo.
- Extractar en un apartado los procedimientos para facilitar su consulta.
- Generar afiches de los procedimientos principales y colocarlos en las Salas de Control. Visibilidad de los procedimientos.
- Capacitar a todos los Operadores una vez al año, prueba de contenidos incluida.
- Realizar verificaciones periódicas del cumplimiento de los procedimientos por parte de la Supervisión.
- Dejar registro de la verificación de los controles operacionales según lo indicado en los procedimientos.
- Dejar registro de todas las acciones descritas en los procedimientos de Puesta en Marcha y Detención de los sistemas.
- Estimular y reconocer a los operadores que respetan los procedimientos operativos, que se guían por los Manuales.

### **8.3.2 Generales**

Los sistemas de Transporte y Disposición de Relaves son cada vez más relevantes para las faenas mineras, representan un aspecto crítico para las aprobaciones de los Proyectos y un importante pasivo ambiental al fin de sus operaciones.

Además, durante su vida útil, están expuestos a riesgos que deben ser administrados adecuadamente con el objetivo de brindar una condición de confiabilidad a la operación del sistema, a fin de asegurar la continuidad operacional y el almacenamiento seguro de los relaves.

Para su manejo se requiere de profesionales altamente capacitados, con reconocida experiencia y empoderados para la oportuna toma de decisiones. Detener estos sistemas implica detener la producción, con toda la responsabilidad que ello conlleva.

Actualmente, la mayoría de las compañías mineras incorporan la figura del Ingeniero de Registro (EoR), profesional externo que vela por el adecuado cumplimiento de las Normas, Estándares y Compromisos necesarios para una correcta operación de los sistemas de relaves. El rol del EoR se indica en la Norma Mundial de Relaves, actualmente en proceso de consulta pública.



## GLOSARIO

**STR:** Sistema de Transporte de Relaves. Se refiere a toda la infraestructura asociada al transporte de relaves desde la descarga de los espesadores hasta la cubeta del depósito, con un desarrollo de 87 km.

**SISTEMA DE CABEZA:** Sistema de transporte de relaves desde los cajones de descarga de los espesadores hasta el cajón de inicio del STR.

**SMF:** Superintendencia Manejo de Fluidos, es la organización responsable del STR

**SCO:** Superintendencia de Concentración, pertenece a la Gerencia de Plantas y tiene la responsabilidad técnica y administrativa del Proceso de Concentración.

**EE.CC.:** Empresas contratistas que prestan servicios de operación, de construcción, de mantenimiento y de asesorías al proceso.

**PANEL CORDILLERA:** Centro de Operaciones en Planta Concentradora.

**OPERADOR DE PANEL CORDILLERA:** perteneciente a la Superintendencia Manejo de Fluidos, tiene la responsabilidad del monitoreo y control remoto del sistema de transporte de relaves al Tranque de Relaves, el abastecimiento de agua a planta, control y operación sistema espesadores de relaves, revisión de condición y operación sala de válvulas.

**JEFE DE UNIDAD AGUAS, RELAVES Y CONCENTRADUCTO:** Líder del proceso de transporte de relaves. Responsable de la administración de la unidad operacional, cumplimiento de los procedimientos y velar por su óptimo y seguro funcionamiento.

**SUPERVISOR DE OPERACIONES MANEJO DE FLUIDOS:** Supervisor de turno de la SMF, responsable de las operaciones de la Superintendencia y del manejo del personal propio. Responsable de velar por la seguridad e integridad de las personas, instalaciones y medio ambiente. Jefe de emergencia cuando corresponde.

**INSPECTORES Y MANTENEDORES DE RUTA:** Personal de empresa contratista, que realiza inspecciones al STR, y tiene a cargo las reparaciones del mismo sistema (1er, 2do y 3er nivel).

**GRUPO DE INSPECCIÓN:** Grupo constituido por los inspectores y mantenedores de ruta, que realizan la inspección del STR.

**EMERGENCIA AMBIENTAL:** Evento no deseado que ocasiona produce derrame de relaves al medio ambiente (suelo o agua)

**PROTOCOLO:** Documento formal que establece las acciones requeridas para detener y poner en servicio el STR. Indica responsable de autorizar la acción correspondiente.

**CHECK LIST:** Documento que permite registrar la verificación de las condiciones previas a la acción de poner en servicio el STR y la realización de las acciones para poner en servicio y detener el STR, indicando el Operador de Panel Cordillera e Inspector de Ruta responsable.

**AGUAS CLARAS:** aguas libres, en gran medida, de partículas en suspensión que se ubican en un sector de la cubeta de los depósitos de relaves mineros, tipos “tranque de relaves” o “embalses de relaves”, una vez decantados naturalmente los sólidos finos de la pulpa de relaves.

**CIERRE:** hecho que el depósito de relaves deje de operar por un plazo mayor de dos (2) años o en forma definitiva o cuando se da por terminada su vida útil y se han efectuado las acciones tendientes a asegurar la obra en el tiempo.

**CIERRE TEMPORAL:** el hecho que el depósito de relaves deje de operar durante un plazo igual o menor a dos (2) años.

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD:** es la constante que determine la permeabilidad de un suelo o de cualquier zona del tranque de relaves, mediante la expresión:  $K=v/i$ , en que v es la velocidad de descarga del agua a través del suelo, e i es el gradiente hidráulico.

**COLAPSO:** falla estructural del Depósito que involucre la liberación de un volumen importante de masa de relave y que produzca un impacto ambiental significativo.

**CONCENTRACIÓN:** es el proceso de aumento de la ley de un mineral sin producir una transformación química. La Concentración genera un material que contiene las especies principales a recuperar, llamado Concentrado y el material de descarte, que para el caso de este efecto se denomina Relave.

**CONSTRUCCIÓN:** la ejecución de todas las obras que se requieren para la descarga y la contención de los relaves, como también, de sus obras anexas, de acuerdo al proyecto aprobado.

**CORONAMIENTO:** la parte superior del prisma resistente o muro de contención, muy cercano a la horizontal.

**DENSIDAD PROCTOR:** corresponde al peso unitario máximo, determinado por el ensayo de compactación normalizado AASHOT – 180-57/0.

