



UNIVERSIDAD VIÑA DEL MAR
ESCUELA DE INGENIERIA

**PROPUESTA DE MEDIDAS DE CIERRE EFECTIVO DE LOS
PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LA REGIÓN DE
VALPARAÍSO, APLICANDO LAS INDICACIONES DE LA
LEY N°20.551 DE CIERRE DE FAENAS E INSTALACIONES
MINERAS, SU REGLAMENTO Y GUÍAS METODOLÓGICAS**

**INFORME DE TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**

RODRIGO NAGEL PALOMINO

FELIPE URREA DURÁN

PROFESOR GUÍA: HÉCTOR SILVA BOBADILLA

2018



UNIVERSIDAD VIÑA DEL MAR
ESCUELA DE INGENIERIA

**PROPUESTA DE MEDIDAS DE CIERRE EFECTIVO DE LOS
PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LA REGIÓN DE
VALPARAÍSO, APLICANDO LAS INDICACIONES DE LA
LEY N°20.551 DE CIERRE DE FAENAS E INSTALACIONES
MINERAS, SU REGLAMENTO Y GUÍAS METODOLÓGICAS**

**INFORME DE TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**

RODRIGO NAGEL PALOMINO

FELIPE URREA DURÁN

PROFESOR GUÍA: HÉCTOR SILVA BOBADILLA

2018

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Viña del Mar, a todos quienes han sido parte de este proceso y de manera muy especial a nuestras familias.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
INDICE.....	II
LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABLAS.....	IV
ANEXO.....	V
APENDICE.....	V
GLOSARIO.....	VI
ABREVIATURAS.....	IX
ABSTRACT.....	X
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo General.....	4
2.2 Objetivos Específicos.....	4
2.3 Justificación del Proyecto y Sus Limitaciones.....	4
3. ANTECEDENTES DE LOS PAM.....	6
3.5 Breve Historia de la Minería en Chile.....	11
3.6 Panorama Actual de la Minería en Chile.....	13
3.7 Servicio Nacional de Geología y Minería.....	14
3.8 Definición de Pasivo Ambiental Minero en Chile.....	18
3.9 El Marco Jurídico de los Pasivos Mineros en Chile.....	19
3.10 La Problemática que representan los PAM en Chile.....	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1. Etapas del trabajo.....	25
4.2. Etapa 1. Uso del Manual de Investigación de FMA/P.....	26
4.3. Etapa 2. Uso del Manual de Evaluación Preliminar de Riesgos de FMA/P.....	28
4.4 Etapa 3. Uso de la Guía Metodológica de Evaluación de Riesgos Ley 20.551 (evaluación de riesgos detallada).....	29
4.5 Etapa 4. Determinación de las Medidas de Cierre.....	34
5. RESULTADOS.....	37
5.1 Levantamiento de Faenas Mineras Abandonadas en la Región de Valparaíso.....	37
5.2 Evaluación de Riesgos Preliminar.....	38
5.3 Contextualización de los PAM de la Región de Valparaíso.....	40
5.3.1 Planta La Paciencia.....	41
5.3.2 Mina El Cerrado.....	43
5.3.3 Planta Los Dos Amigos.....	44
5.3.4 Planta Valle Claro.....	46

5.3.5 Planta El Escorial.....	48
5.3.6 Mina Caletones 1 al 20.....	49
5.3.7 Mina La Victoriana punto Cuatro.....	51
5.3.8 Mina San Roberto 1 al 8.....	52
5.3.9 Mina Nuestra Señora de la Gracia.....	54
5.3.10 Mina San Luis.....	55
5.4 Resultados de la Evaluación de Riesgos detallada	57
5.4.1 Planta La Paciencia.....	57
5.4.2 Mina El Cerrado	59
5.4.3 Planta Los Dos Amigos	62
5.4.4 Planta Valle Claro.....	63
5.4.5 Planta El Escorial.....	63
5.4.6 Mina Caletones	65
5.4.7 Mina Victoriana Punto Cuatro.....	67
5.4.8 Mina San Roberto.....	70
5.4.9 Mina Nuestra Señora de la Gracia	72
5.4.10 Mina San Luis.....	74
5.5 Determinación de las medidas de cierre.....	76
5.5.1 Planta La Paciencia.....	77
5.5.2 Mina El Cerrado	78
5.5.3 Planta Los Dos Amigos	79
5.5.4 Planta Valle Claro.....	80
5.5.5 Planta El Escorial.....	81
5.5.6 Mina Caletones 1 al 20.....	82
5.5.7 Mina La Victoriana punto Cuatro.....	83
5.5.8 Mina San Roberto 1 al 8.....	84
5.5.9 Mina Nuestra Señora de la Gracia.....	85
5.5.10 Mina San Luis.....	86
5.6 Resumen de los resultados.....	87
6. DISCUSIÓN	92
6.1 De Las Instalaciones Estudiadas.....	92
6.2 Evaluación De Riesgos Sin Medidas De Cierre	93
6.3 Evaluación De Riesgos Con Medidas De Cierre.....	94
6.4 De La Determinación De Las Medidas De Cierre.....	95
7. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y REFLEXIONES FINALES.....	98
7.1 Conclusiones	98
7.2 Reflexiones	99
7.3 Recomendaciones	100
8. BIBLIOGRAFIA.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujos de evaluación de riesgos detallada.....	32
Figura 2. Número de faenas mineras abandonadas inspeccionadas.....	38
Figura 3. Número de PAM encontrados en la región de Valparaíso.....	39
Figura 4. Pasivos Ambientales Mineros Región de Valparaíso.....	40
Figura 5. Faena Minera Planta La Paciencia.....	42
Figura 6. Faena Minera Mina El Cerrado.....	44
Figura 7. Faena Minera Planta Los Dos Amigos.....	46
Figura 8. Faena Minera Planta Valle Claro.....	47
Figura 9. Faena Minera Planta El Escorial.....	49
Figura 10. Faena Minera Mina Caletones 1 al 20.....	50
Figura 11. Faena Minera Mina La Victoriana Punto Cuatro.....	52
Figura 12. Faena Minera Mina San Roberto 1 al 8.....	53
Figura 13. Faena Minera Mina Nuestra Señora de la Gracia.....	55
Figura 14. Faena Minera Mina San Luis.....	56
Figura 15. Relación porcentual entre tipo de instalaciones	88
Figura 16. Porcentaje de riesgo significativo, respecto del total.....	89
Figura 17. Comparación del Riesgo Significativo con y sin medidas de cierre.....	91
Figura 18. Número de instalaciones estudiadas según su tipo.....	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Aspectos Diferenciadores de PAM y Cierre de Minas.....	10
Tabla 2. Tipos de riesgo según Guía Metodológica de Evaluación de Riesgos.....	33
Tabla 3. PAM de la región de Valparaíso.....	39
Tabla 4. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Planta La Paciencia.....	57
Tabla 5. Resultado E.R. para el Depósito de Relaves Planta La Paciencia.	58
Tabla 6. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Mina El Cerrado.....	59
Tabla 7. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles N°1 Mina El Cerrado.	60
Tabla 8. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles N°2 Mina El Cerrado.....	61
Tabla 9. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Planta Los Dos Amigos.....	62
Tabla 10. Resultado E.R. para la Mina Cielo Abierto Planta Los Dos Amigos.....	62
Tabla 11. Resultado E.R. para el Depósito de Relaves N°1 Planta El Escorial.....	63
Tabla 12. Resultado E.R. para el Depósito de Relaves N°2 Planta El Escorial.....	64
Tabla 13. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Mina Caletones.....	65
Tabla 14. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles Mina Caletones.....	66
Tabla 15. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Mina Victoriana Punto Cuatro.....	67
Tabla 16. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles N°1 Mina Victoriana Punto Cuatro.....	68
Tabla 17. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles N°2 Mina Victoriana Punto Cuatro.....	69
Tabla 18. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Mina San Roberto.....	70
Tabla 19. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles Mina San Roberto.	71

Tabla 20. Resultado E.R. para la Mina Cielo Abierto Mina Nuestra Señora de la Gracia.....	72
Tabla 21. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles Mina Nuestra Señora de la Gracia.....	73
Tabla 22. Resultado E.R. para la Mina Cielo Abierto Mina San Luis.....	74
Tabla 23. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles Mina San Luis.....	75
Tabla 24. Medidas de cierre Faena Minera Planta La Paciencia	77
Tabla 25. Medidas de cierre Faena Minera Mina El Cerrado	78
Tabla 26. Medidas de cierre Faena Minera Planta Los Dos Amigos.....	79
Tabla 27. Medidas de cierre Faena Minera Planta Valle Claro.....	80
Tabla 28. Medidas de cierre Faena Minera Planta El Escorial.....	81
Tabla 29. Medidas de cierre Faena Minera Mina Caletones 1 al 20.....	82
Tabla 30. Medidas de cierre Faena Minera Mina La Victoriana punto cuatro.....	83
Tabla 31. Medidas de cierre Faena Minera Mina San Roberto 1 al 8.....	84
Tabla 32. Medidas de cierre Faena Minera Mina Nuestra Señora de la Gracia.....	85
Tabla 33. Medidas de cierre Faena Minera Mina San Luis.....	86
Tabla 34. Clasificación tipológica de las instalaciones.....	87
Tabla 35. Cuantificación del nivel de riesgo sin medidas de cierre.....	88
Tabla 36. Cuantificación del nivel de riesgo con medidas de cierre.....	90

ANEXOS

Evaluación de Riesgos Depósito de Relaves.....	1-1
Evaluación de Riesgos Depósito de Estériles.....	1-2
Evaluación de Riesgos Mina Rajo.....	1-3
Evaluación de Riesgos Mina Subterránea.....	1-4

APENDICE

Organigrama SERNAGEOMIN.....	A-1
------------------------------	-----

GLOSARIO

- Caserón** : *Abertura o cavidad subterránea de grandes dimensiones producto de actividad de explotación.*
- Commodities** : *Son objetos que salen de la Tierra como trigo, ganado, soja, maíz, naranjas, oro, uranio, cobre, aluminio, carbón, algodón y petróleo. Los productos del mismo grado se consideran intercambiables con otros productos del mismo grado, independientemente de quién lo haya producido o cultivado. (Joshua Kennon, 2018).*
- Drenaje** : *Es el escurrimiento de soluciones acidas sulfatadas, frecuentemente*
Acido de *con un contenido significativo de metales disueltos, resultado de la*
Minas *oxidación química y biológica de minerales sulfurados y de la*
lixiviación de metales pesados asociados (SERNAGEOMIN, 2002).
- Envolvente** : *Es el área teórica con probabilidad de sufrir un fenómeno de*
de *subsistencia o hundimiento (CODELCO, 2009).*
Subsistencia
- Espacio** : *Cavidad existente entre las partículas de suelo o roca.*
Intersticial *(SERNAGEOMIN, 2018).*
- Faena** : *Conjunto de instalaciones y lugares de trabajo de la industria*
Minera *extractiva minera. (Ley N° 20.551, 2012).*
- Hidrociclón** : *Son equipos destinados principalmente a la separación de suspensiones sólido – líquido, y son usados industrialmente en casi todos los sectores. (Advanced Mineral Processing, 2017).*

Licuefacción : Es el proceso, habitualmente desencadenado por un evento sísmico, donde la acción de estas solicitaciones conduce al aumento de las presiones de poro, sin posibilidad de que sean disipadas de manera rápida en relación al tiempo de carga, hasta anular parcial o totalmente los esfuerzos efectivos de confinamiento y por consecuencia la resistencia al corte de las arenas, lo que genera el colapso de la estructura constituida por las partículas. (SERNAGEOMIN, 2018).

Overtopping : También llamado rebose, es el mecanismo de falla que se puede generar tanto en tranques de arenas de relave, como en embalses de relave. En efecto, este fenómeno se presenta si el volumen de lamas excede la capacidad del depósito o si la laguna de aguas claras no es manejada de manera adecuada y se encuentra adosada al muro resistente, con el espejo de agua muy cercano o superior a la altura de revancha. (SERNAGEOMIN, 2018).

Piping : También llamado tubificación, es aquel fenómeno de erosión interna que se genera por un arrastre progresivo de las partículas más finas que conforman el material empleado para la construcción del muro resistente o aquel que constituye el suelo de fundación del depósito. (SERNAGEOMIN, 2018).

Pórfido cuprífero : Los pórfidos cupríferos son esencialmente depósitos minerales de baja ley y gran tonelaje. Se denominan pórfidos porque frecuentemente, pero no exclusivamente, se asocian con rocas ígneas intrusivas con fenocristales de feldespato en una masa fundamental cristalina de grano fino (Maksaev, V. 2004)

- Presión de Poros** : Es la presión producida por el agua existente en las cavidades producidas entre las partículas, la que contribuye a la generación de planos de falla. (SERNAGEOMIN, 2018).
- Relaves** : Corresponde al residuo, mezcla de mineral molido con agua y otros compuestos, que queda como resultado de haber extraído los minerales sulfurados en el proceso de flotación. Este residuo, también conocido como cola, es transportado mediante canaletas o cañerías hasta lugares especialmente habilitados o tranques, donde el agua es recuperada o evaporada para quedar dispuesto finalmente como un depósito estratificado de materiales finos. (Ministerio de Minería, 2018).
- Remediación** : Tiene por objetivo reducir la toxicidad, movilidad o concentración de un contaminante presente en el medio, mediante la alteración de la composición de la sustancia peligrosa o del medio, a través de acciones químicas, físicas o biológicas. (Alcaino, G. 2012).
- Remoción en Masa** : Movimiento descendente por efectos de la gravedad de un volumen de material constituido por suelo, roca, detrito (fragmento de roca), nieve, o su combinación. A mayor abundamiento, genéricamente puede hablarse de para aludir a todo movimiento descendente de material de la corteza terrestre. (SERNAGEOMIN, 2015).
- Pasivo Ambiental Minero** : (PAM) Faena minera abandonada o paralizada, incluyendo sus residuos, que constituye un riesgo significativo para la salud o seguridad de las personas, para el medio ambiente o para las actividades económicas. (SERNAGEOMIN, 2006).

ABREVIATURAS

CEPAL	: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
COCHILCO	: Comisión chilena de cobre.
CODELCO	: Corporación del cobre.
E-400	: Formulario de Investigación de Faenas Mineras Abandonadas.
EPA	: Environmental Protection Agency.
FMA/P	: Faena Minera Abandonada/Paralizada.
FOCIGAM	: Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en la Gestión Ambiental Minera.
NAOMI	: National Orphaned/Abandoned Mines Initiative.
OCDE	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
OVDAS	: Observatorio Volcanológico de Los Andes del Sur.
PAM	: Pasivo Ambiental Minero
PIB	: Producto Interno Bruto
PSAD56	: Datum Provisional Sudamericano de 1956
RCA	: Resolución de Calificación Ambiental
SDNG	: Subdirección Nacional de Geología
SDNM	: Subdirección Nacional de Minería
SEIA	: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SERNAGEOMIN	: Servicio Nacional de Geología y Minería

ABSTRACT

Mining Environmental Liability is defined as those long-term, abandoned mining operations that have a significant level of risk to the life and health of people and the environment, because they have not been subject to a Closure Plan that controls the risks. Currently in Chile there is no specific regulation to remedy mining environmental liabilities, so that they constitute an important and contemporary problem that affects our country in its economic, environmental and social dimensions. The Valparaíso region is not exempt from the presence of Mining Environmental Liabilities that are dangerous for people and for the environment, so this project has the purpose of selecting, based on the characteristics of these facilities and their environment, the best techniques that allow the control of the risks of the Mining Environmental Liabilities in the Valparaíso region.

Due to the lack of a norm that indicates how to carry out the control of the significant risks of the abandoned mining operations, this project proposes to anticipate the appearance of a specific norm, offering an orientation on the most appropriate closure measures that should be executed to control the risks. With this objective, the indications of the Law N ° 20.551 of Mine Closure, its Regulation and Methodological Guides will be used.

The application of the risk assessment, which considers adequate closure measures within its variables, allowed to reduce the level of (residual) risk to a non-significant stage, so that the objective of defining the most appropriate closure measures for closure Effective mining environmental liabilities in the Valparaíso region, applying the requirements and requirements of Law N ° 20.551 of Closure of Mining Facilities, its regulation and methodological guidelines, was fully achieved.

It is important to clarify that nowadays and from the legal point of view it is not possible to demand the application of Law N ° 20.551 to the Mining Environmental Liabilities.

RESUMEN

Se define Pasivo Ambiental Minero como aquellas faenas mineras de larga data, abandonadas y que poseen un nivel de riesgo significativo para la vida y salud de las personas y para el medio ambiente, debido a que no han sido sometidas a un Plan de Cierre que controle los riesgos. Actualmente en Chile no hay una normativa específica para remediar los pasivos ambientales mineros, de manera que constituyen un problema importante y contemporáneo que afecta a nuestro país en sus dimensiones económica, ambiental y social. La región de Valparaíso, no se encuentra exenta de la presencia de Pasivos Ambientales Mineros que resultan peligrosos para las personas y para el medio ambiente, por lo que este proyecto tiene el propósito de seleccionar, en base a las características de estas instalaciones y de su entorno, las mejores técnicas que permitan el control de los riesgos de los Pasivos Ambientales Mineros en la región de Valparaíso.

Debido a la inexistencia de una norma que indique como llevar a cabo el control de los riesgos significativos de las faenas mineras abandonadas, este proyecto propone anticiparse a la aparición de una norma específica, ofreciendo una orientación sobre las medidas de cierre más apropiadas que deberían ejecutarse para controlar los riesgos. Con este objetivo, serán utilizadas las indicaciones de la Ley N°20.551 de Cierre de Faenas Mineras, su Reglamento y Guías Metodológicas.

La aplicación de la evaluación de riesgo, que considere dentro de sus variables medidas adecuadas de cierre, permitió reducir el nivel de riesgo (residual) hacia un estadio no significativo, de manera que el objetivo de definir las medidas de cierre más apropiadas para el cierre efectivo de los pasivos ambientales mineros en la región de Valparaíso, aplicando los requisitos y exigencias de la Ley N°20.551 de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, su reglamento y guías metodológicas, fue conseguido cabalmente. Es importante aclarar que hoy en día y desde el punto de vista legal no es posible exigir la aplicación de la Ley N°20.551 a los Pasivos Ambientales Mineros.

1. INTRODUCCIÓN

La actividad minera tiene larga data en nuestro país, no así la legislación ambiental en esta materia, por lo que la minería ha dejado huellas permanentes a lo largo de nuestro país. Estas huellas han causado un impacto no solo ambiental, sino también social ya que se integran a nuestro paisaje, comprometiendo el interés público por sus inherentes riesgos. De lo anterior surge el concepto de Pasivo Ambiental Minero, en adelante llamado también PAM, que en pocas palabras es aquella faena minera en estado de abandono y que presenta un nivel de riesgo significativo, ya sea para las personas como para el medio ambiente, los cuales pueden ser evidentes o encontrarse en estado de latencia.

Por su propia definición y por sus características intrínsecas de peligrosidad para las personas y el medio ambiente, la existencia de los Pasivos Ambientales mineros constituye una problemática contemporánea, que amerita ser discutida. Por lo tanto, con el propósito de avanzar en esta materia tan relevante, este proyecto abordará la problemática que significan los Pasivos Ambientales Mineros en la región de Valparaíso, ofreciendo las mejores opciones para el cierre efectivo de estas instalaciones.

Los PAM afectan a la sociedad en su conjunto, incluso a las personas más allá del área inmediatamente circundante a la faena, por ejemplo poniendo en tela de juicio la imagen país, o afectando la competitividad de diferentes sectores productivos. Además, en el área inmediata de los PAM es posible observar el gran impacto social que generan, debido a diversos motivos como cambios en los recursos locales, cambios en la calidad de las aguas subterráneas, pérdidas en los sustentos de vida natural y además conflictos con las comunidades, debido a la existencia de riesgos que no han sido minimizados hasta un nivel de tolerancia considerado como no significativo

Desafortunadamente en muchos de los casos, existe dificultad en la identificación de los responsables de los pasivos ambientales mineros, por lo que bajo el régimen de

responsabilidad subjetiva que impera en nuestro país y las leyes existentes hoy en día, no es posible atribuir una relación de causalidad suficientemente motivada, con el objetivo de responsabilizar por los daños al medio ambiente. Por otro lado, aquellos responsables identificados de las faenas mineras, quienes ejecutaron sus obras en el pasado y en ausencia de leyes que obligaran a realizar actividades de neutralización de los riesgos significativos, no pueden ser obligados hoy a responsabilizarse por el riesgo presente y futuro, de sus instalaciones abandonadas.

A pesar de la implementación de la Ley de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras a partir del año 2012, la cual establece la obligatoriedad de ejecutar un plan de cierre para todo proyecto minero y la disposición de garantías financieras a aquellos proyectos de gran envergadura, esta no es suficiente debido fundamentalmente a su efecto preventivo, futuro y al carácter no retroactivo que posee. Si bien esta Ley significa un avance en la materia ya que garantiza que no será posible la aparición de futuros PAM, no es posible aplicar su obligatoriedad a aquellas faenas mineras abandonadas de larga data y anteriores a la Ley. De la necesidad anterior surgió el anteproyecto de Ley de Pasivos Ambientales, el cual no ha prosperado al día de hoy. Sin embargo, la institucionalidad minera ha reconocido la necesidad de avanzar en la materia por lo que el SERNAGEOMIN ha elaborado un catastro de faenas mineras abandonadas, a la espera de un avance en materia legislativa. Esta labor ha sido reconocida por la OCDE en su informe de desempeño ambiental del año 2015, no obstante insiste en la necesidad de mejorar la gestión de los pasivos mineros. Por lo tanto, resulta relevante desde el punto de vista de la sostenibilidad de la actividad minera llevar a cabo un ejercicio de evaluación y análisis para definir las actividades de cierre más adecuadas en la neutralización de los pasivos ambientales mineros de la región de Valparaíso, para lo cual se propone utilizar como faro lo señalado en la Ley N°20.551, la cual, junto a sus guías, contienen una metodología clara para llevar a cabo el cierre efectivo de una faena minera.

