TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Aspectos Generales 1
1.2 Sectorización del Área de Influencia y el Área de Interés del Proyecto 1
2. CARACTERIZACIÓN ZONA DE GESTIÓN Y CONTROL 3
2.1 Aspectos Generales 3
2.2 Caracterización General de las Aguas Presentes en la Zona de Gestión y Control 3
3. SISTEMA DE GESTIÓN Y CONTROL 7
3.1 Objetivos 7
3.2 Acciones y Medidas 7
3.3 Obras y Acciones que Componen el Sistema de Gestión y Control 7
3.3.1 Obras y acciones de carácter permanente 8
3.3.2 Acciones de carácter temporal 8
4. SISTEMA DE MONITOREO 11
4.1 Aspectos Generales 11
4.2 Sistema de Monitoreo Aguas Superficiales 11
4.3 Sistema de Monitoreo de Aguas Subterráneas 15
4.4 Sistemas de Monitoreo Adicional 16
5. SISTEMA DE VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO EN ZONA DE SEGUIMIENTO 17
5.1 Aspectos Generales 17
5.2 Línea Base Histórica de Calidad del Agua Superficial 18
5.3 Verificación de Cumplimiento de Línea Base Histórica 19
6. OBRAS DE USO TEMPORAL Y SU SISTEMA DE ACTIVACIÓN 21
6.1 Aspectos Generales 21
6.2 Obras y Acciones de Uso Temporal 21
6.3 Activación de Obras de Uso Temporal 22
7. MANEJO DE CONTINGENCIAS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS 24

HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl



Carlos Espinoza C.
Ingeniero Civil, Ph.D.
Representante Legal HIDROMAS

HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Aspectos Generales

Se ha preparado el presente anexo con el objeto de dar respaldo técnico y conceptual a la propuesta de revisión de la RCA N° 24/2006, en conformidad con el artículo 25 quinquies de la ley 19.300. Para este efecto, en este documento se propone un nuevo Sistema de Monitoreo, Control y Verificación (en adelante e indistintamente, "SMCV") del cumplimiento de dichos compromisos, el cual consiste en:

- Robustecimiento del sistema de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas que fue aprobado por la RCA N°24/2006.
- Implementación de obras y aplicación de acciones que permitan asegurar el cumplimiento de los compromisos de la RCA relativos a calidad de las aguas.
- Verificación del cumplimiento del compromiso de mantenimiento de la calidad de línea base de las aguas superficiales.

La implementación del SMCV tiene por objeto realizar un seguimiento de parámetros fisicoquímicos representativos de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, que se encuentran en el área de influencia y de interés del Proyecto. Respecto de aquel grupo de parámetros indicadores de Drenaje Acido de Rocas (en adelante "Parámetros DAR") se propone además un Sistema de Alerta que active la implementación de medidas y acciones que aseguren la calidad de las aguas superficiales, según lo dispuesto por la RCA N° 24/2006.

1.2 Sectorización del Área de Influencia y el Área de Interés del Proyecto

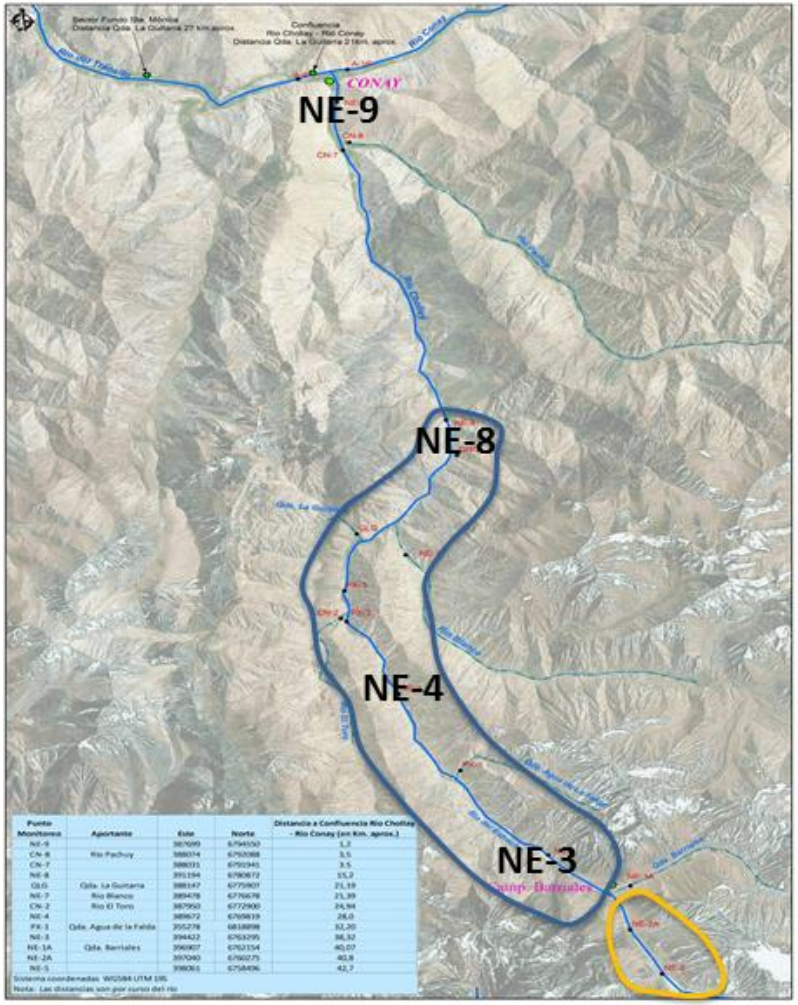
En relación a la ubicación geográfica de las actuales estaciones de monitoreo, control y verificación de la calidad de las aguas superficiales, se propone distinguir las siguientes zonas, de las cuales da cuenta la Figura 1.1:

- Zona de Gestión y Control: Corresponde al sector alto del río del Estrecho, donde se encuentran las obras del sistema de manejo de aguas, y se aplicarán determinadas medidas de gestión con el objeto de mantener la calidad de las aguas superficiales en un nivel similar al de línea base. En ésta se encuentran los puntos de monitoreo NE-2AA[1] y NE-2B.
- Zona de Seguimiento: En esta área se realizará la verificación del cumplimiento de los compromisos de calidad de las aguas superficiales asumidos por el Titular. En ésta se encuentran los puntos de monitoreo NE-3, NE-4 y NE-8.

[1] El actual punto de control NE-2A, será reemplazado por el futuro punto NE-2AA, el que se encuentra localizado 250 m aguas arriba de NE-2A. La razón de este cambio es para reducir la interferencia con la operación de la bocatoma BE-1.

HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

Figura 1.1
Sistema de Gestión y Control



Zona de Gestión y Control

Zona de Seguimiento

DISTANCIA CORTAFUGAS Y ESTACIONES (Km)	
NE-6	1,7
NE-2AA	2,8
NE-2B	4,2
NE-3	7,3
NE-4	16,4
NE-8	30,2
NE-9	45,2

HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

2. CARACTERIZACIÓN ZONA DE GESTIÓN Y CONTROL

2.1 Aspectos Generales

En el sector alto del río del Estrecho, que corresponde a la zona de gestión y control, se localizan las principales obras del sistema de manejo de aguas superficiales y subterráneas del Proyecto. Este sistema contempla, los canales perimetrales Sur y Norte, piscinas de sedimentación, piscinas de acumulación, planta de tratamiento, pozos de monitoreo, entre otras obras e instalaciones.

En la Figura 2.1 se presenta un esquema que ilustra esta área. En dicha figura se muestra la estación de control de aguas superficiales ubicada en el río del Estrecho – denominada NE-2AA – la cual cuenta con un sistema de aforo y muestreo de aguas para análisis de calidad y pertenece al sistema de monitoreo asociado al plan de seguimiento de la calidad del agua superficial aprobado en la RCA 24/2006. La figura también muestra el punto denominado NE-1A, que se ubica en el cauce de la Quebrada Barriales, afluente al río del Estrecho.