Conforme a la Densidad Proctor, alternativamente, si la granulometría del material así lo requiere, se podrá expresar la Densidad relativa por la expresión:

$$Dr = \frac{\gamma_{\text{nat}}}{\gamma_{\text{proctor}}} \times 100; (\%)$$

**DENSIDAD RELATIVA:** es el grado de compactación que se puede calcular por la fórmula:

$$Dr = \frac{\gamma_{\text{max}}}{\gamma_{\text{nat}}} \times \frac{(\gamma_{\text{nat}} - \gamma_{\text{min}})}{(\gamma_{\text{max}} - \gamma_{\text{min}})} \times 100; (\%)$$

En que:

$\gamma_{\text{max}}$  = peso unitario máximo determinado por el método propuesto por ASTM para suelos granulares, u otro que pruebe ser más efectivo.

$\gamma_{\text{min}}$  = peso unitario mínimo, determinado por el método propuesto por ASTM.

$\gamma_{\text{nat}}$  = peso unitario del suelo in situ.

**DEPÓSITO DE RELAVES:** toda obra estructurada en forma segura para contener los relaves provenientes de una Planta de concentración húmeda de especies de minerales. Además, contempla sus obras anexas. Su función principal es la de servir como depósito, generalmente, definitivo de los materiales sólidos proveniente del relave transportado desde la Planta, permitiendo así la recuperación, en gran medida, del agua que transporta dichos sólidos.

**DISEÑO:** concepción ingenieril del depósito de relaves y obras anexas.

**DISTANCIA PELIGROSA:** la distancia, en kilómetros, que recorrería el relave en el caso de colapso del depósito.

**LICUEFACCIÓN:** pérdida total de la resistencia al corte del material de relaves del depósito, por incremento de la presión de poros.

**MODIFICACIÓN SIGNIFICATIVA:** cambios importantes del ritmo de operación del depósito de relaves, cambios en la forma de construcción del prisma resistente, ampliación o forma de depositación de los relaves, como también, adelantos tecnológicos, que no impliquen una simple ampliación de tratamiento para copar las capacidades establecidas en el proyecto original de sus instalaciones.

**OPERACIÓN:** todas las obras, acciones o actividades, que tienen por finalidad llevar a cabo la etapa de transporte y disposición de los relaves.

**PRESIÓN DE POROS:** presión en el agua, contenida en los intersticios de las partículas de relaves, ya sea estática por la columna de agua, o dinámica por una reducción brusca de los poros.

**PROYECTO:** el conjunto de estudios técnicos requeridos para la definición de un sistema de disposición de relaves, incluyendo etapas de investigación, prospección, diseño, evaluación y construcción, cuyos resultados se encuentran en una serie de documentos. Estos documentos deben ser claros, de manera de permitir su cabal comprensión de la ingeniería que conllevan, incluyendo sus procedimientos de operación y los métodos y obras consideradas para garantizar la estabilidad física y química del depósito y su entorno, con el fin de proteger a las personas bienes y medio ambiente.

**REANUDACIÓN:** la acción de poner en marcha el depósito de relaves después de un cierre temporal de las operaciones de la faena.

**RELAVE:** suspensión de sólidos en líquidos, formando una pulpa, que se generan y desechan en las plantas de concentración húmeda de especies minerales que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina. El vocablo se aplicará, también, a la fracción sólida de la pulpa que se ha descrito precedentemente. Es la pulpa proveniente de la planta concentradora a través del STR.

**REVANCHA:** la diferencia menor, en cota, entre la línea de coronamiento del muro de contención y la superficie inmediatamente vecina de la fracción lamosa o de la superficie del agua, que se produce en los tranques y embalses de relaves.

**CUBETA:** la zona del depósito de relaves en la cual se acumularán –según el proceso de sedimentación– los sólidos de grano más finos de los relaves, en el caso de los Tranques de Relaves, o la totalidad de los relaves, en los otros sistemas de depositación.

**DREN:** el sistema utilizado para deprimir al máximo el nivel freático en el interior del cuerpo del muro de contención. Este sistema, generalmente, se construye en la base del muro.

**EMBALSE DE RELAVES:** aquel depósito de relaves donde el muro de contención está construido con material de empréstito y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno. La impermeabilización puede estar realizada con un material natural de baja permeabilidad o de material sintético como geomembrana de alta densidad. También se llama Embalses de relaves aquellos depósitos ubicados en alguna depresión del terreno en que no se requiere la construcción de un muro de contención.

**MURO DE CONTENCIÓN:** la zona periférica del depósito de relaves estructurada artificialmente, que complementa el perímetro natural para conformar la zona de la Cubeta.

**MURO DE EMPRÉSTITO:** el muro de contención que se ha construido totalmente de material grueso o granular, convenientemente dosificado y compactado con material menos grueso, que no proviene del material del relave.

**MURO DE PARTIDA:** en el caso de los tranques de relave, es un pequeño muro de empréstito para permitir la contención inicial de los relaves en condiciones de estabilidad. Sobre este muro se continúa la depositación de las arenas gruesas.

**MURO DE PIE:** el que se construye, generalmente de material de empréstito, en el extremo de aguas abajo del muro de contención. Tiene por objeto dar un límite físico al depósito de relaves y evitar el derrame de material fuera de la traza del prisma resistente.

**NIVEL TREATICO:** es la cota de los puntos en que el agua de poros tiene presión neutra igual a cero.

**PIEZÓMETRO:** es el artificio que mide el nivel freático.

**RELAVES EN PASTA:** depósito de relaves que presenta una situación intermedia entre el relave espesado y el relave filtrado, corresponde a una mezcla de relaves sólidos y agua –entre 10 y 25% de agua– que contiene partículas finas, menores de 20 M, en una concentración en peso superior al 15%, muy similar a una pulpa de alta densidad. Su depositación se efectúa en forma similar al relave filtrado, sin necesidad de compactación, poseyendo consistencia coloidal.

**RELAVES ESPESADOS:** depósito de relaves donde, antes de ser depositados, son sometidos a un proceso de sedimentación, mediante espesadores, eliminándole una parte importante del agua que contienen. El depósito de relaves espesados deberá ser construido de tal forma que se impida que el relave fluya a otras áreas distintas a las del emplazamiento determinado y contar con un sistema de piscinas de recuperación del agua remanente.