Es importante reiterar que debido al carácter no retroactivo de la Ley de Cierre, este proyecto constituye un ejercicio teórico de aplicación de la metodología propuesta por

dicha Ley, para la determinación de las mejores medidas de cierre a la espera de alguna Norma que mandate el cierre de los Pasivos Ambientales Mineros.

La estructura de este estudio contempla en su capítulo tercero un marco teórico y normativo de los PAM en Chile; luego en el capítulo cuarto contempla la descripción de la metodología que será aplicada y en el capítulo quinto la etapa de recopilación, análisis de los antecedentes, la etapa de evaluación de riesgos y la etapa de definición de las mejores medidas de cierre para alcanzar la estabilidad química y física de las instalaciones.

Finalmente, dado el contexto estratégico y los múltiples escenarios tanto económicos, como ambientales y sociales en la región de Valparaíso, el presente estudio significará un avance a la luz de una inminente Ley de Pasivos Ambientales Mineros, en cuyo momento servirá como una herramienta que permita tener claridad sobre cuáles serán las técnicas de cierre minero más adecuadas de implementar, ya sea por el Estado o por la sociedad civil, en búsqueda de garantizar el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Definir las medidas de cierre para el cierre efectivo de los pasivos ambientales mineros en la región de Valparaíso, aplicando los requisitos y exigencias de la Ley N°20.551 de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, su reglamento y guías metodológicas.

2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar las faenas mineras abandonadas de la región de Valparaíso para identificar los pasivos ambientales mineros, a partir de la información que posee SERNAGEOMIN.
- Evaluar los pasivos ambientales mineros en su condición actual, según lo indicado en la Guía metodológica de Evaluación de Riesgos de la Ley N°20.551, a partir de la contextualización de las faenas mineras estudiadas.
- Determinar las medidas de cierre suficientes para garantizar la estabilidad física y química de las faenas mineras estudiadas, según el catálogo ofrecido por la Ley N°20.551.

2.3 Justificación del Proyecto y Sus Limitaciones

El presente estudio se justifica por la existencia de Pasivos Ambientales Mineros en la región de Valparaíso, que conviven con comunidades y otras actividades industriales, representando un riesgo para la vida, salud de las personas y el medio ambiente.

Este proyecto ofrece una propuesta efectiva de neutralización de los riesgos inherentes de los pasivos ambientales mineros de la región de Valparaíso por medio de la determinación de las medidas de cierre más efectivas, como resultado de la aplicación de los lineamientos señalados por la Ley de Cierre N°20.551 y sus guías metodológicas. Esta propuesta podrá ser utilizada, por parte del actor interesado (ya sea el Estado o un particular), al momento de tener que hacerse cargo de cerrar los PAM (pasivos ambientales mineros).

Por otro lado, las limitaciones del proyecto en relación a su elaboración se encuentran fundamentalmente en las fuentes de información, las cuales son de baja calidad, debido a que los formularios con los cuales se catastraron las faenas mineras abandonadas durante aproximadamente 12 años fueron escritos en papel, con escasa evidencia fotográfica o sin ella, y con descripciones de un escueto lenguaje técnico. Lo anterior, significó un doble esfuerzo debido a que aquellos vacíos de información tuvieron que ser llenados a través de otros documentos que fueron hallados en SERNAGEOMIN y además con el uso de tecnología de imágenes satelitales.

Respecto de las limitaciones para la posible ejecución del proyecto, el principal impedimento tiene carácter legal, debido a la inexistencia de una Ley específica que obligue el cierre de los pasivos ambientales mineros, por lo tanto hoy en día no existen responsables definidos de los PAM. Por otro lado, si bien se propone utilizar los aspectos de la Ley 20.551 como guía para determinar las mejores medidas de cierre, esta Ley no puede ser invocada, ya que no es retroactiva, es decir, no es aplicable a faenas que hayan cesado sus operaciones con anterioridad al año 2012, caso de los Pasivos Ambientales Mineros tratados en este proyecto. Por lo tanto, este proyecto cobrará relevancia una vez aprobada alguna normativa legal que ordene el cierre de los PAM, en cuyo momento solamente será necesario ejecutar las medidas de cierre, ya que todo el estudio previo estará realizado y plasmado aquí.

3. ANTECEDENTES DE LOS PAM

3.1 Contexto Global de los Pasivos Ambientales Mineros

Los antecedentes históricos de la minería en Latinoamérica, demuestran que se mantuvo ajena a la variable ambiental y social durante un periodo muy extenso de tiempo, de lo cual se tiene como resultado la existencia de un número indeterminado de minas, instalaciones o acumulaciones de materiales abandonados, comúnmente conocidas como Pasivos Ambientales Mineros (PAM), y que no sólo requieren de una adecuada gestión desde el punto de vista ambiental sino que también desde una mirada social, planteando un desafío no menor en los países mineros, especialmente como se ha visto en aquellos con una larga trayectoria extractiva y productiva (CEPAL, 2016).

3.2 Concepto General de Pasivos Ambientales Mineros

En general la denominación de **Pasivo Ambiental Minero** hace referencia a los impactos ambientales generados por las operaciones abandonadas con o sin dueño u operador identificables y en donde no se hayan realizado un cierre de minas reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente (CEPAL, 2008).

Teniendo en cuenta que no todas las faenas mineras abandonadas presentan o generan efectos adversos o negativos a la salud humana o al medioambiente es necesario introducir un criterio adecuado diferenciador. En el caso de Perú y de Chile se definen como PAM solamente aquellas faenas mineras abandonadas que presentan un riesgo significativo (Chile) o permanente y potencial (Perú) (CEPAL, 2008).

Mientras que en Canadá la iniciativa de minas Abandonadas/Huérfanas NAOMI (National Orphaned/Abandoned Mines Initiative) habla de faenas mineras huérfanas sin tomar en cuenta el riesgo que pudiera existir. Según la definición canadiense las minas

huérfanas o abandonadas son aquellas donde no es posible identificar un responsable o donde éste no puede o no quiere responder a su responsabilidad de remediación (CEPAL, 2008).

Por otro lado, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency – U.S. EPA) define como sitios mineros abandonados (Abandoned Mine Lands) aquellas tierras, aguas y cuencas contaminadas o dañadas por la extracción, beneficio o el procesamiento de menas y minerales. El término sitio minero abandonado incluye aquellas áreas donde la actividad minera es temporalmente inactiva (EPA, 2017).

3.3 Problemática que Generan los PAM

Además de los evidentes trastornos del paisaje debido a la presencia de los PAM y los peligros asociados a la seguridad, en relación directa con la inestabilidad de superficies o infraestructura en mal estado, las preocupaciones ambientales más graves asociadas a su existencia son la afectación de la calidad del aire por arrastre de material particulado debido a la acción del viento que puede a su vez contaminar el suelo y afectar por inhalación, ingestión o contacto dérmico a personas y animales; afectación de la calidad del suelo por contaminación directa, erosión y degradación del mismo; y formación de drenaje minero producto de la interacción entre las minas a cielo abierto, minas subterráneas y residuos mineros masivos abandonados sin un plan de cierre o inadecuadamente recuperadas, con los factores ambientales (agua, aire), que mediante escurrimiento superficial e infiltración, puede alterar significativamente la calidad del agua subterránea y superficial. Los impactos adversos sobre las aguas incluyen la modificación del pH, degradación de los ecosistemas hídricos y contaminación del agua potable. Asimismo, la existencia de PAM puede significar también cambios del régimen hidrológico y/o hidrogeológico local. Por otro lado, la descarga directa de las aguas de proceso o de sedimentos contaminados, también se consideran fuentes de contaminación de las aguas superficiales. En consecuencia, estas afectaciones pueden provocar un fuerte

impacto sobre la biodiversidad de especies y/o degradación e incluso pérdida de ecosistemas terrestres y acuáticos, y significar finalmente un riesgo para la salud de las personas por contaminación debido a la presencia de sustancias tóxicas en su entorno. (CEPAL, 2016)

Es evidente que los riesgos pueden afectar directamente a las poblaciones adyacentes donde se localizan los pasivos, por lo que se hace necesaria la planificación en su gestión, encaminada a su remediación. Sin embargo, la remediación no debe ser enfocada sólo en el sentido de una disminución de la contaminación de los medios ambientales, y por ende sociales, sino que también debe verse como una oportunidad, ya que pueden suponer la reactivación de la minería (minería secundaria), significando una fuente de inversión para las economías locales (CEPAL, 2016).

La importancia de la gestión de los PAM se debe enfocar principalmente en reducir los riesgos asociados a su presencia, establecer reglas de titularidad de los mismos, permitir la mejora de las condiciones de vida de las comunidades afectadas directa e indirectamente por la presencia de los PAM, evitar una imagen negativa de los países mineros y estrechar la vinculación de éstos con proyectos de cierre de faenas mineras (SERNAGEOMIN, 2006). Sin duda todo ello debe contar además de con la implicancia de las autoridades competentes en la materia como parte de su deber constitucional, con medidas de control efectivo y seguimiento de la gestión, con la finalidad de dar alerta del funcionamiento de este proceso y avanzar en una mejor gestión. Sin embargo, no se debe olvidar de que el gran número de PAM implica hoy un alto costo para su remediación y, por lo tanto, difíciles de asumir por los propios gobiernos de los países mineros (CEPAL, 2014).

3.4 Aspectos Diferenciadores de PAM y Cierre de Minas

Muchas veces existe una confusión acerca de la necesidad de contar con una normativa que abarca el tema de los pasivos ambientales mineros y una normativa para el cierre de minas. (CEPAL, 2016)

Uno de los aspectos principales diferenciadores es que una legislación o un sistema de gestión de PAM abarca a las faenas mineras abandonadas, paralizadas, inactivas o huérfanas, en muchos casos hace varias décadas o incluso siglos, mientras que una legislación para el cierre de minas está dirigido a faenas mineras activas y futuras. El objetivo del primero es de mitigar, remediar daños ya producidos y prevenir los riesgos de un futuro daño, mientras que el segundo apunta a la prevención de la generación de futuros daños y la generación de nuevos pasivos. (CEPAL, 2016)

Los aspectos claves para una gestión de los PAM son la identificación de los responsables y los mecanismos de financiamiento de la remediación. En cambio los aspectos claves para el cierre de minas son la incorporación de la planificación del cierre y la internalización de su costo en la planificación de la actividad minera, es decir en el proceso de exploración, diseño, construcción, explotación, cese de operaciones y cierre. (CEPAL, 2016)

La siguiente tabla, resume los aspectos diferenciadores entre una gestión de los pasivos ambientales mineros y una gestión de plan de cierre de faenas mineras.

	PAM	CIERRE DE MINAS
Aspecto de tiempo	Problema histórico de antes de la entrada en vigencia de la normativa ambiental.	Para todas las actividades mineras activas y futuras.
Estado de la Mina	Minas inactivas, abandonadas, paralizadas o huérfanas.	Operaciones mineras activas y futuras.
Objetivo	Mitigar, remediar y prevenir daños.	Prevenir daños futuros.
		Evitar la generación de nuevos Pasivos Ambientales Mineros.
Instrumentos	Plan de remediación.	Plan de Cierre (cierre progresivo, cierre final y post cierre).
Responsabilidad	Responsables no siempre identificados: operador minero, dueño del predio, Estado (en ausencia de responsables).	Responsable es identificado: Operador/empresa minera.
Concepto básico	Posterior al cese de la operación.	Parte de la planificación minera.
Financiamiento	Responsable. Estado (en ausencia de responsables). Cooperación pública-privada.	Garantías.
		Internalización del costo del cierre por parte de las empresas mineras.

Tabla 1. Aspectos Diferenciadores de PAM y Cierre de Minas.

Fuente: CEPAL, 2016.

3.5 Breve Historia de la Minería en Chile

Hablar de los pasivos mineros en Chile, es recordar el paso del tiempo por nuestro país, de mano del sector minero, que históricamente ha sido el sector que ha constituido el principal motor de nuestro desarrollo, marcado por ciclos de auge y crisis que de alguna forma han hecho de nuestro país un actor relevante en el concierto mundial (Sougarret L., 2003).

Nuestra historia minera se remonta a períodos anteriores a la llegada de los españoles, existiendo testimonios de que las culturas autóctonas extrajeron cobre, oro y plata. Trabajos arqueológicos han encontrado piezas de cobre datadas hasta en 2.500 años de antigüedad (Sougarret L., 2003).

Los primeros registros históricos del siglo XVI corresponden al período de la Colonia, y dan cuenta que los españoles volcaron sus primeros esfuerzos en la explotación de lavaderos de oro, en la zona sur de nuestro país, en pleno territorio mapuche, en lo que ahora corresponde a la zona de Villarrica, Valdivia y Osorno (Sougarret L., 2003).

Las primeras normas sobre el trabajo de la minería en Chile, fueron dictadas en 1771 como Reales Ordenanzas de la Minería de Nueva España. (Sougarret L., 2003).

Durante el siglo XIX nuestro país pasa a constituirse en uno de los principales productores de plata a nivel mundial, gracias a los descubrimientos y explotación de Chañarcillo (1832), Tres Puntas (1848) y Caracoles (1870), entre los principales. Cabe destacar que estas explotaciones eran intensivas en mano de obra por la escasa mecanización y tecnología aplicada (Sougarret L., 2003).

También en ese siglo, entre 1811 y 1875, la minería concentrada en el Norte Chico alcanzó un nivel de desarrollo tecnológico de punta, lo que permitió exportar la producción de cobre con mayor valor agregado, lo que se hacía desde fundiciones como

Lambert, Guayacán y Tongoy. Entre 1850 y 1880, Chile pasó a ser el primer productor de cobre a nivel mundial, aportando más del 30 % del consumo (Sougarret L., 2003).

La explotación del salitre constituye otro hito histórico de la minería nacional, en que una vez más, la riqueza generada contribuyó fuertemente al desarrollo económico del país. Esta minería, asentada en el desierto del norte, en la región de Tarapacá y Antofagasta, permitió abastecer con este fertilizante natural gran parte de los países que lo requerían para mejorar su agricultura. La sustitución del nitrato natural por el salitre sintético, marcó el inicio de una crisis terminal traducida en una gigantesca desmovilización de la mano de obra, la que había sido reclutada desde todas las regiones del país (Sougarret L., 2003).

En el año 1913 operaban en el país 137 Oficinas Salitreras, las que se concentradas en una extensa zona entre Pisagua y Taltal, y ocupaban una mano de obra superior a 53.000 personas. Hoy en día han pasado a constituir los llamados pasivos ambientales, caracterizados por su fuerte presencia escénica. Para darnos cuenta del impacto que significó la muerte de esa industria para el erario nacional, basta conocer que al inicio del siglo XX, Chile constituía el principal productor de salitre natural del mundo y en nuestro país, esa producción representaba el 80% del valor de la producción nacional exportada, mientras que el cobre sólo alcanzaba el 12 % (Sougarret L., 2003).

El siglo XX marca el comienzo de una nueva era de la minería de nuestro país, la que posteriormente será conocida como la Gran Minería del Cobre, cuyos inicios son marcados por la puesta en operación de los yacimientos de El Teniente (1909), Chuquicamata (1911) y Potrerillos (1916). Este tipo de yacimientos masivos de tipo porfídico marcan una nueva concepción del negocio minero en Chile y el mundo, ya que su explotación de bajo costo se realiza a gran escala, con empleo de equipamiento de grandes dimensiones y tecnología de punta. Debe tenerse presente que en este tipo de minería, más del 95 % de la roca original que es removida, constituirán residuo que permanecerán después de la explotación (Sougarret L., 2003).

Junto a esta Gran Minería, concentrada en el sector centro norte del territorio, paralelamente ha convivido una pequeña y mediana minería, que explota pequeños yacimientos vetiformes de altas leyes pero altos costos de producción, con una baja productividad. Esta minería tiene un gran componente social y estratégico en nuestro país, ya que históricamente se ha desarrollado en territorios en que constituye la única fuente laboral (Sougarret L., 2003).

3.6 Panorama Actual de la Minería en Chile

La minería metálica es una de las actividades económicas más relevantes de Chile (10% del PIB), siendo el principal generador de ingresos fiscales, y de indiscutible relevancia a nivel internacional. El Consejo Minero con datos de COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre) sitúa a Chile durante el año 2016 primero en el ranking mundial de producción de cobre con un 28% de participación, equivalente a una producción de 5,6 millones de toneladas. Asimismo, en Chile se produce cada año el 23% del molibdeno y el 6% de la plata a nivel mundial, siendo respectivamente el segundo y el cuarto productor a nivel mundial para estos commodities (Consejo Minero, 2017).

Además, se debe considerar que Chile es el primer productor mundial en minerales no metálicos alcanzando el segundo y tercer lugar a nivel mundial en la producción de compuestos de litio y compuestos de boro, según los datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (SERNAGEOMIN, 2017).

En Chile se definen tres tipos de minería claramente diferenciables: la gran minería, la mediana minería y la pequeña minería que la conforman aquellas faenas que poseen una dotación inferior a 80 trabajadores y tienen menos de 200.000 horas trabajadas durante un año, con escasa producción pero muy importante en el ámbito laboral, siendo una palanca de desarrollo para sectores con menos oportunidades (SERNAGEOMIN, 2017).

3.7 Servicio Nacional de Geología y Minería

El Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, creado mediante el D.S. N°3.525 de noviembre de 1980 con el objetivo de asesorar al Ministerio de Minería en materias geológicas y mineras (SERNAGEOMIN, 2017).

A nivel nacional, el Servicio está organizado en dos áreas técnicas, la Subdirección Nacional de Geología (SDNG) y la Subdirección Nacional de Minería (SDNM). En su calidad de organismo desconcentrado regionalmente ejecuta sus programas por medio de 11 Direcciones Regionales: Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Centro (comprende las regiones de Valparaíso y Metropolitana de Santiago), Libertador General Bernardo O'Higgins, Maule, Sur (comprende las regiones del Biobío, La Araucanía, Los Lagos y Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo), Los Ríos, y Magallanes y de la Antártica Chilena; 2 Oficinas Técnicas, una en Puerto Varas y otra en Coyhaique, y el Observatorio Volcanológico de Los Andes del Sur (OVDAS) en la ciudad de Temuco. Como apoyo a la labor geológica y minera cuenta con un Departamento de Laboratorios y una Biblioteca especializada en temas geológicos y mineros (SERNAGEOMIN, 2017).

Misión. El Servicio Nacional de Geología y Minería es el organismo técnico responsable de generar, mantener y difundir información de geología básica y de recursos y peligros geológicos del territorio nacional, para el bienestar de la comunidad y al servicio del país, y de regular y fiscalizar el cumplimiento de normativas mineras en materia de seguridad, propiedad y planes de cierre, para contribuir al desarrollo de la minería nacional (SERNAGEOMIN, 2017).

Visión. Ser reconocidos por la comunidad nacional e internacional, como un actor estratégico para el bienestar de la ciudadanía y el desarrollo del país, posicionando la información de los recursos y peligros geológicos como base para el ordenamiento

territorial y consolidando altos estándares de calidad en la regulación y fiscalización de la actividad minera (SERNAGEOMIN, 2017).

Los Objetivos Estratégicos del SERNAGEOMIN son:

1. Mejorar la acción fiscalizadora en seguridad minera, mediante el incremento de la cobertura y calidad de las fiscalizaciones a las instalaciones/faenas, para fortalecer la seguridad de los trabajadores y disminuir la accidentabilidad en la industria extractiva minera, según la normativa vigente.
2. Mejorar el proceso de revisión de proyectos de explotación y/o plantas de tratamiento de minerales, depósitos de relaves, permisos sectoriales y de cierre de instalaciones/faenas mineras, mediante generación, actualización y difusión de guías metodológicas, para contribuir a la industria extractiva minera segura.
3. Mantener, actualizar y entregar información técnica, de manera correcta y oportuna para el proceso de constitución de concesiones mineras de exploración y explotación, y para fines del catastro y registro de concesiones geotérmicas de exploración y explotación.
4. Asistir técnicamente en materias de nuestra competencia a las autoridades ambientales, en el proceso de evaluación de impacto ambiental y en la ejecución del programa de fiscalización ambiental, para el cumplimiento de la normativa ambiental, con el fin de contribuir al desarrollo sustentable del país.
5. Potenciar el monitoreo y el conocimiento de la actividad volcánica del territorio nacional, mediante la ampliación de la cobertura y calidad del monitoreo, la entrega de información oportuna a las autoridades gubernamentales y comunidades, para contribuir a la reducción del riesgo asociado a la actividad volcánica.

6. Generar, mantener y difundir conocimiento geológico general, mediante publicaciones de geología básica, geofísica y geoquímica del territorio nacional, con el fin de promover la inversión exploratoria y satisfacer requerimientos de información para el desarrollo regional y de sectores específicos.

7. Generar, mantener y difundir conocimiento geológico aplicado, mediante publicaciones sobre recursos minerales, energéticos, hídricos y geo patrimoniales, así como de los peligros geológicos del país, para satisfacer requerimientos de asistencia técnica, de información para el desarrollo regional y el ordenamiento territorial.