2.2 Caracterización General de las Aguas Presentes en la Zona de Gestión y Control

De conformidad con la caracterización de las aguas de esta zona, éstas se clasifican en:

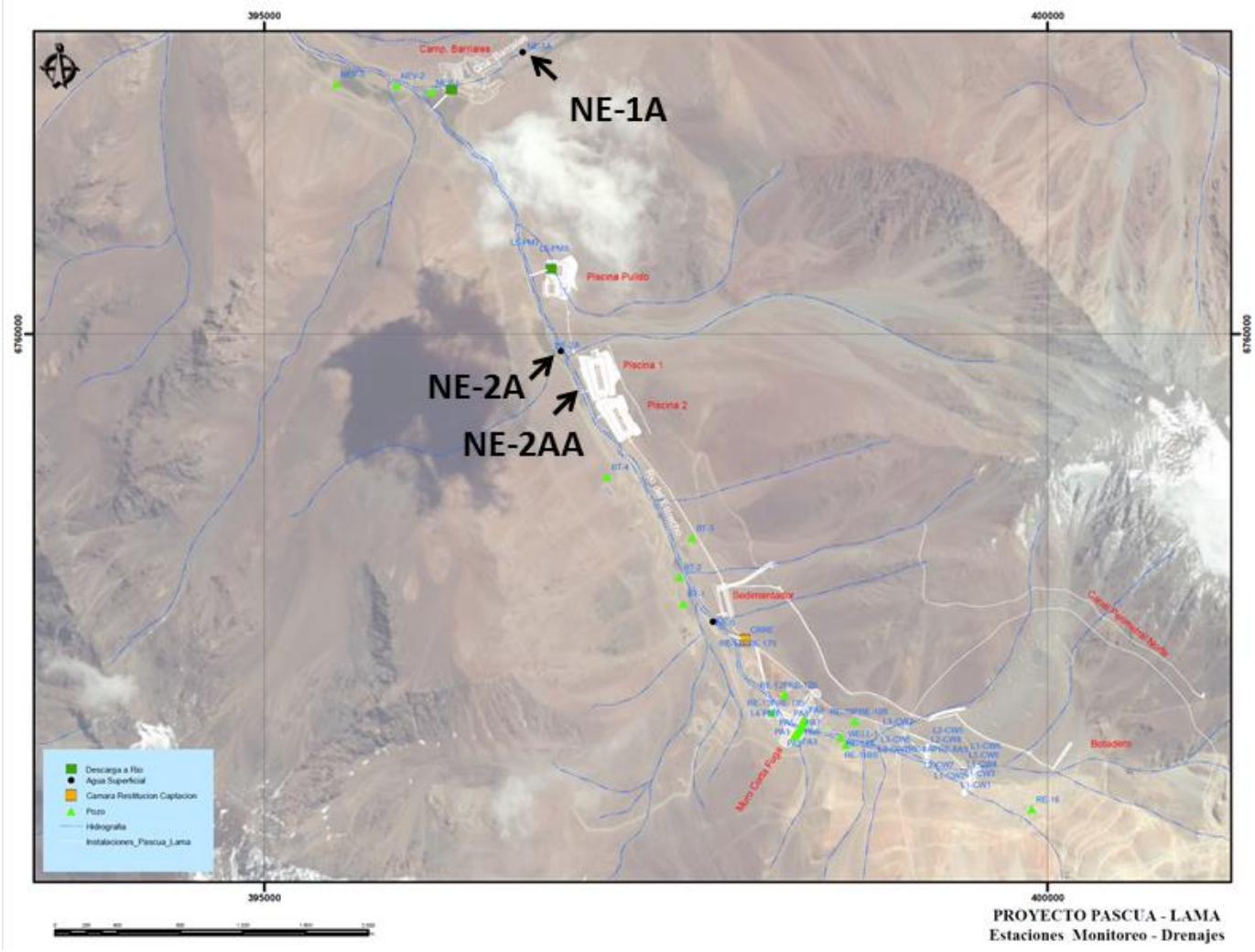
- **Aguas Naturales No Contactadas:** Corresponden a las aguas generadas en los sectores localizados aguas arriba de los canales perimetrales Norte y Sur (provenientes de deshielos glaciares y nivales) y que son conducidas por ellos fuera del área de contacto, sin que éstas sean afectadas por las instalaciones mineras. Su calidad es la natural, sin cambios provocados por potencial contacto con instalaciones del Proyecto.
- **Aguas de Contacto (Sector Aguas Arriba Sistema Cortafugas):** Corresponden a las aguas superficiales y subterráneas provenientes de los sectores bajo los canales perimetrales y aguas arriba de la Zanja Cortafugas. Su calidad puede ser afectada por contacto con las instalaciones del Proyecto, y por lo tanto pueden requerir tratamiento previo a ser descargadas al río del Estrecho.
- **Aguas Naturales Bajo Sistema de Control Aguas de Contacto:** Corresponden a las aguas superficiales y subterráneas que se ubican debajo de la Zanja Cortafugas, pero en áreas donde se localizan obras del Proyecto y donde existen condiciones naturales que pueden afectar su calidad. El movimiento de estas aguas fuera de la Zona de Gestión y Control puede afectar la calidad de las mismas, comprometiendo el cumplimiento de los compromisos de mantención de la línea base histórica.

Lo anterior se observa de manera esquemática en la Figura 2.2. En la Figura 2.3 se presenta un esquema que ilustra las características hidrogeológicas generales de cada subsector en la Zona de Gestión y Control.

El actual punto de control NE-2A, será reemplazado por el futuro punto NE-2AA, el que se encuentra localizado 250 m aguas arriba de NE-2A. La razón de este cambio es para reducir la interferencia con la operación de la bocatoma BE-1.

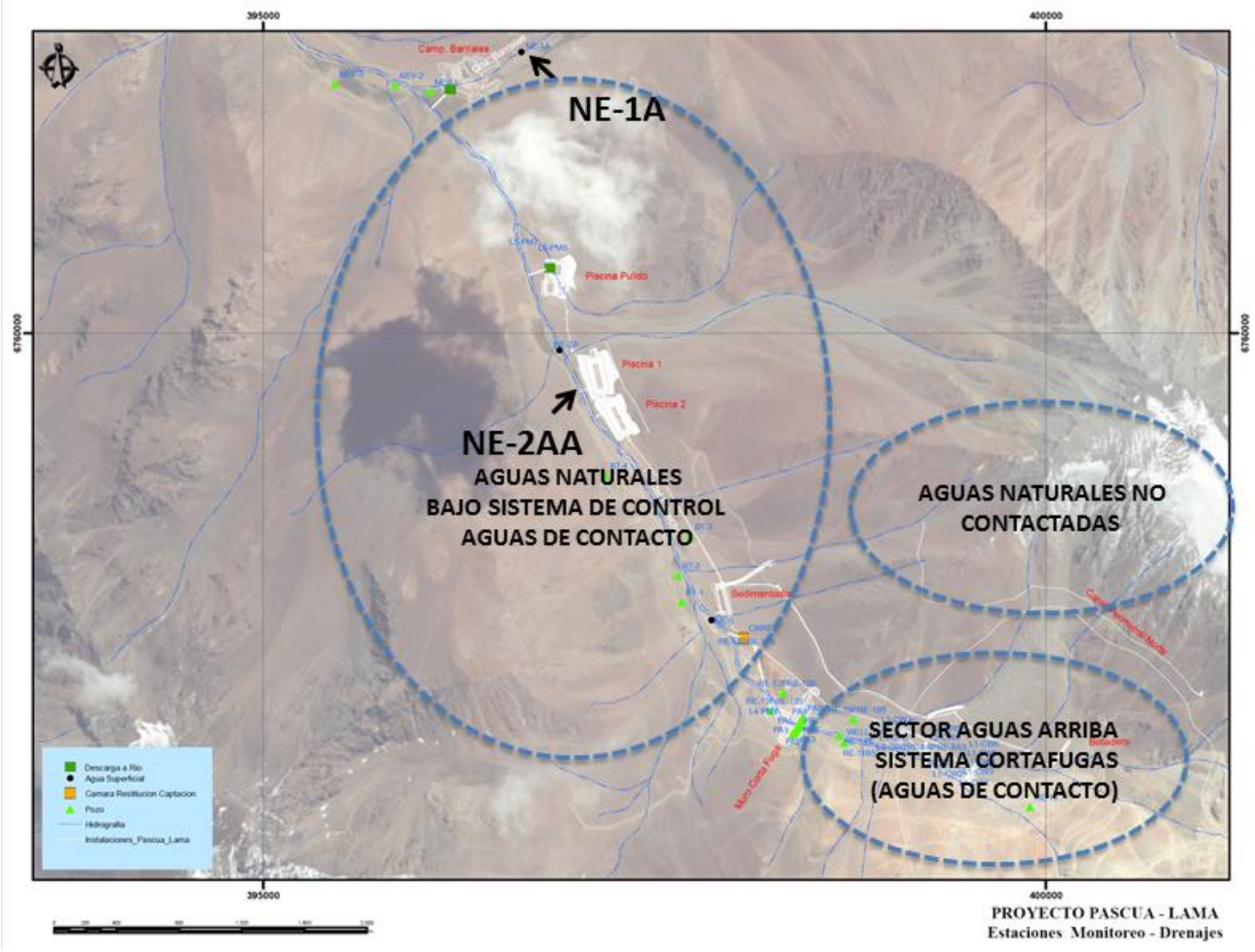
HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