**RELAVES FILTRADOS:** depósito de relaves donde, antes de ser depositados, son sometidos a un proceso de filtración, mediante equipos especiales de filtros, donde se asegure que la humedad sea menor a un 20%. Deberá asegurarse que el relave así depositado no fluya a otras áreas distintas a las del emplazamiento determinado.

**TRANQUE DE RELAVES:** aquel depósito de relaves donde el muro de contención es construido con la fracción más gruesa del relave (arenas).

**SDCR y CM:** Sistema de Disposición, Clasificación de Relaves y Construcción del Muro. Se refiere a toda la infraestructura de distribución y conducción de relaves a disposición en cubeta y a etapa de clasificación, planta de clasificación, conducción de arenas y construcción del muro.

**ARENAS:** Es la fracción de partículas gruesas (sobre 200 mallas) obtenida en la etapa de clasificación, la cual se utilizará para la construcción del muro de contención.

**LAMAS:** Es la fracción de partículas finas obtenida en la etapa de clasificación, la cual será dispuesta directamente en el tranque.

**JEFE DE TURNO:** Supervisor a cargo de la operación del sistema y de la programación de las actividades a realizar durante un turno.

**OPERADOR DE CONSOLA:** Personal que realiza el monitoreo, operación y control del sistema de modo remoto, desde la sala de control.

**OPERADOR EN TERRENO:** Personal que realiza el control y la operación en terreno del sistema de modo manual local.

**OPERADOR DE CLASIFICACIÓN:** Personal que opera el Sistema de Clasificación y el Sistema de Impulsión y Distribución de Arenas al Muro.

**OPERADOR DE MURO:** Personal que opera la Construcción del Muro principalmente y apoya en la descarga de relaves desde el muro a la cubeta del tranque.

**INSPECTORES Y MANTENEDORES DE RUTA:** Personal de empresa contratista que realiza inspecciones al STR y tiene a cargo las reparaciones mayores del mismo sistema (1er, 2do y 3er nivel).

**GRUPO DE INSPECCIÓN:** Grupo constituido tanto por los operadores generales de servicios como por los inspectores y mantenedores de ruta, que realizan la inspección del STR.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Manual de Operación Sistema Transporte de Relaves, DAND, 2007.
- (2) Medición de Condiciones de Escurrimiento en Canaleta de Relaves (STR) DAND, 2010.
- (3) Procedimiento Operación Sistema de Transporte de Relaves durante invierno, 2014.
- (4) Procedimiento de Respuestas a Emergencias Proceso Manejo de Fluidos, 2015.
- (5) Procedimiento Operacional Tránsito en Túneles STR, 2014.
- (6) Detención STR por Riesgo o Emergencia de Derrame de Relave, 2015
- (7) Descripción de Cargo Operador de Ruta, DAND, 2015.
- (8) Operación STR desde Espesadores a Tranque Ovejería, Salfa Mantenciones, 2014.
- (9) Tratamiento de Relaves Frescos. Descripción del Proceso y de la Planta, 2014.
- (10) Análisis Capacidad y Reemplazos Líneas de Emergencia Relaves DAND, JRI, 2017.
- (11) Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos Manejo de Fluidos, 2016.
- (12) Manual de Operación Sistema de Clasificación, Disposición de Relave y Crecimiento del Muro, Tranque Ovejería, 2012.
- (13) Procedimiento Operacional. Control de las Operaciones, 2015.
- (14) Procedimiento Operación Sistema Disposición de Relaves durante invierno, 2015.
- (15) Procedimiento Operativo Plan General de Emergencias Proceso de Relaves, 2015.
- (16) Manual de Emergencias, 2014.
- (17) Procedimientos de Laboratorio, Construcción de Muro de Arenas de Relaves, 2015.
- (18) Procedimiento de Laboratorio, Control de Densidades de Arenas del Muro, 2015.
- (19) Procedimiento de Laboratorio, Control de Granulometrías de Arenas del Muro, 2015.
- (20) Manual de Puesta en Marcha, Batería Recyclone 500/400, Weir Minerals Latin America, 2009.
- (21) Manual de Operación Ingeniería de Detalles Conducción y Distribución de Relaves a Muro Tranque Ovejería. Hatch. 2013.
- (22) Bases Técnicas Servicio Operación y Mantenimiento de Equipos e Instalaciones Recursos Hídricos y Relaves. Codelco Andina, 2014.
- (23) Matriz de identificación de peligros, evaluación y control de riesgos: PROCESOS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RELAVES. DAND, 2015.
- (24) Manual de Operaciones Sistema Manejo de Aguas. DAND, 2012.
- (25) Plan de Seguimiento y Control de infiltraciones Tranque Ovejería, 2012.
- (26) Plan de Mantenimiento Obras Sistema de Transporte de Relaves, 2016
- (27) Manual de Operaciones Canaleta de Relaves El Teniente, 2008
- (28) Operación Depósito de Relaves Laguna Seca, 2014
- (29) Tranque de Relaves El Mauro, Los Pelambres, 2012