8.- Generar competencias en materias de seguridad minera, mediante formación continua de expertos en prevención de riesgos y de monitores de seguridad, así como capacitación a trabajadores del sector, para el desarrollo de una actividad minera segura.

Los Productos Estratégicos del SERNAGEOMIN son:

Fiscalización. Considera las inspecciones a instalaciones/faenas mineras y a depósitos de relaves mineros activos, para asegurar la correcta aplicación de la normativa de Seguridad Minera y minimizar el riesgo de accidentes personales. Además de la revisión y aprobación de planes de cierre de faenas mineras con sus respectivas fiscalizaciones. También, la revisión y aprobación de los proyectos de métodos de explotación menores a 5.000 toneladas y sus eventuales modificaciones para la explotación de la mina o tratamiento de sus minerales.

Asistencia técnica. Asesoría a Tribunales en la operación de mensuras para el otorgamiento de concesiones de explotación y solicitudes para la sentencia constitutiva de concesiones mineras de exploración. Asesoría a la autoridad ambiental en dar respuesta a los requerimientos de cumplimiento del programa de fiscalización ambiental, denuncias y las solicitudes de evaluación de impacto ambiental, emitiendo opiniones técnicas en relación al cumplimiento normativo de los proyectos que tengan impacto ambiental. Informes de asistencia técnica geológica orientados a asistir a las autoridades nacionales y

regionales, respecto al ordenamiento territorial, peligros geológicos, fuentes energéticas, minerales e hídricas y otras materias relacionadas a la geología, para una administración eficiente de los suelos y del subsuelo. Asesoría técnica al Ministerio de Energía respecto de las solicitudes de concesión de exploración y explotación de energía geotérmica, además de mantener un catastro actualizado de las concesiones geotérmicas.

Formación y capacitación. Conjunto de actividades para formar/reforzar el conocimiento sobre materias de prevención de riesgos para los trabajadores del sector minero, preparándolos para ejecutar con mayor eficiencia sus funciones en la explotación.

Publicaciones. Proceso que comprende un conjunto de actividades orientadas a producir, publicar y poner a disposición de los clientes cartografía geológica, en versión digital y /o física. Incluye trabajos de terreno, investigación, análisis de laboratorio y otros, para la publicación de revistas, informes/estudios técnicos, otros mapas, documentos digitales y similares, mediante los cuales se entrega información geológica y minera.

El organigrama completo del Servicio Nacional de Geología y Minería, se puede apreciar en el apéndice A.

Respecto de la labor de la Unidad de Gestión Ambiental y Cierre de Faenas Mineras, su función contempla la participación activa en la evaluación de impacto ambiental de proyectos mineros y no mineros que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Además, es la encargada de realizar Fiscalizaciones Ambientales con la Superintendencia de Medio Ambiente, de acuerdo a lo establecido por la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Por otro lado, es la Unidad de Gestión Ambiental la encargada de elaborar el catastro de faenas mineras abandonadas a lo largo del país, materia que nos convoca en el presente estudio, junto con controlar la evaluación de los planes de cierre establecidos en la Ley

N° 20.551, y asimismo, de la elaboración de las Guías Metodológicas concernientes a la evaluación de los planes de cierre y que se encuentran reseñadas en la misma Ley.

3.8 Definición de Pasivo Ambiental Minero en Chile

Nuestro país tiene una larga tradición minera que se remonta a épocas precolombinas. En aquella época, el objetivo de la explotación minera no estaba relacionado con objetivos militares ni económicos, sino culturales, expresando diversas concepciones religiosas y de estructuras sociales (Comisión Investigadora Cámara de Diputados, 2011).

Las operaciones mineras dejan su huella en el paisaje e impactan el medio ambiente y a lo largo de los siglos muchas minas han sido abiertas, explotadas y abandonadas (Comisión Investigadora Cámara de Diputados, 2011).

En Chile no existe una definición aprobada o validada jurídicamente para los Pasivos Ambientales Mineros, en adelante también llamados PAM. Actualmente, sirve como guía la definición propuesta en el Anteproyecto de Ley sobre Remediación de Pasivos Ambientales Mineros del año 2005 donde se define un PAM como *“aquella faena minera abandonada o paralizada, incluyendo sus residuos, que constituye un riesgo significativo para la vida o salud de las personas o para el medio ambiente”* (CEPAL, 2016).

A modo complementario, el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) define en su documento de calidad de Definiciones y Términos, a la Faena Minera Abandonada como *“toda faena minera que haya cesado las operaciones sin cumplir con las obligaciones que le impone la Ley de Cierre y su Reglamento”* (SERNAGEOMIN, 2015).

Por otra parte, el Reglamento de la Ley de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras (Decreto Supremo N°41/2012) señala que *“se entenderá por riesgo significativo aquel que revista importancia en atención a la probabilidad de ocurrencia de un hecho y la*

severidad de sus consecuencias, conforme la metodología de evaluación de riesgos utilizada por la empresa, referidas a la estabilidad física y química de la faena minera, en orden a otorgar el debido resguardo a la vida, salud, seguridad de las personas y medio ambiente” (Decreto Supremo N° 41 Ministerio de Minería, 2012).

Esta definición debe tenerse en consideración, ya que el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), como se verá en profundidad más adelante posee un catastro que clasifica a las faenas evaluadas como Pasivo Ambiental Minero o Faena Minera Abandonada, en función de si éstas suponen o no un riesgo significativo para la vida o salud de las personas o para el medio ambiente (CEPAL, 2016).

3.9 El Marco Jurídico de los Pasivos Mineros en Chile

En 1980 el derecho de las personas a vivir en un ambiente libre de contaminación adquiere rango constitucional en Chile, estableciéndose aquello en el artículo 19 N°8 de la Constitución Política de la República.

A raíz de ello surge la Ley N°19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente en 1994, cuyo primer objetivo, según lo indicado en su Mensaje Presidencial, es darle un contenido concreto y un desarrollo jurídico adecuado a la garantía constitucional que asegura a todas las personas el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. En efecto, el proyecto pretende hacerse cargo del deber del Estado de velar para que dicha garantía se cumpla. En virtud de ello, busca dar un marco general en el cual se deba desarrollar el actuar del sector público y el privado (Biblioteca del Congreso Nacional, 1994).

La Ley de Bases Generales del Medio Ambiente define al daño ambiental como: *“Toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes”*. El Título III de la misma ley titulado *“De la responsabilidad por Daño Ambiental”*, nos señala en su artículo 51 que *“Todo el que*

culposa o dolosamente cause daño ambiental, responderá del mismo en conformidad a la presente ley” (Ley N° 19.300, 1994).

Respecto de la Responsabilidad por daño ambiental la Ley de Bases no tiene norma alguna en materia de causalidad, y se limita a reiterar el principio general de responsabilidad civil, donde debe haber una relación causal entre el hecho y el daño, esto se denominado Sistema de Responsabilidad Subjetiva. En el artículo 52 se indica que *“se presume legalmente la responsabilidad del autor del daño ambiental, si existe infracción a las normas de calidad ambiental, a las normas de emisiones, a los planes de prevención o de descontaminación, a las regulaciones especiales para los casos de emergencia ambiental o a las normas sobre protección, preservación o conservación ambientales, establecidas en la presente ley o en otras disposiciones legales o reglamentarias”.*

Respecto de la Acción ambiental esta emana del daño ambiental, en la Ley de Bases del medio ambiente, esta se concede una vez que se ha producido el daño ambiental, con el fin de obtener la reparación del medio ambiente dañado, de acuerdo a lo indicado en su artículo 53.

Los titulares pasivos de la acción por daño ambiental, de acuerdo a la Ley N° 19.300 necesitan contar con determinadas características:

La primera de estas es que el autor del daño debe ser una persona que pueda ser perseguida penalmente, ya sea una persona natural o jurídica, pública o privada, esto se desprende de los artículos 51 inciso primero, artículo 52 y artículo 55.

La segunda es que el autor del daño debe haber actuado culposa o dolosamente y finalmente como tercera característica es que para configurarse como sujeto pasivo el autor del daño no debe concurrir alguna causal de exención de responsabilidad como es el caso fortuito o la fuerza mayor o aquella contemplada por el Artículo 55.

Posteriormente en 1997 se promulga el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, cuya última modificación fue el año 2012 mediante el Decreto Supremo N°40/2012.

A partir de la vigencia del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, los proyectos mineros deben incorporar en sus proyectos ambientales las medidas que adoptarán para la etapa de cierre y abandono de la actividad minera, las cuales deberán ser aprobadas mediante una Resolución de Calificación Ambiental, con el objeto de ser materia de fiscalización, control y sanción por parte de las autoridades con competencia ambiental, especialmente por la Superintendencia de Medio Ambiente, que surge luego de la aprobación de la Ley N°20.417/2010 que Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente. Sin embargo, es vital señalar que aquellos proyectos mineros cuya producción mensual sea inferior a las 5.000 toneladas mensuales, no están obligadas a someterse a evaluación ambiental, por lo tanto, las faenas que corresponden a la pequeña minería y en algunos casos a la mediana minería, quedan exentas de la obligación de ser estudiadas ambientalmente.

Además de lo anterior, la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente no considera un efecto retroactivo, por lo que aquellos proyectos que iniciaron de forma previa al Sistema de evaluación de Impacto Ambiental, no han sido evaluados. Sin embargo, y en contraposición, la jurisprudencia está señalando que un proyecto que no ha sido evaluado ambientalmente por existir de forma previa al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, no limita las atribuciones de la Superintendencia del Medio Ambiente en materia de fiscalización, pudiendo actuar aun ante la inexistencia de un Instrumento de Gestión Ambiental como lo es una RCA (Sentencia Rol N° 15.549-2017, 2018).

Aun así, por los motivos indicados anteriormente, se tiene un número considerable de faenas e instalaciones que fueron abandonadas por los propietarios u operadores mineros sin la adopción de medidas de seguridad minera o de protección ambiental ni control por parte de las autoridades competentes, constituyendo los llamados pasivos de la minería.

El año 2005 se presentó un Anteproyecto de Ley sobre Remediación de Pasivos Ambientales Mineros. En su redacción se contó con un comité participativo, con representantes del Ministerio de Minería, el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), la CEPAL y un grupo consultor, dentro del marco del Proyecto de Cooperación Técnica Alemana con el Instituto Federal de Geociencias (BGR) (Valencia, C., 2006)

Los elementos principales de esta propuesta de ley se enumeran a continuación:

- Elaboración de un Catastro de Faenas Mineras Abandonadas y de PAM.
- Definición de listado priorizado para remediación.
- Declaración de PAM por Resolución de Autoridad Ambiental, en virtud de la evaluación de riesgos y definición de metas de remediación.
- Aprobación de Planes de Remediación, fiscalización y de cumplimiento.

Este modelo de gestión se refiere a la identificación, ubicación y caracterización de las Faenas Mineras Abandonadas o Paralizadas (FMA/P) y su entorno, con el propósito de levantar un inventario de estos sitios, incluyendo su distribución en el territorio y registrando información preliminar de los peligros e impactos visibles. Una vez, iniciada la base de datos, permite continuar con el siguiente paso de selección de las faenas cuyo riesgo las haga objeto de análisis posterior, para determinar el potencial efecto sobre la seguridad y salud de las personas, y el medio ambiente, de manera que si existen “riesgos significativo para la vida o salud de las personas o para el medio ambiente” pasa a ser considerado como un PAM (CEPAL, 2016).

Este proceder contempla la confección de un ranking de PAM considerando una priorización de mayor a menor riesgo, y posteriormente la implementación de medidas de remediación cuyo objetivo es reducir los riesgos significativos que presentes tales pasivos (CEPAL, 2016).

Finalmente el anteproyecto no ha sido cursado en el Congreso, de manera que actualmente no existe en Chile normativa específica para Pasivos Ambientales Mineros. Sin embargo, el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) ha asumido de forma voluntaria la tarea de elaborar el Catastro de Faenas Mineras Abandonadas y de PAM.

Ya en el año 2012 se promulga la Ley N°20.551/2012 de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, la cual tiene una finalidad orientada a prevenir pasivos mineros futuros mediante la exigencia de medidas de cierre adecuadas a la realidad de cada faena y a través de la exigencia de garantías financieras destinadas a asegurar la disponibilidad de recursos para financiar el cierre una vez finalizada su vida útil, fortaleciendo el control de la gestión de los desechos mineros y los pasivos ambientales (OCDE, 2016). Sin embargo, la ley de cierre no es retroactiva, por lo que no se hace cargo de los pasivos existentes con anterioridad.

Junto a la Ley de Cierre, surge el Reglamento de la Ley de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras (Decreto Supremo N°41/2012). En el cual se introducen el concepto de Riesgo Significativo, mencionado en el punto 3.4 del presente proyecto.

3.10 La Problemática que representan los PAM en Chile

Ya en el año 2005, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en colaboración con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), presentaron una serie de recomendaciones producto de las Evaluaciones del Desempeño Ambiental de Chile, entre las cuales se recomienda “*reducir aún más el impacto ambiental del sector minero (contaminación del aire con SO₂ y arsénico, contaminación del agua, sitios y tranques de relaves abandonados, entre otros)*” (OCDE, 2016).

Los desechos producidos por las actividades de extracción de minerales contienen sustancias químicas y metales pesados, los que crean riesgos graves para la salud humana y los ecosistemas al ser liberados al medio ambiente (OCDE, 2016).

También presentan grandes riesgos de drenaje ácido de minas (efluentes de agua ácida procedentes de las minas) y los daños a los tranques de relaves, donde se almacenan desechos mineros peligrosos, causados por terremotos, lluvias copiosas y derrumbes. Grandes volúmenes de relaves ya han contaminado el suelo, así como las aguas superficiales y subterráneas, y en parte han sido descargados en el océano Pacífico chileno, lo que acarrea un potencial efecto adverso para la diversidad biológica marina (OCDE, 2016).

El problema de la contaminación preexistente del suelo y las aguas, provocada especialmente por las instalaciones mineras abandonadas, ha sido ampliamente reconocido. En virtud de la Ley que Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, se exige a las empresas desarrollar un plan detallado para el cierre de una mina, el establecimiento de garantías financieras y la creación de un fondo para después del cierre, y se prevé la imposición de multas pecuniarias por infracciones, pero no existe ni una reglamentación específica de las medidas de rehabilitación de los cientos de minas y tranques de relave abandonados y de las áreas contaminadas, ni un organismo encargado de su identificación y limpieza, ni un mecanismo que permita cubrir los considerables costos conexos (OCDE, 2016).

Es probable que la inexistencia de una estricta responsabilidad (independientemente de las culpas legales) por el futuro daño ambiental y de normas sobre descontaminación agrave aún más el problema. También se requieren un mayor conocimiento y una mayor transparencia sobre la ubicación de las faenas mineras y las responsabilidades ambientales, así como sobre el estado y la seguridad de dichas faenas. La información disponible sobre los efectos ambientales de las faenas mineras medianas y pequeñas es muy limitada (OCDE, 2016).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Etapas del trabajo

El presente trabajo consiste en cuatro etapas que permiten definir los pasivos ambientales mineros de la región de Valparaíso, obtener información sobre sus características y entorno, evaluar sus riesgos con la guía metodológica de la Ley N° 20.551 y finalmente definir las medidas de cierre más idóneas de implementar, para convertirlas en faenas inocuas, con un nivel de riesgo No Significativo.

A modo de resumen, el presente trabajo cuenta con cuatro etapas claramente diferenciadas:

- **Etapas 1.** Uso del Manual De Investigación De FMA/P.

Esta etapa ya ha sido ejecutada desde el año 2003 por el SERNAGEOMIN. El uso del manual provee al catastro nacional de faenas mineras abandonadas, el que a su vez sirve como dato de entrada para conocer el número de faenas mineras en estado de abandono que han sido halladas en la región de Valparaíso, junto a sus principales características. Con el uso de esta información se obtiene parte de la descripción de las faenas analizadas.

- **Etapas 2.** Uso del Manual de Evaluación **Preliminar** de Riesgos de FMA/P.

Esta etapa ya ha sido ejecutada por SERNAGEOMIN en paralelo a la Etapa 1. Mediante la aplicación de este manual, ha sido posible identificar las FMA/P que tienen categoría de PAM, con un **Riesgo Significativo** a las personas y al medio ambiente. Los resultados de esta evaluación de riesgo también son catastrados por SERNAGEOMIN, a partir de lo cual se determinó el número de Pasivos Ambientales Mineros existentes en la región de Valparaíso.

Los estudios necesarios para llevar a cabo las dos etapas antes descritas ya fueron realizadas por SERNAGEOMIN y los datos rescatados de ambas etapas en su conjunto constituyen los datos de entrada para llevar a cabo el presente trabajo.

A partir de la Etapa 3, comienza el análisis de los PAM de la región de Valparaíso, para definir las medidas de cierre que permitan el cierre efectivo:

- **Etapa 3.** Uso de la Guía Metodológica para la evaluación de Riesgos de la Ley N° 20.551 (**Evaluación de Riesgos Detallada**).

Esta etapa es distinta a la anterior, ya que se utiliza una metodología que contiene un mayor nivel de detalle, es más rigurosa y extensa en la determinación del nivel de riesgo y en la tipología de riesgos esperables. El nivel de riesgo evaluado y resultante del estado actual de los PAM, permitirá establecer el nivel de riesgo actual de estas faenas mineras.

- **Etapa 4.** Determinación de las medidas de cierre más apropiadas.

Para determinar las medidas de cierre más idóneas, se lleva a cabo una nueva evaluación de riesgos para cada una de las instalaciones, pero con la incorporación de las medidas de cierre a los algoritmos de evaluación, con el objetivo de reducir el nivel de riesgo hasta un estado No Significativo.

A continuación se presenta una descripción detallada de cada una de las etapas:

4.2. Etapa 1. Uso del Manual de Investigación de FMA/P

Considerando que las faenas mineras en estado de abandono podrían ocasionar daño a la vida de personas o impactos al medio ambiente, estas deben catastrarse. El Servicio Nacional de Geología y Minería, lleva a cabo esta tarea, mediante el uso de un

formulario, para administrar ordenada y unificadamente la información recopilada de las FMA/P.

Las etapas a cumplir y puntos importantes de cada trabajo en la investigación de FMA/P son:

- a) Preparación. Contempla el llenado de antemano del Formulario E-400 con la información existente en el Servicio para realizar eficazmente la investigación en terreno.
- b) Investigación en terreno. Contempla obtener en la medida de lo posible, información de ex trabajadores de la faena o habitantes locales que conozcan bien el terreno, efectuar la toma de muestras bajo los estándares establecidos y realizar una descripción detallada del estado de la faena minera abandonada.
- c) Revisión de Datos/Análisis Químicos. Posteriormente en gabinete se busca complementar los antecedentes recopilados y corregir los datos, mientras se envía, sin demora, las muestras tomadas al laboratorio.
- d) Determinación de la Evaluación de riesgos preliminar. Se busca evaluar los riesgos basándose en los datos obtenidos en terreno junto con los resultados del análisis químico.
- e) Ingreso a la base de datos. Actualmente los datos son enviados al nivel central para ser cargados en el catastro nacional de faenas mineras abandonadas.

4.3. Etapa 2. Uso del Manual de Evaluación Preliminar de Riesgos de FMA/P

Lo señalado en el literal d) del punto 4.2. de este capítulo, es llevado a cabo según lo descrito en el Manual de Evaluación **Preliminar** de Riesgos de Faenas Mineras Abandonadas, que para efectos de este proyecto se denominará Evaluación de Riesgos **Preliminar**.

Este manual considera el riesgo al medio ambiente por un contaminante y riesgo a las personas por un escenario de peligro, en ambos casos el riesgo se medirá como la probabilidad de ocurrencia por la severidad de las consecuencias.

- a) Identificar las situaciones que entrañan un riesgo, denominadas Escenarios de Peligro.
- b) Identificar los posibles afectados, llamados Receptores potenciales.
- c) Estimar la **Probabilidad** de que ocurra cada Escenario de Peligro.
- d) Estimar la **Severidad de las Consecuencias** sobre los receptores.
- e) Aplicar una **Matriz de Riesgos** para distinguir riesgos “significativos” y “no significativos”, lo que permite catalogar a las faenas como PAM o no PAM.

La metodología de evaluación de riesgos antes descrita permite determinar si una faena minera abandonada constituye un Pasivo Ambiental Minero. Sin embargo, esta evaluación de riesgos es muy simple comparativamente con la Guía Metodológica de la Ley de Cierre, por lo tanto se utilizará únicamente como fuente de información para determinar las faenas que constituyen un PAM.

4.4 Etapa 3. Uso de la Guía Metodológica de Evaluación de Riesgos Ley 20.551 (evaluación de riesgos detallada)

La evaluación de riesgos que se debe desarrollar en una faena minera, es una parte esencial dentro de la formulación del Plan de Cierre que cada empresa minera debe presentar al SERNAGEOMIN. Su importancia radica en que el resultado de dicha evaluación permitirá definir las obras, medidas o actividades de cierre destinadas al control del riesgo de manera de resguardar la vida, salud y seguridad de las personas y el medio ambiente en cumplimiento a lo establecido en la legislación vigente.

El objetivo de la guía metodológica de evaluación de riesgos es contar con un instrumento metodológico para la evaluación de riesgos de las instalaciones con las que se compone una faena minera en condición de cierre, que pueda ser empleado a lo largo de la vida útil del proyecto minero y orientado a alcanzar la estabilidad física y química de las respectivas instalaciones mineras.