Figura 2.1
Sistema de Gestión y Control en Sector Alto Río del Estrecho



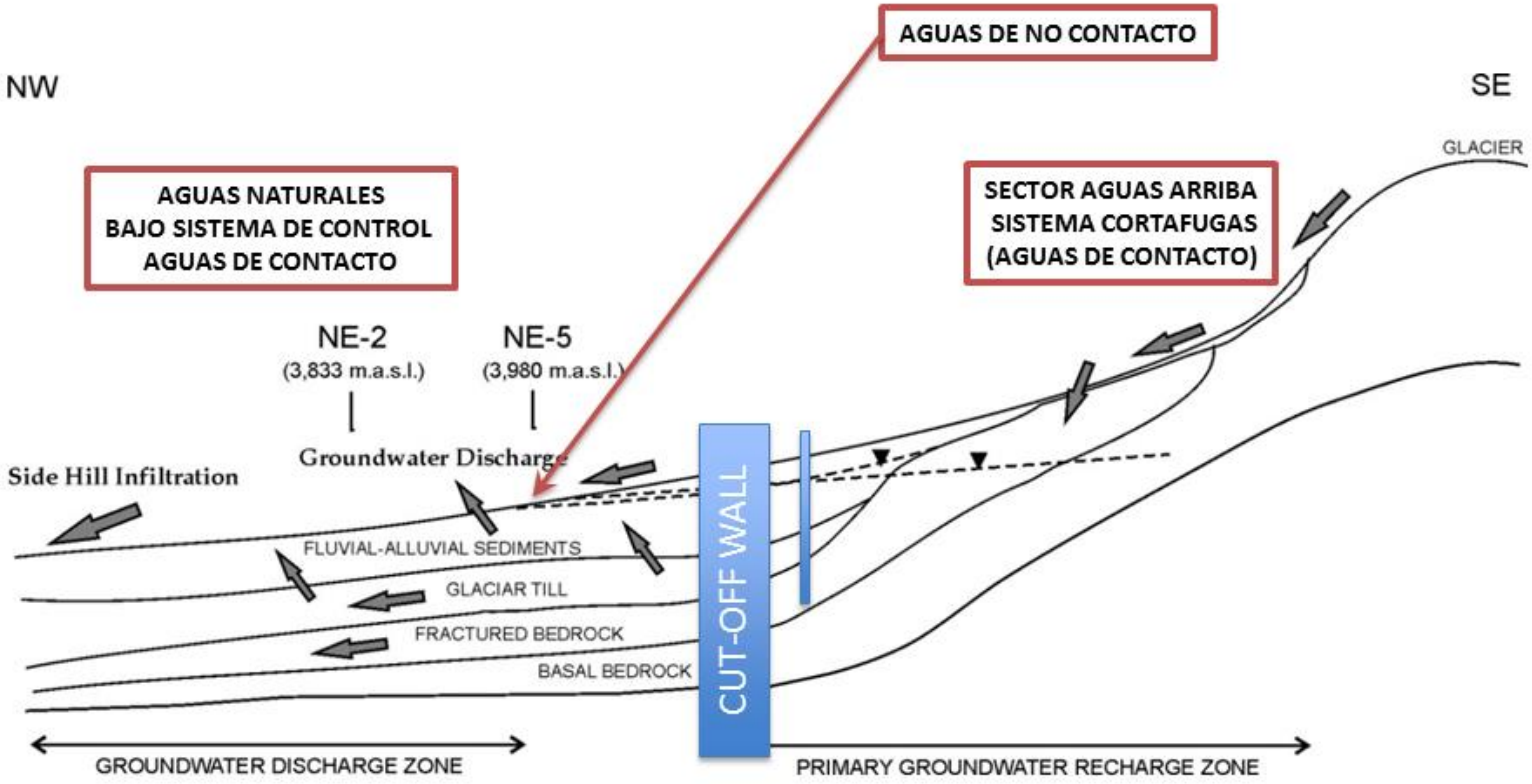
HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

Figura 2.2
Caracterización Esquemática de Tipos de Aguas Localizadas en Sector Alto Río del Estrecho



HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

Figura 2.3
Caracterización Esquemática de Tipos de Aguas Localizadas en Sector Alto Río del Estrecho (Sección Vertical)



HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

3. SISTEMA DE GESTIÓN Y CONTROL

3.1 Objetivos

El Sistema de Gestión y Control tiene por objeto garantizar el cumplimiento del compromiso de calidad de las aguas superficiales, asociado a la mantención de una calidad similar a la calidad natural en la Zona de Seguimiento (NE-3 a NE-8), y de aguas subterráneas en la zona localizada inmediatamente aguas abajo del Sistema de Control de Aguas de Contacto, a través de las obras del sistema de manejo de aguas y la aplicación de medidas de gestión y control temporales[2]. Estas últimas se ejecutan en la Zona de Gestión y Control, y permiten hacerse cargo de situaciones estacionales de empeoramiento de la calidad de las aguas, o de la ocurrencia de eventos de contingencia.

3.2 Acciones y Medidas

A continuación se da cuenta de las obras y medidas de gestión de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, que el titular propone implementar en la Zona de Gestión y Control en conjunto con aquellas que se establecen en la RCA 24/2006:

- Acciones/Obras asociadas al control de la calidad del agua que se monitorea en el sector alto del río del Estrecho:
  - ❑ Acciones/Obras permanentes deben permitir el cumplimiento del compromiso de calidad del agua superficial en Zona de Seguimiento (NE-3, NE-4 y NE-8).
  - ❑ Acciones temporales que se activan para permitir manejo de situaciones estacionales.
  - ❑ Acciones de contingencia, para manejar cambios en la calidad de las aguas subterráneas en la zona aguas abajo de la Zanja Cortafugas.
- Intensificación de Monitoreo:
  - ❑ Se monitoreará el agua que se descarga hacia el sector del río del Estrecho/Chollay en cantidad y calidad en la forma que se señala más adelante.
  - ❑ Se dispondrá de información de monitoreo complementario que permita explicar desviaciones del cumplimiento comprometido (Estaciones de Validación: puntos complementarios fuera del río del Estrecho/Chollay).