## **ANEXO A: DIAGRAMAS DE FLUJO**

Figura 3-2: Diagrama de Flujos de STR

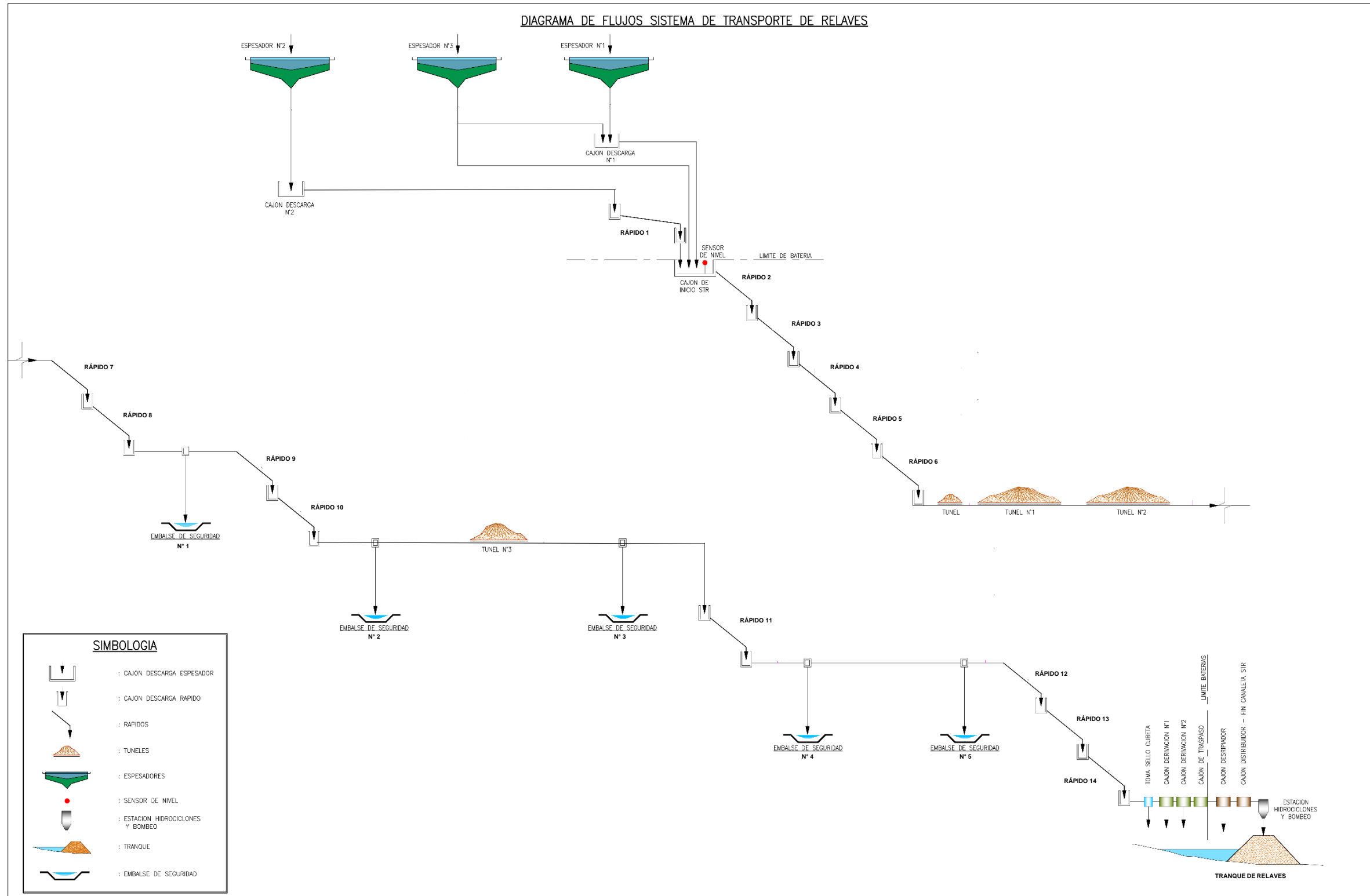




Figura 3-6: STR Sector I

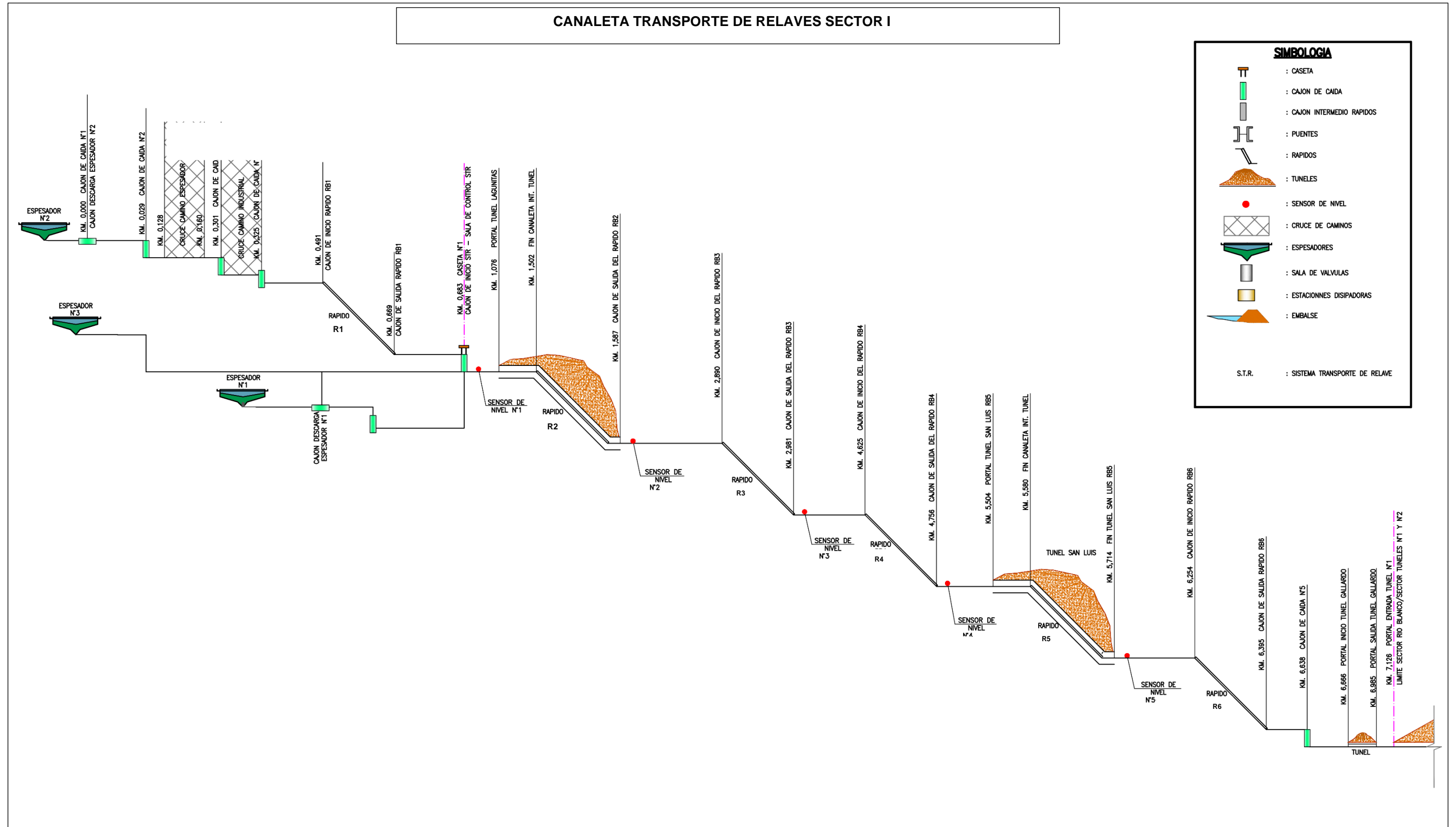


Figura 3-7: STR Sector Túnel N°1 – Túnel N°2 y Sector II (primera parte)

