



Universidad Católica del Norte  
ver más allá



Escuela de Negocios Mineros  
Dirección de Postgrado

# **PROPUESTA DE PLAN DE CIERRE PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MINERALES EN PILAS. GERENCIA DE EXTRACCIÓN Y LIXIVIACIÓN. CODELCO DIVISIÓN CHUQUICAMATA**

*Proyecto de tesis para optar al grado académico de  
Magíster en Gestión Minera.*

*Profesor Guía: Dr. Elizabeth Lam Esquenazi*

**RONIE LAU OLMOS  
EDGARDO RIVAS MAGNA  
JUAN CARLOS YAÑEZ MISKULINI**

*Antofagasta, Diciembre de 2013*

“No basta saber, se debe también aplicar. No es suficiente querer, se debe también hacer“

Johann Wolfgang Goethe

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por los dones entregados, por las bendiciones que día a día necesitamos como hijos suyos.

A nuestras Familias, a nuestros Padres, por el apoyo incondicional al cumplimiento de nuestras metas. Por la paciencia. Por la comprensión...

A Codelco División Chuquicamata, por la oportunidad de permitirnos seguir avanzando en nuestro desarrollo.

A nuestra Tutora Guía Dra. Elizabeth Lam Esquenazi, por su excelente disposición, cooperación y apoyo.

## INDICE

RESUMEN .....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I: INVESTIGACIÓN PROPUESTA .....	12
1.1. FORMULACIÓN GENERAL.....	12
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.3. OBJETIVOS .....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.4. ALCANCE DEL ESTUDIO.....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. MARCO LEGAL ASOCIADO AL CIERRE DE FAENAS.....	15
2.1.1. NORMATIVAS AMBIENTALES.....	17
2.1.2. NUEVA NORMATIVA: LEY N° 20.551.....	17
2.2. POLÍTICAS Y ESTÁNDARES DE CODELCO .....	21
2.2.1. POLÍTICAS DE DESARROLLO SUSTENTABLE DE CODELCO .....	21
2.2.2. ESTÁNDARES AMBIENTALES Y COMUNITARIOS.....	22
2.2.2.1 Estándar Ambiental y Comunitario: Cierre de Faenas .....	23
2.3. EXPERIENCIA INTERNACIONAL DE CIERRE DE PLANTAS .....	24
2.3.1. ARGENTINA .....	26
2.3.2. BOLIVIA .....	26
2.3.3. PERÚ .....	26
2.3.4. CANADÁ .....	27
2.3.5. SUDÁFRICA.....	27
2.3.6. AUSTRALIA.....	28
2.3.7. ESTADOS UNIDOS .....	29

2.4.	CONSIDERACIONES TÉCNICAS Y CUADROS ORIENTADORES DE ALTERNATIVAS DE CIERRE Y ABANDONO PARA FAENAS MINERAS ..	30
2.4.1.	ESTABILIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL CIERRE DE FAENAS .....	30
2.4.2.	CUADROS ORIENTADORES DE CIERRE PARA LAS DISTINTAS FAENAS MINERAS.....	31
2.5.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROCESOS HIDROMETALÚRGICOS ....	35
2.5.1.	CHANCADO PRIMARIO .....	37
2.5.2.	CHANCADO SECUNDARIO, TERCIARIO Y CLASIFICACIÓN .....	38
2.5.3.	AGLOMERACIÓN .....	38
2.5.4.	APILAMIENTO Y REMOCIÓN DE RIPIOS .....	39
2.5.5.	LIXIVIACIÓN DE MINERAL E IMPULSIÓN DE SOLUCIONES.....	39
2.5.6.	EXTRACCIÓN POR SOLVENTES .....	40
2.5.7.	ELECTRODEPOSITACIÓN .....	40
2.6.	ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA CIERRE DE FAENAS E INSTALACIONES.....	41
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....		44
3.1.	PROCEDIMIENTO GENERAL .....	45
3.1.1.	RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL 097/2003. PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO MINERALES EN PILA, DE ACUERDO A LA LEY 19.300.....	45
3.1.2.	VIDA ÚTIL DEL PROYECTO PTMP.....	48
3.1.3.	ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS .....	48
3.1.4.	DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE PTMP.....	48
3.1.5.	MARCO AMBIENTAL .....	48
3.1.6.	ACTIVIDADES TÉCNICAS DEL CIERRE .....	48
3.1.7.	ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL PROYECTO DE ABANDONO PTMP	53
3.1.8.	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL POST CIERRE Y ABANDONO ...	53
3.1.9.	ESTIMACIÓN DE COSTOS .....	53
3.1.10.	COSTO ASOCIADO A LAS ACTIVIDADES DE POST CIERRE PTMP	55

3.1.11. GARANTÍAS FINANCIERAS DEL PROYECTO CIERRE.....	55
CAPÍTULO IV: PROPUESTA PLAN DE CIERRE PLANTA DE TRATAMIENTO MINERALES EN PILAS .....	56
4.1. RESOLUCIÓN CALIFICACIÓN AMBIENTAL (RCA-PTMP).....	57
4.2. VIDA ÚTIL PROYECTO PTMP.....	57
4.3. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.....	58
4.3.1. PRESENTACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN .....	58
4.4. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA PTMP.....	58
4.4.1. DESCRIPCIÓN INSTALACIONES.....	58
4.5. MARCO AMBIENTAL.....	62
4.5.1. GEOMORFOLOGÍA.....	62
4.5.2. GEOLOGÍA.....	63
4.5.3. MEDIO AMBIENTE FÍSICO .....	64
4.5.4. CALIDAD DEL SUELO.....	66
4.5.5. CALIDAD DEL AGUA .....	67
4.5.6. HIDROLOGÍA .....	68
4.5.7. RIESGOS SÍSMICOS .....	69
4.5.8. DEMOGRAFÍA.....	70
4.5.9. ARQUEOLOGÍA .....	70
4.5.10. FLORA Y FAUNA.....	70
4.6. ACTIVIDADES TÉCNICAS DEL CIERRE .....	70
4.6.1. CARACTERÍSTICA DEL MEDIO E IMPACTO Y/O EFECTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE .....	71
4.6.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL CIERRE Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	72
4.6.3. ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL PROYECTO DE ABANDONO PTMP	76
4.7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL POST CIERRE Y ABANDONO .....	76
4.7.1. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES...	76
4.7.2. PLAN DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS .....	77
4.7.3. PROGRAMA DE DIFUSIÓN A LA AUTORIDAD Y TRABAJADORES	77

4.7.4. AUDITORÍAS .....	77
4.8. ESTIMACIÓN DE COSTOS .....	78
4.8.1. COSTOS ASOCIADOS A LAS ACTIVIDADES DE CIERRE DE LA PTMP 78	
4.8.2. COSTOS ASOCIADOS A LAS ACTIVIDADES DE POST CIERRE DE LA PTMP .....	79
4.9. GARANTÍAS FINANCIERAS DEL PROYECTO DE CIERRE.....	79
COMENTARIOS.....	80
CONCLUSIONES .....	81
BIBLIOGRAFÍA .....	83
ANEXOS .....	85

## RESUMEN

En esta tesis se propone un proyecto de plan de cierre para la Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas perteneciente a la Gerencia de Extracción y Lixiviación de acuerdo a los requerimientos de la Ley 20.551/2012, el cual incluye la estimación de costos del plan de cierre y post cierre y la medición del impacto social.

El cierre de esta faena contempla el término de los procesos unitarios de lixiviación en pilas, botadero de ripios, planta de chancado, correas transportadoras, los edificios Gerenciales y todas las instalaciones auxiliares a la planta.

Las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas se encuentran insertas en una zona de alta sismicidad y relieve, cercana a la comunidad de Calama, con presencia de aguas subterráneas, implicando un alto riesgo en términos de contaminación y exposición a accidentes en una etapa de abandono. Sin embargo, las actividades de mitigación propuestas y evaluadas en cada área unitaria, permiten controlar eventos no deseados, cumpliendo esencialmente la estabilidad física y química del entorno.

La metodología propuesta puede ser extrapolable a todas las Unidades de Negocio de la División Chuquicamata. Las consideraciones ambientales permiten precisar si una o varias componentes son significativas o no, estableciendo actividades específicas de cierre que deben desplegar, como la desmantelación para reciclaje de todos los equipos de la planta, la suavización de suelos, la estabilización y reperfilación de taludes de los botaderos de ripios, etc.

El Costo total para cerrar las instalaciones de la PTMP es superior a KUS\$ 39.008, que se desglosan de la siguiente manera:

- ✓ Ámbito Social: 23,0%
- ✓ Cierre instalaciones: 71,0%
- ✓ Post cierre: 6,0%

La estimación de los costos, permitirá entregar antecedentes para generar una ingeniería de prefactibilidad, con una precisión de la estimación de la inversión del 35%, según parámetros de Codelco. Las obras de cierre se ejecutarán en un plazo de 6 meses.

Finalmente, es factible desarrollar un plan de cierre y abandono de la Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas cumpliendo con la legislación chilena vigente (Ley 20.551, 2012) y con los estándares y políticas corporativas de Codelco, así como también, con los costos asociados a ella y el bienestar social de los trabajadores.

## INTRODUCCIÓN

Codelco División Chuquicamata explota y se beneficia del recurso mineral denominado Extensión Norte Mina Sur (ENMS), el cual es administrado por la Gerencia de Extracción y Lixiviación (GEL). El proceso hidrometalúrgico comprende las operaciones unitarias de extracción de mineral (rajo abierto), conminución y transporte, aglomeración y lixiviación, extracción por solventes y electrodeposición, para la obtención final de cátodos de cobre de alta pureza.

De acuerdo al Plan de Negocios PQ/PND 2013 que proyecta el desarrollo de la División en un horizonte de 25 años, muestra que a finales del año 2014 se producirá el agotamiento del cuerpo mineralizado oxidado proveniente de ENMS que alimenta a la Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas (PTMP). Sin embargo, desde el año 2015 al año 2023 dicha planta se beneficiaría con minerales provenientes del yacimiento de reposición llamado Quetena (Gerencia Recursos Mineros y Desarrollo, 2013)

Este nuevo yacimiento se ubica a sólo 3 km del centro urbano de la ciudad de Calama y se encuentra en la etapa de Prefactibilidad. Es decir, su explotación dependerá de la evaluación técnico-económica, cabe mencionar que cuenta con la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental. Además de los requisitos mencionados anteriormente, se requieren consensos políticos y sociales de la Comunidad Calameña.

La problemática que se presenta es que en el caso que NO se apruebe la explotación del yacimiento Quetena, se hace necesario diseñar un plan de cierre tentativo para la PTMP perteneciente a la Gerencia de Extracción y Lixiviación.

Un plan de cierre de faena es un instrumento de gestión ambiental conformado por acciones técnicas y legales efectuadas por los titulares de las actividades mineras. El plan de cierre destinado a adoptar las medidas necesarias antes, durante y después del cese de operaciones, con la finalidad de eliminar, mitigar y controlar los impactos

adversos al área utilizada o perturbada por la actividad minera. Hasta la fecha, no existe experiencia de cierre de faenas mineras asociadas a procesos hidrometalúrgicos del cobre en nuestro país.

El objetivo de la presente tesis es proponer un proyecto de plan de cierre para la Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas perteneciente a la Gerencia de Extracción y Lixiviación de acuerdo a los requerimientos de la Ley 20.551/2012, estimando los costos asociados a las etapas de plan de cierre y de post cierre y determinando el impacto social.

Para cumplir con los objetivos establecidos, se determinan y describen las medidas de rehabilitación, los costos asociados y los métodos de control y verificación para las etapas de operación, cierre final y post cierre. El alcance del presente estudio, se restringe al análisis del impacto operacional, económico y social del cierre de la PTMP.

Para resolver dicho cuestionamiento se realizó una investigación exploratoria, de carácter cualitativo, donde la metodología se basó principalmente en la recopilación de datos de fuentes bibliográficas, cuyas temáticas abordadas fueron legislación, resolución de calificación ambiental, plan de negocios mineros de la División Chuquicamata, informes técnicos, tesis, focus group y entrevistas con expertos; obteniendo así la información necesaria para proponer una solución a la problemática planteada.

La investigación consta de cuatro capítulos. En el primero se describen todos los antecedentes que fueron tomados en cuenta para su desarrollo, constituyendo las directrices de la investigación.

En el segundo capítulo se incluye el marco teórico, el estado del arte de cómo se está abordando los cierres de faenas mineras, tanto a nivel nacional como internacional. Se incluye la nueva estructura de la Ley 20.551, la cual “Regula el cierre de faenas e

instalaciones mineras” y la compara con el DS. 132. Adicionalmente, explica la estructura de costos asociadas al cierre y post cierre de una planta minera.

El tercer capítulo se refiere a la metodología a utilizar conforme a la legislación vigente, en donde se desarrollará el procedimiento utilizado para armar los cuadros decisionales que conducirá a determinar las actividades técnicas del cierre que no permitirá eliminar, minimizar, mitigar o compensar los efectos ambientales negativos que pudiesen existir a partir del abandono de la actividad productiva.

Finalmente, el cuarto capítulo “Propuesta plan de cierre de Planta de Tratamiento Minerales en Pilas”, resume las actividades a realizar para el abandono de la operación de dicha planta en la que se considera la aplicación en pleno de la ley vigente, que incluye las medidas necesarias para mitigar los impactos del cierre emanadas de una identificación del medio, la evaluación con los hitos a desarrollar y los costos asociados a la misma.

Las conclusiones y comentarios finales son las respuestas técnicas, económicas y de impacto social que enfrenta un plan de cierre y abandono de las faenas mineras.

## **CAPÍTULO I: INVESTIGACIÓN PROPUESTA**

### **1.1.FORMULACIÓN GENERAL**

De acuerdo al Plan de Negocios PQ/PND 2013, a fines del 2014, se agotarán los minerales frescos provenientes de ENMS, quedando disponible en la División una capacidad instalada de producción equivalente a 140.000 tpa de cátodos al partir del año 2015. Como fuente de reposición que permitirá en parte generar una continuidad operacional al negocio hidrometalúrgico, se tiene considerado iniciar la explotación del yacimiento Quetena (Gerencia Recursos Mineros y Desarrollo, 2013).

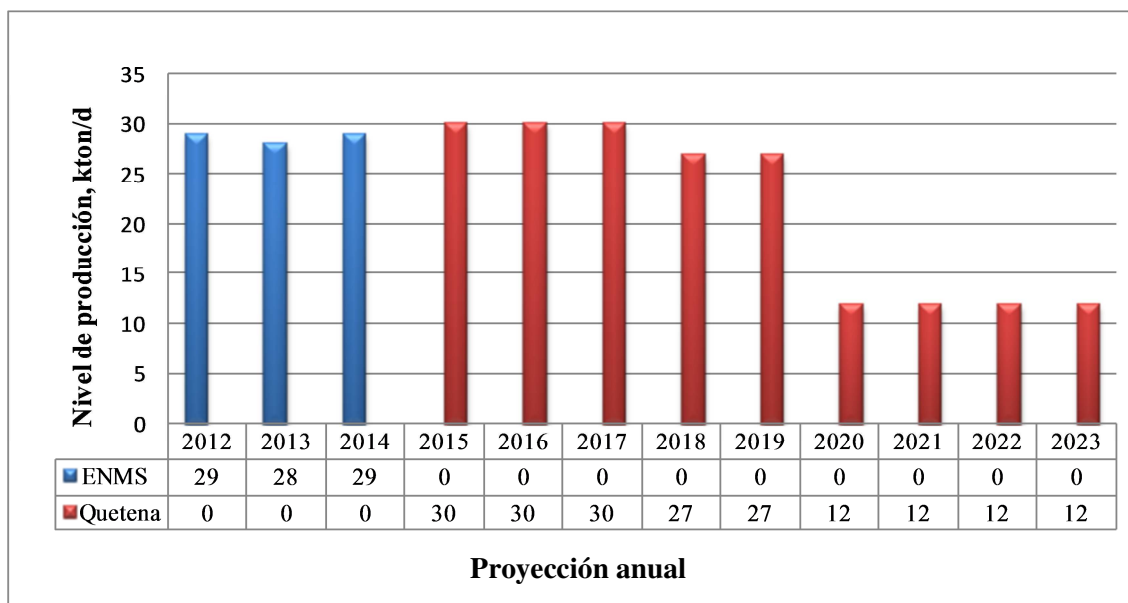
Dado que el Proyecto Quetena se encuentra en etapa de análisis de prefactibilidad y no existe certeza de que se materialice, se hace necesario proponer un plan de cierre tentativo para la PTMP de acuerdo a requerimientos de la Ley 20.551/2012 y las políticas corporativas de Codelco.

## 1.2.PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Se desconoce el cómo operativizar el cierre de la PTMP que abarca desde el procesamiento del mineral, lixiviación y la remoción de ripios, todo ello asociado al manejo de soluciones, infraestructura y uso de suelos.