3.3 Obras y Acciones que Componen el Sistema de Gestión y Control

Para los efectos de este análisis se han considerado tres tipos de componentes:

- **Obras o acciones permanentes** o asociados a obras físicas a ser desarrolladas en el área
- **Acciones temporales** que se activan en función del sistema de alerta definidos para los parámetros DAR
- **Compromisos de monitoreo**

[2] El término “temporal”, dice relación con que dichas acciones se ejecutarán de forma habitual en determinadas situaciones por un período de tiempo, que se explican en la sección 3.3.2.

3.3.1 Obras y acciones de carácter permanente

Las obras y acciones de carácter permanente se indican en la Figura 3.1 y son las siguientes:

- Planta de tratamiento de Drenaje Ácido de Roca (en adelante, Planta DAR).
- Sistema de control y manejo de aguas de contacto (Zanja Cortafugas, Pozos de Alivio, Pozos de Bombeo, drenes someros).
- Piscinas de acumulación.
- Obras y acciones de recirculación de aguas de contacto hacia sectores localizados aguas arriba de la Zanja Cortafugas, de conformidad a los cambios propuestos en la consulta de pertinencia presentada con fecha 7 de Noviembre 2014 (a través de fog cannons, humectación de caminos, entre otros).
- Sistema de control aguas de no contacto (canales perimetrales Norte y Sur).

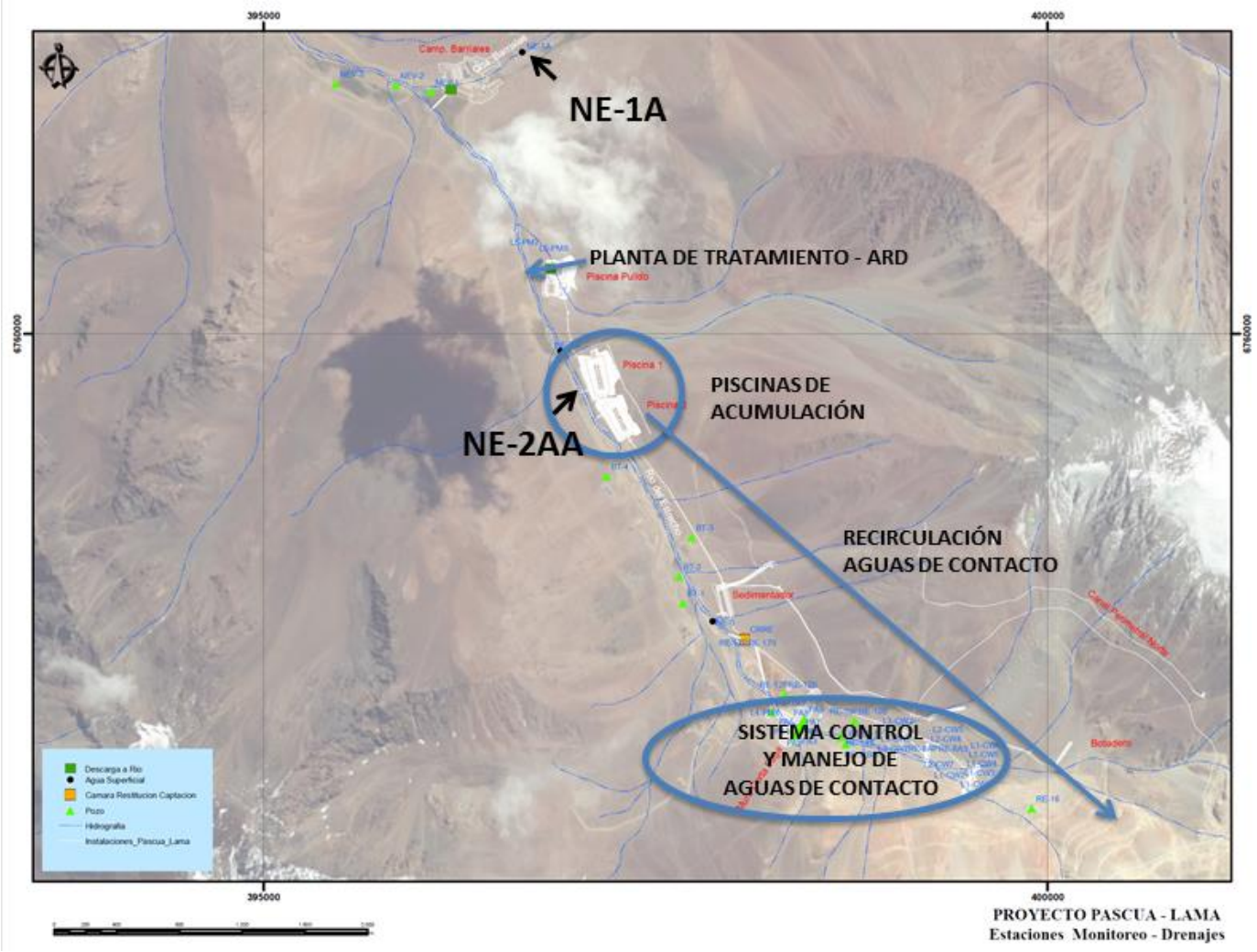
3.3.2 Acciones de carácter temporal

Las acciones temporales habitualmente estarán asociadas a períodos de bajo caudal y se desarrollan en detalle en el punto 6 de este Anexo, cuya activación dice relación con el comportamiento de los parámetros DAR. En resumen, estas acciones son las siguientes:

- La captación de aguas superficiales en el punto BE-1 y su conducción hacia el sistema de acumulación y tratamiento, utilizando obras existentes y derechos de agua actualmente disponibles (y caudal ecológico a respetar), tal como se indica en la Figura 3.2.
- Detención de la descarga de la Planta de Tratamiento de DAR.

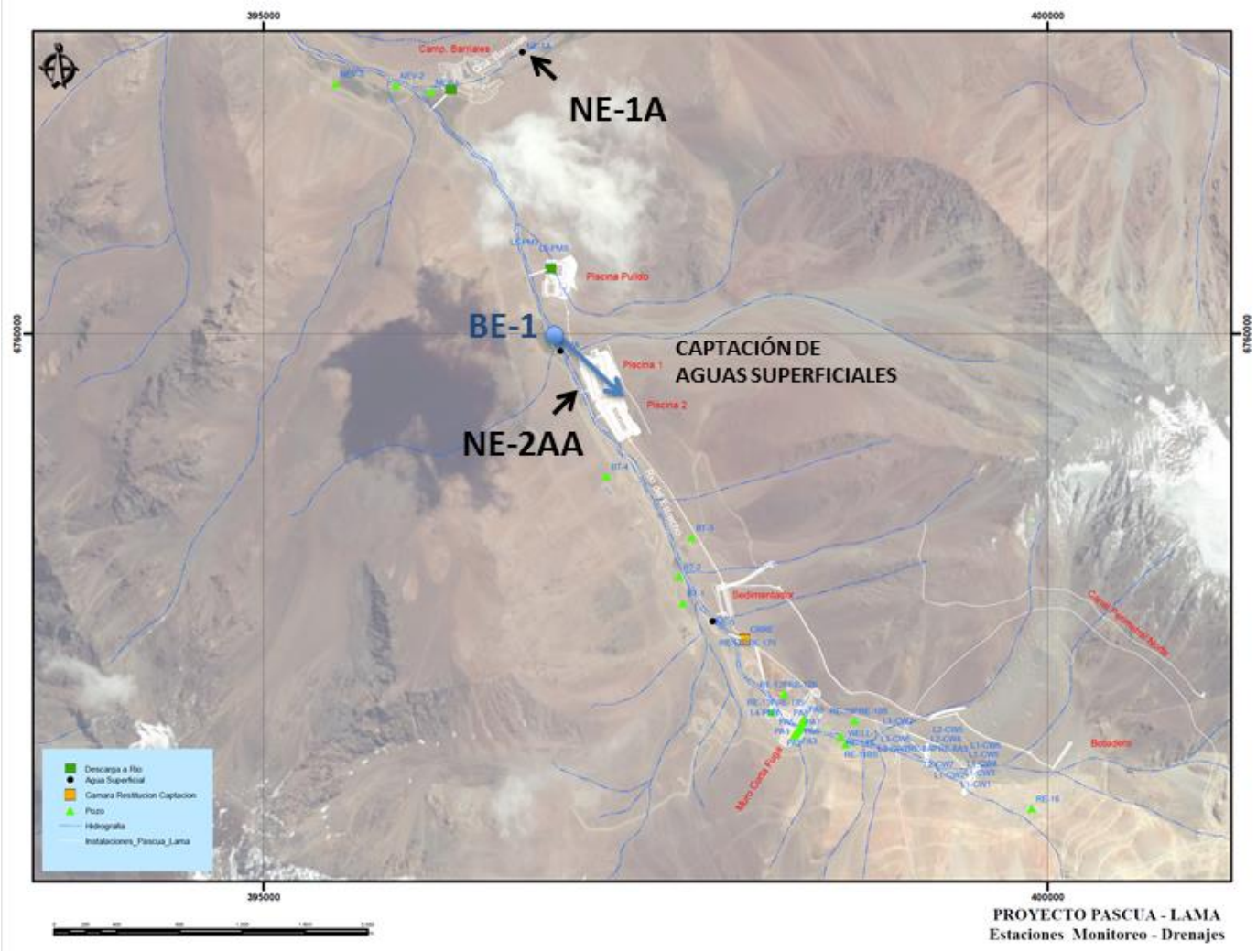
HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