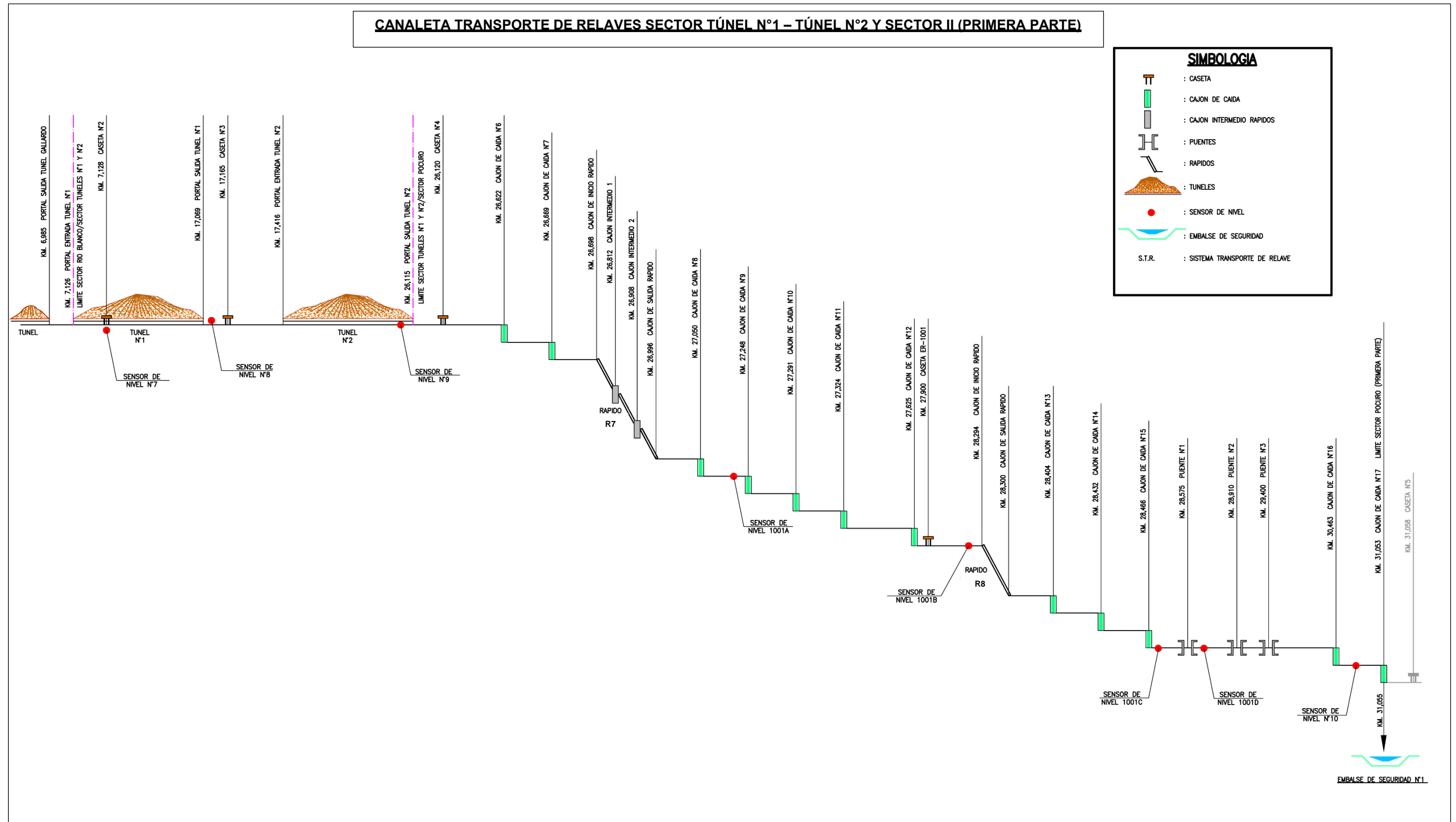


Figura 3-8: STR Sector Túnel N°1 – Túnel N°2 y Sector II (segunda parte)