El Plan de Negocios de la División Chuquicamata contempla el fin de la explotación del yacimiento ENMS para año 2014 (Gerencia Recursos Mineros y Desarrollo, 2013), debido al agotamiento de las reservas oxidadas de mineralogía.

Figura 1.1: Movimiento de minerales PTMP



Fuente: Elaboración propia

De no existir un yacimiento de reposición, como Quetena, se hace inviable continuar con las operaciones de la GEL como se desprende de la Figura 1.1.

### **1.3.OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer un proyecto de plan de cierre para la Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas pertenecientes a la Gerencia de Extracción y Lixiviación.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

##### **1.3.2.1.Objetivo Específico N°1:**

Proponer Plan Cierre técnico de acuerdo a los requerimientos de la Ley 20.551/2012.

##### **1.3.2.2.Objetivo Específico N° 2:**

Estimar los costos asociados al plan de cierre, post cierre e impacto social.

### **1.4.ALCANCE DEL ESTUDIO**

El alcance de este proyecto, se restringe al análisis del impacto operacional, económico y social del cierre de la PTMP.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

Chile es un país con tradición minera, sin embargo hasta el año 2011 carecía de reglamentación exclusiva para el cierre de faenas mineras. Se aplicaban ciertos artículos de distintos reglamentos mineros, existiendo una dispersa y muchas veces escasa información. Para resolver esta problemática, se requiere disponer de una estricta y rigurosa legislación, además del compromiso adquirido por las empresas que posean proyectos mineros.

El año 2011 se promulga la Ley N° 20.551 que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras la cual entra en vigencia en noviembre del año 2012.

Actualmente, las autoridades como el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), así como el Ministerio del Medio Ambiente, reconocen la importancia de esta etapa final en los proyectos mineros, aplicando regulaciones que tienen una interpretación general sobre el cierre y el abandono de faenas.

A continuación, se mostrarán los aspectos legales, la experiencia internacional, la visión que tiene Codelco y las consideraciones técnicas que hay que tener presentes en cuanto al cierre de faenas mineras. Además de la descripción de los procesos mineros actualmente en operación.

### **2.1.MARCO LEGAL ASOCIADO AL CIERRE DE FAENAS**

Se iniciará este subcapítulo presentando la definición de plan de cierre, según lo contemplan las regulaciones chilenas vigentes.

Según el Título X, Art. 489 del D.S. 132/2004, Reglamento de Seguridad Minera, Plan de Cierre, es el documento en el que se determinan las medidas a ser implementadas durante la vida de la operación, con la finalidad de prevenir, minimizar y/o controlar los riesgos y efectos negativos que se puedan generar o continúen

presentándose con posterioridad al cese de las operaciones de una faena minera, en la vida e integridad de las personas que se desempeñan en ella, y de aquellas que bajo circunstancias específicas y definidas están ligadas a ella y se encuentren en sus instalaciones e infraestructura.

Por otra parte, el Título I, Art. 3.n de Ley 20.551/2011, que regula el cierre de faena e instalaciones mineras, Plan de Cierre, es el documento que especifica el conjunto de medidas técnicas y actividades que la empresa minera debe efectuar desde el inicio de la operación minera, y el programa de detalle conforme al cual deben implementarse, de manera que tienda a prevenir, minimizar o controlar los riesgos y efectos negativos que se puedan generar en la vida e integridad de las personas que se encuentran relacionadas directa e inmediatamente a las mismas, así como mitigar los efectos de la operación minera en los componentes medio ambientales comprometidos, tendientes a asegurar la estabilidad física y química de los lugares en que ésta se realice.

Existe una gran diferencia entre ambas definiciones, la Ley 20.551 incorpora el aseguramiento de estabilidad química en el lugar de operación. Esta variable no está contemplada en el Reglamento de Seguridad Minera. La Tabla 2.1 detalla las principales diferencias entre ambas normativas.

Tabla 2.1: Comparación entre la ley 20.551 y el D.S. 132

<b>Decreto Supremo 132</b>	<b>Ley 20.551</b>
Obliga a presentar un plan de cierre que debe ser aprobado por el servicio.	Obliga a presentar un plan de cierre que debe ser aprobado por el servicio.
Regula los aspectos técnicos de seguridad aplicables a las medidas de cierre.	Considera aspectos técnicos de las medidas de cierre.
Regula la estabilidad física.	Regulación estabilidad física y química.
No contempla la realización de auditorías ni de actualizaciones.	Contempla la realización de auditorías y actualizaciones periódicas.
No considera el establecimiento de ninguna garantía que permita asegurar la ejecución de los planes de cierre.	Considera el establecimiento de garantías con el fin de asegurar el cumplimiento del plan de cierre.
No existe fondo post cierre.	Crea el fondo post cierre.
Sanciones poco rigurosas.	Establece sanciones más rigurosas.

Fuente: Modelo integrado de un sistema de gestión aplicable a planes de cierre de faenas mineras (Lam & Montofré, 2013).

### 2.1.1. NORMATIVAS AMBIENTALES

En el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el concepto de normativa de carácter ambiental o normativa ambiental aplicable, comprende aquellas normas cuyo objetivo es asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado por el titular del proyecto o actividad durante el proceso de evaluación (Servicio Evaluación Ambiental, 2013).

### 2.1.2. NUEVA NORMATIVA: LEY N° 20.551

El 11 de noviembre del 2011 se publicó en el Diario Oficial la Ley que Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras (Ley N° 20.551, 2011), pasando a derogar las normas que al respecto existían en el Reglamento de Seguridad Minera. Se establece un

sistema que les exige a las empresas mineras, que previa a la puesta en marcha de una explotación minera, tengan un plan de cierre aprobado por el Sernageomin. Este plan deberá ser, valga la redundancia, planificado e implementado en forma progresiva durante toda la explotación. Además, las mineras deberán entregar garantías al Estado para asegurar el cumplimiento del plan de cierre. Para que la empresa minera pueda obtener la devolución de dichas garantías será necesario que la empresa obtenga un certificado del Sernageomin que acredite que se ha cumplido a cabalidad con el plan. No obstante, parte de las garantías se irán devolviendo a su titular a medida que vaya cumpliendo el plan de cierre (Ley 20.551, 2012).

Para efectos de aprobación del plan de cierre existirán dos tipos de procedimientos. Uno es el procedimiento de aplicación general, que se aplicará a aquellas explotaciones de yacimientos mineros cuya capacidad de extracción sea superior a 10.000 toneladas mensuales. Para aquellas faenas mineras cuya capacidad sea inferior a dicha cantidad y para las exploraciones mineras que deban ingresar al sistema de evaluación ambiental será aplicable el procedimiento simplificado (Ley 20.551, 2012). El procedimiento general exige entre otros requisitos que el plan de cierre se acompañe con un informe técnico de una persona competente en Recursos y Reservas Mineras de acuerdo a la Ley que Regula la figura de las personas competentes y crea la comisión Calificadora de Competencias de Recursos y Reservas Mineras (Ley N° 20.235, 2007), información técnica sobre monumentos nacionales y sitios arqueológicos, una valoración del plan de cierre y de los costos post cierre, el monto de las garantías y cuáles instrumentos se utilizarán como garantías y un plan de difusión a la comunidad (Art. 50, Ley 20.551, 2011). Como garantías se podrán entregar depósitos a la vista, boletas bancarias de garantía a la vista, cartas de crédito stand by, entre otros e incluso la cesión de contrato de venta de minerales con Enami (Art. 52, Ley 20.551, 2011).

Una vez aprobado el plan de cierre por Sernageomin, éste deberá ser auditado externamente. Existirán auditorías ordinarias cada 5 años y extraordinarias cuando existan situaciones graves que lo ameriten (Art. 18, Ley 20.551, 2011). Las auditorías

tienen por objeto verificar que se esté cumpliendo la ejecución del plan de cierre y se actualice de ser necesario. Los informes de auditoría deberán indicar los estándares técnicos a que se sujetarán, los parámetros de certificación, el procedimiento de control y verificación, y la forma de verificar y garantizar la imparcialidad del auditor. Para estos efectos existirá un registro público de auditores externos.

El sistema simplificado sólo exigirá que se individualice la empresa, la faena minera y el conjunto de actividades que la empresa propone para obtener la estabilidad física y química del lugar, así como la protección de la salud de las personas y el medio ambiente (Art. 16, Ley 20.551, 2011). Estos planes se prepararán de acuerdo a guías metodológicas que dictará la autoridad. Los planes de cierre no serán estáticos, sino que deberán ser actualizados durante la operación minera (Art. 18, Ley 20.551, 2011).

Se podrá solicitar la paralización temporal de operaciones, la cual no podrá exceder de 2 años, pudiendo ser aumentada en 3 años más (Art. 24, Ley 20.551, 2011). Será sancionado con multa de 1.000 a 10.000 UTM al que falsamente pidiera una paralización temporal cuando en realidad quería hacer una paralización definitiva. Hay que hacer presente que no sólo la empresa es responsable por el cumplimiento del plan de cierre, sino que también su representante legal, pudiéndole imponer a este último una multa de 100 a 1.000 UTM (Art. 25, Ley 20.551, 2011).

Para la etapa de post cierre se creará un fondo para la gestión de faenas mineras cerradas. Antes que a la empresa se le dé su certificado de cierre final, ésta deberá hacer un aporte no reembolsable a este fondo, que tiene por objeto cubrir los costos de las actividades post cierre. Durante la etapa de post cierre se desarrollarán actividades de monitoreo y verificación para asegurar la estabilidad física y química del lugar, así como garantizar que no se dañe la salud de las personas y el medio ambiente (Art. 56, Ley 20.551, 2011).

Esta ley comenzó a regir en noviembre del año 2012, un año después de su publicación en el Diario Oficial. Las empresas mineras que estén funcionando, deberán hacer la valoración de sus planes de cierres e incorporar los aspectos de salud y medio ambiental e incluso obtener la resolución de calificación ambiental de la misma, en caso de ser pertinente.

Figura 2.1: Procedimiento general de cierre de faena, según ley 20.551



Fuente: (Lam & Montofré, 2013).

## 2.2.POLÍTICAS Y ESTÁNDARES DE CODELCO

### 2.2.1. POLÍTICAS DE DESARROLLO SUSTENTABLE DE CODELCO

En Codelco la sustentabilidad constituye un eje estratégico del negocio, que busca contribuir a seguir siendo el productor de cobre más grande del mundo y la empresa de mayor aporte a la economía chilena. La empresa de todos los chilenos, se rige por la Carta de Valores de Codelco, protegiendo la vida y salud de los trabajadores,

respetando el medio ambiente y colaborando con el desarrollo de la comunidad en cada una de nuestras operaciones y proyectos. Por ello, la gestión se basa en los siguientes compromisos:

- ✓ Pasión por la seguridad y salud ocupacional
- ✓ Producción limpia
- ✓ Desarrollo de las comunidades
- ✓ Cumplimiento de la legislación
- ✓ Estándares corporativos
- ✓ Responsables con la sociedad
- ✓ Una gestión eficaz y transparente

### **2.2.2. ESTÁNDARES AMBIENTALES Y COMUNITARIOS**

De manera de ratificar su compromiso con el entorno y el desarrollo de una minería sustentable, Codelco incorporó los Estándares Ambientales y Comunitarios, cuyo objetivo principal es elevar los niveles de desempeño de la gestión en estos ámbitos, respondiendo a los principales impactos de sus operaciones y proyectos, fomentando una relación saludable con la comunidad y el entorno, los Estándares Ambientales y Comunitarios, tienen como propósito y desafío desempeñar un papel de excelencia en estas materias, para así convertir a Codelco en una empresa líder al año 2020 (CODELCO, 2012).

A continuación, se detallan los 11 Estándares Ambientales y Comunitarios, en donde se destaca el Cierre de Faenas:

- ✓ Emisiones a la atmósfera
- ✓ Eficiencia energética y cambio climático
- ✓ Recursos hídricos y Riles
- ✓ Residuos Sólidos

- ✓ Residuos Mineros Masivos
- ✓ Territorio, suelo y paisaje
- ✓ Biodiversidad
- ✓ Cierre de Faenas
- ✓ Desarrollo comunitario
- ✓ Relaciones comunitarias
- ✓ Pueblos originarios

### **2.2.2.1 Estándar Ambiental y Comunitario: Cierre de Faenas**

Asegurar que la planificación y ejecución de los cierres de faena de la Corporación consideren de manera integral la seguridad y salud de las personas, el medio ambiente, el territorio y la comunidad, con el fin de no comprometer el desarrollo de las generaciones actuales y futuras (CODELCO, 2012).

#### Línea Base

- ✓ Identificar áreas de influencia territorial de acuerdo a análisis de riesgo.
- ✓ Catastro de cierres parciales y totales.

#### Gestión del impacto

- ✓ Mantener un sistema de mejora permanente para la actualización de los planes de cierre y post cierre, identificando la oportunidad de realizar cierres parciales o totales de acuerdo análisis de riesgo y oportunidades de negocio.
- ✓ Ejecutar cierres parciales de todas las instalaciones fuera de uso y que no tengan usos alternativos viables en el futuro.
- ✓ Incorporar en los planes de cierre consideraciones de negocio tales como: costo eficiencia, venta, enajenación, en las alternativas de cierre.

- ✓ Diseñar los proyectos con la visión del cierre futuro, para reducir tempranamente los impactos y costos asociados al fin de las operaciones.
- ✓ Fortalecer las capacidades y recursos de la comunidad local, con el objeto de contribuir hoy a su desarrollo post cierre.
- ✓ Considerar en la planificación y ejecución del cierre de la faena minera los intereses y expectativa de las comunidades y autoridades de las áreas de influencias.
- ✓ Asegurar los fondos financieros para la ejecución del plan de cierre, promoviendo el autofinanciamiento.

#### Anticipar el futuro

- ✓ Incorporar los cierres parciales o totales en los planes mineros y en los instrumentos de planificación divisionales y corporativos, así como en nuevos negocios y sociedades.

#### Indicadores estratégicos

- ✓ Monto de provisión y/o garantías de cierre, según estándar contable IFRS.
- ✓ Control de avance físico y financiero del programa de cierre.

### **2.3.EXPERIENCIA INTERNACIONAL DE CIERRE DE PLANTAS**

La mayoría de los países con actividad minera en el mundo, tienen asociados planes de cierre y requerimientos de rehabilitación. A modo de referencia, se pueden citar a naciones como los Estados Unidos, Argentina, Australia, Bolivia, Canadá, Perú, Japón, España y Sudáfrica entre otros (González, 1999). Mientras en algunos de estos países, los Planes de Cierre se vinculan a los Estudios de Impacto Ambiental, en otros, se han dictado leyes específicas que exigen la elaboración de un detallado plan de Cierre y Abandono, independiente del sistema de Evaluación Ambiental.

Por otro lado, el nivel y desarrollo de los requerimientos de Cierre, varía notablemente de un lugar a otro, ciertamente los países desarrollados económicamente, cuentan con legislaciones actualizadas y sofisticadas, las que buscan controlar los impactos ambientales que genera la minería en el mediano y largo plazo. Se debe tener presente, que normas eficientes en países desarrollados, pueden ser inapropiadas y tener asociados costos sociales irreparables para los países en vías del desarrollo. En todo caso, estos últimos países, se encuentran realizando esfuerzos considerables para detener el deterioro del medioambiente, donde los Planes de Cierre y Abandono, también están comenzando a jugar un rol fundamental como el caso de Chile, reflejado en la nueva Ley 20.551.

El interés en la implementación de estos Planes, radica en que la planificación anticipada del Cierre, por regla general, se traduzca en un cese de las actividades mineras con mayor eficiencia y con menores costos para la empresa. En este sentido, existe certeza a nivel internacional, que mientras más temprano en el ciclo de operación de la empresa se desarrolla el Plan de Cierre, menores serán los costos y mayores los resultados en términos de protección del medio ambiente (Montes, 2002).

Se puede señalar, que el interés por el desarrollo de Planes de Cierre para la actividad minera en la mayoría de los países mineros del mundo, se fundamenta en:

- ✓ Los problemas derivados del abandono de minas en forma no planificada y sin la implementación de medidas de rehabilitación adecuadas.
- ✓ La idea de que los Planes de Cierre y Abandono, son un instrumento útil para evitar en el futuro estos problemas, de una manera económicamente eficiente.

### **2.3.1. ARGENTINA**

El título de la protección ambiental de la actividad minera, agregado al Código de minería, en su Art. 1, relativo al Ámbito de Aplicación y Alcances, dispone que: “La protección del ambiente y la conservación del patrimonio natural y cultural, que pueda ser afectado por la actividad minera, se regirán por las disposiciones de este título”.