Figura 3.1
Obras/Acciones Permanentes



HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

Figura 3.2
Obras/Acciones Temporales



HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

4. SISTEMA DE MONITOREO

4.1 Aspectos Generales

A continuación se da cuenta de los puntos de monitoreo existentes según lo dispuesto en la RCA 24/2006, más aquellos que se propone adicionalmente implementar a lo largo del río del Estrecho/Chollay, para robustecer el sistema. Se indican también los correspondientes parámetros de seguimientos y frecuencia de muestreo respectivos.

4.2 Sistema de Monitoreo Aguas Superficiales

4.2.1 Puntos de Monitoreo

Tal como se indica en la Figura 4.1, se han identificado puntos de monitoreo en cuatro sectores o áreas específicas:

- Estaciones de Control y Gestión.
- Estaciones de Seguimiento.
- Estaciones de Monitoreo.
- Estaciones de Validación.

a) Estaciones de Control y Gestión

El objetivo de las estaciones de Control y Gestión (NE-2AA, NE-2B, y también incluyendo NE-3) es dar cuenta de la calidad del agua en el sector alto del río del Estrecho para determinar el efecto de las acciones u obras permanentes y/o temporales y de las medidas de manejo que se adopten en el futuro. Estas estaciones cuentan con una frecuencia de monitoreo de nivel horario (con sistemas de medición en línea) y también semanal (con muestras para análisis químicos en laboratorio).

b) Estaciones de Seguimiento

Las estaciones de Seguimiento (NE-3, NE-4 y NE-8), estas tienen como objetivo verificar el cumplimiento de los objetivos preservación de calidad de aguas definidos en función de lo observado en la línea base del Proyecto. Estas estaciones cuentan con una frecuencia de monitoreo de nivel horario (sólo para NE-3) y semanal (con muestras para análisis químicos en laboratorio).

c) Estaciones de Monitoreo

Las estaciones denominadas “de monitoreo” tienen como objetivo levantar información adicional y complementaria. Dentro de estas estaciones, la estación de Monitoreo NE-9 se define como un complemento, basado en la responsabilidad social empresarial de CMN, a la zona de Seguimiento, ya que permite verificar las calidades observadas en el río Chollay antes de la confluencia con el río Conay, en un tramo en que se reconocen intervenciones de terceros, que extraen y devuelven agua al río. Adicionalmente este punto permite establecer un canon de comparación con las medidas que realiza la DGA en el mismo sector. Esta estación se compromete con una frecuencia de monitoreo de nivel

mensual (con muestras para análisis químicos en laboratorio).
Adicionalmente se considera en esta categoría a las estaciones NE-5 y NE-6 que se localizan en la zona alta del rio Estrecho, inmediatamente aguas abajo del sistema de control de aguas de contacto. Es importante mencionar que en el largo plazo se considera la eliminación de la estación NE-5 y su reemplazo, como indicador de la naciente del río del Estrecho, por la estación NE-6. Esto se haría posterior a disponer de información conjunta de al menos 2 años de seguimiento de ambas estaciones.

d) Estaciones de Validación

En cuanto a las estaciones de Validación (NE-1A, PX-1, CN-2, QLG, NE-7 y CN-8), estas tienen como objetivo verificar el comportamiento "natural" de la cuenca del río del Estrecho/Chollay en lo que se refiere a los aportes laterales principales reconocidos, en aquellos casos en que se observen variaciones de calidad en los puntos de la zona de Seguimiento que no puedan ser atribuidos a la actividad del Proyecto en la parte alta del río del Estrecho. Estas estaciones cuentan con una frecuencia de monitoreo de nivel mensual (con muestras para análisis químicos en laboratorio).

En la Tabla 4.1 se resumen los puntos de monitoreo propuestos a lo largo del río del Estrecho/Chollay en términos de las estaciones antes señaladas.

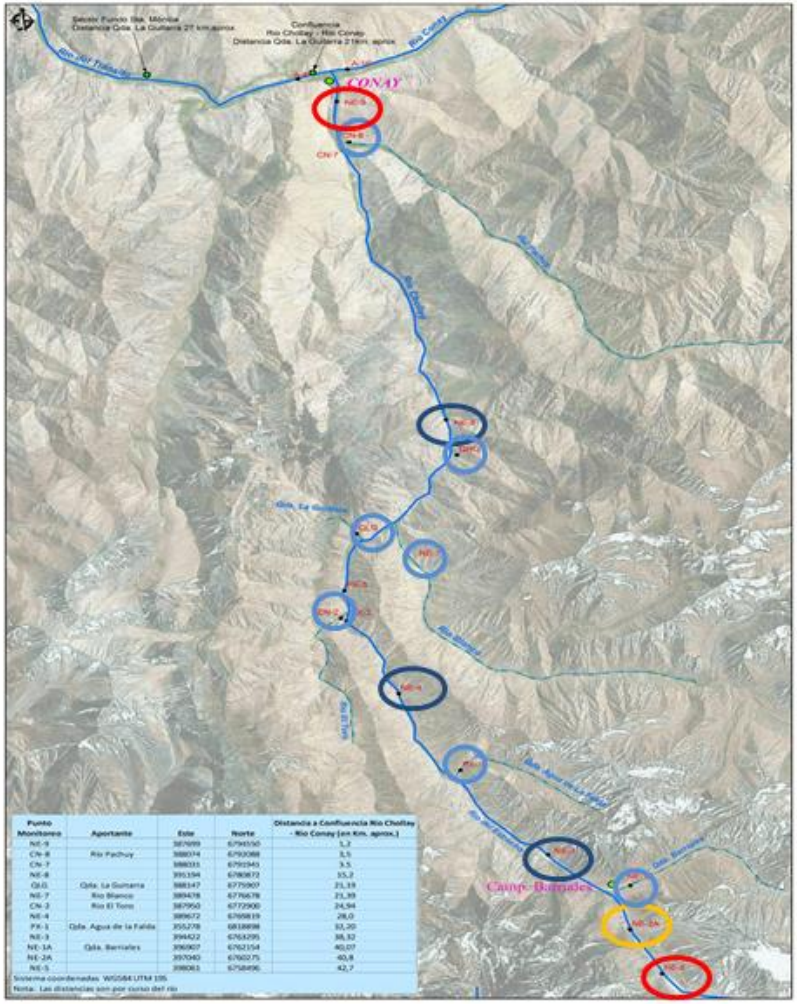
Tabla 4.1
Puntos de Monitoreo Comprometidos y Frecuencia de Medición