Originalmente la Guía se desarrolló para aquellas empresas mineras de explotación de cobre, hierro, oro y carbón, con capacidad de extracción de mineral superior a diez mil toneladas brutas (10.000 ton) mensuales por faena. Sin embargo, para efectos de una adecuada determinación de medidas de cierre de los Pasivos Ambientales Mineros de la región de Valparaíso y dada su complejidad, es que se propone utilizar esta Guía para definir las medidas de cierre de cada uno de los PAM.

La evaluación de riesgos de la guía se enfoca en las instalaciones de mayor envergadura presentes en una faena minera como mina rajo, mina subterránea y depósitos de residuos mineros masivos en general (botaderos de estéril, ripios y depósitos de relaves), que por sus características de permanencia en la etapa de post cierre requieren de un detallado análisis de riesgos.

En el Reglamento de la Ley de Cierre se plantea que se entenderá como **riesgo significativo** a *“aquel que revista importancia en atención a la probabilidad de ocurrencia de un hecho y la severidad de sus consecuencias”*.

Un análisis realizado de la situación de las faenas mineras en operación da cuenta de un fenómeno muy importante a la hora de implementar el cierre, como es el hecho de que si bien ella puede haberse diseñado correctamente, dependerá de una adecuada construcción y posterior operación el alcanzar los objetivos de estabilidad física y química en condición de cierre. Esto es, que una instalación minera puede haberse diseñado con ciertas características y bajo condiciones de operación que, durante la vida útil no es posible alcanzar por diversas razones, en cuyo caso un buen diseño se ve necesariamente afectado por una incorrecta operación lo que podría derivar en la aparición de algún riesgo significativo. Como resultado de lo anterior, y con la finalidad de enriquecer el análisis, se ha considerado incluir en el procedimiento de evaluación de riesgos **factores técnicos de operación** de la instalación minera evaluada, variables que reflejen el escenario que se presentaría en las personas y medio ambiente en caso de ocurrir algún hecho, además se considera el grado de incidencia de las medidas de cierre que se proponen para reducir el nivel de riesgo.

En cuanto a la Severidad de las Consecuencias, se debe tener en cuenta que el objetivo principal del cierre es resguardar la vida, salud y seguridad de las personas y el medio ambiente. En este mismo sentido, dada la variabilidad de las características de las personas y el medio ambiente en cada faena minera, es que se ha incorporado en la metodología un procedimiento que permita de manera sencilla caracterizar los componentes referidos a las personas y el medio ambiente.

Se entiende el riesgo residual como el nivel de riesgo resultante luego de haber realizado el tratamiento del riesgo. De esta forma, se podrá establecer que si el resultado de la evaluación de un determinado riesgo resulta con un nivel “no significativo” (bajo), este nivel se considerará como el “riesgo residual” en atención a que deriva tanto de una

adecuada operación de la instalación minera como asimismo de la efectividad de las medidas de control comprometidas (medidas de cierre).

La probabilidad de Ocurrencia de un hecho, a la combinación de circunstancias y elementos que provocan un evento no deseado que trae consigo consecuencias para las personas y el medioambiente.

La Severidad de las Consecuencias al grado de impacto o daño que pueda generarse como resultado de la ocurrencia del hecho sobre las personas y el Medio Ambiente existentes en el área de estudio.

Para el desarrollo de la evaluación de riesgos de cada una de estas instalaciones, se debe realizar una serie de pasos, los cuales se describen a continuación, esto es debido a que cada instalación es distinta una de otra y por tanto la evaluación de riesgos es única y particular para cada instalación.

- a) Identificación de los riesgos: En esta etapa se deben identificar a cuál de los riesgos propuestos en esta guía puede estar expuesta la instalación en evaluación.
- b) Análisis de los riesgos: Para cada riesgo identificado y de manera independiente se debe analizar la probabilidad de ocurrencia de un hecho y las consecuencias que trae para las personas y para el medio ambiente.
- c) Evaluación del riesgo: En función a una matriz de riesgos y con los resultados del análisis de la probabilidad de ocurrencia de un hecho y la severidad de las consecuencias, se debe identificar el nivel de riesgos para las personas y para el medio ambiente.
- d) Tratamiento del riesgo: si el nivel de riesgos obtenido en la etapa anterior, ya sea para las personas o el medio ambiente, es considerado significativo, debe ser tratado incorporando medidas adicionales que permitan controlar este riesgo y llevarlo a un nivel aceptable.

- e) **Riesgo Residual:** una vez incorporadas obras, medidas y/o actividades que controlen el riesgo, el valor de riesgo que queda es el denominado “Riesgo Residual”.

La figura señala la metodología de evaluación de riesgos, donde MC significa Medida de Cierre.

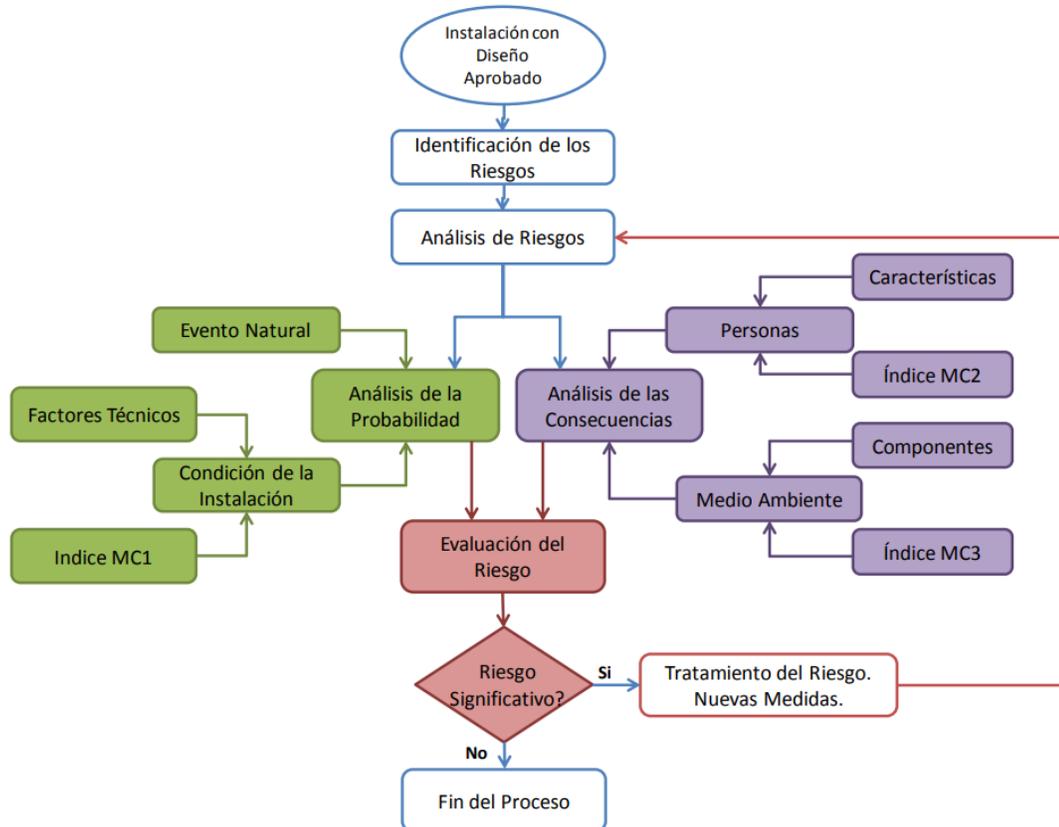


Figura 1. Diagrama de flujos de evaluación de riesgos detallada.
Fuente: Guía Metodológica de Evaluación de Riesgos, 2018.

La guía metodológica de evaluación de riesgo de la Ley de Cierre, contempla un catálogo de eventuales riesgos admisibles para cada una de las instalaciones evaluables, de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla:

Riesgos señalados en la Guía Metodológica de Evaluación de Riesgos para el Cierre de Faenas Mineras	
MINA SUBTERRANEA MS	MS1: Incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.
	MS2: Subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca.
MINA RAJO MR	MR1: Acidificación agua mina subterránea.
	MR2: Falla en el talud del rajo, que sobrepase la zona de exclusión a causa de un sismo.
	MR3: Infiltración de drenajes ácidos de roca (DAR) provenientes de la mina .
DEPOSITO DE RELAVES DR	DR1: Liberación de relaves a causa de un sismo.
	DR2: Liberación de relaves a causa de una erosión interna resultante de piping.
	DR3: Overtopping a causa de lluvia intensa y/o crecida.
	DR4: Overtopping a causa de una remoción en masa.
	DR5: Contaminación de aguas subterráneas a causa de una infiltración de drenajes ácidos de roca (DAR).
	DR6: Contaminación atmosférica a causa de viento.
DEPÓSITO ESTÉRIL DE	DE1: Contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.
	DE2: Contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.
	DE3: Emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.
	DE4: Contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.
	DE5: Contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.
	DE6: Erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.
	DE7: Deslizamiento a causa de un sismo.

Tabla 2. Tipos de riesgo según Guía Metodológica de Evaluación de Riesgos.
Fuente: Elaboración Propia a partir de Guía Metodológica.

Cada una de las instalaciones será evaluada para cada uno de los criterios de riesgo descritos en la Tabla 2, tanto para las personas como para el medio ambiente. Además la evaluación será realizada con y sin medidas de cierre (ex ante y ex post).

4.5 Etapa 4. Determinación de las Medidas de Cierre

Una vez determinado el nivel de riesgo actual de los PAM, debe ser llevada a cabo una nueva evaluación de riesgos pero con la incorporación de las medidas de cierre más idóneas para controlar el riesgo y así disminuirlo hasta un estado No Significativo.

Las medidas de cierre serán adoptadas según lo indicado en el catálogo del artículo 17° del Decreto Supremo N°41 del 2012, Reglamento de la Ley de Cierre e Instalaciones Mineras, el cual señala que las siguientes medidas de cierre posibles de adoptar:

- **Rajos:**
 - Desmantelamiento de instalaciones.
 - Cierre de accesos.
 - Estabilización de taludes.
 - Señalizaciones.
 - Cierre de almacenes de explosivos.
 - Caracterización de efluentes e infiltraciones.
 - Captación y tratamiento de efluentes e infiltraciones.

- **Minas Subterráneas:**
 - Desmantelamiento de instalaciones.
 - Cierre de accesos.
 - Sellado de bocaminas y/o piques a superficie.
 - Estabilidad estructural.
 - Señalizaciones.
 - Cierre de almacenes de explosivos.
 - Caracterización de efluentes e infiltraciones.
 - Captación y tratamiento de efluentes e infiltraciones.

- **Depósitos de Estériles o Botaderos:**
 - Construcción de diques interceptores y canales evacuadores de aguas lluvia.
 - Estabilización de taludes.
 - Cobertura superficial.
 - Monitoreos de efluentes e infiltraciones.
 - Captación y tratamiento de efluentes e infiltraciones.
 - Compactación y definición de pendientes de superficie.
 - Caracterización química y mineralógica de los materiales dispuestos en el depósito.

- **Depósitos de Relaves:**
 - Desmantelamiento de instalaciones.
 - Secado de lagunas de aguas claras.
 - Mantenimiento de canales perimetrales.
 - Sistema de evacuación de aguas lluvia.
 - Cierre de accesos.
 - Cobertura de cubeta y taludes.
 - Estabilización de taludes.
 - Señalizaciones.
 - Habilitación de vertedero de emergencia.
 - Cercado de torres colectoras.
 - Compactación de berma de coronamiento.
 - Piscinas de emergencia y/o evaporación.
 - Construcción de muro de protección al pie del talud.
 - Sistema de monitoreo de infiltraciones.
 - Captación y tratamiento de infiltraciones.
 - Caracterización química y mineralógica de los materiales dispuestos en el depósito.

- **Depósito de Ripios de Lixiviación:**
 - Construcción de diques interceptores y canales evacuadores de aguas lluvia.
 - Drenaje de ripios.
 - Monitoreo de efluentes e infiltraciones.
 - Captación y tratamiento de efluentes e infiltraciones.
 - Estabilización de taludes.
 - Cobertura superficial.
 - Compactación y definición de pendientes de superficie.
 - Cierre de accesos.
 - Señalizaciones.
 - Caracterización química y mineralógica de los materiales dispuestos en el depósito.

- **Depósitos de Escorias:**
 - Cobertura superficial.
 - Cierre de accesos.
 - Señalizaciones.

Para el caso de aquellas instalaciones que de acuerdo a la guía no deben contar con una evaluación de riesgos detallada, como es el caso de las plantas de tratamiento y/o infraestructuras auxiliares, la medida de cierre siempre será su desmantelamiento retiro de escombros y limpieza exhaustiva del área tanto de residuos industriales como domésticos.

5. RESULTADOS

5.1 Levantamiento de Faenas Mineras Abandonadas en la Región de Valparaíso

Desde el inicio del proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en la Gestión Ambiental Minera (FOCIGAM), en el marco de la cooperación chileno-japonesa se han catastrado en la región de Valparaíso un total de 313 faenas mineras abandonadas, comenzando la labor el año 2003.

Para efectos del presente proyecto, se rescataron del repositorio del Servicio Nacional de Geología y Minería los antecedentes comprendidos entre el año 2003 y 2017, obteniendo datos de ubicación, número de instalaciones y las condiciones de cada instalación al momento de la inspección, a partir de lo cual se realizará el siguiente paso, que es efectuar una evaluación de riesgos.

El gráfico 5.1. puede apreciarse el número de faenas mineras abandonadas que fueron catastradas en la región de Valparaíso entre el año 2003 y 2017, donde claramente se observa un importante número de inspecciones al inicio del proyecto y luego en los años 2016 y 2017.

La lista completa de faenas mineras abandonadas que fueron catastradas en la región, durante el periodo antes mencionado puede encontrarse en el Anexo.

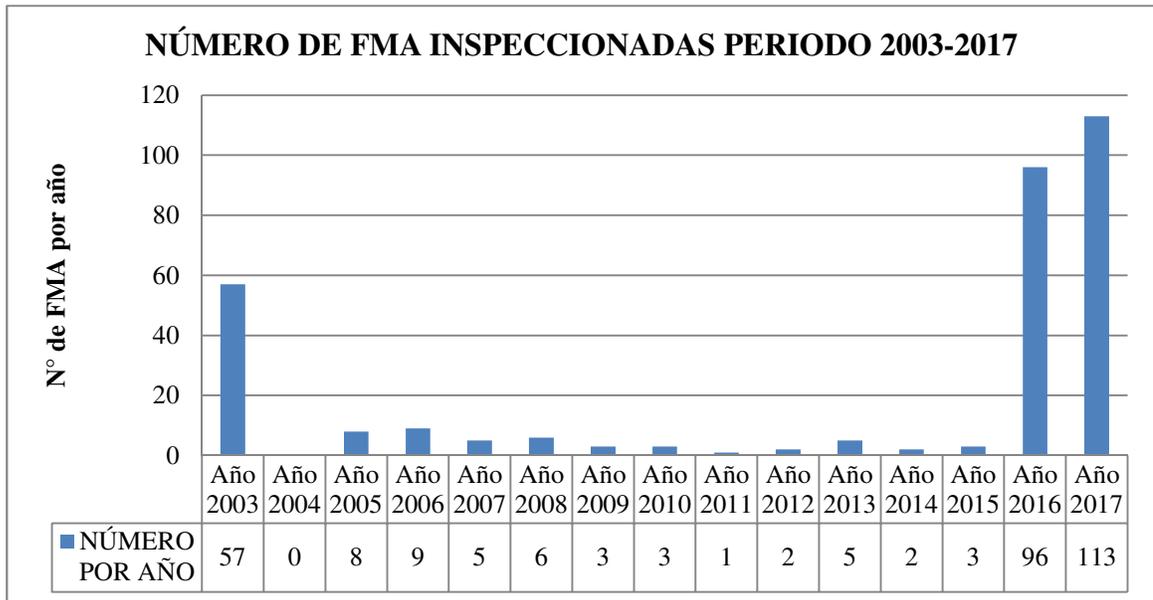


Figura 2. Número de faenas mineras abandonadas inspeccionadas.
Fuente: Elaboración propia con datos de SERNAGEOMIN, 2018.

5.2 Evaluación de Riesgos Preliminar

A partir de la información obtenida a través del levantamiento de faenas mineras abandonadas, el SERNAGEOMIN ha llevado a cabo una evaluación de riesgos, contemplado los escenarios de peligro a las personas y al medio ambiente, para determinar la probabilidad de ocurrencia de un hecho y la severidad de sus consecuencias, con lo cual es posible determinar si existe un riesgo significativo, concluyendo de esta forma si una faena minera abandonada constituye un Pasivo Ambiental Minero o no (metodología descrita en el apartado 4.3 del presente proyecto).

Además, cada levantamiento de faena minera abandonada describe las instalaciones, por lo cual es posible llevar a cabo una cubicación de las medidas de cierre para neutralizar el riesgo.

En el grafico 1 puede apreciarse el número de Pasivos Ambientales Mineros que fueron identificados durante el periodo de estudio (2003-2017) en la región de Valparaíso, notando que en los primeros años de estudio, no fueron declarados PAM. Sin embargo, y

a pesar de existir una discontinuidad, en los últimos años se ha retomado el interés por determinar acuciosamente los Pasivos Ambientales Mineros.

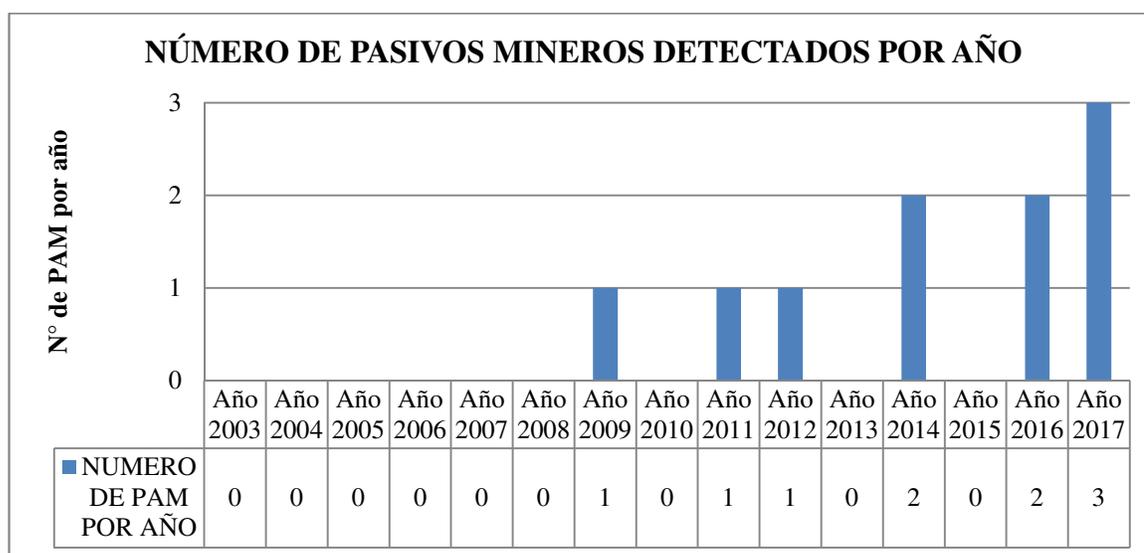


Figura 3. Número de PAM encontrados en la región de Valparaíso.
Fuente: Elaboración propia con datos de SERNAGEOMIN, 2018.

De la evaluación preliminar de riesgos realizada por SERNAGEOMIN, se concluyó que los Pasivos Ambientales Mineros de la región de Valparaíso, son aquellos que figuran en la siguiente tabla:

Nombre Faena	Comuna	Norte	Este
Planta La Paciencia	Rinconada	6,365,520	339,761
Mina El Cerrado	Cabildo	6,391,719	312,942
Planta Los Dos Amigos	Putendo	6,391,070	335,286
Planta Valle Claro	Catemu	6,374,625	314,571
Planta El Escorial	Cabildo	6,410,719	305,644
Mina Caletones 1 Al 20	Cabildo	6,403,476	320,308
Mina La Victoriana Punto Cuatro	Catemu	6,383,105	315,480
Mina San Roberto 1-8	Cabildo	6,420,776	330,323
Mina Nuestra Señora De La Gracia	Cabildo	6,420,589	329,426
Mina San Luis	Cabildo	6,406,482	328,710

Tabla 2. PAM de la región de Valparaíso Coordenadas en formato UTM PSAD56.
Fuente: Elaboración Propia a partir de datos de SERNAGEOMIN, 2018.