### **2.3.2. BOLIVIA**

Existe cierta especificidad en el tema de los objetivos de los Planes de Cierre y Abandono de operaciones extractivas mineras, lo cual se advierte en el Art. 71 de la Ley del Medio Ambiente de Bolivia, el que hace referencia a: “Las operaciones extractivas mineras, durante y una vez concluida su actividad, deberán contemplar la recuperación de las áreas aprovechadas con el fin de reducir y controlar la erosión, estabilizar los terrenos y proteger las aguas corrientes y termales”.

### **2.3.3. PERÚ**

La guía peruana señala lo siguiente:

- ✓ La protección de la salud humana y el medio ambiente, mediante el mantenimiento de la estabilidad física y química.
- ✓ Darle un uso beneficioso a la tierra una vez que concluyan las operaciones mineras (por ejemplo, hábitat para la fauna silvestre, campos de pastoreo, recreación o futura exploración y explotación minera).

#### **2.3.4. CANADÁ**

##### **✓ Ontario**

En esta zona de Canadá, los objetivos apuntan a minimizar el impacto de las actividades mineras en la salud, seguridad pública y en el medio ambiente, a través de la rehabilitación del suelo alterado por la minería.

##### **✓ British Columbia (Columbia Británica)**

El objetivo fundamental que se desprende de los diversos cuerpos normativos referentes al cierre de minas en la provincia de Bristish Columbia es: “Asegurar un desarrollo sustentable de la industria minera”. Para cumplir con este objetivo, se requiere la restauración de la tierra y de los cauces de agua, al menos a un nivel similar de productividad existente al momento de comenzar la actividad minera. Además exige la protección de la salud y seguridad pública, así como el manejo y control de cualquier descarga que pueda producir daños al medio ambiente. Se establecen objetivos estándares bastante amplios, ya que de esta manera, se otorgan incentivos suficientes para minimizar costos y desarrollar técnicas de rehabilitación innovadoras.

Estos estándares de Código de Salud, Seguridad y Rehabilitación de Minas de la Provincia de Bristish Columbia exigen al dueño, agente o administrador de una mina implementar un programa de protección ambiental y rehabilitación, y establecen parámetros relacionados con el uso de la tierra, estabilidad en el largo plazo, revegetación, estructuras y equipos, botaderos de desechos, cursos de agua, paredes de yacimientos, tranques de relave, caminos, disposición de sustancias químicas entre otros.

#### **2.3.5. SUDÁFRICA**

En Sudáfrica se establecen una serie de objetivos referentes al cierre y abandono de faenas mineras, los cuales apuntan a asegurar lo siguiente:

- ✓ La salud y seguridad de las personas y animales deben protegerse de los peligros resultantes de las actividades mineras.
- ✓ Daño medio ambiental o los impactos ambientales residuales, deben minimizarse hasta un nivel aceptable para todas las partes involucradas.
- ✓ La tierra debe rehabilitarse hasta donde sea posible a su estado natural o a un estado predeterminado y acordado según estándares que permitan un uso sustentable del suelo.
- ✓ La estabilidad física y química de las estructuras resultantes, debe ser tal, de modo que los riesgos al medio ambiente no aumenten por la ocurrencia de fenómenos naturales, hasta el límite de que ese aumento del riesgo, no pueda contenerse con las medidas instaladas.
- ✓ Las minas sean cerradas en forma eficiente y al más bajo costo posible.
- ✓ La explotación óptima y la utilización de los recursos naturales no se vean afectados negativamente.
- ✓ Las minas no deben ser abandonadas, sino cerradas de acuerdo con estas políticas.

### **2.3.6. AUSTRALIA**

#### **✓ Australia Occidental**

Implementar un uso del suelo posterior a la actividad minera, Establecer condiciones y criterios para que el uso del suelo seleccionado sea implementado satisfactoriamente.

#### **✓ Australia Sur**

Los objetivos de Cierre, se enfocan a una rehabilitación, con la cual se pretende:

- Dejar el sitio limpio y seguro después que la actividad minera ha terminado.
- Crear las condiciones necesarias para permitir un uso posterior al suelo.

- Estabilizar el sitio mediante el control de la erosión.
- Eliminar el impacto visual.

### **2.3.7. ESTADOS UNIDOS**

Los objetivos generales de los Planes de Cierre y Abandono en esta nación apuntan a:

- ✓ Fomentar el desarrollo de la industria minera y rehabilitar las tierras afectadas por las actividades mineras para que puedan tener un uso beneficioso para los ciudadanos del estado, es decir, que el plan propuesto, permita técnicamente alcanzar el uso definitivo indicado por el operador y/o dueño de la superficie.
- ✓ Prevenir la degradación innecesaria del medio ambiente.
- ✓ Restablecer la vegetación y estabilizar los suelos.
- ✓ Minimizar los efectos visuales de la etapa posterior al cierre.
- ✓ Asegurar que las minas no representan una amenaza para la calidad de las aguas.

En términos generales, los objetivos de los distintos países, apuntan a la necesidad de proteger la salud de la población y el medio ambiente, pero los niveles de exigencia de cada lugar, varían de acuerdo a las condiciones específicas de cada país, provincia o estado, según sea el alcance de cada cuerpo legal.

Se observa una tendencia de mayores exigencias en los países desarrollados desde una perspectiva económica, es en estos países, donde se enfatiza el concepto de rehabilitación y re-vegetación del sitio donde se emplazó la actividad minera.

Por otro lado, en el caso de los países en vías de desarrollo, los niveles de exigencia apuntan a evitar los impactos ambientales críticos, sin que ello signifique recuperar las condiciones naturales de la zona afectada, ya que los costos de esta

recuperación resultan bastante mayores que los Planes de Cierre menos exigentes (Montes, 2002).

## **2.4. CONSIDERACIONES TÉCNICAS Y CUADROS ORIENTADORES DE ALTERNATIVAS DE CIERRE Y ABANDONO PARA FAENAS MINERAS**

Los procedimientos y consideraciones técnicas, se orientan básicamente a minimizar los riesgos y efectos que los Planes de Cierre y Abandono de las actividades mineras puedan inducir respecto del deterioro del medio ambiente, de la seguridad, vida, salud y bienes de las personas. Cada plan de cierre, debe ajustarse a las características particulares de las respectivas faenas mineras, de acuerdo a aspectos que dicen relación con la localización geográfica, entorno social, poblacional y económico, tipología y valor del paisaje, suelo, flora, fauna, recurso hídrico, sustancia a explotar, modalidad de extracción y proceso, leyes, reservas y valor de la sustancia.

Normalmente los Planes de Cierre deben incluir varias etapas de seguimiento, con una duración no inferior a 5 años (Montes, 2002) orientadas técnicamente hacia dos aspectos:

- ✓ Comprobar si las obras ofrecidas han sido materializadas en el terreno.
- ✓ Identificar y corregir las variables ambientales que puedan verse afectadas como resultado de la ejecución de las obras.

### **2.4.1. ESTABILIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL CIERRE DE FAENAS**

Existen otras acciones que se realizan a lo largo de la operación de la mina, que no se consideran necesariamente dentro de los costos de cierre de la faena, estas opciones se agrupan en dos tipos: Estabilidad física y estabilidad química.

#### **2.4.1.1. Estabilidad Física**

- ✓ Desarrollo de labores más pequeñas que podrían derivar en una menor recuperación de mineral. Esta opción permitirá dar una mayor estabilidad a la mina, a fin de proteger el terreno de derrumbes o subsidencia por inestabilidad de las labores.
- ✓ Utilización de ángulos de taludes menores en las instalaciones. Este hecho, aunque genera una mayor remoción de estériles en los rajos, mayores extensiones de ocupación de suelo en botaderos y tranques, permite lograr una mayor estabilidad en el largo plazo.

#### **2.4.1.2. Estabilidad Química.**

- ✓ Evitar métodos de hundimiento en los casos que exista posibilidad de generación de drenaje ácido de minas.
- ✓ Seleccionar mineral sin potencial de generación de drenaje ácido de minas.
- ✓ Mezclar la explotación de mineral con material básico (carbonato de calcio) para disminuir el potencial de generación de drenaje ácido de minas.

#### **2.4.2. CUADROS ORIENTADORES DE CIERRE PARA LAS DISTINTAS FAENAS MINERAS**

A partir de la literatura internacional, guías técnicas, seminarios y la opinión de expertos, se definirán una serie de actividades técnicas de cierre para las instalaciones típicas existentes en las faenas mineras de Chile, ordenadas de acuerdo a objetivos de cierre según estabilidad física, química y uso de suelo. Las consideraciones recomendadas se presentan en forma didáctica en la Tabla 2.2, 2.3 y 2.4.

Tabla 2.2. Alternativa de Cierre. Infraestructuras Generales

<b>Objetivo de cierre</b>	<b>Alternativa de cierre</b>
<b>Estabilidad Física</b>	
Controlar acceso inadvertido.	Descontaminar de ser necesario y desarmar y retirar todo el equipo y edificios.
Hacer que el área sea segura y estable.	Rellenar las excavaciones.
	Reutilizar equipos y accesorios.
	Cercar piscinas.
	Instalar señalética.
<b>Estabilidad Química</b>	
Monitorear materiales almacenados.	Las sustancia químicas de todo deben ser recicladas, devueltas al proveedor, vendidas o colocadas en un relleno aprobado.
Cumplir los criterios sobre calidad el agua.	
<b>Uso de suelo</b>	
Volver al uso original o alternativo aprobado	Perfilar, combinado con topografía natural
	Romper y enterrar concreto.
	Alcantarillado, considerar taconeos, líneas enterrado.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3: Alternativa de Cierre, Botadero de Ripios

<b>Objetivo de Cierre</b>	<b>Alternativa de Cierre</b>
<b>Estabilidad Física</b>	
Evitar falla arraigada, si es posible.	Reperfilación de los taludes.
Evitar aplastamientos grandes de la superficie y descarga de sedimentos.	Cobertura y/o zanjas para controlar las infiltraciones del agua.
	Reducir con cuchilla de tractor la parte superior del talud, si es necesario o construir berma en la base para aplanar el talud general.
	Recolectar sedimentos en piscinas.
<b>Estabilidad Química</b>	
Cumplir con los objetivos de calidad del agua mediante control de reacciones, control de migración y recolección y tratamiento.	Recolectar y tratar pasivamente, de modo de evitar en lo posible el tratamiento activo.
	Eliminar sustancia tóxicas lavando con agua u otra soluciones para diluir el ácido y aumentar el pH a fin reducir el impacto ambiental.
	Recolectar y tratar efluente.
	Colocar membrana de alta densidad ante de la construcción u operación del botadero.
<b>Uso de suelo</b>	
Volver al uso original o alternativo aprobado	Perfilar, combinado con topografía natural.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.4. Alternativa de Cierre, Manejo de Soluciones

<b>Objetivo de Cierre</b>	<b>Alternativa de Cierre</b>
<b>Estabilidad Física</b>	
Asegurar estabilidad a largo plazo.	Monitorear y/o mantener sistema estable en el tiempo.
Proteger taludes propensos a la erosión.	
Asegurar que no ocurran desbordes.	
Capacidad adecuada de inundación y evitar obstrucción.	Diseñar teniendo en cuenta situaciones extremas.
Evitar erosión.	Construir con materiales apropiados para estabilidad a largo plazo.
	Brindar protección con agregado de rocas.
Retiro de estructuras.	Definir y proporcionar mantenimiento a largo plazo, si se requiere.
	Drenar, retirar, derribar, llenar y cubrir.
Retirar tubería superficial y la tubería tendida a poca profundidad.	Retirar todas tuberías superficiales y las grandes tuberías a poca profundidad, taponar aquellas tendidas a profundidad.
<b>Estabilidad Química</b>	
Cumplir con los objetivos de calidad del agua mediante como control de reacciones, migración y recolección y tratamiento.	Drenar, tratar y descargar o monitorear y trata indefinidamente.
<b>Uso de suelo</b>	
Restaurar patrones de drenaje.	Nivelar para mantener drenaje natural.
Regreso de uso original o alternativo aprobado.	

Fuente: Elaboración propia

## **2.5.DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROCESOS HIDROMETALÚRGICOS**

Chuquicamata, la División más grande de CODELCO CHILE no sólo se puede graficar o identificar por poseer el gran orgullo histórico de tener la mina a rajo abierto más grande del mundo, sino por disponer de una gran variedad de procesos y actividades unitarias en permanente generación de valor, posibilitando con ello la entrega de excedentes al estado.

La mina Chuquicamata, la Mina Sur (Exótica en los orígenes), hoy Extensión Norte de Mina Sur, ha entregado recursos tan diversos que ha requerido el desarrollo de una infinidad de procesos a través del tiempo para poder transformarlos finalmente en un producto comercial.

La línea hidrometalúrgica no es una excepción. Inicialmente la lixiviación de óxidos provenientes de la Mina Chuquicamata se realizó en bateas, en donde el mineral rico en cobre y normalmente de “fácil” recuperación, reposaba durante 8 a 10 días para luego ser removido con pequeños equipos denominados dragas y transportado a través de camiones a botaderos.

Los estanques denominados bateas dieron paso a la lixiviación en pilas, cuyos ciclos son mucho mayores a los de bateas y con una actividad de remoción de ripio que utiliza un gigante equipo denominado Rotopala.

La incorporación de sistemas de aglomeración, ya en épocas de lixiviación de bateas, favoreció notablemente el indicador de recuperación metalúrgica de las pilas para minerales oxidados complejos.

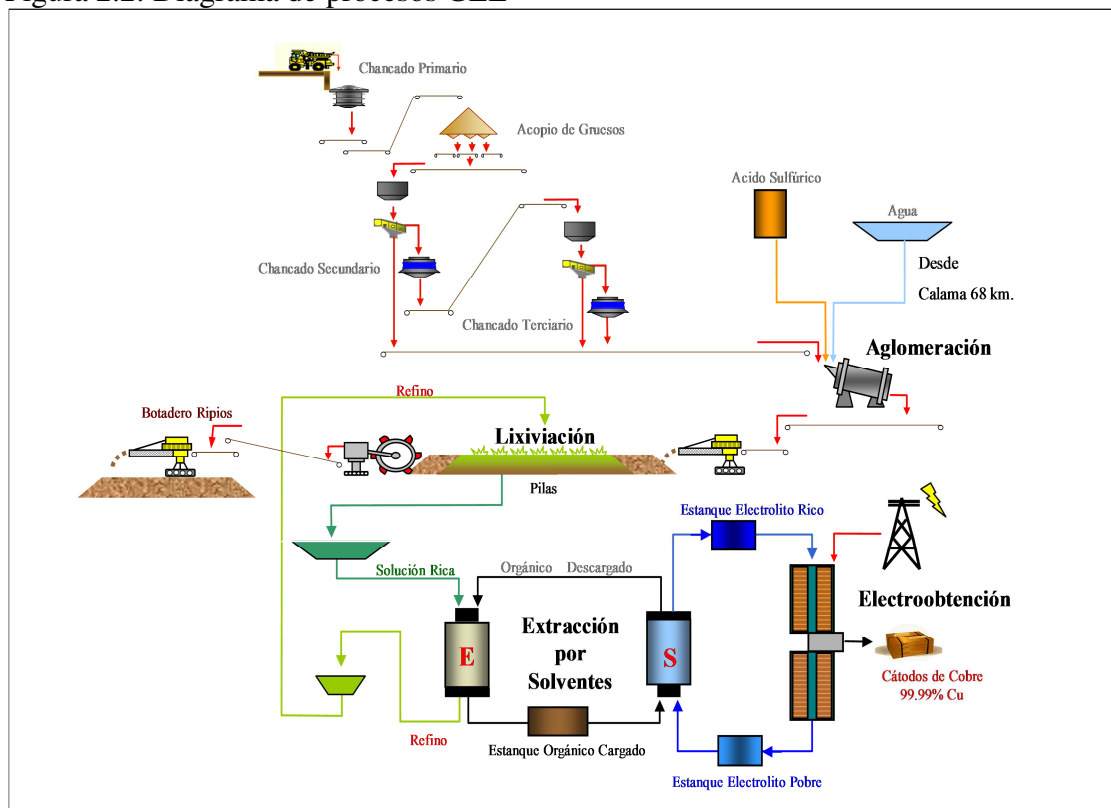
A finales de los 80, se incorpora el proceso de Extracción por Solventes, el cual ha sido uno de los mayores desarrollos en la industria del cobre en las últimas décadas.

La Gerencia de Extracción y Lixiviación, es la responsable de gestionar los recursos lixiviables de ENMS, incluido los procesos mineros, y el complejo de Sulfuros de Baja Ley (SBL). El aporte total de cobre catódico de alta pureza de esta línea alcanza en la actualidad las 150.000 ton/año.

Adicionalmente a la lixiviación de los minerales oxidados de la ENMS otras fuentes de cobre, de menor importancia, son los descartes de refinерías, la lixiviación de antiguos botaderos de ripios Chuquicamata y la lixiviación de polvos de fundición provenientes de planta EcoMetales Limited (ECL).