TIPO ESTACIÓN	PUNTO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN		
		HORARIA	SEMANAL	MENSUAL
ESTACIONES DE GESTIÓN Y CONTROL	NE-2AA	X	X	
	NE-2B	X	X	
ESTACIONES DE SEGUIMIENTO	NE-3	X	X	
	NE-4		X	
	NE-8		X	
ESTACIONES DE VALIDACIÓN	NE-1A			X
	PX-1			X
	CN-2			X
	QLG			X
	NE-7			X
	CN-8			X
ESTACIONES DE MONITOREO	NE-5*			X
	NE-6*			X
	NE-9			X

***Ambas estaciones, NE-5 y NE-6 funcionarán al menos 2 años en paralelo, para posteriormente eliminar NE-5.**

HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

Figura 4.1
Puntos de Monitoreo En Zona de Seguimiento (Aguas Superficiales)



Estación de Control y Gestión

Estación de Seguimiento

Estación de Monitoreo

Estación de Validación

DISTANCIA CORTAFUGAS Y ESTACIONES (Km)	
NE-6	1,7
NE-2AA	2,8
NE-2B	4,2
NE-3	7,3
NE-4	16,4
NE-8	30,2
NE-9	45,2

HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia

4.2.2 Parámetros de Monitoreo y su Frecuencia

Tal como se ha indicado previamente, existen compromisos para monitoreo de diferentes parámetros de interés, los que varían según el nivel de detalle de la medición: Horario o Semanal/Mensual.

a) Plan de Monitoreo Continuo de Caudal y Parámetros Globales

El compromiso de monitoreo continuo de caudal y parámetros globales (Nivel Horario, para efecto de establecer los promedios de 24 horas) establece la medición continua de los siguientes parámetros (en cada punto de monitoreo comprometido):

- Caudal, Q
- pH
- Conductividad Específica, CE
- Temperatura, T

El sistema de medición corresponde a un sensor automático que permite hacer la medición directa de estas variables en el punto de monitoreo.

b) Plan de Monitoreo Semanal

En lo que respecta al compromiso de monitoreo a una escala semanal se consideran los siguientes parámetros, que son básicamente los mismos ya comprometidos para seguimiento de DAR en la RCA 24/2006:

- Caudal, Q
- pH
- Conductividad Específica, CE
- Sulfatos, SO4
- Aluminio, Al
- Arsénico, As
- Cobre, Cu
- Hierro, Fe
- Manganeso, Mn
- Zinc, Zn

c) Plan de monitoreo Mensual

Adicionalmente se considera la medición mensual, dentro de los primeros 5 días del mes, y en todos los puntos de monitoreo (Estaciones de Control, Estaciones de Seguimiento, Estaciones de Validación y Estaciones de Monitoreo) del resto de los parámetros.

4.3 Sistema de Monitoreo de Aguas Subterráneas

Tal como se indica en la Tabla 4.2 se han identificado puntos de monitoreo para aguas subterráneas (cantidad y calidad) en diversos sectores a lo largo del río del Estrecho. Estos puntos corresponden a los que históricamente se han monitoreado en el área de influencia del proyecto Pascua Lama.

Tabla 4.2
Puntos de Monitoreo de Aguas Subterráneas

POZO	UBICACIÓN	
	UTM – N (m)	UTM – E (m)
RE-6	6.756.974	399.657
RE-8A (S)	6.757.346	399.303
RE-8A (P)		
RE-15	6.757.442	398.728
RE-17 (S)	6.758.024	398.087
RE-17 (P)		
BT-1	6.758.304	397.671
BT-2	6.758.475	397.649
BT-3	6.758.723	397.727
NEV-3	6.761.623	395.459

DATUM: WGS84

En cada caso se considera la toma de muestra con una frecuencia mensual. Se incluye la medición del nivel de agua subterránea y el mismo conjunto de parámetros físico-químicos que para las muestras de aguas superficiales.

Adicionalmente, se han incorporado dos pozos de monitoreo asociados al seguimiento de las aguas subterráneas bajo el sistema Cortafugas, los que permitirán la activación o desactivación del bombeo desde la línea de pozos L4.

Tabla 4.2
Puntos de Monitoreo de Aguas Subterráneas

POZO	UBICACIÓN	
	UTM – N (m)	UTM – E (m)
G2014-03P	6.757.968	398.560
G2014-03S	6.757.971	398.551

DATUM: PSAD56, Huso 19S

HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

4.4 Sistemas de Monitoreo Adicional

Tal como se indicó previamente, también se considera el reforzamiento de los sistemas de monitoreo, entre los que se incluye los siguientes temas:

- Instalación de punto de monitoreo superficial en NE-2B aguas abajo de punto de descarga de la Planta de Tratamiento DAR.
- Instalación de punto de monitoreo superficial NE-6 entre NE-5 y NE-2A.
- Pozos de monitoreo (nivel y calidad) sector Zanja Cortafugas.
- Pozos de monitoreo sectores laterales bajo Zanja Cortafugas.
- Instrumentación asociada a líneas de conducción N°2 y N°5.
- Instrumentación en líneas de pozos de bombeo L1, L2 y L4.

Todos estos puntos se cubren en detalle en el documento de Flúor, N° P5SL-6400-25RP-0351 MEMORIA DESCRIPTIVA.

5. SISTEMA DE VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO EN ZONA DE SEGUIMIENTO

5.1 Aspectos Generales

El objetivo del Sistema de Verificación del Cumplimiento es verificar el compromiso de mantención de calidad del agua superficial según lo establecido en la "Línea Base Histórica", en la Zona de Seguimiento (NE-3, NE-4 y NE-8). Este sistema de cumplimiento se ha extendido para abarcar también el nuevo punto de monitoreo NE-2B, como un punto de verificación adicional.

A nivel espacial el análisis se realiza en el tramo del río del Estrecho/Chollay denominado como "Zona de Seguimiento", el que incluye los puntos de monitoreo NE-3, NE-4 y NE-8, incorporando adicionalmente el punto NE-2B que corresponde al sector localizado inmediatamente aguas arriba de la confluencia con Quebrada Barriales. No obstante esto último, se hace presente que la zona alta del río del Estrecho (aguas arriba de la confluencia con Quebrada Barriales) no se considerará como parte del sistema de verificación del cumplimiento, sino que es el sector en el cual se implementan las diversas acciones de control que se especifican en el Capítulo 3 para mantener la calidad de las aguas superficiales en la Zona de Seguimiento.

Desde un punto de vista temporal el sistema de cumplimiento busca verificar que no existan tendencias de cambio de la calidad del agua asociadas a las descargas de aguas de contacto hacia el cauce del río del Estrecho. De esta manera, el seguimiento al cumplimiento de la calidad del agua superficial se hace sobre la base de una mirada trimestral, lo que incluye la situación del mes actual (n) y de los dos meses anteriores (n-1 y n-2).

El uso de las obras o acciones permanentes y temporales, así como el manejo de las posibles contingencias asociadas al Sistema Cortafugas, son las que permiten controlar la calidad del agua superficial en la Zona de Seguimiento, así como la calidad del agua subterránea en el sector localizado aguas abajo de a Zanja Cortafugas.