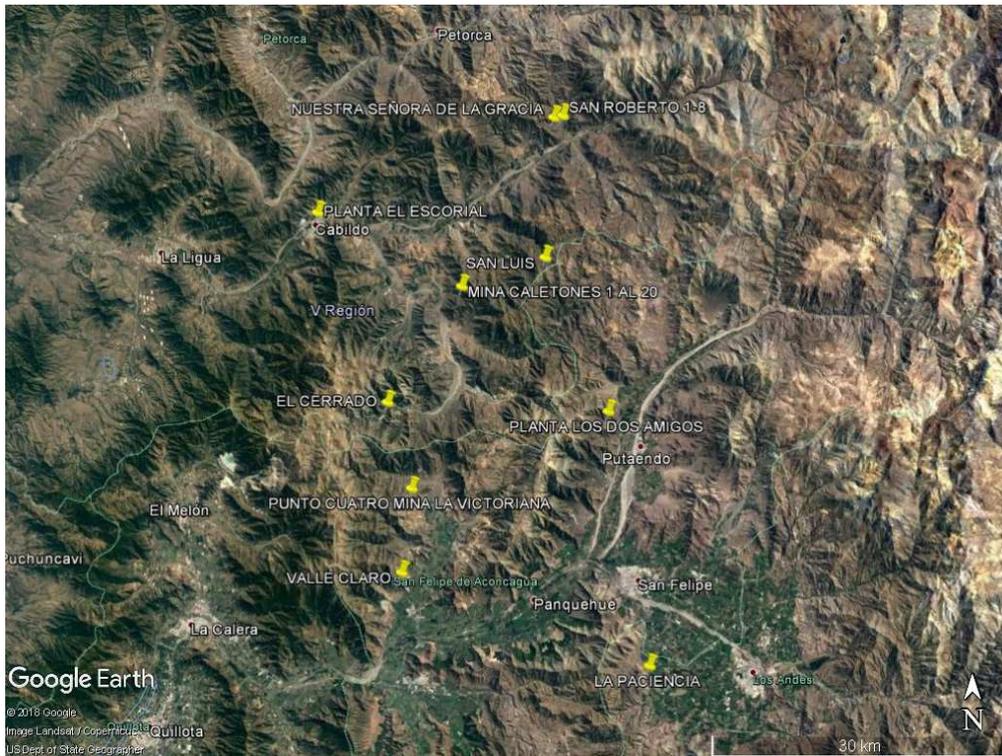


Figura 4. Pasivos Ambientales Míneros Región de Valparaíso.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3 Contextualización de los PAM de la Región de Valparaíso.

Para llevar a cabo la estimación de las mejores medidas de cierre para cerrar los pasivos ambientales mineros de la región de Valparaíso es necesario llevar a cabo una contextualización de dichos pasivos, en cuanto a sus dimensiones, estructuras presentes, instalaciones remanentes, peligrosidad de sustancias, entre otros datos que pudieran ser relevantes.

Además de lo anterior, es vital contextualizar la faena en su entorno, con la finalidad de elegir las mejores alternativas dependiendo de la vulnerabilidad de los recursos naturales circundantes y dependiendo del riesgo al que se encuentran expuestos los diferentes componentes como suelo, agua, aire.

La ubicación geográfica también es un atributo relevante para determinar las medidas, ya que tiene que existir una adecuada relación costo-beneficio, definiendo medidas ad hoc a las circunstancias y buscando la mayor eficiencia al menor costo posible.

5.3.1 Planta La Paciencia

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Rinconada, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera se encuentra un pequeño centro poblado con alrededor de 50 casas colindante al norte del depósito de relaves; un camino asfaltado en mal estado a 10 metros; red eléctrica a 27 metros; pastizales para ganado a 20 metros; árboles y corral de cabras a 20 metros; un canal ubicado a una distancia de 20 metros, el que es afluente del estero Pocuro y este a su vez del río Aconcagua, además existen áreas de plantación a una distancia máxima de 100 metros. Cabe mencionar que la faena se encuentra ubicada en piedemonte, existiendo una diferencia de cota de 330 metros entre la cima y la planta, de manera que existe la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y escurrimiento de aguas de lluvia hacia la planta. Además se observa abundante vegetación que cubre grandes extensiones del terreno, correspondiendo a bosque esclerófilo.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2003, la faena minera la Paciencia se ubica en la comuna de Rinconada, provincia de Los Andes, específicamente en las coordenadas 6.365.520 N – 339.761 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó al SEIA, existiendo evidencia del abandono desde la década de 1960, corresponde a minería metálica de cobre y cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Mina subterránea.
- Planta de chancado, molienda y flotación.
- Tranque de relaves.
- Residuos industriales.

Se verifica la existencia de aguas emanando de la bocamina la cual es consumida por animales de crianza. Además, se detecta el efecto de erosión eólica en el tranque, arrastrando polvo de relaves hacia la población cercana.

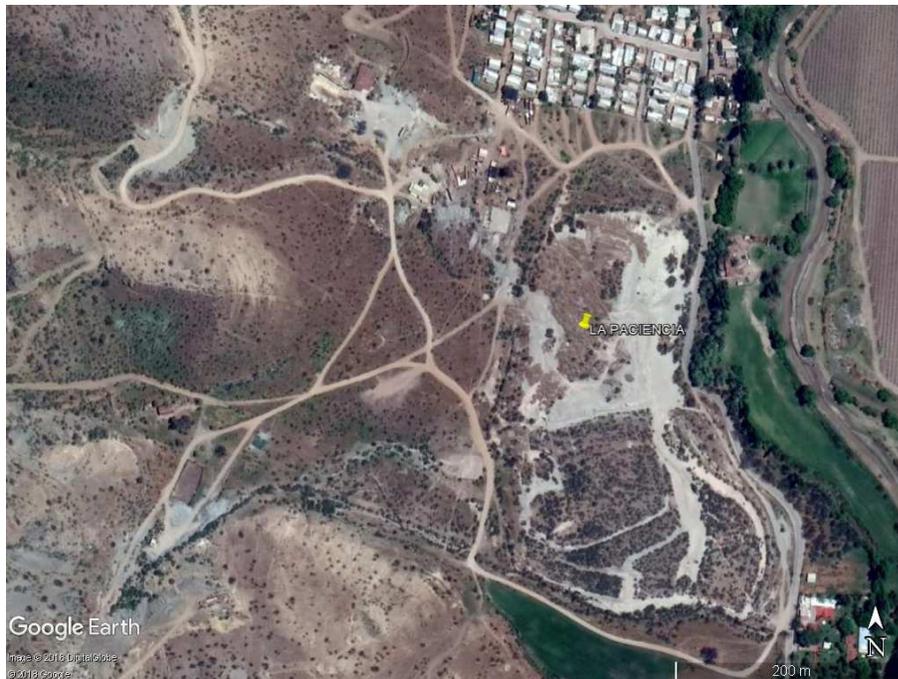


Figura 5. Faena Minera Planta La Paciencia.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3.2 Mina El Cerrado

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Cabildo, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera se encuentra una plantación de paltos a 500 metros aguas abajo; el estero Guayacán ubicado a una distancia de 20 metros, el cual es afluente del río La Ligua. Cabe mencionar que la faena minera se ubica al fondo de una quebrada estrecha entre dos cordones de cerros que generan un desnivel entre la cima de los cerros y el área de la mina de 375 metros aproximadamente, de manera que existe la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y escurrimiento de aguas de lluvia hacia la mina. Además se observa abundante vegetación que cubre grandes extensiones del terreno, correspondiendo a bosque esclerófilo.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2012, la faena minera El Cerrado se ubica en la comuna de Cabildo, provincia de Petorca, específicamente en las coordenadas 6.391.719 N – 312.942 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó al SEIA, existiendo evidencia del abandono desde 1997, corresponde a minería metálica de cobre y cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Mina subterránea.
- Botadero de estéril N°1.
- Botadero de estéril N°2.
- Residuos industriales.

Se verifica la existencia de aguas emanando de la bocamina la cual precipita con color verde azulado característico de minerales sulfatados de cobre, escurre por la pendiente del cerro.

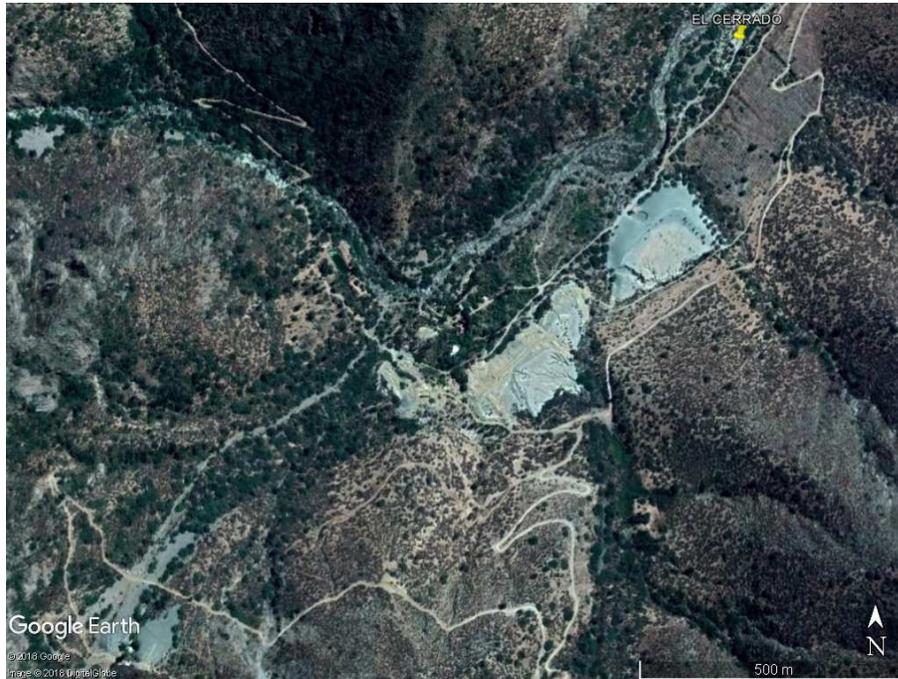


Figura 6. Faena Minera Mina El Cerrado.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3.3 Planta Los Dos Amigos

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Putaendo, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera se encuentra un estero ubicado a una distancia de 20 metros, el que es afluente del río Putaendo, además se observa abundante vegetación que cubre grandes extensiones del terreno, correspondiendo a bosque esclerófilo. Cabe mencionar que la faena se encuentra ubicada en una quebrada, existiendo una diferencia de cota de 270 metros entre la cima y la planta, de manera que existe la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y escurrimiento de aguas de lluvia hacia la planta.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2003, la faena minera Planta Los Dos Amigos se ubica en la comuna de Putaendo, provincia de San Felipe, específicamente en las coordenadas 6.391.070 N – 335.286 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó al SEIA, existiendo evidencia del abandono desde 1996, corresponde a minería metálica de cobre y plata, cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Mina subterránea.
- Mina cielo abierto.
- Planta de chancado, molienda, lixiviación, precipitación.
- Piscina de evaporación N°1.
- Piscina de evaporación N°2.
- Residuos industriales.

Se verifica la existencia de carpetas colectoras de drenaje rotas, permitiendo la fuga de flujos de lavado de pilas de lixiviación. Se observa la quebrada teñida de color verde característico del escurrimiento de aguas con contenido de sulfato de cobre.



Figura 7. Faena Minera Planta Los Dos Amigos.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3.4 Planta Valle Claro

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Catemu, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera se encuentra un camino asfaltado el E-631 a una distancia de 400 metros, lugar donde se encuentra un grupo de aproximadamente 20 casas y áreas de plantaciones a 450 metros. Además se observa abundante vegetación que cubre grandes extensiones del terreno, correspondiendo a bosque esclerófilo. Cabe mencionar que la faena se encuentra ubicada en la ladera de un cerro, existiendo una diferencia de cota de 50 metros entre la cima y la planta, por lo que debido a la altura se encuentra expuesta a caídas en altura por eventos sísmicos.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2014, la faena minera Planta Valle Claro se ubica en la comuna de Catemu, provincia de San Felipe, específicamente en las coordenadas 6.374.625 N – 314.571 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó al SEIA, corresponde a minería metálica de cobre y cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Planta de chancado, molienda y lixiviación.
- Piscina industrial N°1. N°2 Y N°3.
- Residuos industriales.

Se verifica la existencia de ácido sulfúrico, tambores con líquidos desconocidos y piscinas con precipitado verde azulado. A pesar de lo anterior, no se construyeron cierres perimetrales y se observa a personas transitando en el área.

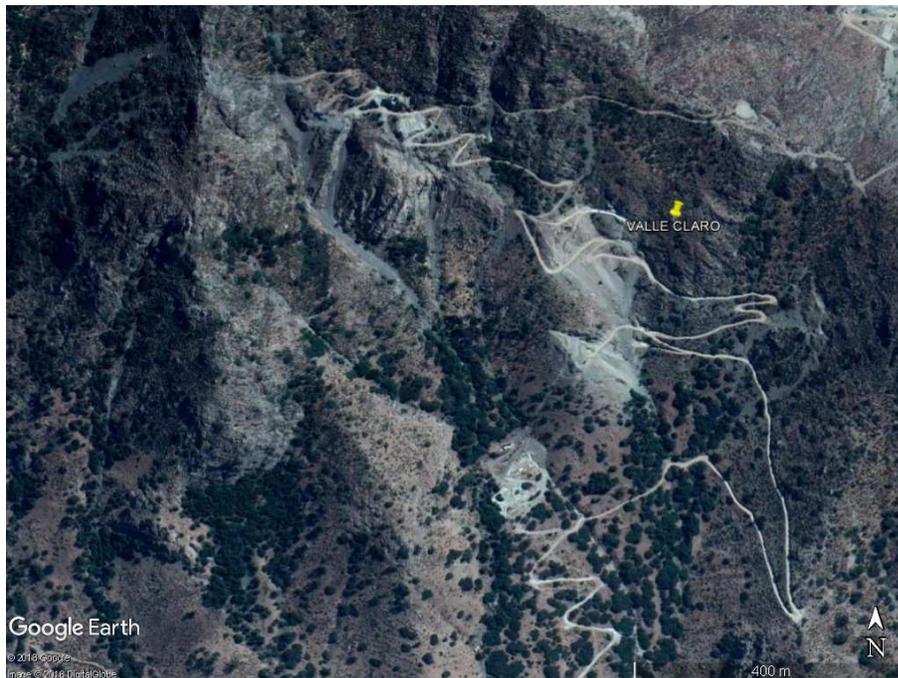


Figura 8. Faena Minera Planta Valle Claro.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3.5 Planta El Escorial

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Cabildo, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera es que la planta se ubica en plena zona urbanizada de Cabildo, con una calle a 20 metros, camino a Petorca a 25 metros, río La Ligua a una distancia de 5 metros, áreas residenciales a 50 metros y áreas con plantaciones colindantes con los depósitos de relave. Cabe mencionar que al encontrarse inserto en zona urbana y en un área plana, no existe riesgo de remoción en masa.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2003, la faena minera Planta El Escorial se ubica en la comuna de Cabildo, provincia de Petorca, específicamente en las coordenadas 6.410.719 N – 305.644 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó al SEIA, existiendo evidencia del abandono desde 1999, corresponde a minería metálica de cobre y cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Planta de chancado, molienda y flotación.
- Tranque de relaves N°1.
- Tranque de relaves N°2.
- Residuos industriales.

Tranques estables con baja erosión hídrica y vegetación espontánea en cubetas, pantallas de árboles alrededor. Existen muro de empréstito que protege el tranque de relaves de crecidas de río y escurrimiento del tranque de 1 metro de altura.



Figura 9. Faena Minera Planta El Escorial.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3.6 Mina Caletones 1 al 20

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Cabildo, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera se observa abundante vegetación que cubre grandes extensiones del terreno, correspondiendo a bosque esclerófilo. Cabe mencionar que la faena se encuentra ubicada en una quebrada, existiendo una diferencia de cota de 230 metros entre la cima y la mina, de manera que existe la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y escurrimiento de aguas de lluvia hacia la mina.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2016, la faena minera Mina Caletones 1 al 20 se ubica en la comuna de Cabildo, provincia de Petorca, específicamente en las coordenadas 6.403.476 N – 320.308 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó

al SEIA, corresponde a minería metálica de cobre y oro, cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Mina subterránea.
- Botadero de estéril.
- Residuos industriales.

La faena minera está compuesta por un socavón donde se aprecia grandes cantidades de material de desmonte en la superficie de trabajo. El acceso tiene un sendero claramente demarcado, no se aprecian otras instalaciones, sólo se ve ropa y desechos domésticos en el suelo. No existen medidas de cierre, barreras duras para evitar ingreso, tampoco señalización.

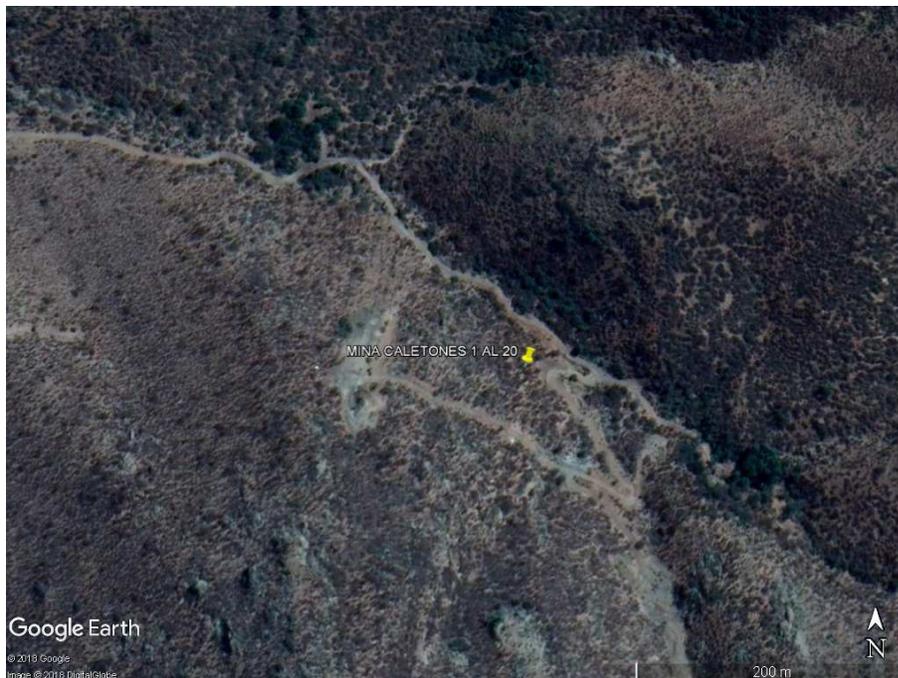


Figura 10. Faena Minera Mina Caletones 1 al 20.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3.7 Mina La Victoriana punto Cuatro

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Catemu, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera se encuentran áreas de plantaciones a 700 metros a partir del piedemonte, además se observa abundante vegetación que cubre grandes extensiones del terreno, correspondiendo a bosque esclerófilo. Cabe mencionar que la faena se encuentra ubicada en la ladera de un cerro, existiendo una diferencia de cota de 100 metros entre la cima y la planta, por lo que debido a la altura se encuentra expuesta a caídas en altura por eventos sísmicos.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2016, la faena minera Mina La Victoriana punto cuatro se ubica en la comuna de Catemu, provincia de San Felipe, específicamente en las coordenadas 6.383.105 N – 315.480 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó al SEIA, corresponde a minería metálica de cobre y cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Mina Subterránea.
- Botadero de estéril N°1.
- Botadero de estéril N°2.
- Residuos industriales.

La faena minera posee dos bocaminas, una de ellas tapada con material de desmonte, la otra, sin medida de cierre y con una profundidad de aproximadamente 100 metros. Los socavones muestran trabajos de exploración extensos y desordenados en busca de la veta.



Figura 11. Faena Minera Mina La Victoriana Punto Cuatro.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3.8 Mina San Roberto 1 al 8

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Petorca, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera existe: camino asfaltado E375 a 200 metros, además existen áreas de plantación a una distancia máxima de 100 metros, un canal de regadío se ubica también a 100 metros. Cabe mencionar que la faena se encuentra ubicada en piedemonte, existiendo una diferencia de cota de 310 metros entre la cima y la mina, de manera que existe la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y escurrimiento de aguas de lluvia hacia la planta. Además se observa abundante vegetación que cubre grandes extensiones del terreno, correspondiendo a bosque esclerófilo.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2017, la faena minera Mina San Roberto 1 al 8 se ubica en la comuna de Cabildo, provincia de Petorca, específicamente en las coordenadas 6.420.776 N – 330.323 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó al SEIA, corresponde a minería metálica de cobre y cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Mina Subterránea.
- Botadero de estéril.
- Residuos industriales.

Se observa una bocamina con derrumbes en su interior y un pique de aproximadamente 20 metros de altura a un costado, sin protección o señalética. Se verifica la existencia de grandes cavidades sin cerrar y accesibles por personas.

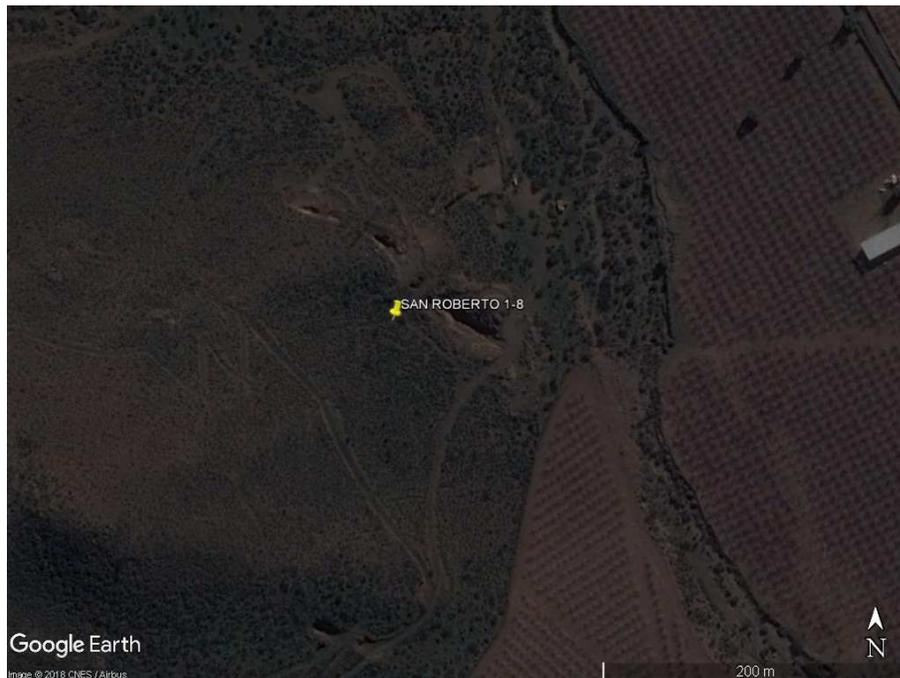


Figura 12. Faena Minera Mina San Roberto 1 al 8.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3.9 Mina Nuestra Señora de la Gracia

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Petorca, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera se encuentra un estero a 270 metros. Cabe mencionar que la faena se encuentra ubicada en la ladera del cerro a una distancia de 215 metros de la cima existiendo la posibilidad de afectarse por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y escurrimiento de aguas de lluvia hacia la planta. Además se observa abundante vegetación que cubre grandes extensiones del terreno, correspondiendo a bosque esclerófilo.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2017, la faena minera Mina Nuestra Señora de la Gracia se ubica en la comuna de Cabildo, provincia de Petorca, específicamente en las coordenadas 6.420.589 N – 329.426 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó al SEIA, corresponde a minería metálica de cobre y cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Mina cielo abierto.
- Botadero de estéril.
- Residuos industriales.