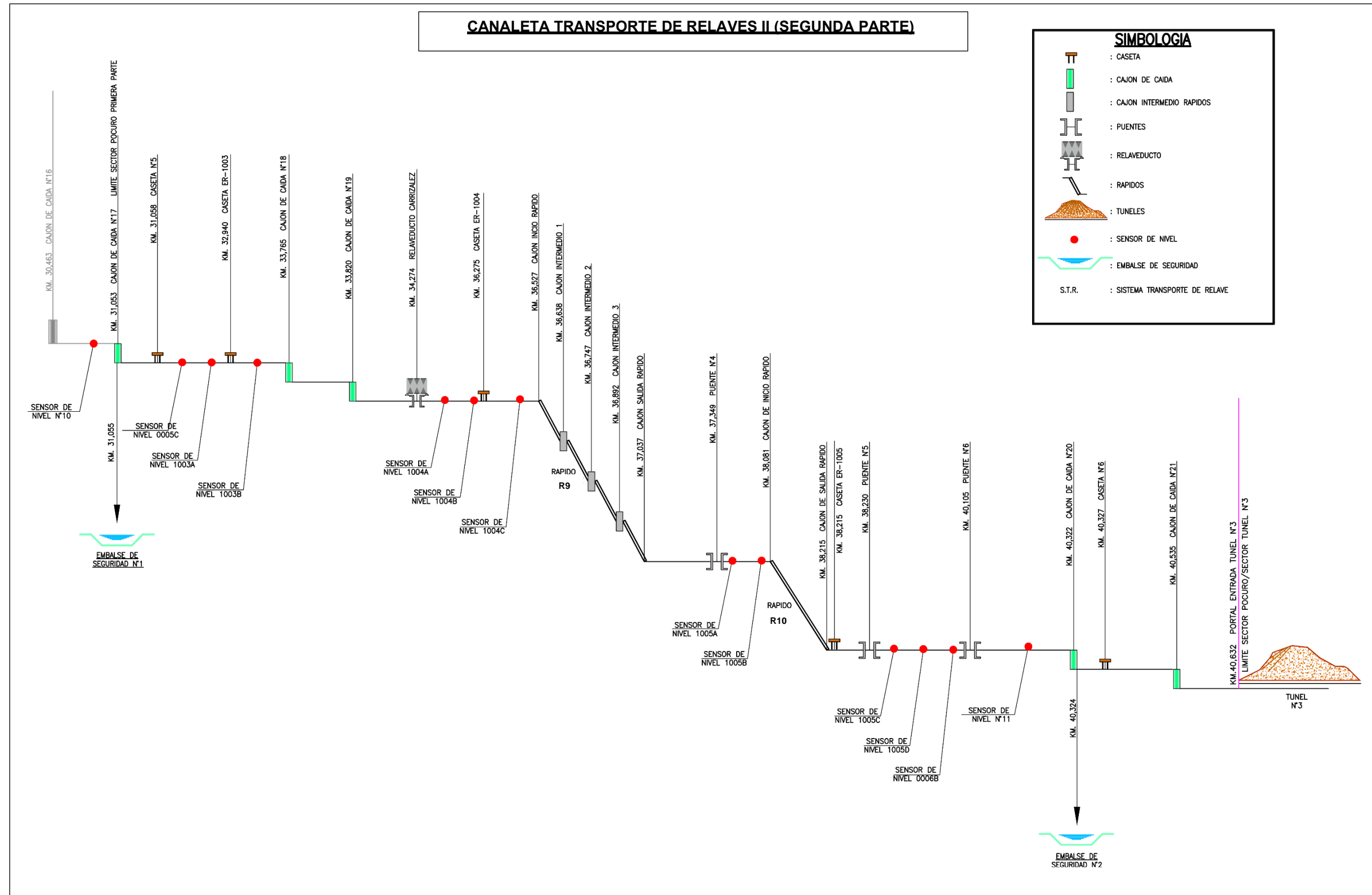


Figura 3-9: STR Sector III

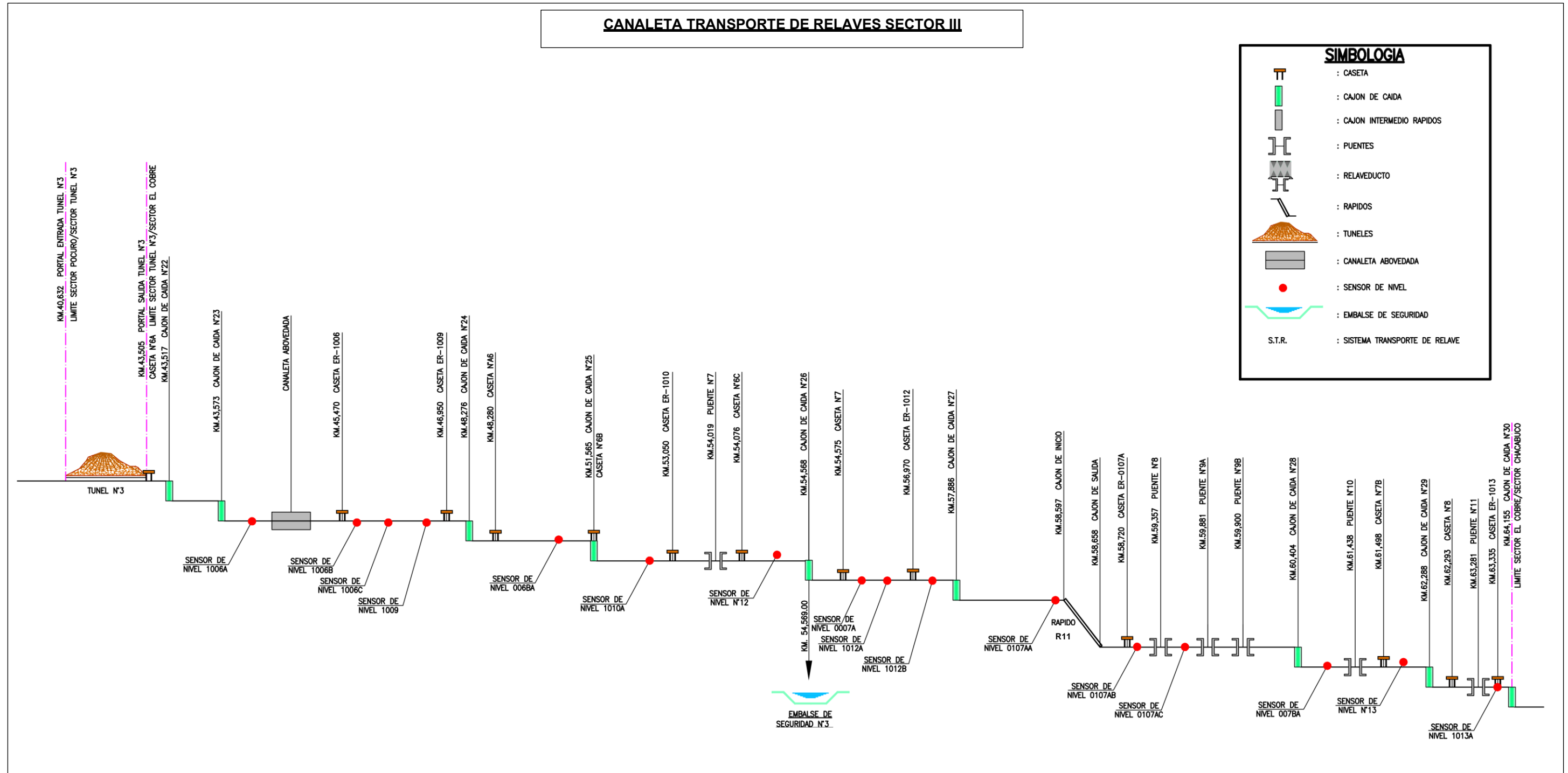


Figura 3-10: STR Sector IV