Este Sistema de Verificación de Cumplimiento es un reflejo del efecto final de las actividades que el proyecto Pascua Lama desarrollará para mantener en sus niveles de línea base la calidad del agua superficial. De esta forma, el Sistema de Cumplimiento que se ha diseñado considera que al inicio de cada mes se analizarán las muestras obtenidas en las cuatro semanas anteriores y se tomará el promedio de dichos datos como valor característico del mes para los parámetros DAR. Para el resto de los parámetros, el valor característico corresponderá a la medición mensual. Este valor característico se utilizará para verificar el compromiso de mantención de la línea base histórica (en las estaciones NE-2B, NE-3, NE-4 y NE-8), según lo que se establece en esta sección del documento. La secuencia de análisis a utilizar es la siguiente:

- Etapa 1. Verificación temporal de las no excedencias totales para el último período trimestral, por estación, y por parámetro.
- Etapa 2. Verificación espacial del cumplimiento de calidad del agua en la Zona de Seguimiento (NE-3, NE-4 y NE-8).

5.2 Línea Base Histórica de Calidad del Agua Superficial

Para los efectos de este análisis se considera que la línea base de calidad, del agua superficial, a partir de la información registrada en los diferentes puntos de monitoreo, hasta la última fecha previa al inicio de la construcción del mismo. Esta fecha límite se ha considerado como Septiembre de 2009.

De esta forma, se ha realizado el análisis de la información disponible y se han determinado, como se muestra en la Tabla 5.1, los valores límite máximo y mínimo para el pH, y los valores máximos históricos para los otros 8 parámetros incorporados en el seguimiento de Drenaje Ácido de Roca (DAR), en los puntos NE-2A hasta NE-8:

- Aluminio Total.
- Arsénico Total.
- Cobre Total.
- Conductividad Específica.
- Hierro Total.
- Manganeso Total.
- Sulfato.
- Zinc Total.

Tabla 5.1
Valores de Línea Base Histórica para Parámetros DAR

Párametro	Unidades	NE-2A	NE-3	NE-4	NE-8
pH (MÍN)	(u.pH)	3,85	2,68	3,69	4,47
pH (MÁX)	(u.pH)	8,83	7,99	7,99	7,99
Al Tot	(mg/l)	213	30	44	23
As Tot	(mg/l)	0,55	0,07	0,12	0,03
Cu Tot	(mg/l)	1,80	0,86	1,10	1,20
CE	(µS/cm)	1271	670	2500	702
Fe Tot	(mg/l)	178	21,4	33,2	19
Mn Tot	(mg/l)	28,2	13,9	6,5	1,7
SO4	(mg/l)	849	343	284	335
Zn Tot	(mg/l)	9,4	3,6	3,2	3,5

El mismo Sistema de Verificación de cumplimiento se aplicará para el resto de los parámetros que el proyecto considera, y que se detallan en Anexo N°1.

5.3 Verificación de Cumplimiento de Línea Base Histórica

a. Etapa 1. Verificar Calidad del Agua Superficial, Nivel Trimestral, Por Estación

En esta etapa se verificará la mantención de la calidad del agua superficial, con respecto a la línea base histórica, en los puntos de monitoreo en la Zona de Seguimiento (NE-3, NE-4 y NE-8) y en NE-2B, considerando lo siguiente:

- Concentración característica en cada mes no debiera ser superior a la línea base que históricamente se ha medido en los puntos de monitoreo (Tabla 5.1) En el caso del pH se evalúa que el dato medido esté dentro del rango histórico.
- Se utilizará la información histórica del punto NE-2A para calcular valores máximos en punto de monitoreo (NE-2B), y para cada parámetro de monitoreo.
- El valor límite utilizado será único a nivel anual (por estación de monitoreo y parámetro). No se consideran variaciones estacionales.

De esta manera, en esta etapa se considerará que para un determinado mes (n), en una estación de monitoreo específica (NE-2B, o NE-3, NE-4 y NE-8) hay un incumplimiento de las "condiciones de la línea base", si en los meses n, n-1 y n-2, las concentraciones características son superiores a la línea de base para esa estación y para un parámetro específico.

b. Etapa 2. Verificación del cumplimiento de calidad del agua en la Zona de Seguimiento

Se considerará que para el mes actual, y para cada parámetro, la condición de línea base histórica se mantiene, si se da cualquiera de las dos condiciones siguientes (una u otra) tal como se observa en la Tabla 5.2:

- Al menos dos de las estaciones de monitoreo localizadas en la Zona de Seguimiento (NE-3, NE-4 y NE-8), cumplen simultáneamente con estar bajo la línea base histórica registrada en dichas estaciones, durante los meses n, n-1 y n-2 (Casos C1, C2, C3 o C4).
- La estación de monitoreo NE-2B cumple con la condición de línea base histórica durante los meses n, n-1 y n-2 (CASO C5).

Para cualquier otra condición, diferente a las indicadas en la Tabla 5.1, se considera que hay incumplimiento de la mantención de la línea base.

El objetivo principal en este sistema de seguimiento es verificar el cumplimiento del compromiso de mantención de calidad de línea base de todos los parámetros establecidos en el Anexo N°1.

Respecto de los parámetros DAR, el sistema contempla además un sistema de alerta y de implementación de medidas temporales según se detalla en el capítulo siguiente.

Lo anterior, sin perjuicio del cumplimiento de los límites de descarga aplicables a la Planta DAR y a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

Tabla 5.2
Condiciones de Cumplimiento de Mantención de Línea Base

CASO	C1	C2	C3	C4	C5
NE-2B					
NE-3					
NE-4					
NE-8					

Cumple LB Histórica

No Cumple LB Histórica

HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

6. OBRAS DE USO TEMPORAL Y SU SISTEMA DE ACTIVACIÓN

6.1 Aspectos Generales

Existen diversas situaciones de origen natural, asociadas a condiciones específicas del sistema hidrológico del río del Estrecho en su tramo superior (ver Figura 2.3), en las cuales la calidad del agua superficial en dicho sector, en relación a los parámetros de DAR, puede verse alterada y por ende afectar la calidad en la zona de seguimiento localizada aguas abajo de ella, lo que en definitiva podría generar una situación futura de incumplimiento en el tramo que comprende los puntos de control NE-3, NE-4 y NE-8.

El diseño de las obras permanentes para el control de las aguas de contacto (Zanja Cortafugas, pozos de alivio y de bombeo, así como drenes superficiales) se basa en el conocimiento de condiciones técnicas previamente identificadas en el área localizada aguas arriba de la Zanja Cortafugas, entre las cuales se considera el afloramiento de aguas subterráneas más profundas debido a la ocurrencia de recargas intensas durante los períodos de derretimiento (fines de primavera y comienzos del verano).

Estas características también se pueden presentar en la zona alta del río del Estrecho, en el tramo entre la zanja y la unión con la quebrada Barriales, las que pueden provocar el afloramiento de estas aguas subterráneas naturalmente de mala calidad, las que al movilizarse hacia el sector de la estación de control NE-2AA pueden provocar un escurrimiento con concentraciones, de algunos compuestos, superiores a lo históricamente observado en estos sectores en el agua superficial. La contención/manejo de estas aguas de mala calidad es importante para prevenir un cambio negativo en la calidad del agua en el tramo bajo de la cuenca (NE-3 a NE-8).

Otra situación práctica que se incluye en este conjunto de obras o acciones de uso temporal, es la detención de la descarga de la Planta de Tratamiento DAR, considerando que, en determinadas ocasiones debido a la concentración específica de la zona de descarga y al caudal transportado por el río del Estrecho, su descarga puede provocar un efecto en la calidad del agua en la Zona de Cumplimiento, por lo cual si bien la Planta es una obra permanente, la descarga de su efluente tratado se considera una acción temporal que debe ser analizada en función de las condiciones del río del Estrecho.