Se observa un plan de falla en el botadero de estéril, el que lo vuelve inestable desde el punto de vista geo mecánico.



Figura 13. Faena Minera Mina Nuestra Señora de la Gracia.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.3.10 Mina San Luis

Descripción del entorno. Se ubica en la comuna de Cabildo, que posee un clima de transición entre estepárico cálido y mediterráneo continental, con precipitaciones promedio de 300 mm al año, al igual que toda la zona interior de la región de Valparaíso. Dentro de los atributos más relevantes en el entorno inmediato de la faena minera es que se encuentra en pleno cordón montañoso, ubicándose a 50 metros de la cima de un cerro y con un entorno compuesto de bosque esclerófilo abundante en especies, un estero se encuentra en la quebrada a 700 metros de distancia.

Descripción de la faena minera. De acuerdo a la información obtenida a través del formulario E-400 de FMA, realizado el año 2017, la faena minera Mina San Luis se ubica en la comuna de Cabildo, provincia de Petorca, específicamente en las coordenadas 6.406.482 N – 328.710 E, Datum PSAD56 huso 19. El proyecto no ingresó al SEIA, corresponde a minería metálica de cobre y cuenta con las siguientes instalaciones principales, equipos e infraestructura remanente:

- Mina cielo abierto.
- Botadero de estéril.
- Residuos industriales.

El botadero de estériles presenta una falla que lo vuelve inestable. Por otro, el rajo se encuentra sin medidas de cierre que impidan el acceso a él.

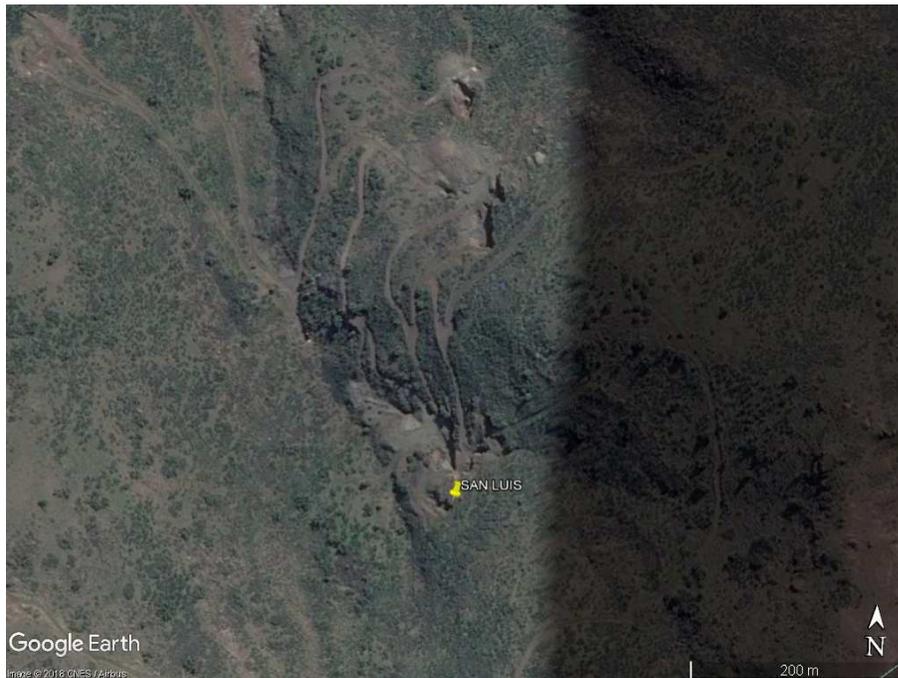


Figura 14. Faena Minera Mina San Luis.
Fuente: Google Earth Pro Versión 7.1.7, 2018.

5.4 Resultados de la Evaluación de Riesgos detallada

El Servicio Nacional de Geología y Minería ha publicado la Guía Metodológica de Evaluación de Riesgos para ser aplicada a los Planes de Cierre evaluados según lo instruido en la Ley N°20.551 de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras.

Como resultado de la aplicación de dicha guía, se presenta a continuación el resultado final de la evaluación de riesgos (en adelante abreviado como E.R.) de las faenas mineras sin medidas de cierre aplicadas, es decir, en su estado actual, versus el resultado de la misma evaluación de riesgos a las faenas mineras pero con medidas de cierre teóricas.

Como es posible apreciar en las siguientes tablas de resumen, el resultado en la totalidad de los casos es la disminución del nivel de riesgo al menos en una escala cualitativa.

5.4.1 Planta La Paciencia

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos de la Mina Subterránea perteneciente a la Faena Minera Planta La Paciencia, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

MINA SUBTERRANEA			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCIÓN	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
MS1	MS1.P	A las personas por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS1.MA	Al Medio Ambiente por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS2	MS2.P	A las personas por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca .	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS2.MA	Al Medio Ambiente por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS3	MS3.P	A las personas por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	MS3.MA	Al Medio Ambiente por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 4. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Planta La Paciencia.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Depósito de Relaves perteneciente a la Faena Minera Planta La Paciencia, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

DEPOSITO DE RELAVES			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DR1	DR1.P	A las personas por liberación de relaves a causa de un sismo.	MUY ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DR1.MA	Al medio ambiente por liberación de relaves a causa de un sismo.	MUY ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
DR2	DR2.P	A las personas por liberación de relaves a causa de una erosión interna resultante de un piping.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	DR2.MA	Al medio ambiente por liberación de relaves a causa de una erosión interna resultante de un piping.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
DR3	DR3.P	A las personas por overtopping a causa de una lluvia intensa y/o crecida.	ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DR3.MA	Al medio ambiente por overtopping a causa de una lluvia intensa y/o crecida.	ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
DR4	DR4.P	A las personas por overtopping a causa de una remoción en masa.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
	DR4.MA	Al medio ambiente por overtopping a causa de una remoción en masa.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
DR5	DR5.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una infiltración de DAR.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DR5.MA	Al medio ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una infiltración de DAR.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DR6	DR6.P	A las personas por contaminación atmosférica a causa de viento.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
	DR6.MA	Al medio ambiente por contaminación atmosférica a causa de viento.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 5. Resultado E.R. para el Depósito de Relaves Planta La Paciencia.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

5.4.2 Mina El Cerrado

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos de la Mina Subterránea perteneciente a la Faena Minera Mina El Cerrado, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

MINA SUBTERRANEA			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
MS1	MS1.P	A las personas por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS1.MA	Al Medio Ambiente por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS2	MS2.P	A las personas por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca .	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS2.MA	Al Medio Ambiente por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS3	MS3.P	A las personas por acidificación agua mina subterránea.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS3.MA	Al Medio Ambiente por acidificación agua mina subterránea.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 6. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Mina El Cerrado.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Botadero de Estériles N°1 perteneciente a la Faena Minera Mina El Cerrado, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

BOTADERO DE ESTÉRILES N°1			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DE1	DE1.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE1.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE2	DE2.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE2.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE3	DE3.P	A las personas por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE3.MA	Al Medio Ambiente por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE4	DE4.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE4.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE5	DE5.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE5.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE6	DE6.P	A las personas por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE6.MA	Al Medio Ambiente por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE7	DE7.P	A las personas por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DE7.MA	Al Medio Ambiente por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 7. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles N°1 Mina El Cerrado.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Botadero de Estériles N°2 perteneciente a la Faena Minera Mina El Cerrado, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

BOTADERO DE ESTÉRILES N°2			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCIÓN	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DE1	DE1.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE1.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE2	DE2.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE2.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE3	DE3.P	A las personas por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE3.MA	Al Medio Ambiente por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE4	DE4.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE4.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE5	DE5.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE5.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE6	DE6.P	A las personas por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE6.MA	Al Medio Ambiente por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE7	DE7.P	A las personas por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DE7.MA	Al Medio Ambiente por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 8. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles N°2 Mina El Cerrado.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

5.4.3 Planta Los Dos Amigos

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos de la Mina Cielo Abierto perteneciente a la Faena Minera Planta Los Dos Amigos, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

MINA RAJO ABIERTO			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
MR1	MR1.P	A las personas por falla en el talud del rajo, que sobrepase la zona de exclusión a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MR1.MA	Al Medio Ambiente por falla en el talud del rajo, que sobrepase la zona de exclusión a causa de un sismo.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
MR2	MR2.P	A las personas por infiltración de DAR provenientes de la mina.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	MR2.MA	Al Medio Ambiente por infiltración de DAR provenientes de la mina.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 9. Resultado E.R. para la Mina Cielo Abierto Planta Los Dos Amigos.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos de la Mina Subterránea perteneciente a la Faena Minera Planta Los Dos Amigos, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

MINA SUBTERRANEA			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
MS1	MS1.P	A las personas por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS1.MA	Al Medio Ambiente por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS2	MS2.P	A las personas por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca .	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS2.MA	Al Medio Ambiente por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS3	MS3.P	A las personas por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	MS3.MA	Al Medio Ambiente por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 10. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Planta Los Dos Amigos.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

5.4.4 Planta Valle Claro

Considerando que esta faena no cuenta con instalaciones remanentes, no corresponde efectuar evaluación de riesgos.

5.4.5 Planta El Escorial

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Depósito de Relaves N°1 perteneciente a la Faena Minera Planta El Escorial, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

DEPOSITO DE RELAVES N°1			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DR1	DR1.P	A las personas por liberación de relaves a causa de un sismo.	MUY ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DR1.MA	Al medio ambiente por liberación de relaves a causa de un sismo.	MUY ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
DR2	DR2.P	A las personas por liberación de relaves a causa de una erosión interna resultante de un piping.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	DR2.MA	Al medio ambiente por liberación de relaves a causa de una erosión interna resultante de un piping.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
DR3	DR3.P	A las personas por overtopping a causa de una lluvia intensa y/o crecida.	ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DR3.MA	Al medio ambiente por overtopping a causa de una lluvia intensa y/o crecida.	ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
DR4	DR4.P	A las personas por overtopping a causa de una remoción en masa.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
	DR4.MA	Al medio ambiente por overtopping a causa de una remoción en masa.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
DR5	DR5.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una infiltración de DAR.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DR5.MA	Al medio ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una infiltración de DAR.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DR6	DR6.P	A las personas por contaminación atmosférica a causa de viento.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
	DR6.MA	Al medio ambiente por contaminación atmosférica a causa de viento.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 11. Resultado E.R. para el Depósito de Relaves N°1 Planta El Escorial.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Depósito de Relaves N°2 perteneciente a la Faena Minera Planta El Escorial, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

DEPOSITO DE RELAVES N°2			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DR1	DR1.P	A las personas por liberación de relaves a causa de un sismo.	MUY ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DR1.MA	Al medio ambiente por liberación de relaves a causa de un sismo.	MUY ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
DR2	DR2.P	A las personas por liberación de relaves a causa de una erosión interna resultante de un piping.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	DR2.MA	Al medio ambiente por liberación de relaves a causa de una erosión interna resultante de un piping.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
DR3	DR3.P	A las personas por overtopping a causa de una lluvia intensa y/o crecida.	ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DR3.MA	Al medio ambiente por overtopping a causa de una lluvia intensa y/o crecida.	ALTO	Significativo	MEDIO	Significativo
DR4	DR4.P	A las personas por overtopping a causa de una remoción en masa.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
	DR4.MA	Al medio ambiente por overtopping a causa de una remoción en masa.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
DR5	DR5.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una infiltración de DAR.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DR5.MA	Al medio ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una infiltración de DAR.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DR6	DR6.P	A las personas por contaminación atmosférica a causa de viento.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo
	DR6.MA	Al medio ambiente por contaminación atmosférica a causa de viento.	ALTO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 12. Resultado E.R. para el Depósito de Relaves N°2 Planta El Escorial.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

5.4.6 Mina Caletones

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos de la Mina Subterránea perteneciente a la Faena Minera Mina Caletones, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

MINA SUBTERRÁNEA			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCIÓN	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
MS1	MS1.P	A las personas por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS1.MA	Al Medio Ambiente por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS2	MS2.P	A las personas por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca .	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS2.MA	Al Medio Ambiente por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS3	MS3.P	A las personas por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	MS3.MA	Al Medio Ambiente por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 13. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Mina Caletones.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Botadero de Estériles perteneciente a la Faena Minera Mina Caletones, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

BOTADERO DE ESTÉRILES			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DE1	DE1.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE1.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE2	DE2.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE2.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE3	DE3.P	A las personas por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE3.MA	Al Medio Ambiente por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE4	DE4.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE4.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE5	DE5.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE5.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE6	DE6.P	A las personas por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE6.MA	Al Medio Ambiente por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE7	DE7.P	A las personas por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DE7.MA	Al Medio Ambiente por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 14. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles Mina Caletones.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

5.4.7 Mina Victoriana Punto Cuatro

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos de la Mina Subterránea perteneciente a la Faena Minera Mina Victoriana Punto Cuatro, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

MINA SUBTERRANEA			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCIÓN	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
MS1	MS1.P	A las personas por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS1.MA	Al Medio Ambiente por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS2	MS2.P	A las personas por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca .	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS2.MA	Al Medio Ambiente por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS3	MS3.P	A las personas por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	MS3.MA	Al Medio Ambiente por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 15. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Mina Victoriana Punto Cuatro.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Botadero de Estériles N°1 perteneciente a la Faena Minera Mina Victoriana Punto Cuatro, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

BOTADERO DE ESTÉRILES N°1			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DE1	DE1.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE1.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE2	DE2.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE2.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE3	DE3.P	A las personas por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE3.MA	Al Medio Ambiente por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE4	DE4.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE4.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE5	DE5.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE5.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE6	DE6.P	A las personas por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE6.MA	Al Medio Ambiente por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE7	DE7.P	A las personas por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DE7.MA	Al Medio Ambiente por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 16. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles N°1 Mina Victoriana Punto Cuatro.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Botadero de Estériles N°2 perteneciente a la Faena Minera Mina Victoriana Punto Cuatro, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

BOTADERO DE ESTÉRILES N°2			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DE1	DE1.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE1.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE2	DE2.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE2.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE3	DE3.P	A las personas por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE3.MA	Al Medio Ambiente por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE4	DE4.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE4.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE5	DE5.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE5.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE6	DE6.P	A las personas por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE6.MA	Al Medio Ambiente por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE7	DE7.P	A las personas por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DE7.MA	Al Medio Ambiente por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 17. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles N°2 Mina Victoriana Punto Cuatro.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

5.4.8 Mina San Roberto

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos de la Mina Subterránea perteneciente a la Faena Minera Mina San Roberto, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

MINA SUBTERRÁNEA			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCIÓN	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
MS1	MS1.P	A las personas por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS1.MA	Al Medio Ambiente por incremento en la envolvente de subsidencia, que sobrepase los límites del diseño para el cierre, a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS2	MS2.P	A las personas por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca .	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MS2.MA	Al Medio Ambiente por subsidencia a causa de colapso pilares y puentes de roca.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
MS3	MS3.P	A las personas por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	MS3.MA	Al Medio Ambiente por acidificación agua mina subterránea.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 18. Resultado E.R. para la Mina Subterránea Mina San Roberto.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Botadero de Estériles perteneciente a la Faena Minera Mina San Roberto, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

BOTADERO DE ESTÉRILES			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DE1	DE1.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE1.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE2	DE2.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE2.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE3	DE3.P	A las personas por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE3.MA	Al Medio Ambiente por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE4	DE4.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE4.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE5	DE5.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE5.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE6	DE6.P	A las personas por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE6.MA	Al Medio Ambiente por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE7	DE7.P	A las personas por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DE7.MA	Al Medio Ambiente por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 19. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles Mina San Roberto.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

5.4.9 Mina Nuestra Señora de la Gracia

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos de la Mina Cielo Abierto perteneciente a la Faena Minera Mina Nuestra Señora de la Gracia, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

MINA RAJO ABIERTO			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
MR1	MR1.P	A las personas por falla en el talud del rajo, que sobrepase la zona de exclusión a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MR1.MA	Al Medio Ambiente por falla en el talud del rajo, que sobrepase la zona de exclusión a causa de un sismo.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
MR2	MR2.P	A las personas por infiltración de DAR provenientes de la mina.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	MR2.MA	Al Medio Ambiente por infiltración de DAR provenientes de la mina.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 20. Resultado E.R. para la Mina Cielo Abierto Mina Nuestra Señora de la Gracia.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Botadero de Estériles perteneciente a la Faena Minera Mina Nuestra Señora de la Gracia, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

BOTADERO DE ESTÉRILES			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCIÓN	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DE1	DE1.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE1.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE2	DE2.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE2.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE3	DE3.P	A las personas por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE3.MA	Al Medio Ambiente por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE4	DE4.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE4.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE5	DE5.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE5.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE6	DE6.P	A las personas por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE6.MA	Al Medio Ambiente por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE7	DE7.P	A las personas por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DE7.MA	Al Medio Ambiente por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 21. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles Mina Nuestra Señora de la Gracia.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

5.4.10 Mina San Luis

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos de la Mina Cielo Abierto perteneciente a la Faena Minera Mina San Luis, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

MINA RAJO ABIERTO			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCIÓN	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
MR1	MR1.P	A las personas por falla en el talud del rajo, que sobrepase la zona de exclusión a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo
	MR1.MA	Al Medio Ambiente por falla en el talud del rajo, que sobrepase la zona de exclusión a causa de un sismo.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
MR2	MR2.P	A las personas por infiltración de DAR provenientes de la mina.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	MR2.MA	Al Medio Ambiente por infiltración de DAR provenientes de la mina.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 22. Resultado E.R. para la Mina Cielo Abierto Mina San Luis.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

A continuación se presenta la tabla de resultados de la evaluación de riesgos del Botadero de Estériles perteneciente a la Faena Minera Mina San Luis, donde se observa una disminución en la significancia de los riesgos.

BOTADERO DE ESTERILES			SIN MEDIDAS DE CIERRE		CON MEDIDAS DE CIERRE	
REGISTRO	RIESGOS	DESCRIPCION	NIVEL	SIGNIFICANCIA	NIVEL	SIGNIFICANCIA
DE1	DE1.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE1.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de lluvia.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE2	DE2.P	A las personas por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE2.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas subterráneas a causa de una crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE3	DE3.P	A las personas por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE3.MA	Al Medio Ambiente por emisiones de partículas a la atmósfera a causa de viento.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE4	DE4.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE4.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de lluvia intensa.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE5	DE5.P	A las personas por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE5.MA	Al Medio Ambiente por contaminación de aguas superficiales a causa de crecida.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE6	DE6.P	A las personas por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
	DE6.MA	Al Medio Ambiente por erosión hídrica a causa de lluvia o deshielo diferido intenso.	BAJO	No Significativo	BAJO	No Significativo
DE7	DE7.P	A las personas por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	MEDIO	Significativo
	DE7.MA	Al Medio Ambiente por deslizamiento a causa de un sismo.	MEDIO	Significativo	BAJO	No Significativo

Tabla 23. Resultado E.R. para el Botadero de Estériles Mina San Luis.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Metodológica, 2018.

El detalle de la evaluación de riesgos realizada para cada PAM se encuentra en el Anexo.

5.5 Determinación de las medidas de cierre

De acuerdo a lo indicado en el artículo 17° del Decreto Supremo N°41, Reglamento de la Ley de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, “*dependiendo del tipo de instalación minera de que se trate y de los resultados de la Evaluación de Riesgos realizada, el Plan de Cierre podrá considerar la inclusión de medidas tales como:*”, luego de lo cual se presenta un catálogo de alternativas de cierre de las instalaciones. Por lo tanto, atendiendo lo indicado en el artículo 17°, como resultado de la evaluación de riesgos detallada, se proponen las siguientes medidas de cierre para los Pasivos Ambientales Mineros de la región de Valparaíso, las que dieron como resultado una disminución en el nivel de riesgo.

Es importante hacer hincapié en que las instalaciones que por sus características no permanecerán en el tiempo, como plantas de tratamiento, residuos o equipos, no requieren ser sometidos a evaluación de riesgo. Para este tipo de instalaciones las medidas de cierre siempre apuntarán al desmantelamiento, retiro de escombros y estabilización del terreno.

5.5.1 Planta La Paciencia

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Planta La paciencia, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos.