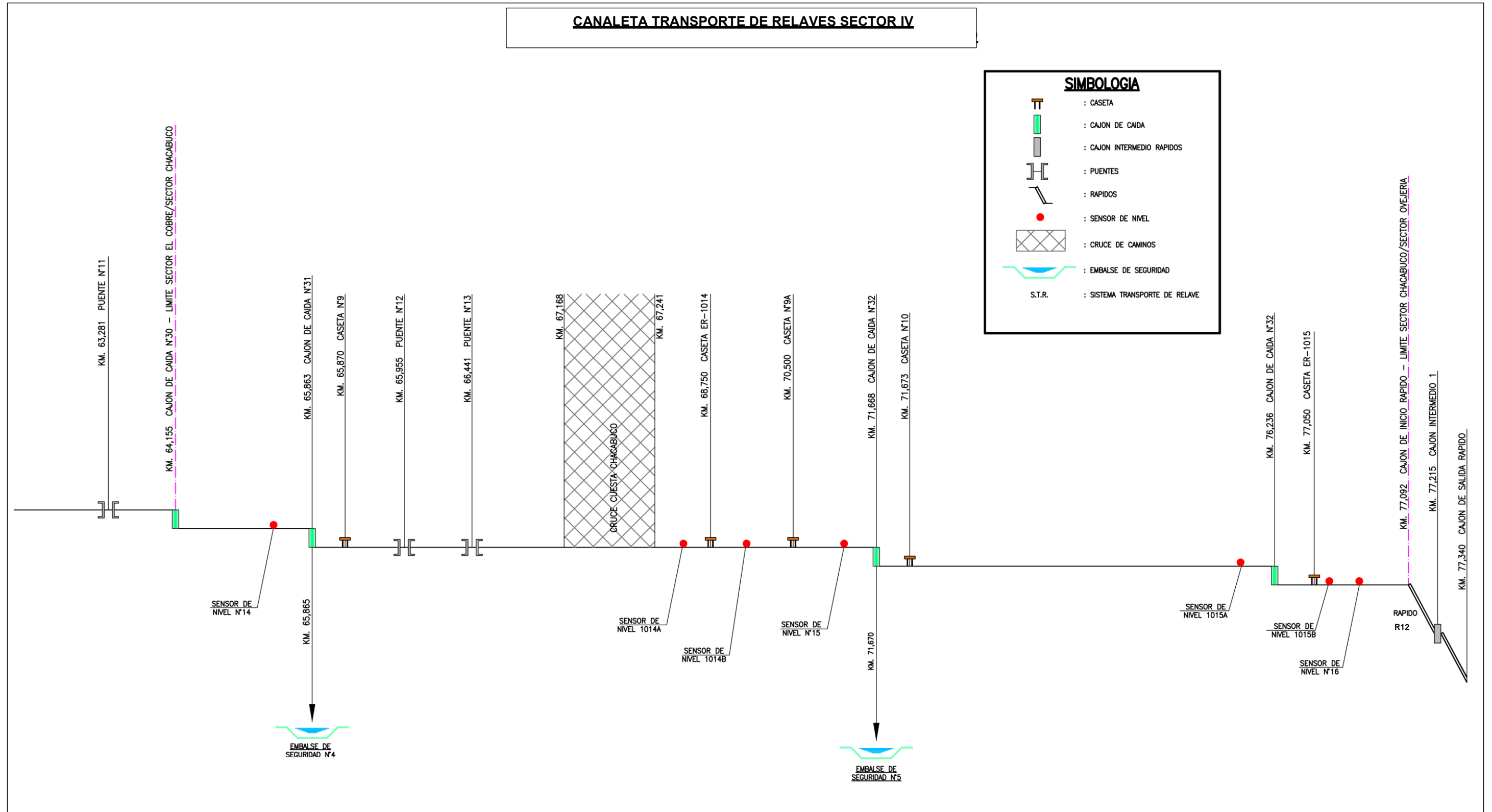


Figura 3-11: STR Sector V

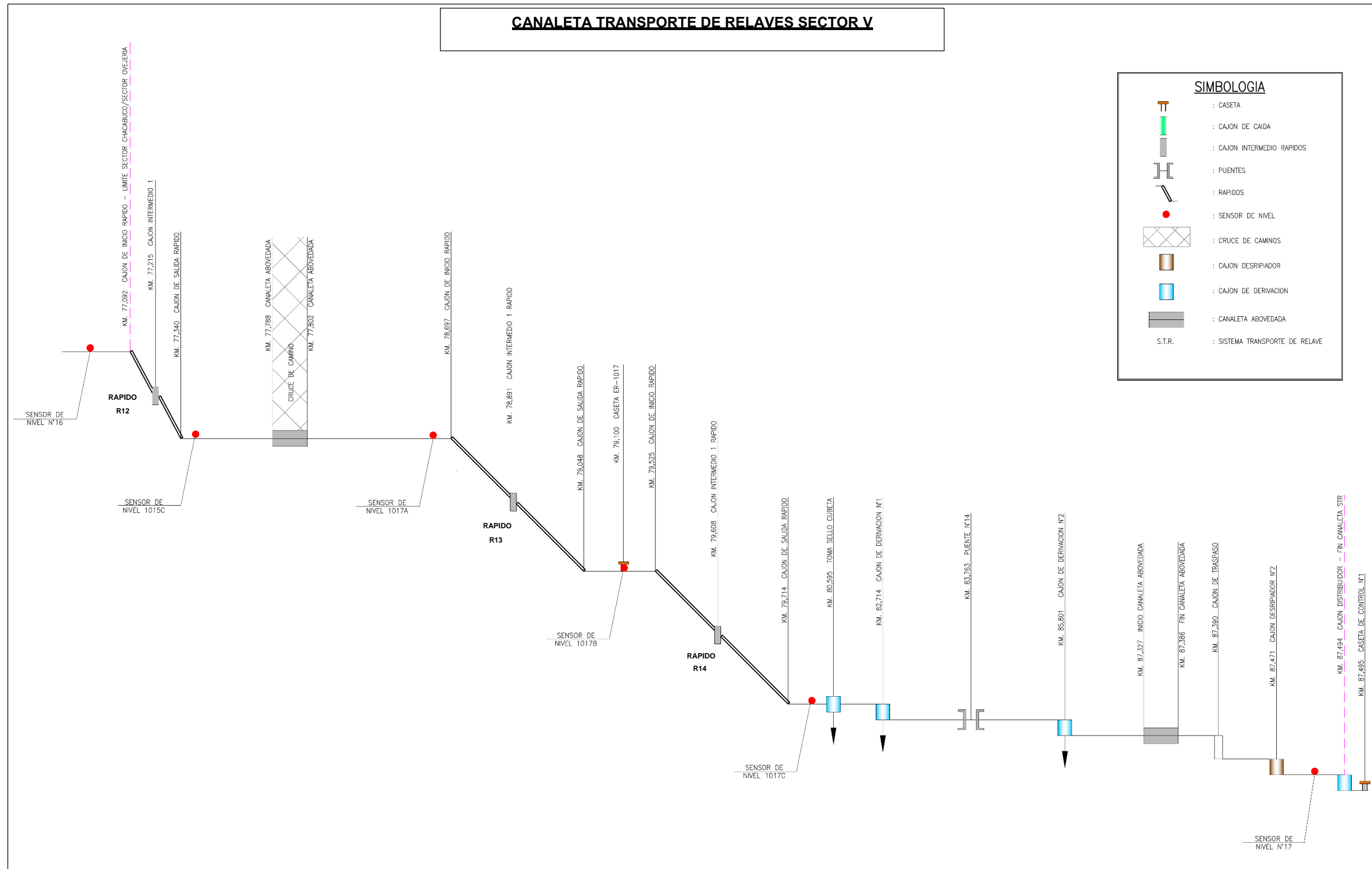