6.2 Obras y Acciones de Uso Temporal

Tal como se ha mencionado, esta situación corresponde a la existencia de aguas superficiales de mala calidad natural que se pueden generar bajo la zona del sistema de control de las aguas de contacto (aguas arriba de NE-2AA), y que pueda resultar en la salida de esa agua hacia la parte baja del río del Estrecho/Chollay y por consecuencia llevar a la excedencia de la línea base histórica en una o más de una de las estaciones de control a lo largo de la Zona de Seguimiento.

Existen dos medidas o actividades de gestión temporal, las que se indican a continuación y se presentan en la Figura 6.1:

- Captación de aguas del río del Estrecho y conducción hacia piscinas de acumulación.
- Paralización de descarga de la Planta de Tratamiento.

El uso de ambas medidas, permitirá mejorar la calidad del agua hacia los sectores localizados aguas abajo. El efecto directo de su aplicación se observará al comparar las condiciones de calidad en los puntos de control NE-2AA y NE-2B.

6.3 Activación de Obras de Uso Temporal

La activación de estas medidas dependerá de la superación de los umbrales de calidad definidos por la correlación encontrada entre la conductividad específica y los parámetros DAR, para lo cual se considera la medición en línea de este parámetro para dar inicio a la acción temporal de gestión para posteriormente analizar esta acción con los parámetros de calidad que se toman a nivel semanal.

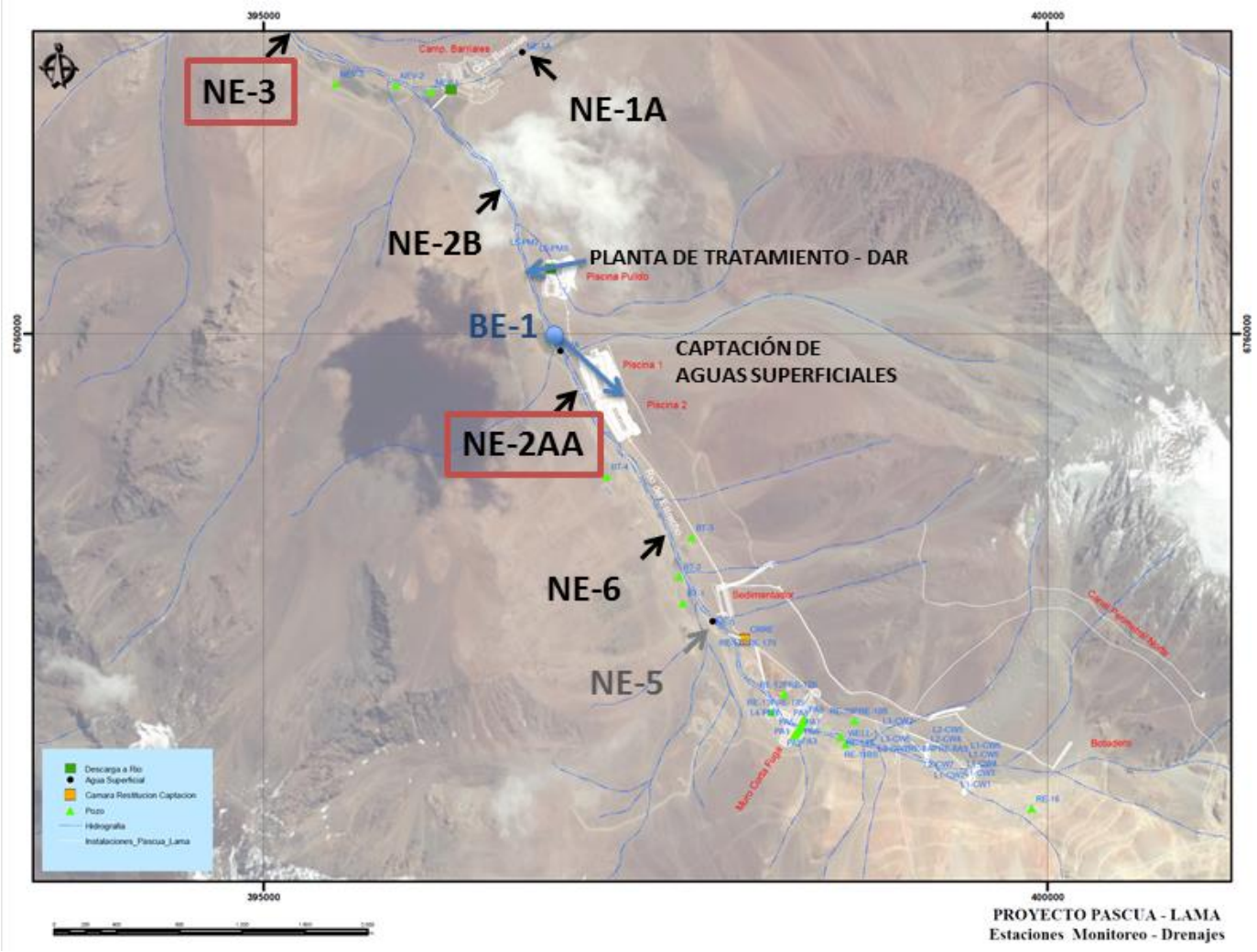
De conformidad a lo anterior, se ha estudiado la correlación que existe entre la Conductividad Específica y los 8 parámetros del control de DAR restantes (pH, As, Al, Cu, Fe Total, Mn, SO4 y Zn), en los puntos de medición continua NE-2AA y NE-3, llegándose a identificar grados de correlación entre estos parámetros. Lo anterior ha permitido identificar valores de la Conductividad Específica en la secciones de monitoreo NE-2AA y NE-3 que serán utilizadas como valor umbral para el inicio/activación y término/desactivación de las acciones temporales que se indican en esta sección.

De esta manera, la activación de las medidas anteriormente señaladas estarán asociadas a los siguientes criterios para su activación y desactivación:

- Un valor umbral de la Conductividad Específica en la estación de control NE-2AA (1.017 μS/cm).
- Un valor umbral de la Conductividad Específica en la estación de control NE-3 (637 μS/cm)

Esta etapa de decisión (o Etapa 0) es la que permite asegurar que la calidad del agua superficial en la Zona de Seguimiento cumplirá con la condición de preservar la condición histórica de la línea base, ya que permitirá mantener las condiciones que naturalmente tiene el río del Estrecho en la Zona de Gestión y Control y por lo tanto asegura la mantención de las condiciones históricas en los sectores de seguimiento localizados aguas abajo de esta posición.

Figura 6.1
Obras de Uso Temporal en Aguas Superficiales



HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl

7. MANEJO DE CONTINGENCIAS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS

Se propone la activación de los pozos ubicados en la línea L4, bajo la Zanja Cortafugas, los cuales cuentan con capacidad de bombeo, en el evento en que se superen los umbrales de calidad de agua subterránea para sulfatos, los que se medirán en pozos de monitoreo localizados aguas arriba de la línea L4 y bajo la Zanja Cortafuga. Sus coordenadas se indican en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1
Puntos de Monitoreo de Aguas Subterráneas

POZO	UBICACIÓN	
	UTM – N (m)	UTM – E (m)
G2014-03P	6.757.968	398.560
G2014-03S	6.757.971	398.551

DATUM: PSAD56, Huso 19S

Para lo anterior, se definió un valor histórico de la calidad del agua subterránea en la zona del sistema cortafugas, asociado al parámetro sulfato, cuyo valor es 3.708 (mg/l). (Línea base Septiembre 2009). Los pozos serán monitoreados la primera semana de cada mes, determinándose de esta manera, el valor característico para ese mes (mes n). Cuando los valores característicos del mes n, n-1 y n-2 superen el umbral definido se activará la medida.

Sin perjuicio de lo anterior, si en cualquier mes el valor característico fuera superior al 120% del umbral, se activará la medida anterior.

Para cualquiera de los dos casos anteriores, la medida será re-evaluada al mes siguiente de aplicada la medida (n+1).

HIDROMAS Ltda.
Suecia 211, Oficina 1301-B,
Providencia
www.hidromas.cl