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Mina Subterránea	Desmantelamiento y retiro instalaciones subterráneas potencialmente contaminantes.
	Sellado de bocaminas y/o piques a superficie.
	Cierre de accesos.
	Señalizaciones.
	Cierre almacenamiento de explosivos.
Planta de Chancado, Molienda y flotación	Desmantelamiento y/o demolición de instalaciones hasta el nivel de terreno.
	Nivelación del terreno y acondicionamiento para escorrentía superficial.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
	Estabilización de taludes.
	Protección de estructuras remanentes cuando corresponda.
Tranque de relaves	Reperfilamiento y estabilización de taludes.
	Secado de la laguna de aguas claras.
	Obras de protección de pie talud de muros.
	Obras de desvío de aguas.
	Construcción vertedero de abandono.
	Cierre de caminos de acceso.
	Cierres perimetrales.
	Letreros de advertencia y señalizaciones.
	Cobertura: Carguío y transporte de material de cobertura. Colocación de material de cobertura. Compactación simple.
	Residuos

Tabla 24. Medidas de cierre Faena Minera Planta La Paciencia.

5.5.2 Mina El Cerrado

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Mina El Cerrado, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos.

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Mina Subterránea	Desmantelamiento y retiro instalaciones subterráneas potencialmente contaminantes.
	Sellado de bocaminas y/o piques a superficie.
	Cierre de accesos.
	Señalizaciones.
	Cierre almacenamiento de explosivos.
Botaderos de estéril	Reperfilamiento parcial y estabilización de taludes.
	Obras perimetrales de desvío de aguas.
	Cierres perimetrales.
	Cierre de caminos de acceso.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Residuos	Retiro de equipos, materiales, repuestos, desechos industriales peligrosos y no peligrosos, desechos domésticos, escombros.

Tabla 25. Medidas de cierre Faena Minera Mina El Cerrado.

5.5.3 Planta Los Dos Amigos

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Planta Los Dos Amigos, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos.

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Mina Subterránea	Desmantelamiento y retiro instalaciones subterráneas potencialmente contaminantes.
	Sellado de bocaminas y/o piques a superficie.
	Cierre de accesos.
	Señalizaciones.
	Cierre almacenamiento de explosivos.
Mina Rajo Abierto	Obras perimetrales de desvío de aguas.
	Cierres perimetrales.
	Cierre de caminos de acceso.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Planta de Chancado, Molienda y flotación	Desmantelamiento y/o demolición de instalaciones hasta el nivel de terreno.
	Nivelación del terreno y acondicionamiento para escorrentía superficial.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
	Estabilización de taludes.
	Protección de estructuras remanentes cuando corresponda.
Piscinas de evaporación	Desmantelamiento y/o demolición de instalaciones hasta el nivel de terreno.
	Nivelación del terreno y acondicionamiento para escorrentía superficial.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Residuos	Retiro de equipos, materiales, repuestos, desechos industriales peligrosos y no peligrosos, desechos domésticos, escombros.

Tabla 26. Medidas de cierre Faena Minera Planta Los Dos Amigos.

5.5.4 Planta Valle Claro

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Planta Valle Claro, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos.

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Planta de Chancado, Molienda y lixiviación	Desmantelamiento y/o demolición de instalaciones hasta el nivel de terreno.
	Nivelación del terreno y acondicionamiento para escorrentía superficial.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
	Estabilización de taludes.
	Protección de estructuras remanentes cuando corresponda.
Piscinas de lixiviación	Desmantelamiento y/o demolición de instalaciones hasta el nivel de terreno.
	Nivelación del terreno y acondicionamiento para escorrentía superficial.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Residuos	Retiro de equipos, materiales, repuestos, desechos industriales peligrosos y no peligrosos, desechos domésticos, escombros.

Tabla 27. Medidas de cierre Faena Minera Planta Valle Claro.

5.5.5 Planta El Escorial

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Planta El Escorial, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos.

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Planta de Chancado, Molienda y flotación	Desmantelamiento y/o demolición de instalaciones hasta el nivel de terreno.
	Nivelación del terreno y acondicionamiento para escorrentía superficial.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
	Estabilización de taludes.
	Protección de estructuras remanentes cuando corresponda.
Tranque de relaves	Reperfilamiento y estabilización de taludes.
	Secado de la laguna de aguas claras.
	Obras de protección de pie talud de muros.
	Obras de desvío de aguas.
	Construcción vertedero de abandono.
	Cierre de caminos de acceso.
	Cierres perimetrales.
	Letreros de advertencia y señalizaciones.
	Cobertura: Carguío y transporte de material de cobertura. Colocación de material de cobertura. Compactación simple.
Residuos	Retiro de equipos, materiales, repuestos, desechos industriales peligrosos y no peligrosos, desechos domésticos, escombros.

Tabla 28. Medidas de cierre Faena Minera Planta El Escorial.

5.5.6 Mina Caletones 1 al 20

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Mina Caletones 1 al 20, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos.

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Mina Subterránea	Desmantelamiento y retiro instalaciones subterráneas potencialmente contaminantes.
	Sellado de bocaminas y/o piques a superficie.
	Cierre de accesos.
	Señalizaciones.
	Cierre almacenamiento de explosivos.
Botadero de estéril	Reperfilamiento parcial y estabilización de taludes.
	Obras perimetrales de desvío de aguas.
	Cierres perimetrales.
	Cierre de caminos de acceso.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Residuos	Retiro de equipos, materiales, repuestos, desechos industriales peligrosos y no peligrosos, desechos domésticos, escombros.

Tabla 29. Medidas de cierre Faena Minera Mina Caletones 1 al 20.

5.5.7 Mina La Victoriana punto Cuatro

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Mina La Victoriana punto Cuatro, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Mina Subterránea	Desmantelamiento y retiro instalaciones subterráneas potencialmente contaminantes.
	Sellado de bocaminas y/o piques a superficie.
	Cierre de accesos.
	Señalizaciones.
	Cierre almacenamiento de explosivos.
Botadero de estéril	Reperfilamiento parcial y estabilización de taludes.
	Obras perimetrales de desvío de aguas.
	Cierres perimetrales.
	Cierre de caminos de acceso.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Residuos	Retiro de equipos, materiales, repuestos, desechos industriales peligrosos y no peligrosos, desechos domésticos, escombros.

Tabla 30. Medidas de cierre Faena Minera Mina La Victoriana punto cuatro.

5.5.8 Mina San Roberto 1 al 8

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Mina San Roberto 1 al 8, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos.

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Mina Subterránea	Desmantelamiento y retiro instalaciones subterráneas potencialmente contaminantes.
	Sellado de bocaminas y/o piques a superficie.
	Cierre de accesos.
	Señalizaciones.
	Cierre almacenamiento de explosivos.
Botadero de estéril	Reperfilamiento parcial y estabilización de taludes.
	Obras perimetrales de desvío de aguas.
	Cierres perimetrales.
	Cierre de caminos de acceso.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Residuos	Retiro de equipos, materiales, repuestos, desechos industriales peligrosos y no peligrosos, desechos domésticos, escombros.

Tabla 31. Medidas de cierre Faena Minera Mina San Roberto 1 al 8.

5.5.9 Mina Nuestra Señora de la Gracia

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Mina Nuestra Señora de la Gracia, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos.

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Mina Rajo Abierto	Obras perimetrales de desvío de aguas.
	Cierres perimetrales.
	Cierre de caminos de acceso.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Botadero de estéril	Reperfilamiento parcial y estabilización de taludes.
	Obras perimetrales de desvío de aguas.
	Cierres perimetrales.
	Cierre de caminos de acceso.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Residuos	Retiro de equipos, materiales, repuestos, desechos industriales peligrosos y no peligrosos, desechos domésticos, escombros.

Tabla 32. Medidas de cierre Faena Minera Mina Nuestra Señora de la Gracia.

5.5.10 Mina San Luis

A continuación se presenta una tabla con las medidas de cierre más efectivas para el PAM Mina San Luis, ya que permitieron disminuir el nivel de riesgo al ser incorporadas como un factor en la evaluación de riesgos.

INSTALACIÓN	MEDIDAS DE CIERRE
Mina Rajo Abierto	Obras perimetrales de desvío de aguas.
	Cierres perimetrales.
	Cierre de caminos de acceso.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Botadero de estéril	Reperfilamiento parcial y estabilización de taludes.
	Obras perimetrales de desvío de aguas.
	Cierres perimetrales.
	Cierre de caminos de acceso.
	Letreros advertencia y señalizaciones.
Residuos	Retiro de equipos, materiales, repuestos, desechos industriales peligrosos y no peligrosos, desechos domésticos, escombros.

Tabla 33. Medidas de cierre Faena Minera Mina San Luis.

5.6 Resumen de los resultados

A través de los datos recabados por el Servicio Nacional de Geología y Minería a partir del año 2003 se han determinado un total de 10 Pasivos Ambientales Mineros en la región de Valparaíso. Estas faenas a su vez cuentan con una serie de instalaciones que califican para ser sometidas a evaluación de riesgo, ya que se trata de instalaciones que por su naturaleza permanecerán en el tiempo.

En la siguiente tabla se aprecian los Pasivos Ambientales Mineros de la región, su respectivo número de instalaciones y el tipo de instalación que poseen:

FAENAS	N° DE INSTALACIONES EVALUADAS	CLASIFICACIÓN TIPOLOGICA DE LAS INSTALACIONES			
		RAJO ABIERTO	MINA SUBTERRÁNEA	DEPÓSITO DE ESTÉRILES	DEPÓSITO DE RELAVES
Planta La Paciencia	2	0	1	0	1
Mina El Cerrado	3	0	1	2	0
Planta Los Dos Amigos	2	1	1	0	0
Planta Valle Claro	0	0	0	0	0
Planta El Escorial	2	0	0	0	2
Mina Caletones 1 Al 20	2	0	1	1	0
Mina La Victoriana Punto Cuatro	3	0	1	2	0
Mina San Roberto 1-8	2	0	1	1	0
Mina Nuestra Señora De La Gracia	2	1	0	1	0
Mina San Luis	2	1	0	1	0
10	20	3	6	8	3

Tabla 34. Clasificación tipológica de las instalaciones.

Los diferentes tipos de instalaciones evaluados pueden ser divididos de manera porcentual, de la siguiente forma:

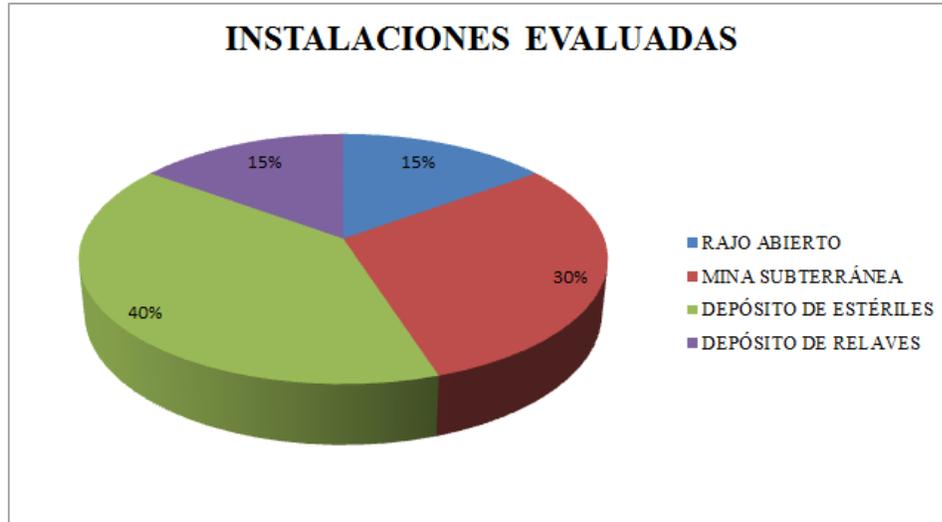


Figura 15. Relación porcentual entre tipo de instalaciones.
Fuente: Elaboración propia con datos de SERNAGEOMIN.

Del total de instalaciones sometidas a evaluación de riesgo, se obtiene una sumatoria de 196 criterios de riesgo (según Guía Metodológica) evaluados, de los cuales 75 resultaron con un nivel de riesgo SIGNIFICATIVO, es decir, la situación actual de los pasivos indica que existen 75 riesgos tanto para las personas como para el medio ambiente, que tanto por su probabilidad de ocurrencia como por sus consecuencias, podrían generar daños graves.

FAENAS	N° DE INSTALACIONES EVALUADAS	CUANTIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO EX ANTE			
		N° TOTAL DE CRITERIOS DE RIESGO	N° DE CRITERIOS DE RIESGO SIGNIFICATIVO	% DE CRITERIOS DE RIESGO SIGNIFICATIVO	% DE RIESGO SIGNIFICATIVO RESPECTO DEL TOTAL DE RIESGO
Planta La Paciencia	2	18	14	78%	19%
Mina El Cerrado	3	34	10	29%	13%
Planta Los Dos Amigos	2	10	5	50%	7%
Planta Valle Claro	0	0	0	0%	0%
Planta El Escorial	2	24	20	83%	27%
Mina Caletones 1 Al 20	2	20	6	30%	8%
Mina La Victoriana Punto Cuatro	3	34	8	24%	11%
Mina San Roberto 1-8	2	20	6	30%	8%
Mina Nuestra Señora De La Gracia	2	18	3	17%	4%
Mina San Luis	2	18	3	17%	4%
	20	196	75	38%	

Tabla 35. Cuantificación del nivel de riesgo sin medidas de cierre.

Además, es posible observar que la faena más riesgosa es Planta El Escorial, ya que representa un 27% del total de los riesgos existentes, seguida por Planta La Paciencia con un 19% del peso total de riesgos.

Finalmente, el dato más relevante señala que casi el 40% de los riesgos evaluados resulta ser significativo, tanto para las personas como para el medio ambiente, porcentaje que busca ser aminorado por las medidas de cierre.

La siguiente figura muestra la relación porcentual entre cada una de los pasivos ambientales mineros de la región y su incidencia en el total de los riesgos:

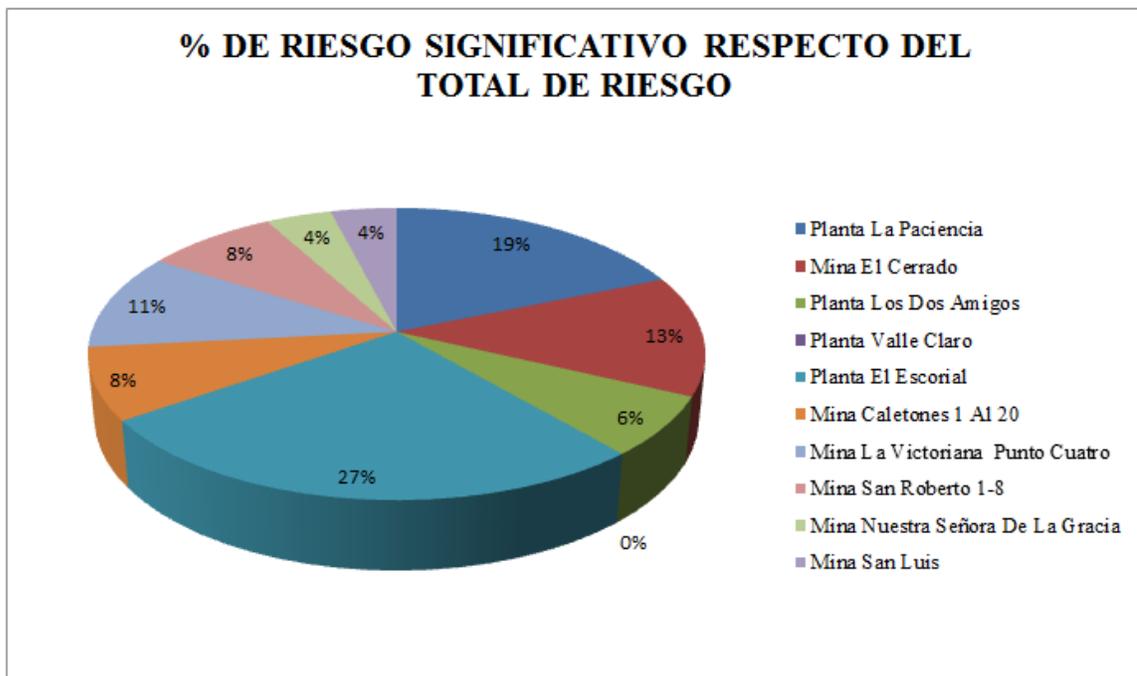


Figura 16. Porcentaje de riesgo significativo, respecto del total.
Fuente: Elaboración propia con datos de SERNAGEOMIN.

Una vez efectuada la evaluación de riesgo de la condición actual de los Pasivos Ambientales, corresponde realizar el mismo trabajo pero incorporando entre las variables, las posibles medidas de cierre para cada pasivo, con el fin de ir disminuyendo cada vez el nivel de riesgo. Es decir, se incorporan medidas de cierre en el algoritmo para ir disminuyendo cada vez más el nivel de riesgo hasta alcanzar un estado NO SIGNIFICATIVO.

La siguiente tabla muestra los resultados del nivel de riesgo de manera posterior a la evaluación con medidas de cierre incorporadas:

FAENAS	N° DE INSTALACIONES EVALUADAS	CUANTIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO EX POST			
		N° TOTAL DE CRITERIOS DE RIESGO	N° DE CRITERIOS DE RIESGO SIGNIFICATIVO	% DE CRITERIOS DE RIESGO SIGNIFICATIVO	% DE REDUCCIÓN DEL RIESGO
Planta La Paciencia	2	18	4	22%	71%
Mina El Cerrado	3	34	3	9%	70%
Planta Los Dos Amigos	2	10	0	0%	100%
Planta Valle Claro	0	0	0	0%	0%
Planta El Escorial	2	24	8	33%	60%
Mina Caletones 1 Al 20	2	20	1	5%	83%
Mina La Victoriana Punto Cuatro	3	34	2	6%	75%
Mina San Roberto 1-8	2	20	1	5%	83%
Mina Nuestra Señora De La Gracia	2	18	1	6%	67%
Mina San Luis	2	18	1	6%	67%
	20	196	21	11%	

Tabla 36. Cuantificación del nivel de riesgo con medidas de cierre.

De la tabla anterior se observa una disminución del nivel de riesgo significativo, en cada uno de los Pasivos Ambientales Mineros. En términos globales, el porcentaje de criterios calificados como Significativos pasó de un 38% a un 11%. Por otro lado, el porcentaje de reducción del riesgo para cada una de las instalaciones varió dependiendo de las condiciones propias de cada faena, teniendo en todos los casos al menos un 60% de reducción en la cantidad de criterios con nivel de riesgo Significativo (peligroso), pasando a un nivel No Significativo (inocuo).

En la figura siguiente es posible observar una comparación entre el riesgo significativo, antes y después de aplicar medidas de cierre, apreciándose claramente una disminución de estos, volviendo menos peligrosos a los pasivos ambientales mineros.

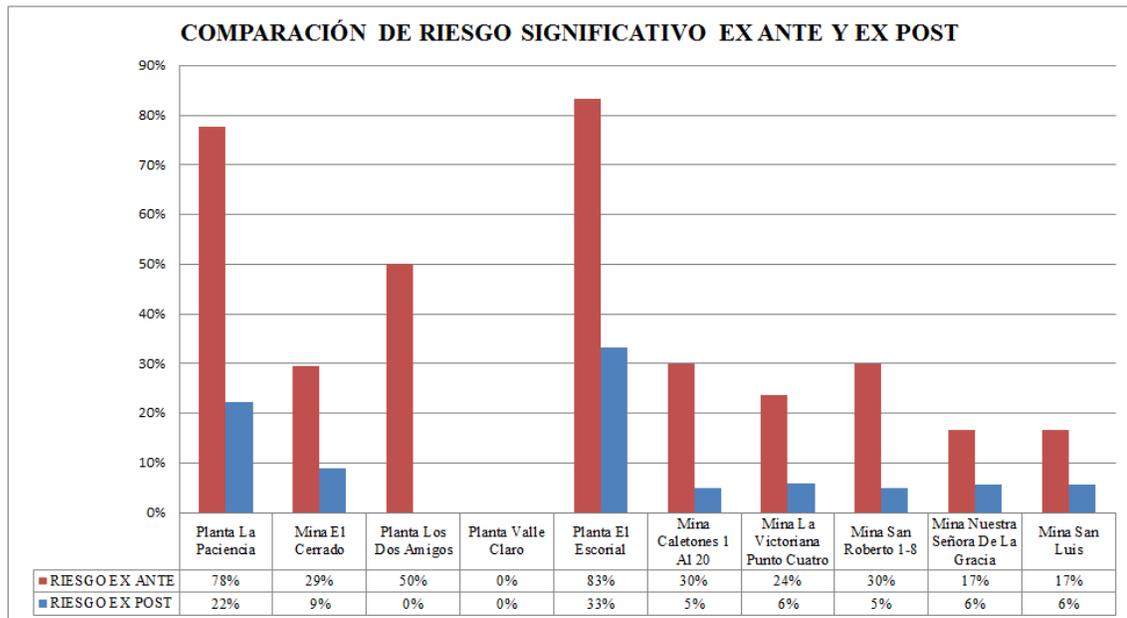


Figura 17. Comparación del Riesgo Significativo con y sin medidas de cierre.
Fuente: Elaboración propia con datos de SERNAGEOMIN.

Al respecto es importante mencionar el caso de Planta Valle Claro, que no presenta información. Esto se debe a que la faena no cuenta con instalaciones que deban someterse a evaluación de riesgo.

Además de lo anterior, es necesario explicar que todas las instalaciones vieron reducido su nivel de riesgo en al menos una escala cualitativa, por ejemplo de nivel de riesgo ALTO a nivel de riesgo MEDIO. Sin embargo, existen casos donde la reducción no alcanzó a llegar a un nivel BAJO, pese a la incorporación de medidas de cierre, esta problemática se abordará en el ítem 6.3 del presente trabajo.