El producto final del proceso de lixiviación denominado Pregnant Leach Solution (PLS), es enviado a la planta SX (extracción por solventes) para ser concentrado y purificado y finalmente enviado a la planta de electrodeposición (EW), para producir finalmente el cátodo de cobre (Gerencia Extracción y Lixiviación, 2010).

Figura 2.2: Diagrama de procesos GEL



Fuente: (Gerencia Extracción y Lixiviación, 2010)

### 2.5.1. CHANCADO PRIMARIO

El mineral, proveniente de la Mina (ROM), es transportado en camiones y descargado en tolva de recepción del chancador primario giratorio de 54" x 75". En esta etapa existe un picador de rocas, el cual reduce de tamaño las colpas que son descargadas sobre la tolva. El producto de esta etapa es transportado mediante correas hasta un acopio de mineral grueso, desde donde es extraído vía alimentadores, a correas que transportan el material a la etapa de chancado fino y clasificación. El producto de esta etapa es menor a 6 pulgadas (Gerencia Proyectos, 2004).

### **2.5.2. CHANCADO SECUNDARIO, TERCARIO Y CLASIFICACIÓN**

El mineral grueso se procesa en un circuito de chancado de dos etapas (circuito abierto). El chancado secundario consta de dos líneas simétricas. En ambas, el mineral grueso se clasifica en un harnero de pendiente múltiple ("Banana") y el material rechazado es alimentado a un chancador del tipo Metso MP800. El material pasante y el producto chancado son descargados en una correa común. El producto de cada línea secundaria es transportado en correas, hasta una tolva reguladora de la etapa terciaria. El mineral de esta etapa sale con tamaño inferior a 28 mm.

El chancado terciario consta de dos líneas, también simétricas. Esta etapa se abastece desde la tolva a través de un alimentador. Harneros tipo Banana, que operan en paralelo clasifican el mineral. El fino es descargado a una correa de producto común a los harneros de la etapa. El material rechazado por los harneros terciarios es transferido en correa hasta una tolva reguladora, la cual abastece dos líneas paralelas de chancado terciario. En la etapa de chancado terciario, el mineral es transferido mediante alimentadores a dos chancadores del tipo Metso MP800. El producto de cada chancador es descargado a una correa de producto común a los chancadores de la etapa.

Los productos comunes, tanto de harneros como de chancadores terciarios, son transferidos mediante correas hasta una tolva reguladora de la etapa de aglomeración. El producto final que va a lixiviación, saliente de esta etapa tiene granulometría 20% +3/4 (Gerencia Proyectos, 2004).

### **2.5.3. AGLOMERACIÓN**

Para favorecer el proceso de lixiviación, mejorando la recuperación de cobre, tres líneas simétricas son las encargadas de aglomerar el mineral. En cada línea, el mineral es extraído de la tolva mediante un alimentador, que descarga sobre una correa que alimenta el material a un cilindro rotatorio. En el aglomerador, el mineral es tratado con

ácido sulfúrico y agua. Desde la etapa de aglomeración el mineral es descargado sobre una correa común y transportado al área de lixiviación (Gerencia Proyectos, 2004).

#### **2.5.4. APILAMIENTO Y REMOCIÓN DE RIPIOS**

El mineral es apilado en capas de tres o cuatro metros de altura (pilas dinámicas). Finalizado el ciclo de lixiviación, el ripio se remueve de la pila por un excavador de capachos (Rotopala), y transportado a través de correas hasta los botaderos, superficies cubiertas con carpetas (Gerencia Proyectos, 2004).

#### **2.5.5. LIXIVIACIÓN DE MINERAL E IMPULSIÓN DE SOLUCIONES**

Parte del refino es transferido desde SX a un conjunto de estanques existentes. Desde acá, el refino es enviado hacia una nueva laguna reguladora, desde la cual irriga módulos de mineral apilado. En una operación paralela, afloramientos de lixiviación de botadero de ripios, denominados PDS (Pregnant Dump Solution), son recolectados a través de instalaciones existentes, e impulsados hacia otras dos nuevas lagunas reguladoras, desde las cuales irrigan módulos de mineral apilado.

El PDS y el refino que irrigan en forma secuencial y en líneas paralelas el mineral apilado, son conducidos a las canchas de lixiviación mediante una red de tuberías que permite seleccionar el fluido que abastece cada módulo. La solución rica (PLS) que aflora al pie de los módulos, es captada y conducida a través de un sistema de canaletas y cañerías hacia dos lagunas desarenadoras que a su vez descargan el fluido a dos nuevas lagunas reguladoras de PLS. Desde las lagunas reguladoras de PLS, la solución es impulsada hacia un sistema de impulsión existente, para transferir el fluido hacia la planta SX. Una fracción del PLS que aflora de los módulos puede ser reciclada hacia las lagunas reguladoras de PDS (Gerencia Proyectos, 2004).

### **2.5.6. EXTRACCIÓN POR SOLVENTES**

Esta planta procesa niveles de cobre entre 350 a 450 ton/día, en función del cobre entregado desde el área de lixiviación.

El objetivo de la planta extracción por solventes es purificar y concentrar las soluciones provenientes de lixiviación. Lo particular de esta planta y que la hace distinta a otras plantas de extracción por solvente, es que la materia prima de producción proviene de distintas fuentes y es por ello que las características de soluciones de entrada varían en el tiempo.

La planta SX está configurada por dos trenes (tren A y tren B). El tren A, opera con dos etapas de extracción, una de re-extracción y una de lavado de fase orgánica. El tren B, posee 2 etapas de extracción y una etapa de re-extracción.

La solución de alimentación PLS es recibida en planta SX en dos estanques de alimentación que operan en serie. Cada uno de ellos tiene capacidad de almacenamiento de 14.000 m<sup>3</sup>. Desde estos estanques, la solución es bombeada a los trenes en forma independiente (Gerencia Proyectos, 2004).

### **2.5.7. ELECTRODEPOSITACIÓN**

La Planta de Electroobtención (EW), es la responsable de la producción final de la línea, en donde se obtiene finalmente el cobre metálico que se comercializa con los mercados mundiales.

En la planta de electrodeposición se trabaja con dos tipos de tecnologías para la producción de cátodos de cobre, una tradicional en que los electrodos son una lámina inicial de cobre y una tecnología de cátodos permanentes en que el electrodo es de acero inoxidable 316-L.

La planta EW actualmente opera con 636, de las cuales 550 son comerciales y 86 escavenger o de limpieza. De las 636 celdas, 408 corresponden a tecnología tradicional (circuitos A, C y D) y 228 celdas, a tecnología permanente (circuitos E y F). Cada celda tradicional consta de 60 cátodos y 61 ánodos y cada celda permanente posee 63 cátodos y 64 ánodos.

La capacidad de depósito que hoy posee dicha planta es de aproximadamente 392 ton/día lo que equivale a una producción anual de 150.000 ton de cobre metálico (Gerencia Proyectos, 2004) .

## **2.6.ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA CIERRE DE FAENAS E INSTALACIONES**

En este capítulo, se presentan los pasos necesarios para estimar los costos asociados al cierre de las faenas mineras desde el punto de vista del regulador, para los cuales se requiere tanto de información proveniente de la faena, como también de información a través de expertos.

En general, las técnicas que se aplican en las estimaciones de costos provienen de las prácticas y estándares recomendado por AACE (Association for the Advancement of Cost Engineering).

Por otro lado, existen varios métodos de estimación que utilizan factores y parámetros que han sido recopilados históricamente en proyectos desarrollados en países más industrializados y con más experiencia en el manejo de la información que en nuestro país, por lo tanto, hay que ser muy cuidadosos en su aplicación (Gerencia de Proyectos, 2005).

Para la estimación de los costos asociado al cierre de las instalaciones de la PTMP, corresponderá a la asignación de costos unitarios estimado para cada uno de las labores que se pueden ejecutar en las diferentes áreas de trabajo, las que junto con los volúmenes involucrados en cada actividad, definirá el costo total del proceso a ejecutar (SNC Lavalin, 2013). La estimación de la ejecución de cada actividad de cierre es presupuestada a través de la estimación de contratar servicios a terceros y de acuerdo a los plazos sugeridos al cierre de cada una de las actividades a ejecutar.

A continuación, se presentan las diferentes áreas unitarias de la planta PTMP para la determinación de los costos unitarios asociados al cierre para cada una de ellas, además de incorporar los costos asociado post cierre.

Tabla 2.5. Definición de área unitaria para la determinación de costo para el cierre de cada una de ellas.

Ítem	Consideraciones
Stock Pile	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desconexión eléctrica.</li> <li>✓ Desmantelar equipos y accesorios.</li> <li>✓ Demolición de estructura y hormigón.</li> <li>✓ Relleno común sin compactación.</li> <li>✓ Equipo de apoyo.</li> </ul>
Área 120	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desconexión eléctrica.</li> <li>✓ Desmantelar equipos tolvas, correas y harneros 3°.</li> <li>✓ Demolición de estructura y hormigón.</li> <li>✓ Relleno común sin compactación.</li> <li>✓ Equipo de apoyo</li> </ul>
Área 130	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desconexión eléctrica.</li> <li>✓ Desmantelar equipos chancadores 2°, 3°, tolvas, correas y harneros 2°.</li> <li>✓ Demolición de estructura y hormigón.</li> <li>✓ Relleno común sin compactación.</li> <li>✓ Equipo de apoyo</li> </ul>
Área Aglomeración	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desconexión eléctrica.</li> <li>✓ Desmantelar tambores aglomeradores, tolvas y correas.</li> <li>✓ Limpieza general con presencia residuo ácido.</li> <li>✓ Relleno común sin compactación.</li> <li>✓ Equipo de apoyo.</li> </ul>
Área Apilador de Mineral	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desconexión eléctrica.</li> <li>✓ Desmantelar apilador mineral.</li> <li>✓ Desmantelar tolvas y correas.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Demolición de estructura y hormigón.</li> <li>✓ Equipo de apoyo.</li> </ul>
Área Lixiviación y Manejo de Soluciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desconexión eléctrica.</li> <li>✓ Desmantelar bombas y pond's de soluciones.</li> <li>✓ Desmantelar líneas de HDPE.</li> <li>✓ Demolición de estructura y hormigón.</li> <li>✓ Relleno común sin compactación.</li> <li>✓ Equipo de apoyo.</li> </ul>
Área Rotopala, Apilador de Ripios y Botadero de Ripios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desconexión eléctrica.</li> <li>✓ Desmantelar rotopala y apilador de ripios.</li> <li>✓ Desmantelar tolvas y correas.</li> <li>✓ Estabilización de taludes (reperfilación del botadero de ripios).</li> <li>✓ Demolición de estructura y hormigón.</li> <li>✓ Relleno común sin compactación.</li> <li>✓ Equipo de apoyo.</li> <li>✓ Señalética en general del cierre y camino post cierre.</li> </ul>
Edificios y Servicios Generales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desconexión eléctrica.</li> <li>✓ Desmantelar estanque de ácido y agua industrial.</li> <li>✓ Desmantelar edificios.</li> <li>✓ Relleno común sin compactación.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo, se enfoca hacia el desarrollo de una herramienta teórica y práctica que sea de utilidad para conocimiento de los aspectos técnicos, legales, ambientales y económicos de los planes de cierre y abandono, de modo de brindar una orientación sobre las posibles decisiones que se pueden adoptar al momento de finalizar una faena minera. Es así, que los antecedentes utilizados se basarán en opiniones de profesionales expertos, en literatura internacional y antecedentes proporcionados por las empresas nacionales.

El caso a analizar, aplicando todas las consideraciones orientativas desarrolladas en la tesis, resume las actividades de cierre a realizar para el abandono de la Planta de Tratamiento de Minerales en pilas de la Gerencia de Extracción y Lixiviación de la División Chuquicamata, ubicada en la Región de Antofagasta en la ciudad de Calama.

La Ley 20.551 establece que para efectos de los planes de cierre, en su Título III “Aprobación de los Planes de Cierre”, en el Párrafo 2º, éstos serán sometidos a la aprobación del Servicio a través de procedimientos de aplicación general o simplificada, dependiendo de la capacidad de extracción de mineral mensual por faena minera. Cada uno de ellos tiene un costo asociado para su ejecución (Ley N° 20.551, 2011).

El cierre de esta faena contempla el término de los procesos unitarios de lixiviación en pilas, botadero de ripios, planta de chancado, correas transportadoras, los edificios gerenciales y todas las instalaciones auxiliares a la planta.

El plan de cierre y abandono que se elaborará, incluirá las medidas necesarias para mitigar los impactos del cierre, emanadas de una identificación y evaluación específica para cada etapa del proceso analizado, bajo el amparo y cumplimiento de las normativas y leyes que regulan el cierre de las faenas e instalaciones minera en Chile.

El procedimiento de aplicación general, se aplicará a aquellas explotaciones de yacimientos mineros cuya capacidad de extracción sea superior a 10.000 toneladas mensuales. Para aquellas faenas mineras cuya capacidad sea inferior a dicha cantidad y para las exploraciones mineras de la forma establecida en la Ley 19.300, será aplicable el procedimiento simplificado. Los contenidos mínimos del plan de cierre dependerán del tipo de procedimiento, para este caso, la capacidad de tratamiento de PTMP es mayor a 10.000 ton/mes, lo que implica desarrollar el procedimiento general.

### **3.1. PROCEDIMIENTO GENERAL**

#### **3.1.1. RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL 097/2003. PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO MINERALES EN PILA, DE ACUERDO A LA LEY 19.300**

Mediante Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 155/2003 se obtuvo permiso ambiental para operar la Planta de Tratamientos de Minerales en Pilas, adquiriendo compromisos ambientales en toda la vida del proyecto. Específicamente en la etapa de cierre de faenas, se adquieren compromisos teniendo como objetivo fundamental recuperar la condición original del lugar en aquellos aspectos en que sea factible, y al mismo tiempo poder dejar controlados aquellos aspectos que pudieran dar origen a impactos ambientales durante el abandono.

Las acciones y criterios que se considerarán para el botadero de ripios, se describen a continuación (RCA N° 155, 2003).

- ✓ Estabilidad: La estabilidad del botadero, quedará asegurada basada en los criterios de la estabilidad de los taludes en su construcción, según lo indique la ingeniería.
- ✓ Evacuación de aguas lluvias: En todo el perímetro del depósito, se construirán canales colectores de aguas lluvias, para impedir que los escurrimientos superficiales

entren en contacto con los ripios, de tal manera que se garantice una condición segura de abandono de largo plazo. De tal forma, las obras de apilamiento quedarán protegidas contra la acción de eventuales flujos superficiales de agua.

- ✓ Infiltración de soluciones al subsuelo: Al estar instalada una membrana impermeable bajo el depósito de ripios, esta detendría cualquier eventual infiltración de solución del botadero, hacia el sub-suelo. El hecho de que la altura final del botadero sea de 30 m, sumado a la alta tasa de evaporación y a la baja permeabilidad del material depositado en las condiciones contempladas por el proyecto, contribuirían a impedir que cualquier solución alcance la superficie de la membrana por los cortos tiempos y escasa ocurrencia de precipitaciones registradas en la zona.

Otras acciones y criterios que se considerarán para las restantes áreas del proyecto, una vez finalizado éste, son las siguientes:

- ✓ Chancadores primario, secundario y terciarios
  - Utilización de éstos para otros proyectos de la División
  - Venta de cada uno de ellos (juntos o separados) o partes
  - Desmontar y disponer las partes en los vertederos autorizados de la División.
- ✓ Correas, planta de aguas servidas, aglomeradores, stock piles, estanques de ácido sulfúrico, roto-pala y esparcidor:
  - Utilización de la infraestructura para otros proyectos de la División.
  - Venta de cada uno de ellos (juntos o separados) o partes.
  - Desmontar y disponer las partes en los vertederos correspondientes de la División.
- ✓ Piscinas:
  - Utilización de éstas para otros proyectos de la División.

- Utilización de éstas como depósito de residuos industriales, opción que se analizará en su momento con la autoridad competente, o serán desmanteladas y los restos de carpetas dispuestas en vertederos autorizados.
  - Desarme y disposición de sus partes en los vertederos autorizados de la División.
- ✓ Energía eléctrica:
- Las líneas eléctricas, serán utilizadas para otros proyectos de la División, por lo que solo se procedería a re-distribuir el o los tendidos hacia los puntos de consumo futuros.
- ✓ Cañerías, tuberías y bombas:
- Se utilizarán para otros proyectos de la División.
  - Desarme y venta de sus partes (juntas o separadas).
  - Desarme y disposición de las partes en los vertederos autorizados de la División.
- ✓ Oficinas, sala de cambios y casino:
- Se ocuparán para otros proyectos de la División.
  - Se desmantelarán y se venderán sus partes y/o estructuras.
  - Se desmantelarán y demolerán las obras y los residuos serán dispuestos en los vertederos autorizados de la División.
- ✓ Subestación eléctrica:
- Se ocupará para otros proyectos de la División.
  - Se venderá completa o por partes.
  - Se desmantelará y sus partes serán depositadas en los vertederos autorizados de la División o en otro lugar autorizado.