Figura 4-2: Diagrama de Flujos del SDCR y CM

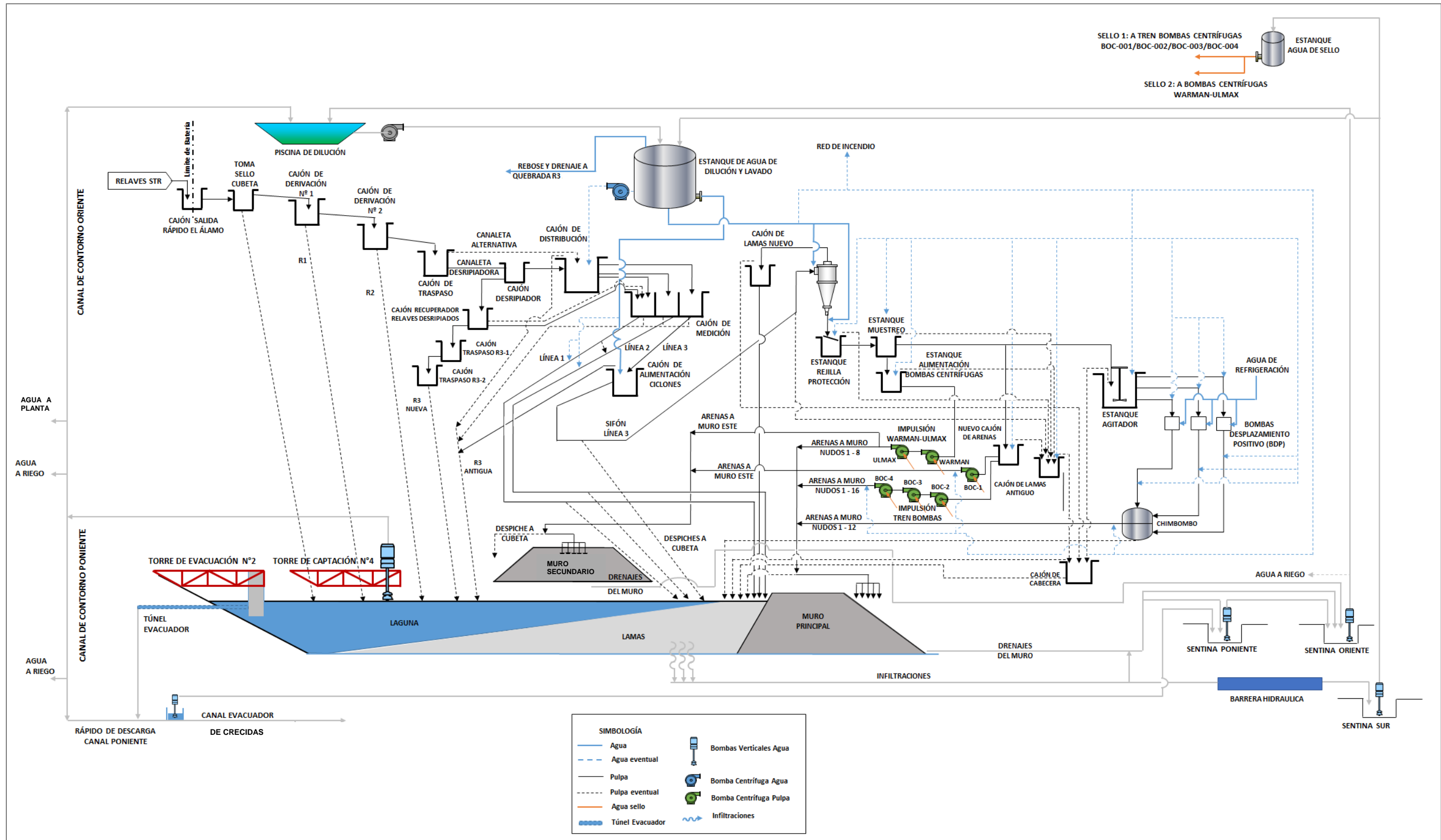


Figura 5-2: Diagrama de flujos Sistema de Manejo de Aguas de Laguna