6. DISCUSIÓN

6.1 De Las Instalaciones Estudiadas

Para efectos del plan de cierre de cada uno de los pasivos ambientales mineros, se considerarán los residuos industriales como una instalación más a cerrar.

Aclarado el punto anterior, el resultado de la contextualización de los 10 PAM de la región de Valparaíso arroja que en total existen 34 instalaciones a las cuales aplicar medidas de cierre, de las cuales se tiene el siguiente resumen, por instalación:

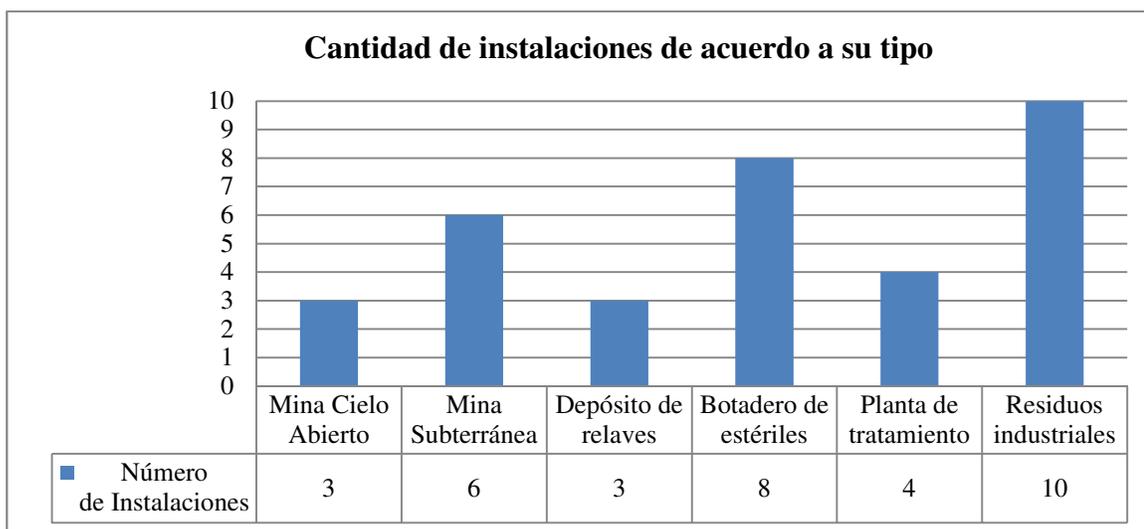


Figura 18. Número de instalaciones estudiadas según su tipo.
Fuente: Elaboración propia con datos de SERNAGEOMIN.

De las instalaciones antes señaladas, cabe mencionar que las minas a cielo abierto, las minas subterráneas, los depósitos de relaves y los botaderos de estériles, son considerados por la guía metodológica de evaluación de riesgos, como instalaciones remanentes y califican, por lo tanto, para ser sometidas a evaluación de riesgos detallada. Lo contrario sucede con las plantas de tratamiento y los residuos industriales, que no corresponden a instalaciones remanentes, por lo que no corresponde realizar evaluación de riesgos, ya que la medida de cierre deberá ser a toda costa el desarme, desinstalación y retiro de cualquier infraestructura, equipo o residuo.

6.2 Evaluación De Riesgos Sin Medidas De Cierre

De acuerdo a lo indicado en la guía metodológica de evaluación de riesgos de la Ley N° 20.551, fue efectuada una evaluación de riesgos detallada para cada una de las instalaciones remanentes existentes en los 10 Pasivos Ambientales Mineros de estudio, obteniéndose los siguientes resultados por cada tipo de instalación:

Respecto de las **minas subterráneas** en los distintos PAM, se obtiene un nivel de riesgo medio para los riesgos MS1 y MS2 (incremento en la envolvente de subsidencia y subsidencia a causa de colapso de pilares y puentes de roca, respectivamente) en todas las instalaciones de este tipo.

Por otro lado para el riesgo MS3 (acidificación de agua de mina subterránea), el nivel de riesgo es bajo, excepto en la faena minera El Cerrado, donde se encontraron aguas de mina emanando en gran cantidad desde el interior.

Se puede señalar que las minas subterráneas consideran solamente tres escenarios de riesgo, por lo que respecto de otras instalaciones remanentes, las minas subterráneas requieren una menor cantidad de medidas de cierre y una menor sofisticación de ellas, para disminuir los riesgos existentes.

Respecto de los **depósitos de relave** en los distintos PAM, se obtiene un nivel de riesgo muy alto para el riesgo DR1 (liberación de relaves a causa de un sismo) en todas las instalaciones de este tipo, debido fundamentalmente a que corresponden a relaves de larga data, cuyos parámetros de diseño no contemplaban la posibilidad de un sismo de magnitud equivalente al máximo creíble hoy en día. Además, es altamente probable que incluso no haya existido un estudio de diseño para la construcción de estos depósitos de relave.

Para el riesgo DR2 (liberación de relaves a causa de una erosión interna resultante de un piping), el resultado de la evaluación del riesgo indica que su nivel es medio, debido a

que los relaves más antiguos no contaban con una separación granulométrica a través de hidrociclón, de manera que el contenido de finos en los muros de confinamiento de los depósitos de relave presentan múltiples planos de falla, al mezclarse las lamas, que son aquellos materiales cuya granulometría es inferior a las 200 mallas, y las arenas que son aquellos materiales granulares del relave que están por sobre las 200 mallas. Producto de lo anterior, y sumado a la inexistente compactación de los relaves en muro, es posible que se genere una erosión interna con piping, que resulte finalmente en la liberación de relaves.

En resumen, la totalidad de instalaciones, independientemente del PAM al que pertenecen, presentan algún tipo de riesgo considerado significativo. Lo anterior se observa en las minas subterráneas, minas a cielo abierto, botaderos de estériles y depósitos de relaves, razón por la cual se justifica seleccionar del catálogo presente en la normativa medidas de cierre con el fin de alcanzar la estabilidad física y química de las instalaciones, para garantizar la seguridad a la vida y salud de las personas y la protección del medio ambiente.

6.3 Evaluación De Riesgos Con Medidas De Cierre

Dado que de la evaluación de riesgos se concluyó que todas las instalaciones presentan algún tipo de riesgo significativo, es necesario implementar medidas de cierre para anular el peligro y disminuir el riesgo a un nivel considerado como no significativo. Entonces del catálogo de la norma fueron tomadas las medidas de cierre para cada una de las instalaciones y con dicha información se volvió a realizar la evaluación de riesgos con el propósito de evaluar el riesgo residual.

Cabe señalar que los botaderos de estériles presentaron sin medidas de cierre un riesgo medio de deslizamiento a causa de un sismo, el cual en teoría no pudo ser disminuido a un nivel no significativo pese a las medidas de cierre propuestas. Lo anterior se debe a la condición deficiente de los botaderos, desde el punto de vista de la estabilidad física. En este caso sería necesario llevar a cabo obras de ingeniería que se escapen de lo propuesto

por el catálogo de la norma, como por ejemplo modificaciones en la geometría del botadero o eliminación total o parcial del botadero.

Asimismo, los depósitos de relave disminuyeron sus riesgos alcanzando niveles bajos, excepto en cuanto al riesgo de liberación de relaves a causa de un sismo y al riesgo de overtopping a causa de una lluvia intensa, los cuales alcanzaron la categoría de riesgo medio, no pudiendo bajar hasta un nivel no significativo, fundamentalmente debido a una construcción defectuosa y a su deteriorado estado, los que no permiten garantizar un riesgo mínimo con las medidas de cierre propuestas por la norma. Nuevamente en este caso, las medidas que podrían tomarse corresponden a modificaciones mayores en la geometría de los depósitos y principalmente eliminarlos llevándolos a reproceso, en un intento de obtener algún tipo de beneficio económico debido a las leyes medias que poseen estos depósitos, las cuales resultan cada vez más atractivas para los productores mineros.

En conclusión, las medidas de cierre propuestas solucionan mayormente el riesgo que representan hoy en día los pasivos ambientales mineros de la región de Valparaíso, resguardando a las personas y al medio ambiente.

6.4 De La Determinación De Las Medidas De Cierre

Previo a discutir las medidas de cierre para cada una de las instalaciones, es dable recordar que su elección y adición fue realizada en base a la evaluación de riesgos de la guía metodológica. Por lo tanto, en la evaluación de riesgos se van incorporando actividades de cierre y/o se aumenta el grado de complejidad de las actividades, en la medida que va disminuyendo el nivel de riesgo, existiendo así una proporcionalidad inversa entre la cantidad y complejidad de las actividades de cierre, con el nivel de riesgo.

Respecto de las minas subterráneas, las medidas de cierre seleccionadas a partir de la Ley de Cierre tienen como principal objetivo evitar la aproximación de las personas y/o

animales, debido a que intervenir las minas subterráneas para volverlas estables es inviable desde el punto de vista técnico y económico, dada la magnitud de las excavaciones y caserones abiertos existentes. Para esto, dentro de las medidas se propone el cierre de caminos, cierre de accesos directos a la mina como es el cierre de bocaminas y cierre de chimeneas que conecten con la superficie del terreno, además se contempla la instalación de señalizaciones que persuadan a las personas de acercarse al área.

Por otro lado, el cierre de polvorines y el desmantelamiento y retiro de instalaciones subterráneas tiene como principal objetivo alcanzar la estabilidad química, evitando que se produzcan drenajes ácidos mineros, principalmente.

Respecto de los depósitos de relave la justificación de las medidas se debe a la búsqueda de la estabilidad geomecánica del material depositado, con actividades de reperfilamiento de taludes y de muros de contención al pie de los botaderos, que buscan mejorar su factor de seguridad.

Por otro lado, el secado de la laguna de aguas claras en caso de existir y la construcción de obras de desvío de aguas de lluvia tiene una doble función, la primera es evitar la generación de aguas de contacto que pudieran penetrar el suelo, contaminándolo, y por otro lado tiene una función respecto de la estabilidad física, ya que el exceso de agua, no solo produce un llenado de la cubeta del depósito, sino además aumenta la presión de poros en los espacios intersticiales del material depositado, en este caso lamas y arenas, de manera que la probabilidad producirse un fenómeno de licuefacción aumenta en esta condición.

Luego, la medida de cierre correspondiente a la cobertura del depósito tiene como propósito evitar la erosión eólica que arrastra material particulado contaminando el área circundante y afectando la estabilidad física del depósito.

Respecto de los botaderos de estériles, las medidas de cierre tienen similitud con las de depósitos de relave, ya que se busca mejorar el factor de seguridad del botadero, para

evitar su colapso. Además, la construcción de canales perimetrales, busca evitar que agua infiltre el depósito, ya que su presencia genera planos de debilidad en los espacios entre los distintos tamaños de estéril depositado.

Respecto de las minas a cielo abierto, las medidas como el cierre de accesos y letreros de advertencia apuntan a evitar que personas y/o animales se aproximen al área, debido al riesgo de caídas principalmente. Además, las obras de desvío de aguas de lluvia buscan evitar la acumulación de aguas en el fondo del rajo, lo que podría producir aguas de contacto y debilitamiento de las paredes de la mina, aumentando el riesgo de colapso de la misma.

Finalmente, la Guía Metodológica de evaluación de riesgos considera que las instalaciones que per se permanecerán en el tiempo, deben ser evaluadas, no así infraestructuras como plantas de tratamiento, oficinas, casas de cambio, residuos, etc., los que siempre tendrán como únicas medidas de cierre su desmantelamiento, retiro y disposición en sitios autorizados.

7. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y REFLEXIONES FINALES

7.1 Conclusiones

A través del presente proyecto ha sido posible definir las medidas de cierre más idóneas para el cierre efectivo de los pasivos ambientales mineros en la región de Valparaíso, aplicando los requisitos y exigencias de la Ley N°20.551 de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, su reglamento y guías metodológicas. Lo anterior se demostró, debido a que en cada caso fue posible disminuir el nivel de riesgo al menos en una escala cualitativa.

Se concluye que el presente trabajo ha permitido efectuar un diagnóstico que transita a partir de la información que ha recabado el Servicio Nacional de Geología y Minería en los últimos 15 años hasta nuestra propuesta de cierre de los Pasivos Ambientales Mineros, con la utilización de las herramientas técnico-normativas que el Estado ha puesto a nuestro alcance al día de hoy.

Se concluye que la Guía metodológica de Evaluación de Riesgos de la Ley N°20.551, puede ser utilizada sin inconvenientes a partir de la contextualización de las faenas mineras estudiadas, para disminuir el nivel de riesgo, según puede apreciarse en los resultados obtenidos, no obstante la imposibilidad de implementarla desde el punto de vista legal.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que la aplicación de la evaluación de riesgo, que considere dentro de sus variables medidas adecuadas de cierre, permitió reducir el nivel de riesgo (residual) hacia un estado no significativo, de manera que el objetivo de definir las medidas de cierre más apropiadas para el cierre efectivo de los pasivos ambientales mineros en la región de Valparaíso, aplicando los requisitos y

exigencias de la Ley N°20.551 de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, su reglamento y guías metodológicas, fue conseguido cabalmente.

7.2 Reflexiones

El presente trabajo ha abordado una temática poco explorada en nuestro país, a pesar de la importancia que reviste para las dimensiones económicas, ambientales y sociales.

Los pasivos ambientales mineros, son el legado de años de actividad minera, sin una regulación que obligue a reestablecer la condición original del área intervenida, o al menos garantizar que las instalaciones remanentes no constituirían un riesgo para las personas o para el medio ambiente.

Hoy, a pocos años de alcanzar el primer cuarto del siglo XXI y a pesar de los avances realizados en materias ambientales en nuestro país, resulta al menos curioso que no exista una normativa que regule las huellas del pasado, sobre todo considerando que el paso del tiempo no inhibe ni minimiza el riesgo, muy por el contrario, la exposición en el tiempo vuelve a los pasivos ambientales mineros en instalaciones impredecibles desde la perspectiva de la seguridad de las personas y desde la perspectiva de la contaminación del medio ambiente.

Con el objetivo de regular los PAM, la Ley N° 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente resulta ineficaz o a lo menos ineficiente, excepto en ciertas oportunidades, en que se dan los requerimientos básicos para la aplicación de la acción ambiental de reparación. Además, la problemática dificultosamente podría ser enfrentada por medio de un sistema responsabilidad por daños subjetiva, debido a la imposibilidad de establecer una relación de causalidad.

Aun así, los intereses del Estado parecen develar su mejor oportunidad en las exigencias que organizaciones internacionales han establecido en los últimos 15 años a nuestro país,

donde los diagnósticos respecto de la gestión ambiental han concluido en la necesidad de realizar con la mayor urgencia posible, mejoras en diversos aspectos, uno de ellos es la gestión de los pasivos ambientales mineros.

En línea con lo anterior parece inevitable que en el corto plazo, nuestro país se prepare para debatir respecto de las mejores alternativas tanto normativas como técnicas para administrar los pasivos mineros y es por esa razón que el presente trabajo cobra relevancia, ofreciendo una solución técnica a una situación que se prevé en el corto plazo habrá que enfrentar, de manera que la temática estudiada se convierte en una suerte de carta de navegación para definir de manera anticipada y con un visión de ingeniería, cuál debería ser el plan de acción para lograr eficazmente el cierre de los pasivos ambientales mineros en la región de Valparaíso.

7.3 Recomendaciones

De la información recabada como datos de entrada para este trabajo, cabe hacer notar la baja cantidad de faenas declaradas Pasivo Ambiental Minero en comparación con el número de faenas mineras abandonadas catastradas, lo que junto a la baja disponibilidad de información documentada sobre las faenas abandonadas de la pequeña minería y la discreta calidad de la información, dejan en evidencia la inexistencia de alguna norma que establezca obligatoriedad en el tratamiento de los PAM. Lo anterior representa una oportunidad de mejora para la institucionalidad minero-ambiental, quienes podría eventualmente priorizar la labor de catastrar adecuadamente las faenas mineras abandonadas y realizar una evaluación profunda de los riesgos inherentes a las faenas en estado de abandono, donde el resultado probable sería un aumento significativo en las faenas declaradas como pasivo ambiental minero.

La siguiente recomendación claramente es la promoción de un avance legislativo en materia de pasivos ambientales mineros, para lograr asignar responsables y llevar a cabo

las medidas que sean necesarias para asegurar la vida y salud de las personas y el cuidado del medio ambiente.

Luego, dentro de los próximos pasos frente a la problemática que representan los Pasivos Ambientales Mineros, podría ser considerada la posibilidad de crear un superfund (similar al de la EPA) para el financiamiento de largo plazo de obras de cierre y recuperación de sitios contaminados, lo cual podría conseguirse imponiendo una tasa de descontaminación a las instalaciones peligrosas.

Además de lo anterior, podría evaluarse económicamente el procesamiento de los depósitos de relave abandonados para convertirlos en activos, mediante incentivos a las empresas que permitan extraer el mineral que les queda, como también para utilizar los residuos en nuevos negocios como la producción de cemento o papel, considerando las resinas que contienen.

Para el caso de los relaves sin dueño identificado, los nuevos productores mineros podrían hacerse cargo de manera voluntaria de un depósito de relaves y reconvertirlo en parques, humedales o bosques. Dicha medida podría ser utilizada como una forma de compensación ambiental en el marco de la evaluación de proyectos en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

8. BIBLIOGRAFIA

- Advanced Mineral Processing. (2017). Hidrociclones. 20-09-2018, de AMP Sitio web: <http://www.ampmineral.com/equipos/hidrociclones.php>
- Alcaino, G. (2012). Análisis y Comparación de tecnologías de Remediación para suelos contaminados con metales. Universidad de Chile.
- Biblioteca del Congreso Nacional, (1994). Historia de la Ley N° 19.300 “Bases del Medio Ambiente”.
- CEPAL, (2014). Serie Macroeconomía del Desarrollo. N°157. Buenas prácticas que favorezcan una minería sustentable.
- CEPAL, (2016). Serie Medioambiente y Desarrollo N°163. Estudio sobre lineamientos, incentivos y regulación para el manejo de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM), incluyendo cierre de faenas mineras.
- CEPAL, (2008). Serie Recursos Naturales e Infraestructura N°131. Estudio comparativo de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos.
- CODELCO, 2009. Estudio de Prefactibilidad. Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea. División CODELCO Norte. Criterios Específicos de Diseño. MSC-ICO-VCPCHS-0000-GEN-CDI-290. Rev.P.
- Comisión Investigadora Cámara de Diputados, (2011). Informe de la comisión investigadora sobre la situación en que se encuentran los depósitos de relaves mineros existentes en el país. Acuerdo de la H. Cámara de Diputados en la sección 98ª, celebrada el 10 de noviembre de 2010.
- Consejo Minero, (2017). Minería en Números. Edición Cecilia Valdés. ISBN 978-956-8185-02-2.
- Decreto Supremo N° 41 Ministerio de Minería, (2012). Reglamento De La Ley De Cierre De Faenas E Instalaciones Mineras.
- EPA, (2017). Abandoned Mine Lands Basic Information. <https://www.epa.gov/superfund/abandoned-mine-lands-basic-information-0>

- Joshua Kennon. (2018). What Are Commodities and How Do You Trade Them?. 20-09-2018, de The Balance Sitio web: <https://www.thebalance.com/what-are-commodities-356089>
- Ley N° 19.300, (1994). Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- Ley 20.551 que Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras fue publicada el 11 de Noviembre de 2011 y entró en vigencia a partir del 11 de Noviembre de 2012
- MaksaeV, V., (2004). Porfidos Cuprífero. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geología.
- Ministerio de Minería. (2018). Glosario Minero Relave. 20-09-2018, de Ministerio de Minería Sitio web: <http://www.minmineria.gob.cl/glosario-minero-r/relave/>
- OCDE, (2016). Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016 - Santiago de Chile.
- Sentencia Rol N° 15.549-2017, (2018). Tercera Sala de la Corte Suprema: “Terminal Marítimo de ENAP Refinería Aconcagua S.A., ubicado en la bahía de Quintero”.
- SERNAGEOMIN, (2002). Guía Metodológica sobre Drenaje Ácido en la Industria Minera. Acuerdo Marco de Producción Limpia sector Gran Minería. Buenas Prácticas y Gestión Ambiental.
- SERNAGEOMIN, (2006). Anteproyecto de Ley de Pasivos Ambientales Mineros y Cierre de Faenas Mineras.
- SERNAGEOMIN, (2008). Guía Metodológica De Evaluación De Riesgos Para El Cierre De Faenas Mineras.
- SERNAGEOMIN, 2015. Definiciones y Términos. DC-SEGMIN-001. Documento De Calidad.
- SERNAGEOMIN. (2015). SERNAGEOMIN identifica palabras claves para comprender peligros geológicos. 20-09-2018, de SERNAGEOMIN Sitio web: <http://sitiohistorico.sernageomin.cl/detalle-noticia.php?iIdNoticia=236>

- SERNAGEOMIN, (2017). Anuario de la Minería de Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería. 274 p.
- SERNAGEOMIN, (2018). Guía Metodológica para la Evaluación de la Estabilidad Física de Instalaciones Mineras Remanentes.
- SERNAGEOMIN, (2018). Organigrama Servicio Nacional de Geología y Minería. http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/02/Organigrama_Sernageomin_enero2018.pdf.
- Sougarret L., (2003). Conferencia Internacional sobre Pasivos Ambientales Mineros, División de Recursos Naturales e Infraestructura, Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe, CEPAL-ONU.
- Valencia, C., (2006). Anteproyecto de Ley de Pasivos Ambientales Mineros y Cierre de Faenas Mineras. Seminario Innovación Tecnológica y Sustentabilidad Ambiental en la Industria Minera. Fundación Chile - CIMM.

ANEXOS