### **3.1.2. VIDA ÚTIL DEL PROYECTO PTMP**

Se determina en función de las reservas demostradas según Plan Minero.

### **3.1.3. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS**

Consiste la individualización del representante legal de la empresa.

### **3.1.4. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE PTMP**

Es este acápite se describirá las instalaciones en forma general en función de las diferentes áreas de PTMP.

### **3.1.5. MARCO AMBIENTAL**

Se describe las características relevantes de emplazamiento de la planta que permanecerá más allá de la vida útil, tales como:

- ✓ Geomorfología
- ✓ Geología
- ✓ Medio Ambiente Físico: Meteorología, precipitaciones, viento, calidad del aire, suelo y agua, hidrología, riesgos sísmicos, demografía, arqueología, flora y fauna.

### **3.1.6. ACTIVIDADES TÉCNICAS DEL CIERRE**

El objetivo de este punto es asegurar para la etapa de abandono pasivo, la estabilidad física y química de las instalaciones y estructuras, así como también el uso del suelo, de modo de generar la sustentabilidad que necesita el negocio en el largo plazo.

### 3.1.6.1. Características del medio e impacto y/o efecto sobre el medio ambiente

Las características del medio en que se ubica la faena minera, determinan la posibilidad de ocurrencia de un impacto ambiental significativo, por lo tanto, determinan la necesidad de una acción de cierre específica. Las características del medio a considerar son:

- ✓ Factores climáticos:
  - Precipitaciones medias
  - Precipitaciones extremas
- ✓ Factores geológicos:
  - Relieve
  - Sismicidad
- ✓ Factores socioculturales:
  - Proximidad de la población
  - Actividades económicas de la zona
  - Valor cultural
  - Uso alternativo del suelo
- ✓ Biodiversidad:
  - Existencia de una biodiversidad valiosa
- ✓ Factores hidrológicos:
  - Proximidad de cursos o aguas superficiales
  - Presencia e importancia de los cuerpos de agua subterránea

Para incorporar estas características en la definición de los impactos ambientales relevantes de una faena en su etapa de cierre, se le asocia un parámetro específico, que toma valor 1 si es relevante y 0 si no lo es. Para la Gerencia de Extracción y Lixiviación, se estiman los parámetros específicos de cada una de las características del medio ambiente consideradas. Los criterios para la determinación del valor de cada uno, se presentan en Tabla 3.1.

Un ejemplo de la aplicación de la metodología es el caso del factor sociocultural que dice relación con la proximidad de la población, toma valor 0 en el caso que la población se encuentre a una distancia superior a los 20 km y 1 en caso contrario. Para nuestra Gerencia, el valor sería 1 (Calama se encuentra a 15 km de nuestro emplazamiento).

Como se observa también, para algunos factores considerados, el criterio que determina si el parámetro es 0 ó 1, requiere de la aplicación de criterio experto, ya que no existen los antecedentes que permitan definir en forma objetiva el límite de la importancia de dicho factor.

Tabla 3.1 Características del medio e impacto/Efecto sobre el medio ambiente

<b>Factores climáticos</b>				<b>Parámetro (0 - 1)</b>
Precipitaciones medias	< 150 mm anual	0	>150 mm anual	1
Precipitaciones extremas	< 20 mm en 24 h	0	> 20 mm en 24 h	1
<b>Factores geológicos - morfológicos</b>				
Relieve	Plano	0	Montaña	1
Sismicidad	Baja	0	Alta	1
<b>Factores hidrológicos</b>				
Aguas superficiales	> 10 km	0	< 10 km	1
Aguas subterráneas	Lejano	0	Cercano	1
<b>Factores socioculturales</b>				
Proximidad de la población	> 20 km	0	< 20 km	1
Actividades económicas	No existe	0	Existe	1
Valor cultural	Bajo	0	Alto	1
Uso alternativo del suelo	No	0	Si	1

Fuente: (Montes, 2002)

### 3.1.6.2. Evaluación de impactos para el cierre y medidas de mitigación

Esta sección, se enfocará básicamente en definir las principales instalaciones mineras que afectan el medio ambiente dentro del alcance de esta propuesta en donde se especificarán todas las actividades de cierre que se pueden requerir para cada instalación

y se relacionarán éstas con las componentes ambientales que son de importancia proteger.

Se han definido áreas generales, las cuales contienen operaciones unitarias que se hacen cargo de la estructura de la RCA 155/2003 y son las siguientes:

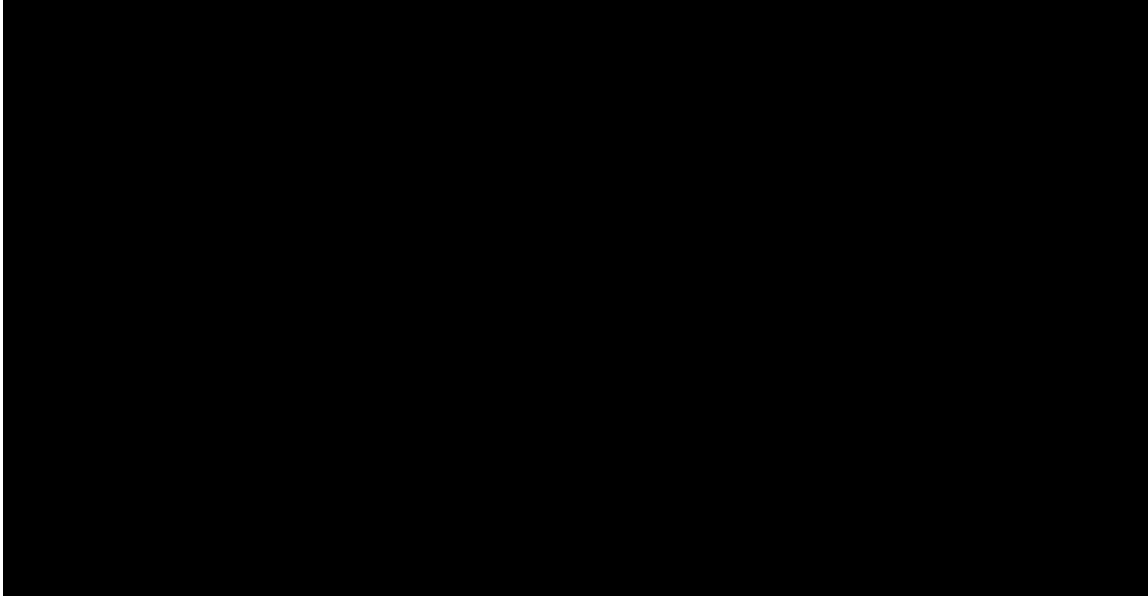
- ✓ Área 100: Reducción, clasificación y transporte de mineral
- ✓ Área 200: Aglomeración, sistema de apilamiento de mineral/remoción y botaderos de ripios.
- ✓ Área 300: Lixiviación y manejo de soluciones
- ✓ Área 400: Servicios generales (ácido sulfúrico, agua y energía eléctrica)
- ✓ Área 500: Infraestructura: Barrio cívico, oficinas, casas de cambio, etc.

Para relacionar las actividades de cierre con la operatividad de las mismas, se desarrollarán los potenciales riesgos ambientales y se construirá una ficha para cada una de estas instalaciones.

Los cuadros destacados en gris en cada una de las fichas, se completan con ceros o unos, indicando de este modo si la actividad de cierre, para la ficha específica, debe o no ser realizada para mitigar o prevenir el daño al componente medioambiental específico que se encuentra en la columna correspondiente.

La Tabla 3.2 muestra un ejemplo para el cierre de Área 300 de la PTMP, en donde los cuadros grises son los que se deberán llenar con 0 o 1.

Tabla 3.2. Ejemplo evaluación impacto. Área 300.



Fuente: (Montes, 2002)

### 3.1.6.3. Instructivo para evaluar las fichas

A continuación se detalla el procedimiento para elaborar las fichas de evaluación:

- ✓ En cada ficha se ha resaltado en color gris, aquellas celdas en que la actividad de cierre es un aporte directo para mitigar o prevenir algún daño ambiental.
- ✓ Utilizado Tabla 3.1, Características del Medio e Impacto/Efecto sobre el Medio Ambiente, se precisa el valor de cada parámetro para la faena.
- ✓ Utilizado Tabla 3.2, Ejemplo de evaluación, se establece si hay impacto significativo en algún medio (mediante el 1), o si es poco significativo (por medio de un 0). Este paso permite establecer si las características del medio ambiente sugieren un potencial daño a la componente ambiental considerada.
- ✓ Las celdas que presentan un impacto potencial significativo, se implementan las acciones requeridas que permitan mitigar o prevenir un daño. Para ello,

generalmente se requiere de opinión experta, en este caso la Gerencia de Sustentabilidad y Asuntos Externos de la División, que decida entre el conjunto de posibles actividades de cierre válidas, dado que existen actividades excluyentes y otras que se diferencian en costos y que se traducen en distintos niveles de calidad de la práctica de cierre (Montes, 2002).

- ✓ Se repite el proceso para cada una de las fichas.

### **3.1.7. ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL PROYECTO DE ABANDONO PTMP**

De acuerdo al cumplimiento de la Ley 20.551 la estimación de la vida útil del proyecto de abandono se estima según criterio experto, en este caso se consultará a la Gerencia Sustentabilidad y Asuntos Externos de la División Chuquicamata, Codelco Chile.

### **3.1.8. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL POST CIERRE Y ABANDONO**

El Plan de manejo ambiental considera un plan de seguimiento de las variables ambientales en el tiempo, un plan de respuesta ante una emergencia, programa difusión a las comunidades internas, externas, Autoridades y auditorías.

### **3.1.9. ESTIMACIÓN DE COSTOS**

Previo a la estimación de costos, se debe realizar un análisis de la información sobre ubicación de las instalaciones, recursos necesarios para la ejecución de las tareas y los costos asociados a cada una de las actividades.

En general, las técnicas que se aplican en las estimaciones de costos provienen de las prácticas y estándares recomendado por AACE (Association for the Advancement of Cost Engineering).

Para la estimación de los costos asociado al cierre de las instalaciones de la PTMP, corresponderá a la asignación de costos unitarios estimado para cada uno de las labores que se pueden ejecutar en las diferentes áreas de trabajo, las que junto con los volúmenes involucrados en cada actividad, definirá el costo total del proceso a ejecutar. La estimación de la ejecución de cada actividad de cierre es presupuestada a través de la estimación de contratar servicios a terceros y de acuerdo a los plazos sugeridos al cierre de cada una de las actividades a ejecutar. A continuación se presenta un ejemplo sobre la estimación de costos de un área, detallando el área por actividad.

Tabla 3.3. Ejemplo determinación costo unitario de desarme para Stock Pile

Área	Actividad	Costos Involucrado		Cantidad	Costo Total US\$
		US\$	Unidad		
Stock Pile	Desconexión Eléctrica				
	Desmantelar equipos y accesorios				
	Demolición de estructura y hormigón.				
	Relleno común sin compactación				
	Equipos de Apoyo				
<b>Costo Total Estimado Cierre Área Stock Pile</b>					

Fuente: Elaboración propia

En resumen, se estimarán los costos asociados al plan de cierre de las áreas generales y lo social, que corresponde a la indemnización por años de servicio a los trabajadores.

### **3.1.10. COSTO ASOCIADO A LAS ACTIVIDADES DE POST CIERRE PTMP**

El costo del post cierre será asumido por la Gerencia de Sustentabilidad y Asuntos Externos, debido a que continuará asesorando y monitoreando los procesos metalúrgicos de la División.

### **3.1.11. GARANTÍAS FINANCIERAS DEL PROYECTO CIERRE**

Es este punto se consultará debido a que PTMP comenzó a operar antes de la Ley 20.551/2011, la garantía financiera no aplica en este punto en particular. Sin embargo este punto se podría financiar a través de un proyecto de inversión.

## **CAPÍTULO IV: PROPUESTA PLAN DE CIERRE PLANTA DE TRATAMIENTO MINERALES EN PILAS**

Las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas, se encuentran en uno de los ambientes más secos del mundo, con ausencia total de vegetación y casi inexistente fauna indígena. La única actividad económica histórica del área es la minería.

El cierre es progresivo, paralelamente a la explotación de los recursos, se opera manteniendo una estabilidad a largo plazo, de manera de dejar para el cierre definitivo la menor cantidad de actividades posibles. Esto se refleja con tener Sistemas Integrados de Gestión, en el ámbito de seguridad, enfermedades profesionales y medio ambiente. Por lo anterior, el Plan de Cierre considerará sólo las medidas finales de un proceso de manejo ambiental, el que dura desde la etapa de construcción hasta el abandono.

Las medidas de Cierre de esta faena consideran:

- ✓ Chancadores primario, secundario y terciario.
- ✓ Correas transportadoras, aglomeradores, stock pile, estanques de ácido sulfúrico, rotopala, apilador de mineral y esparcidor de ripios.
- ✓ Pilas de lixiviación.
- ✓ Botadero de Ripios.
- ✓ Piscinas de recolección.
- ✓ Energía eléctrica.
- ✓ Cañerías, tuberías y bombas.
- ✓ Oficinas, casas de cambio y casino.
- ✓ Subestaciones eléctricas.

El Plan de Cierre y Abandono que se ha de elaborar, incluirá las medidas necesarias para mitigar los impactos del Cierre emanadas de una identificación y la evaluación de impactos específicos para esta etapa.

#### **4.1. RESOLUCIÓN CALIFICACIÓN AMBIENTAL (RCA-PTMP)**

En base de la ley 19.300, en el año 2003 la Comisión Regional de Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, se pronuncia favorablemente mediante la Resolución de Calificación Ambiental N° 155, sobre el proyecto “Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas”, presentado por Codelco.

Destacado en la RCA, específicamente en la etapa de abandono, la recuperación de la condición original del lugar en aquellos aspectos en que sea factible, y al mismo tiempo, dejar controladas aquellas condiciones que pudieran dar origen a impactos ambientales durante el abandono.

Por otro lado, durante el desarrollo de la explotación de los minerales ENMS y que han sido procesados en la planta PTMP, no se han generado daños ambientales significativos en su tratamiento y esto ha sido rectificado en los distintas auditorías externas realizadas por empresas consultoras de gran prestigio mundial, como la ISO 14.001, que se han desarrollado en la División Chuquicamata. Lo anteriormente descrito se enmarca en la políticas de desarrollo sustentable de la corporación que declara “que nuestro actuar se rige por la Carta de Valores de Codelco, protegiendo la vida y salud de los trabajadores, respetando el medio ambiente y velando por el bienestar de la comunidad en cada una de nuestra operaciones y proyectos” (RCA N° 155, 2003).

#### **4.2. VIDA ÚTIL PROYECTO PTMP**

De acuerdo a la ley 20.551, la vida útil del proyecto se determina en función de las reservas demostradas, probadas más probables, a cargo de la Subgerencia de

Geología y Geotecnia de la División Chuquicamata. En resumen, el plan minero realizado en la ingeniería básica del proyecto concluye que la reserva estimada es de 89 Mton de cobre oxidado, entre los años 2005 y 2013, a razón de 30.000 ton/d procesadas, permitiendo una recuperación en pilas de 912.000 ton de cobre fino.

### **4.3. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS**

#### **4.3.1. PRESENTACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN**

Nombre:	Corporación Nacional del Cobre de Chile División Chuquicamata
RUT:	61.704.000-K
Dirección:	Nueva York N° 9, Piso N° 4, Santiago, Región Metropolitana
Teléfono:	(2) 26903775
Fax	(2) 26903775
Representante legal:	Gerencia de Sustentabilidad y Asuntos Externos. División Chuquicamata
Mail:	<a href="mailto:gsae@codelco.cl">gsae@codelco.cl</a>

### **4.4. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA PTMP**

#### **4.4.1. DESCRIPCIÓN INSTALACIONES**

En esta sección se describirán las instalaciones en forma general en función de las diferentes áreas de la planta PTMP (Gerencia Proyectos, 2004).

#### **4.4.1.1. Reducción, clasificación y transporte de mineral**

El mineral tronado es transportado desde la mina en camiones, y es descargado en una tolva de recepción que alimenta un chancador primario. El mineral producto de chancado primario es transportado mediante correas hasta un acopio de mineral grueso. Desde el acopio, el mineral grueso es extraído mediante alimentadores y transportado en correas a la etapa de chancado secundario. La planta está diseñada para procesar 900.000 ton/mes.

El circuito de chancado secundario posee dos líneas paralelas. En cada línea, un harnero es alimentado con mineral transportado en correa desde el acopio. El material clasificado por el harnero es descargado a una correa, en tanto el material rechazado alimenta directamente un chancador secundario, que descarga a la correa de producto del harnero de la línea. El producto de cada línea de chancado secundario es transportado hasta una correa repartidora, que abastece la tolva de alimentación de la etapa de chancado terciario.

La etapa de harneadura terciaria está constituida por dos líneas paralelas. En cada línea, el mineral es descargado desde la tolva mediante un alimentador, y clasificado en un harnero. El material clasificado es descargado a una correa común de producto de los harneros de la etapa, que transporta el mineral clasificado hasta una correa que transfiere el producto final de la planta de chancado a un silo. El material rechazado por el harnero es descargado a otra correa común, que transporta el mineral rechazado hasta una segunda tolva, desde la cual el mineral es extraído mediante un alimentador y descargado sobre un chancador terciario. El producto de cada chancador terciario es descargado a una correa común de producto de los chancadores de la etapa, que transporta el mineral hasta la correa de producto final de la planta de chancado. El producto final posee una granulometría de 90 % bajo 19 mm (3/4").

#### **4.4.1.2. Aglomeración, sistemas de apilamiento de mineral/remoción y botadero de ripios**

El producto final chancado, es procesado en tres líneas paralelas. En cada línea, el mineral es transferido desde una tolva a un aglomerador mediante un alimentador y una correa. Agua y ácido sulfúrico, son dosificados al mineral en el interior del tambor. El mineral que abandona, es descargado sobre sistema de correas que a su vez transfieren y depositan el mineral aglomerado en el área de lixiviación mediante un apilador con orugas.

Después del proceso de lixiviación, los ripios son removidos por una rotopala que se desplaza a través de un mecanismo de orugas. Posteriormente los ripios son transportados por un sistema de correas y es depositado en el sector de botadero.

El sector destinado a botadero, es un área contigua al área de lixiviación. Basado a una altura de apilamiento de 30 metros y que se encuentra contenida por una membrana de HDPE. Los drenajes o aguas lluvias son captados y reintegrados al proceso.

#### **4.4.1.3. Lixiviación y manejo de soluciones**

El mineral aglomerado es transportados y depositado a las canchas de lixiviación a una altura promedio de 3 metros y un ancho 350 metros, agrupados en dos pilas cada una con capacidad para contener 54 módulos. Las pilas se emplazan dentro de un área nivelada e impermeabilizada con una lámina de HDPE, recubiertas con material inerte, llamado cover, sobre la cual se instala cañerías de tipo drenaflex.

Las soluciones de lixiviación de ripios Chuquicamata (PDS) son impulsadas hacia a dos piscinas y la de refino a una piscina. Las dos soluciones fluyen por gravedad y son conducidos hacia el sector de las pilas de lixiviación, donde irrigan en forma secuencial los módulos de mineral, a través de una red de goteros y aspersores instalados sobre cada unidad de lixiviación.

Las soluciones ricas (PLS) son captadas al pie de la pila de lixiviación y es conducida por gravedad hacia las piscinas desarenadoras y posteriormente a piscinas reguladoras de PLS.

Los reboses desde las piscinas de PDS, refino y PLS, fluyen por gravedad hacia una piscina de emergencia. Todas las bases de piscinas están impermeabilizadas con doble membrana de polietileno de alta densidad y dotada de detectores de fuga, con excepción de la piscina de emergencia que, por su eventualidad de uso, solo dispone de una sola membrana.

#### 4.4.1.4. Servicios

- ✓ **Agua:** Es captada de las redes existentes de la División (no extrayendo desde fuentes distintas a las autorizadas) por medio de cañerías acero-carbono o HDPE según las presiones que esté sometida
- ✓ **Ácido Sulfúrico:** El ácido fluye por gravedad desde la planta de ácido hacia los sistemas de recolección de la planta PTMP. Los estanques están dentro de un dique revestido, en una zona contigua a la piscina de refino y PDS. También, el ácido es distribuido, por gravedad, hacia las áreas de aglomeración y de lixiviación.
- ✓ **Energía Eléctrica:** La subestación principal de la PTMP es encapsulada y está integrada al sistema de distribución de Energía Eléctrica de la División. La subestación contienen dos líneas aéreas, que se conectan a las barras de un switchgear (gabinete de interruptores) que está instalado en la sala eléctrica principal.
- ✓ **Infraestructura:** El sector barrio cívico, contiene las oficinas, casa de cambio y casino del personal administrativo y de operación de la planta PTMP. El sector denominado barrios industrial, ubicado al costado del edificio de chancado

secundario, contiene la sala control, sala de compresores y los talleres mecánico, eléctrico, de instrumentación.

#### **4.5. MARCO AMBIENTAL**

Se describen las características relevantes del sitio de emplazamiento que pueden afectar a las instalaciones que permanecerán más allá de la vida útil de la faena o instalación como son el geomorfología, geología, medio ambiente físico, calidad del aire, hidrología – hidrogeología, aguas subterráneas, flora y fauna, calidad del suelo, riesgo sísmico arqueología y demografía (SNC Lavalin, 2008).

##### **4.5.1. GEOMORFOLOGÍA**

En la cuenca del río Loa desde el punto de vista geomorfológico, se pueden distinguir tres unidades morfoestructurales bien definidas, éstas son el macizo andino, la Depresión Intermedia constituida por sierras y pampas y la Cordillera de la Costa.

El río Loa nace en la falda occidental del volcán Miño a 5.000 metros de altura. En este sector el río Loa está limitado por un relieve dominado por el macizo andino que alcanza importantes alturas, entre ellas el volcán Miño (5.611 m.s.n.m), cerro Polán (5.425 m.s.n.m) y Cerro Gordo (5.194 m.s.n.m). El escurrimiento general que sigue el cauce en este sector, posee orientación Norte – Sur hasta la confluencia con el río Salado donde cambia prácticamente en 90° hacia el poniente. El cauce del río presenta terrazas fluviales muy escarpadas, limitadas por cordones montañosos y pampas de escarpes muy pronunciados. Siguiendo la trayectoria Norte – Sur, el río Loa limita con la pampa de Puno y Cordón del Millo por el poniente, y al oriente con Loma Alto de la Cueva que destaca en altura por el cerro Chela y Polpana con alturas de 5.644 y 6.023 respectivamente. Siguiendo más al sur, destacan los volcanes de San Pedro (6.145 m.s.n.m.) y San Pablo (6.092 m.s.n.m.) los que constituyen el límite norte del río San Pedro, uno de los principales aportes del río Loa en el sector alto.

Las características geomorfológicas de esta zona, cambian paulatinamente hasta el segundo de los aportes de mayor importancia del curso principal, el río Salado. En esta zona el relieve andino comienza a descender en altura (4.000 – 5.000 metros de altitud), destacando Cerro del León (5.760 m.s.n.m.) y Cerro Toconce (5.419 m.s.n.m.). Las terrazas fluviales del río se presentan escarpadas al igual que el sector anterior, limitado por pampas de gran escarpe. Desde la confluencia del río Salado con el cauce principal de la cuenca, el escurrimiento del río presenta orientación Este – Oeste hasta la localidad de Chacance donde nuevamente cambia su trayectoria en 90° (Sur – Norte).

El valle de Calama está constituido por un amplio plano depositacional cuya mayor longitud está en sentido Este – Oeste, siguiendo el mismo recorrido del río Loa. La pendiente general del valle en este sector varía entre 1 a 2%, en sentido Este – Oeste, en un total de 12 km.

#### **4.5.2. GEOLOGÍA**

El yacimiento ENMS es un recurso mineral localizado entre los rajos de Mina Sur y Chuquicamata, cubriendo una extensión de 2.400 metros en la orientación nortesur y un ancho de 300 a 500 metros.

Este yacimiento de tipo exótico tiene una génesis que está relacionada a la circulación de soluciones ricas en cobre provenientes de la lixiviación del pórfido cuprífero de Chuquicamata. Estas soluciones escurrieron en forma continua por paleoquebrada labrada con una inclinación de 4% en un basamento ígneo-metamórfico que se encuentra bajo una cobertura de gravas. En su recorrido las soluciones depositaron minerales de óxidos de cobre tanto en las gravas del paquete sedimentario como en las litologías del basamento.

Una parte importante de la mineralización se encuentra bajo el botadero Ripios Chuquicamata que alcanza a una altura de 140 metros y que fuera depositado sobre la topografía original del terreno.

La mineralización de interés económica lo constituyen cuerpos de Gravas Mineralizada de 4 a 50 metros espesor y Rocas Mineralizada de 10 a 40 metros, materiales que subyacen a una capa de gravas estériles de espesor variables hasta un máximo de 87 metros. Los minerales de cobre oxidados, está constituido por seis unidades geológicas, de las cuales tres son gravas sedimentarias y tres unidades basamento ígneo – metamórfico (Roca).

El yacimiento posee recursos de mineral de 136 millones de toneladas, de las cuales, el 59% corresponde a roca de ley media 1,03% de CuT, mientras que el 41% restante corresponde a grava de ley media de 1,21%. En ambos tipos de materiales, la mineralización principal corresponde a Crisocola, Atacamita, Copper Wad, Copper Pitch y en menor proporción a Libetinita.

### **4.5.3. MEDIO AMBIENTE FÍSICO**

Se describen las características relevantes del sitio de emplazamiento que pueden afectar a las instalaciones que permanecerán más allá de la vida útil de la faena o instalación como son el clima, calidad del aire, precipitaciones, viento, calidad del suelo, riesgo sísmico, hidrología, aguas subterráneas, demografía, arqueología, flora y fauna.

#### **4.5.3.1. Meteorología**

La División Chuquicamata presenta un clima desértico marginal de altura. Nuestras instalaciones se encuentran entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m. y se destaca por

una baja humedad relativa, escasa nubosidad y temperaturas promedio diarias bastante estables durante el año pero con una enorme amplitud térmica entre el día y la noche. Este tipo de clima se identifica por tener precipitaciones bastante escasas que se producen tanto en período invernal como estival.

- ✓ La temperatura promedio es de 13,3°C.
- ✓ Oscilación térmica diaria promedio de 19,2°C.
- ✓ Humedad relativa promedio es de un 28 % obteniendo valores desde 14,6 % a 38,8 % durante un día promedio.
- ✓ La presión barométrica varía entre 71,9 y 74,1 kPa.

#### **4.5.3.2. Precipitaciones**

El promedio de lluvia anual es de 3 mm, en uno a cuatro días por año. La máxima precipitación diaria ha sido 37 mm (junio 30, 1992). La precipitación acumulada durante los últimos 8 años alcanza 133,2 mm. No hay registros de inundaciones, las nevazones son prácticamente inexistentes, nieve, granizo o bien escarcha puede presentarse ocasionalmente.

#### **4.5.3.3. Viento**

El promedio diario de velocidad es de 30 km/h. La velocidad máxima del viento es de 150 km/h. Tornados de arena se presentan con velocidades de viento inferiores a 120 km/h, con registros de hasta 150 km/h, (SNC Lavalin, 2008).

#### **4.5.3.4. Calidad del aire**

Se encuentra instalada una red de monitoreo de Calidad del aire en la ciudad de Calama compuesta por las estaciones ubicada en el sector Sur (Servicio Médico Legal de

Calama) y sector Este (Hospital El Cobre). Además, se encuentra operando una Estación monitorea en el poblado de Chiu-Chiu.

#### **4.5.4. CALIDAD DEL SUELO**

En el área de Calama, los suelos son poco evolucionados y se han gestado a partir de estratos arenosos correspondientes a los gases de depositación de grandes conos de deyección de carácter aluvional, en parte sobre sedimentos más antiguos del río Loa. Esto último explica la presencia con profundidad de algunos de aquellos perfiles correspondientes a los mejores suelos, de estrato arcilloso.

La calidad de los suelos decrecen hacia el Norte, encontrándose en el extremo Occidental, suelos turbosos con nivel freático alto, además de estas condicionantes, la presencia de sales en el perfil hacen que estos suelos sean difíciles de habilitar. En general estos suelos decrecen en su calidad agrícola a medida que se avanza hacia el Oeste y se alejan de los márgenes del río Loa. Se exceptúa de esto el sector de Cobija. Hacia el Este y Noreste, algunos suelos presentan una tosca impermeable a distintas profundidades. Cuando la tosca aparece en la parte superior del perfil, los suelos deben ser habilitados.

Otro gran sector al Norte del río Loa, corresponde a suelos muy estratificados, de texturas moderadamente gruesas a finas, presentando en parte nivel freático alto. La habilitación de estos suelos está supeditada a la realización de obras de drenaje. Los mejores suelos se ubican hacia el Oeste hasta la cota de 2.240 metros aproximadamente, encontrándose su mayor distribución en los márgenes del río Loa. Estos suelos se caracterizan por sus texturas franco – arenosas a arenosas, presentando la mayor parte de éstos un estrato franco – limosa en profundidad. Son los suelos que más se cultivan en la zona y corresponden a las depositaciones más recientes del río. Sin embargo, muchos de estos suelos están parcialmente cultivados. El grado de salinidad de este sector es considerablemente más bajo. En general, el grado de salinidad de los suelos de Calama

alcanza valores más altos que los de las áreas de Chiu – Chiu y Lasana, debido a que el agua del río Loa aumenta su salinidad al recibir el aporte de aguas del río Salado.

#### **4.5.5. CALIDAD DEL AGUA**

##### **4.5.5.1. Aguas subterráneas**

Se han reconocido dos acuíferos en la zona del estudio, que se han denominado genéricamente Superior e Inferior, sin embargo sólo resulta de interés el Inferior.

Las características hidráulicas más relevantes del modelo hidrogeológico, se indican a continuación:

- ✓ La dirección del flujo subterráneo, en el sector alto de la subcuenca, es básicamente N-S, para adoptar un sentido NE-SO, en el tramo inferior de la misma.
- ✓ La recarga de los sistemas subterráneos de la subcuenca, se verifica mediante un caudal subterráneo entrante desde aguas arriba (sector de Chuquicamata y Mina Sur) y a través de un caudal subterráneo que ingresa desde la cuenca del río Loa, por una sección ubicada entre los cerros Calama y Milagro. El monto total de la recarga se ha estimado en aprox. 300 l/s.
- ✓ El volumen promedio de agua subterránea embalsada en el acuífero freático, considerando almacenamientos de 5% y 8%, alcanza a unos  $176 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Este valor, expresado como caudal continuo a 10 años, es de 558 l/s.
- ✓ La calidad química de las aguas del acuífero inferior es dispar dependiendo de la proximidad a Chuquicamata. En ambos casos, no son aptas para el consumo humano ni para riego. La mayor concentración de sales disueltas y en particular de algunos elementos tales como el manganeso y el cadmio, que presentan las

aguas subterráneas del acuífero freático, en comparación a las del acuífero confinado, permite ratificar que la recarga del primero, en el sector norte, proviene de aguas de descarte del proceso minero (SNC Lavalin, 2008).

#### **4.5.5.2. Aguas superficiales**

En la zona de la PTMP, no existen aguas superficiales.

#### **4.5.6. HIDROLOGÍA**

Las únicas fuentes superficiales relevantes de la zona corresponden a los Ríos Loa, San Pedro, Salado y San Salvador. Otra zona de aguas superficiales es el Salar de las Indias, donde existe una serie de lagunas.

El sistema hidrográfico del río Loa comprende aproximadamente 33.570 km<sup>2</sup>, constituyendo así la hoya más extensa de Chile. Sólo cerca de un 20% de esta superficie contribuye efectivamente con precipitaciones a su caudal y su cauce. Se extiende desde las faldas del volcán Miño, por 440 km a través del desierto de Atacama, hasta su desembocadura, en caleta Huelén. Se puede convenir en que el río Loa propiamente tal, se forma al reunirse el Loa Superior o Loa Alto, que nace en Ojos del Miño, casi en el límite de las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, con el río San Pedro. Dentro de los afluentes más importantes se destacan el río Salado, que nace a los pies del volcán Tatio que se une al Loa en Chiu-Chiu y el río San Salvador, que se une al Loa en las cercanías de Chacance.

El río San Salvador nace de las quebradas secas de Calama, a unos 7 km al occidente de esta ciudad, en la quebrada de Opache, donde surgen dos caudalosas vertientes, que en total aportan 600 l/s. El curso del río San Salvador es paralelo al del Loa, siguiendo una profunda quebrada, reuniéndose ambos ríos en Chacance, tras un

recorrido de 56 km, en donde tiene un caudal de 414 l/s antes de la confluencia con el río Loa.

#### 4.5.7. RIESGOS SÍSMICOS

El extremo norte de Chile, entre Arica y Antofagasta, entre los 18° y los 23,5° Sur, ha sido reconocida como una zona de alto potencial sísmico (Busker & Lüth, 2002).

El área que ocupa el Distrito Norte ha sido históricamente afectada por los grandes sismos ocurridos en la zona. Se trata principalmente de sismos interplaca de origen costero, algunos sismos intraplaca profundos y escasa ocurrencia de sismos corticales.

La Tabla 4.1, presenta un resumen de las características de los sismos importantes ocurridos en los últimos 130 años en la zona norte.

Tabla 4.1. Terremotos históricos que han afectado en la zona

Fecha	Zona Epicentral	Intensidad Máxima Mercalli	Magnitud Richter MR
22 Marzo 1870	Calama	X	8,0
12 Diciembre 1950	Calama	VII	8,0
10 Enero 1978	Calama	VIII	7,5
30 Julio 1995	Antofagasta	VII	7,5
14 Noviembre 2007	Tocopilla	VIII	7,7

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los antecedentes, los sismos que podrían ocurrir en la Región de Antofagasta, corresponderían a eventos de las zonas denominadas Zona Costera B y Zona Cordillerana E. En estas zonas podrían ocurrir terremotos de magnitudes Richter máximas probables de 8.1 y 7.5 respectivamente (SNC Lavalin, 2008).

#### **4.5.8. DEMOGRAFÍA**

La población regional, de acuerdo al último censo oficializado del año 2002 es 493.984 habitantes. La comuna de Antofagasta con 296.905 habitantes, constituye el 60% de la población regional y Calama, con 138.402 habitantes, representa el 28% de la población regional.

En el periodo intercensal 1992 - 2002 la población regional varió en 20,3%. La densidad poblacional regional fue de 3,9 hab/km<sup>2</sup>. La población regional se concentra en los centros urbanos de la Provincia de Antofagasta (ciudad de Antofagasta) y El Loa (ciudad de Calama).

Antofagasta y Calama concentran la población urbana regional (99,3% y 98,7%, respectivamente. En ellas se concentra la actividad comercial, educacional, industrial y de servicios (SNC Lavalin, 2008).

#### **4.5.9. ARQUEOLOGÍA**

En el área de intervención directa de la mina (socavón, planta, campamento, etc.), no se registran sitios arqueológicos (SNC Lavalin, 2008).

#### **4.5.10. FLORA Y FAUNA**

La vegetación es principalmente xerófila, es decir, abundan especies como la llareta, que soportan muy bien la aridez y cuyo desarrollo se extiende hasta los cuatromil metros de altura. La fauna, al igual que en la Primera Región, se caracteriza por llamas, vicuñas y alpacas, entre otras.

#### **4.6. ACTIVIDADES TÉCNICAS DEL CIERRE**

El objetivo de este punto, es asegurar para la etapa de abandono pasivo, la estabilidad física y química de las instalaciones y estructuras, así como también la del

uso del suelo, de modo de generar la sustentabilidad que necesita el negocio en el largo plazo.

#### 4.6.1. CARACTERÍSTICA DEL MEDIO E IMPACTO Y/O EFECTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Según las características del medio en que está inserto las instalaciones de la planta PTMP, se generan los siguientes valores relacionados a los distintos factores analizados:

Tabla 4.2. Característica del medio donde se localiza la planta PTMP

<b>Factores climáticos</b>					<b>Parámetro (0 - 1)</b>
Precipitaciones medias	< 150 mm anual	0	>150 mm anual	1	0
Precipitaciones extremas	< 20 mm en 24 h	0	> 20 mm en 24 h	1	0
<b>Factores geológicos - morfológicos</b>					
Relieve	Plano	0	Montaña	1	1
Sismicidad	Baja	0	Alta	1	1
<b>Factores hidrológicos</b>					
Aguas superficiales	> 10 km	0	< 10 km	1	0
Aguas subterráneas	Lejano	0	Cercano	1	1
<b>Factores socioculturales</b>					
Proximidad de la población	> 20 km	0	< 20 km	1	1
Actividades económicas	No existe	0	Existe	1	0
Valor cultural	Bajo	0	Alto	1	0
Uso alternativo del suelo	No	0	Si	1	0

De acuerdo el análisis de estos resultados, destacar principalmente que los factores sismicidad y proximidad de la población podrían afectar la estabilidad del post cierre, especialmente a las instalaciones remanentes o a los residuos mineros masivos.

#### 4.6.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL CIERRE Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

En este punto, se presenta si los impactos son significativos o no. Estos cuadros están relacionados con actividades de cierre de cada una de las instalaciones con los impactos/efectos que se buscan mitigar o prevenir.

Tabla 4.3. Área 100: Reducción, Clasificación y Transporte de Mineral

COMPONENTE		PAISAJE		AIRE		AGUA		SUELO		FLORA y FAUNA	FISICOS	DAÑOS A LAS PERSONAS
		Escénico	Cultural	PTS - PM10	Elementos Tóxicos	Contaminación agua subterránea	Contaminación agua superficial	Uso	Contaminación			
IMPACTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE												
Actividad a Desarrollar	Desmantelación y demolición de las obras	0		1				0	0			0
	Graduar y suavizar el terreno	1	0	1				0				0
	Reutilización equipos y accesorios											0
	Desarme y disposición de las partes	0										0

Los potenciales impactos que pueda generar esta área, están relacionados principalmente con la actividad del cierre y no del post cierre.

Se desmantelarán para su reciclaje todos los equipos de esta área, por lo que quedarán sólo los cimientos que se cubrirán con material natural, de acuerdo al paisaje escénico de la zona. Para controlar la polución generada por el desarme y por la graduación y suavización del terreno, es necesario desarrollar actividad de regadío con camiones que están estructurados para esa función.

Tabla 4.4. Área 200. Aglomeración, Sistema de Apilamiento de Mineral/Remoción y Botaderos de Ripios.

COMPONENTE		PAISAJE		AIRE		AGUA		SUELO		FLORA y FAUNA	FISICOS	DAÑOS A LAS PERSONAS
IMPACTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE		Escénico	Cultural	PFS - PM 10	Elementos Tóxicos	Contaminación agua subterránea	Contaminación agua superficial	Uso	Contaminación	Flora Fauna	Derrumbes Taludes	Accidentes en Labores Abandonadas
Actividad a Desarrollar	Desmantelación y demolición de las obras	0		1				0	0			0
	Graduar y suavizar el terreno	1	0	1				0				0
	Reutilización equipos y accesorios											0
	Desarme y disposición de las partes	0										0
	Estabilización de Taludes	1		0	0			0			0	
	Infiltración de soluciones					1	0					
	Evacuación de agua lluvia					1	0					
	Piscina de recolección de soluciones	1				1	0		1	1		0

Los potenciales impactos que pueda generar esta área, están relacionados principalmente con la actividad del cierre y de post cierre.

Con respecto al cierre, se desmantelarán para su reciclaje todos los equipos de esta área, por lo que quedarán sólo los cimientos que se cubrirán con material natural, de acuerdo al paisaje escénico de la zona. Para controlar la polución generada por el desarme y por la graduación y suavización del terreno, es necesario desarrollar actividad de regadío con camiones que están estructurados para esa función.

Para el post cierre, los factores evaluados como significativos serán tratados de forma particular con medidas de mitigación o prevención. Estos son:

- Estabilización de taludes: Actualmente la operación y la configuración normal del botadero ya tiene los ángulos de reposo y la altura necesaria para su funcionamiento, sin colocar en riesgo a las personas ni a las instalaciones. Sin embargo, por estar en una zona altamente sísmica, se reperfilarán los botaderos con el objeto de que una vez abandonados, no generen impacto. La modificación del paisaje corresponde a un impacto directo irreversible y permanente. Por la

ubicación de la planta y el entorno minero, su magnitud respecto a la significancia ambiental, se evalúa como baja.

- Infiltración de soluciones y evacuación agua lluvia: Actualmente la operación y la configuración normal del botadero ya tiene una geomembrana en la base del mismo y una canaleta perimetral que recolecta las soluciones correspondiente a la humedad residual de los ripios. Esta se dejará en el sector para que en la etapa de post cierre, siga cumpliendo su función. Con las medidas mencionadas, la posible contaminación de las aguas subterráneas es prácticamente nula. Además la escasa ocurrencia de precipitaciones registradas en la zona sumada a la alta tasa de evaporación y la baja permeabilidad del material depositado, contribuirían a impedir que cualquier solución alcance la superficie de la membrana.
  
- Piscinas de recolección de soluciones: Actualmente la operación y la configuración normal del botadero contempla una piscina de recolección de soluciones. Esta se dejará en el sector para que en la etapa de post cierre, siga cumpliendo su función. La modificación del paisaje corresponde a un impacto directo irreversible y permanente. Por la ubicación de la planta y el entorno minero, su magnitud respecto a la significancia ambiental, se evalúa como baja.

La piscina está construida con una membrana de alta densidad que impide infiltraciones al suelo y sub-suelo, por ende, el impacto ambiental está controlado. Adicionalmente, se dejará el sector protegido con un cerco perimetral para evitar el acceso de la escasa fauna existente.

Tabla 4.5. Área 300. Lixiviación y Manejo de Soluciones

COMPONENTE		PAISAJE		AIRE		AGUA		SUELO		FLORA y FAUNA	FISICOS	DAÑOS A LAS PERSONAS
IMPACTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE		Escenico	Cultural	PTS - PM 10	Elementos Tóxicos	Contaminación agua subterránea	Contaminación agua superficial	Uso	Contaminación	Flora Fauna	Derrumbes Taludes	Accidentes en Labores Abandonadas
Actividad a Desarrollar	Desmantelación y demolición de las obras	0		0				0	0			0
	Graduar y suavizar el terreno	1	0	1				0				0
	Reutilización equipos y accesorios											0
	Desarme y disposición de las partes	0										0

Los potenciales impactos que pueda generar esta área, están relacionados principalmente con la actividad del cierre y no del post cierre.

Se desmantelarán para su reciclaje todos los equipos de esta área, por lo que quedarán sólo los cimientos que se cubrirán con material natural, de acuerdo al paisaje escénico de la zona. Para controlar la polución generada por el desarme y por la graduación y suavización del terreno, es necesario desarrollar actividad de regadío con camiones que están estructurados para esa función.

Tabla 4.6. Área 400. Servicios Generales (Acido Sulfúrico y Energía Eléctrica)

COMPONENTE		PAISAJE		AIRE		AGUA		SUELO		FLORA y FAUNA	FISICOS	DAÑOS A LAS PERSONAS
IMPACTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE		Escenico	Cultural	PTS - PM 10	Elementos Tóxicos	Contaminación agua subterránea	Contaminación agua superficial	Uso	Contaminación	Flora Fauna	Derrumbes Taludes	Accidentes en Labores Abandonadas
Actividad a Desarrollar	Desmantelación y demolición de las obras	0		0				0	0			0
	Graduar y suavizar el terreno	1	0	1				0				0
	Reutilización equipos y accesorios											0
	Desarme y disposición de las partes	0										0

Los potenciales impactos que pueda generar esta área, están relacionados principalmente con la actividad del cierre y no del post cierre.

Se desmantelarán para su reciclaje todos los equipos de esta área, por lo que quedarán sólo los cimientos que se cubrirán con material natural, de acuerdo al paisaje escénico de la zona. Para controlar la polución generada por el desarme y por la

graduación y suavización del terreno, es necesario desarrollar actividad de regadío con camiones que están estructurados para esa función.

Tabla 4.7. Área 500. Infraestructura

COMPONENTE		PAISAJE		AIRE		AGUA		SUELO		FLORA y FAUNA	FISICOS	DAÑOS A LAS PERSONAS
IMPACTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE		Escénico	Cultural	PTS - PM 10	Elementos Tóxicos	Contaminación agua subterránea	Contaminación agua superficial	Uso	Contaminación	Flora Fauna	Derrumbes Taludes	Accidentes en Labores Abandonadas
Actividad a Desarrollar	Desmantelación y demolición de las obras	0		0				0	0			0
	Graduar y suavizar el terreno	1	0	1				0				0
	Desarme y disposición de las partes	0										0

Los potenciales impactos que pueda generar esta área, están relacionados principalmente con la actividad del cierre y no del post cierre.

Se desmantelarán para su reciclaje todos los equipos de esta área, por lo que quedarán sólo los cimientos que se cubrirán con material natural, de acuerdo al paisaje escénico de la zona. Para controlar la polución generada por el desarme y por la graduación y suavización del terreno, es necesario desarrollar actividad de regadío con camiones que están estructurados para esa función.

#### 4.6.3. ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL PROYECTO DE ABANDONO PTMP

De acuerdo al cumplimiento de la Ley 20.551, la vida útil del proyecto de abandono se estima en un plazo de 10 años.

### 4.7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL POST CIERRE Y ABANDONO

#### 4.7.1. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES

Las variables ambientales que pudiesen afectar a la etapa de abandono son: la calidad de las aguas y la calidad del aire. En la primera, el riesgo de que esto suceda es bajo producto de que este recurso en la zona es muy escaso y es controlada continuamente por las autoridades ambientales regionales. Respecto a la calidad del aire, el cierre mejorará las condiciones de operación que estará monitoreada por la División en distintas estaciones de control de la ciudad de Calama durante la vida útil del proyecto de abandono de faenas descrito en el punto 4.7.3.

#### **4.7.2. PLAN DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS**

Como las variables ambientales a monitorear en esta etapa son de bajo impacto, ante una emergencia, la Gerencia de Sustentabilidad asumirá la contingencia si así ocurriese.

#### **4.7.3. PROGRAMA DE DIFUSIÓN A LA AUTORIDAD Y TRABAJADORES**

Si bien la operación de la PTMP se encuentra en producción desde el año 2005 y no siendo obligación por ley la difusión del plan de cierre, ésta se ha dado a conocer a los representantes de los trabajadores (Dirigentes Sindicales) durante la explotación de los minerales de ENMS. Por lo tanto, en el último periodo se están desarrollando planes especiales de egresos, reubicación del personal y jubilación anticipada dependiendo de los intereses que presente cada trabajador.

#### **4.7.4. AUDITORÍAS**

Se solicitará a organismos competentes en temas de sustentabilidad que realicen auditorias con la frecuencia y cantidad que ellos requieran para verificar que el cierre y abandono de la PTMP esté de acuerdo a lo establecido en la Ley 20.551.

## 4.8. ESTIMACIÓN DE COSTOS

### 4.8.1. COSTOS ASOCIADOS A LAS ACTIVIDADES DE CIERRE DE LA PTMP

La mayor parte de las actividades asociadas a mitigar los impactos para la etapa de abandono, son ejecutadas durante el desarrollo de cada una de las operaciones unitarias de la Gerencia como por ejemplo, el manejo de desechos y otros asociados al cumplimiento de políticas y normas ambientales como la ISO 14.001.

La estimación de los costos, permitirá entregar antecedentes para generar una ingeniería de prefactibilidad, con una precisión de la estimación de la inversión del 35%, según parámetros de Codelco. Las obras de cierre se ejecutarán en un plazo de 6 meses.

A continuación se exponen los costos de cierre según las características de las áreas involucradas:

Tabla 4.8.1. Costos asociados a las actividades de cierre de la PTMP

Ítem	Gasto Cierre US\$
Reducción, clasificación y transporte de mineral	7.058.260
Aglomeración, sistemas de apilamiento de mineral / remoción y botadero de ripios	12.932.201
Lixiviación y manejo de soluciones	7.030.688
Servicios e infraestructura	594.643
Concepto de indemnización por años de Servicios	8.896.008
<b>Total</b>	<b>36.512.008</b>

(\*) El cálculo es estimado en relación a un trabajador con 15 años de servicio promedio y asume la salida del total de la dotación de la PTMP.

#### **4.8.2. COSTOS ASOCIADOS A LAS ACTIVIDADES DE POST CIERRE DE LA PTMP**

Los costos de post cierre serán absorbidos por la Gerencia de Sustentabilidad, quienes permanecerán hasta el cierre de los otros procesos productivos de la División Chuquicamata. Actividades como monitoreo, control, toma de muestras y elaboración de informes mensuales a las autoridades tanto internas como externas, tienen un valor de KUS\$ 2.496 en los 10 años definidos en la estimación de la vida útil del proyecto de abandono de la PTMP anteriormente descrito en el punto 4.6.3.

#### **4.9. GARANTÍAS FINANCIERAS DEL PROYECTO DE CIERRE**

La Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas comienza su operación en el año 2005, antes de la promulgación de la Ley 20.551. Las garantías financieras no aplican al proyecto de cierre de la misma. No obstante, la División en todos los procesos productivos, ha desarrollado actividades para el cumplimiento de los estándares ambientales, garantizando un cierre de acuerdo a lo declarado en la RCA respectiva.

## COMENTARIOS

Chile ya tiene 520 grupos de agujeros que han sido abandonados, luego de que se agotara el recurso minero o éste dejara de ser rentable de explotar. El Catastro de Faenas Mineras Abandonadas y Paralizadas (SERNAGEOMIN, 2013) ha descrito la condición particular de impactos sobre el agua, el suelo o el aire, que permanecen activos. En orden decreciente, la mayor cantidad está en las regiones de Atacama, Coquimbo, Antofagasta, Metropolitana y Valparaíso, aunque hay faenas mineras abandonadas en todas las regiones. Aquí se incluyen hundimiento de tierra, tranque de relaves que filtran metales pesados hacia napas subterráneas o tienen riesgo de colapso, botaderos de estériles, obras derrumbadas, generación de material particulado o polvo en suspensión sobre ecosistemas naturales y glaciares, lo que acelera su derretimiento.

En la próxima década, la minería del cobre nacional enfrentará el cierre de faena de numerosas plantas hidrometalurgias debido al agotamiento de sus minerales oxidados, dentro de los cuales se encuentra la Planta de Tratamiento de Minerales en Pilas, programado para fines del año 2014.

Se ha evidenciado, que los costos de cierre de operaciones mineras existentes que no fueron diseñadas u operadas con anticipación para el término del mismo, pueden ser extremadamente altos y tener un efecto negativo sobre la economía global del proyecto. Sin embargo, la División ha desarrollado actividades en todo el proceso productivo para el cumplimiento de los estándares ambientales, garantizando un cierre de acuerdo a lo declarado en la RCA.

## CONCLUSIONES

Los problemas a enfrentar en la etapa de cierre y abandono, deben ser contemplados desde el inicio de la actividad minera, como una etapa más del proyecto, tal cual se realizó en la PTMP a través del Sistema Integrado de Gestión que posee la División Chuquicamata, con vista a garantizar una mejor utilización de los recursos minerales y financieros.

Las instalaciones de la PTMP se encuentran insertas en una zona de alta sismicidad y relieve, cercana a comunidad de Calama, con presencia de aguas subterráneas, implicando un alto riesgo en términos de contaminación y exposición a accidentes en una etapa de abandono. Sin embargo, las actividades de mitigación propuestas y evaluadas en cada área unitaria, permiten controlar eventos no deseados, cumpliendo esencialmente la estabilidad física y química del entorno.

La metodología propuesta puede ser extrapolable a todas las Unidades de Negocio de la División Chuquicamata. Las consideraciones ambientales permiten precisar si una o varias componentes son significativas o no, estableciendo actividades específicas de cierre que deben desplegar, como la desmantelación para reciclaje de todos los equipos de la planta, la suavización de suelos, la estabilización y reperfilación de taludes de los botaderos de ripios, etc.

La estimación de la vida útil del proyecto de abandono propuesto para la PTMP es de 10 años, la cual será controlada, monitoreada y auditada por la Gerencia de Sustentabilidad y Asuntos Externos de la División Chuquicamata. Esta misma se hará cargo de un plan de seguimiento, plan de respuesta ante emergencias y comunicación general tanto a la comunidad como a las autoridades gubernamentales. El proceso de cierre, abandono y post cierre será auditado por empresas competentes en temas de sustentabilidad con la frecuencia y cantidad que ellos requieran. Los costos asociados a esta etapa, serán absorbidas por esta Unidad de Negocio. Actividades como monitoreo,

control, toma de muestras y elaboración de informes mensuales a las autoridades tanto internas como externas, tienen un valor de KUS\$ 2.496 en los 10 años definidos en la estimación de la vida útil del proyecto de abandono de la PTMP.

Para la estimación de los costos totales asociados al cierre de las instalaciones de la PTMP, se considera los costos unitarios estimados para cada una de las actividades que se ejecutan en las diferentes áreas de trabajo y la cubicación de los mismos. La estimación de la ejecución de cada actividad de cierre es presupuestada a través de contratos de servicios de terceros y de acuerdo a los plazos sugeridos establecidos por las partes.

El Costo total para cerrar las instalaciones de la PTMP es superior a KUS\$ 39.000, que se desglosan de la siguiente manera:

✓	Ámbito Social:	23,0%
✓	Cierre instalaciones:	71,0%
✓	Post cierre:	6,0%

La estimación de los costos, permitirá entregar antecedentes para generar una ingeniería de prefactibilidad, con una precisión de la estimación de la inversión del 35%, según parámetros de Codelco. Las obras de cierre se ejecutarán en un plazo de 6 meses.

Las garantías financieras del proyecto de cierre no aplican, puesto que la operación de la PTMP comenzó el año 2005, antes de la promulgación de la Ley 20.551.

Finalmente, es factible desarrollar un plan de cierre y abandono de la PTMP cumpliendo con la legislación chilena vigente (Ley 20.551) y con los estándares y políticas corporativas de Codelco, como también, con los costos asociados a ella y el bienestar social de los trabajadores.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Busker, S., & Lüth, S. (2002). Broad depth range seismic imaging of the subducted Nazca Slab, North Chile. *Tectonophysics*.
- CODELCO. (2012). *Estándares Ambientales y Comunitarios*.
- Gerencia de Proyectos. (2005). *Recomendaciones Prácticas para la Preparación de Estimación de Costos*.
- Gerencia Extracción y Lixiviación. (2010). *Documentos Superintendencia Ingeniería de Procesos*.
- Gerencia Proyectos. (2004). *API Inversional N° N04XX17*.
- Gerencia Recursos Mineros y Desarrollo. (2013). *Plan Minero PQ/PND*. Chuquicamata.
- Gerencia Recursos Mineros y Desarrollo. (2013). *Plan Minero PQ/PND*. Chuquicamata.
- González, P. (1999). *Tratamiento normativo de la fase minera post operacional en los países minero latinoamericanos y la planificación del cierre*.
- Lam, E., & Montofré, Í. (2013). *Modelo Integrado a un Sistema de Gestión Aplicable a Planes de Cierre de Faenas Mineras*. Santiago.
- Ley 20.551. Regula el cierre de faenas e instalaciones mineras (Ministerio de Minería 2012).
- Ley 19.300. Ley Bases Generales del Medio Ambiente (Ministerio Secretaría General de la Republica 1994).
- Montes, C. (2002). *Consideraciones Técnicas, Legales, Económica y Ambientales de los Planes de Cierre y Abandono de Faenas Mineras*.
- Decreto Supremo N° 72. Reglamento de Seguridad Minera (Ministerio de Minería 1985).
- Decreto Supremo N° 132. Reglamento de Seguridad Minera (Ministerio de Minería 2002).
- Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (2001).
- Resolución de Calificación Ambiental N° 155. Proyecto Planta Tratamiento de Minerales en Pila (2003).

SERNAGEOMIN. (2013). *Catastro de Faenas Mineras Abandonadas y Paralizadas*.

Servicio Evaluación Ambiental. (2013). *www.sea.gob.cl*.

SNC Lavalin. (2008). *Estudio de Plan de Cierre de Faenas Mineras de Codelco Chile*.

SNC Lavalin. (2013). *Estudio de Actualización de Costos de Cierre de Faenas Mineras de CODELCO*.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Estimación de Costos Unitarios

Costo Unitario de Labores para Stock Pile					
Area	Actividad	Costos Involucrado		Cantidad	Costo Total US\$
		US\$	Unidad		
Stock Pile	Desconexión Eléctrica	195.000	Un.	1	195.000
	Desmantelar equipos y accesorios	390.000	Un	1	390.000
	Demolición de estructura y hormigon.	390.000	Un	1	45.000
	Relleno común sin compactación	5	m3	11.984	59.920
	Equipos de Apoyo	1.674.000	Un	1	1.674.000
<b>Costo Total Estimado Cierre Area Stock Pile</b>					<b>2.363.920</b>

Costo Unitario de Labores para Area 120					
Area	Actividad	Costos Involucrado		Cantidad	Costo Total US\$
		US\$	Unidad		
Area 120	Desconexión Eléctrica	195.000	Un.	1	195.000
	Desmantelar equipo chancadores 2°, 3°, tolvas, correas y harneros 2°.	390.000	Un	1	390.000
	Demolición de estructura y hormigon.	390.000	Un	1	65.000
	Relleno común sin compactación	5	m3	3.304	16.520
	Equipos de Apoyo	1.674.000	Un	1	1.674.000
<b>Costo Total Estimado Cierre Area 120</b>					<b>2.340.520</b>

### Costo Unitario de Labores para Area 130

Area	Actividad	Costos Involucrado		Cantidad	Costo Total US\$
		US\$	Unidad		
Area 130	Desconexión Eléctrica	195.000	Un.	1	195.000
	Desmantelar equipo tolvas, correas y harneros 3°.	390.000	Un	1	390.000
	Demolición de estructura y hormigon.	390.000	Un	1	65.000
	Relleno común sin compactación	5	m3	5.964	29.820
	Equipos de Apoyo	1.674.000	Un	1	1.674.000
<b>Costo Total Estimado Cierre Area 130</b>					<b>2.353.820</b>

### Costo Unitario de Labores para Area Aglomeración

Area	Actividad	Costos Involucrado		Cantidad	Costo Total US\$
		US\$	Unidad		
Area Aglomeración	Desconexión Eléctrica	195.000	Un.	1	195.000
	Desmantelar tambores aglomeradores, tolvas y correas.	390.000	Un	1	390.000
	Limpieza en general con presncia residuo ácido.	350.000	Un	1	350.000
	Demolición de estructuras y hormigon.	390.000	Un	1	35.000
	Relleno común sin compactación	5	m3	1.507	7.535
	Equipos de Apoyo	1.674.000	Un	1	1.674.000
<b>Costo Total Estimado Cierre Area Aglomeración.</b>					<b>2.651.535</b>

### Costo Unitario de Labores para Area Apilador Mineral

Area	Actividad	Costos Involucrado		Cantidad	Costo Total US\$
		US\$	Unidad		
<b>Apilador de Mineral</b>	Desconexión Eléctrica	173.333	Un.	1	173.333
	Desmantelar Apilador mineral	2.000.000	Unidad	1	2.000.000
	Desmantelar tolvas y correas.	390.000	Un.	1	390.000
	Demolición de estructuras y hormigon.	20.000	Un.	1	20.000
	Equipos de Apoyo	1.488.000	Un.	1	1.488.000
<b>Costo Total Estimado Cierre Area Apilador de Mineral.</b>					<b>4.071.333</b>

### Costo Unitario de Labores para Area Lixiviación y Manejo de Soluciones.

Area	Actividad	Costos Involucrado		Cantidad	Costo Total US\$
		US\$	Unidad		
<b>Area Lixiviación y Manejo de Soluciones.</b>	Desconexión Eléctrica	260.000	Un.	1	260.000
	Desmantelar Bombas y Pond's de soluciones	499.200	Un.	1	499.200
	Desmantelar sistema general	390.000	Un.	1	390.000
	Desmantelar lineas HDPE	22	m	34.000	748.800
	Demolición de estructuras y hormigon.	35.000	Un.	1	35.000
	Relleno común sin compactación	5	m2	573.138	2.865.688
	Equipos de Apoyo	2.232.000	Un.	1	2.232.000
<b>Costo Total Estimado Cierre Area Aglomeración.</b>					<b>7.030.688</b>

**Costo Unitario de Labores para Area Rotopala, Apilador de Ripios y Botadero de Ripios.**

Area	Actividad	Costos Involucrado		Cantidad	Costo Total US\$
		US\$	Unidad		
<b>Area Rotopala, Apilador de Ripios y Botadero de Ripios.</b>	Desconexión Eléctrica	173.333	Un.	1	173.333
	Desmantelar Rotopala y Apilador de Ripios.	2.000.000	Unidad	2	4.000.000
	Desmantelar tolvas y correas.	390.000	Un.	1	390.000
	Estabilización de taludes (reperfilación del botadero ripio).	63.000	Un.	1	63.000
	Demolición de estructuras y hormigon.	40.000	Un.	1	40.000
	Relleno común sin compactación	25.000	Un.	1	25.000
	Equipos de Apoyo	1.488.000	Un.	1	1.488.000
	Señalética en general del cierre y camino post cierre.	30.000	Un.	1	30.000
<b>Costo Total Estimado Cierre Area Rotopala, Apilador de Ripios y Botadero de Ripios.</b>					<b>6.209.333</b>

**Costo Unitario de Labores de Edificios y Servicios Generales.**

Area	Actividad	Costos Involucrado		Cantidad	Costo Total US\$
		US\$	Unidad		
<b>Edificios y Servicios Generales.</b>	Desconexión Eléctrica	173.333	Un.	1	173.333
	Desmantelar Estanque de ácido y de agua industrial	390.000	Un.	1	390.000
	Desmantelación de edificios	20.000	Un.	1	20.000
	Relleno común sin compactación	5	m3	2.262	11.309
<b>Costo Total Estimado Cierre de Edificios y Servicios Generales.</b>					<b>594.643</b>

**Costos asociados a la actividades del cierre de la PTMP**

<b>Item</b>	<b>Gasto Cierre US\$</b>
Reducción, clasificación y transporte de mineral	7.058.260
Aglomeración, sistemas de apilamiento de mineral / remoción y botadero de ripios	12.932.201
Lixiviación y manejo de soluciones	7.030.688
Servicios e infraestructura	594.643
Concepto de Indemnización por Años de Servicios	8.896.215
<b>Total</b>	<b>36.512.008</b>

**COSTO POST CIERRE.**

<b>Item</b>	<b>Gasto Cierre US\$</b>
1 Adminstrador	96.010
1 Supervisor seguridad	720.000
1 Supervisor operacional	720.000
2 Trabajadores	960.000
<b>Total</b>	<b>2.496.010</b>

## ANEXO 2. Listado de equipos Planta PTMP

Equipos Chancado, Apilamiento y Remoción				
Desarme Planta Chancado 1°	cantidad	Longitud m	Área m2	Capacidad
Chancador	1			2239 t/h
Stock Pile	1			22500 t
Correa 105 CV 01	1	2066		2300 t/h
Correa 105 CV 02	1	578		2300 t/h
Alimentador 100-FE-01	1	9		2514 t/h
Desarme Chancadores 2° y 3°				
Alimentadores 110-FE	6	8		546 t/h
Correa 110 CV 01	1	275		1200 t/h
Correa 110 CV 02	1	275		1200 t/h
Chancadores 120-CR-01 y 02	2			750 t/h
Chancadores 120-CR-03 y 04	2			575 t/h
Harneros	2			1000 t/h
Correa 120 CV 01	1	21		1311 t/h
Correa 120 CV 02	1	21		1311 t/h
Correa 120 CV 03	1	311		2300 t/h
Correa 120 CV 04	1	116		1200 t/h
Alimentadores 120-FE	2	8		1093 t/h
Tolvas 120-BN-01 y 02	2			880 t
Desarme area 130 harneros 3°				
Tolvas 130-BN-01 y 02	2			1110 t
Alimentadores 130-FE-01 y 02	2	8		1093 t/h
Harneros 130-SC-01 y 02	2			1000 t/h
Correa 130 CV 01	1	151		1200 t/h
Correa 130 CV 02	1	286		1200 t/h
Correa 130 CV 03	1	1050		2514 t/h
Correa 130 CV 04	1	120		2514 t/h
Correa 130 CV 05	1	61		2414 t/h
Sector Aglomeración.				
Tolvas 200-BN-01, 02 y 03	3			1500 t
Alimentadores 200-FE-01, 02 y 03	3	8		1093 t/h
Tambores 200-AD-01, 02 y 03	3			1000 t/h
Correa 200 CV 01	1	68		1311 t/h
Correa 200 CV 02	1	68		1311 t/h
Correa 200 CV 03	1	68		1311 t/h
Apilador Mineral				
Correa 210 CV 01	1	47		2300 t/h
Correa 210 CV 07	1			
Correa 210 CV 02	1	2000		2300 t/h
Correa 210 CV 03	1	385		2300 t/h
Correa 210 CV 04	1	16		2300 t/h
Tripper 210-BM-02	1			
Tripper 210-BM-03	1			
Apilador	1			
Remoción Ripios				
Rotopala	1			
210-BM-01	1			
Buzón de traspaso 210-BM-05 y 06	2			
Correa 210 CV 05	1	390		2500 t/h
Correa 210 CV 06	1	2190		2500 t/h
Correa 220 CV 01	1	525		2300 t/h
Correa 220 CV 02	1	1760		2976 t/h
Correa 220 CV 03	1	23		2976 t/h
Correa 220 CV 04	1	450		2976 t/h
Correa 220 CV 05	1	10		2976 t/h
Tripper 220-BM-02	1			
Tripper 220-BM-04	1			
Apilador Ripios	1			

Lixiviación				
	cantidad	Longitud m	Área m2	Capacidad m3
Área Lixiviación.			820260 (área Heel)	
Líneas PLS		14310		
Líneas PDS		8500		
Líneas refino		10920		
Bombas	26			
Piscina de Refir	1			11000
Piscina Refino S	1			11000
Desarenadores	2			28800
Pond PDS 1	1			11000
Pond PDS 2	1			11000
Pond Emergend	1			43200
Pozo Emergend	1			40000
Pond PLS PTMP	1			9600
Pond PLS PTMP	1			9600
Pozo 1 PLS SX	1			14000
Pozo 2 PLS SX	1			14000

Infraestructura barrio cívico				
	cantidad	Longitud m	Área m2	Capacidad
Gerencia			648	
Casa Cambio			450	
Comedor			446	
Otras oficinas			1586	
Taller mecánico			759	
Pañol Mecánico			150	