



Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Arquitectura, Diseño y
Estudios Urbanos, Escuela de Arquitectura
Magíster en Arquitectura del Paisaje

Medidas de mitigación y retribución a partir de desechos mineros

Nuevas topografías como naturaleza intermedia entre las funciones productivas y ecológicas en el sitio Mina Invierno

Manuela Marín

Tesis para optar al grado académico de Magíster en Arquitectura del Paisaje
Prof Guía: Osvaldo Moreno, Danilo Martic

Enero, 2021 | Santiago, Chile



© 2021, Manuela Marín

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

Índice

Resumen.....	4
Formulación de la investigación.....	6
1. Wasteland como Consecuencia del Paisaje Minero.....	14
1.1. Escombros Estériles como Wasteland	
1.2. Posibles Aproximaciones a un Paisaje de Desecho	
2. Paisaje Minero en Chile.....	20
2.1. Caracterización del Paisaje Minero Chileno	
2.2. Regulaciones Ambientales	
2.3. Espacio de oportunidad para la Arquitectura del Paisaje	
3. Mina Invierno.....	30
3.1. Minería en Magallanes	
3.2. Isla Riesco: entre la conservación y la explotación	
3.3. Cronología de la Mina Invierno	
3.4. Análisis del caso	
4. Construcción de una Naturaleza Intermedia.....	58
4.1. Lineamientos	
4.2. Definición del sitio de intervención	
4.3. Estrategias	
4.3.1. Mitigación Acústica	
4.3.2. Manejo de Aguas	
4.3.3. Restauración de Suelos	
4.3. Proyecto de Arquitectura del Paisaje	
Conclusiones.....	88
Bibliografía.....	93
Anexos.....	97

Resumen



Img 1. Fotografía aérea que muestra en su esquina inferior izquierda el bosque de Coihue, al centro el rajo minero, y en un último plano el Seno Oatway. Fuente: Ladera Sur.

La siguiente tesis aborda el tema de las medidas de reparación ambiental en la minería y cómo estas podrían solucionarse a través de sus propios desechos desde una perspectiva de la arquitectura del paisaje. La minería, a pesar de ser la actividad económica más importante de Chile desde el comienzo de la explotación salitrera en la década de 1880, no presentó regulaciones ambientales hasta 1994, que, hasta el día de hoy, parecen ser más permisivas de lo que deberían. Esto causa que la minería, además de ser de las industrias más relevantes del país, sea también de las que más presentan conflictos con el medio ambiente.

La arquitectura del paisaje, a través de múltiples proyectos, ha demostrado ser una herramienta útil para sacar provecho de los sitios catalogados como ‘wasteland’, categoría en la cual es posible incluir a los botaderos mineros. Pero, estos proyectos suelen realizarse cuando la actividad industrial ya cesó. Teniendo en cuenta que la minería no es una actividad de la cual el país pueda prescindir en un corto o mediano plazo, se hace urgente la propuesta de soluciones ambientales no solo asociadas al cierre de las faenas, sino también a su fase operativa.

Con el fin de profundizar en esta temática, se toma como caso de estudio la Mina Invierno, una mina de carbón en la Isla Riesco, ubicada en la Región de Magallanes. Dicha minera tuvo que detener sus operaciones por demandas ciudadanas que, entre otras razones, reclamaban que el sonido de las tronaduras obligaba a la fauna del bosque

cercano a migrar. Tras el estudio de este caso y el entendimiento de los componentes mineros, es posible dar cuenta que las principales operaciones de la minería, como la acumulación y extracción de tierras, la redirección de las aguas y la apertura de caminos, son netamente operaciones de paisaje, lo cual posibilita un desarrollo paralelo entre las operaciones mineras y la construcción de un proyecto de arquitectura del paisaje.

Para la demostración de la factibilidad de un proyecto de mitigación durante la fase operativa de la minería, se diseña una propuesta de arquitectura del paisaje. Dicho proyecto plantea tres estrategias principales, la primera es la mitigación acústica por medio del reordenamiento de los escombros estériles, lo cual permitiría a la mina continuar con sus operaciones sin que éstas generen mayores conflictos ecológicos. La segunda es el manejo de aguas superficiales, que tiene como objetivo principal evitar el ingreso de aguas al rajo. Por último, se plantea una sucesión vegetal que permitirá crear suelo fértil sobre la acumulación de estériles para el posterior desarrollo de macrozonas vegetales que potenciaran la biodiversidad del sitio. De esta manera, el medio ambiente se verá potenciado por el proceso minero, creando así una naturaleza intermedia donde ecología y producción sean capaces de negociar, y que a su vez tenga el potencial de dar paso a una diversidad programática.

Formulación de la Investigación



Img 2. En primer plano se ve un camión cargando carbón en su tolva camino al centro de acopio, en segundo plano se puede ver la residencia minera y el Puerto Lackwater.

Problemática

La actividad minera ha sido la industria más importante para Chile desde 1880 con la explotación del salitre, transitando luego hacia la extracción cuprífera y en un futuro posiblemente la del litio, en suma, a la explotación de otros minerales a lo largo del país. A pesar de la relevancia y la extensión territorial de dicha actividad económica en Chile, ésta no presentó regulaciones ambientales hasta el año 1994, con la ley de bases general de medio ambiente.

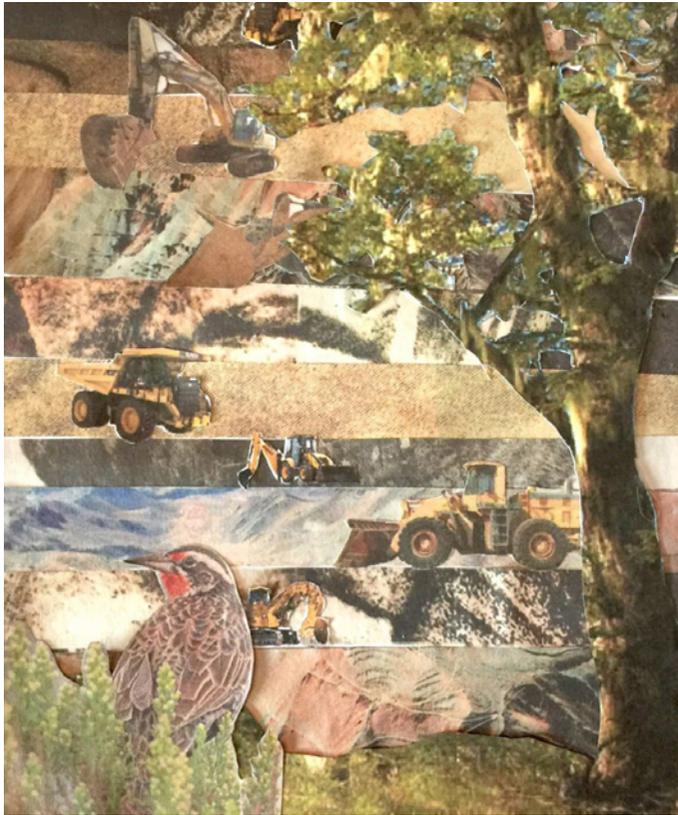
Aunque han existido avances con respecto a las regulaciones ambientales, éstas aun parecen ser insuficientes para poder compensar los daños que implican las actividades mineras. Esto se debe principalmente a las medidas de regulación ambiental que le exige el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) a las actividades productivas especificadas en la ley general de bases ambientales. Dichas medidas de regulación pueden ser de mitigación, restauración o compensación. Dado que las concesiones mineras tienden a declarar incompatibles las primeras dos con su producción, recurren a medidas de compensación que no logran solucionar los daños causados por las faenas extractivas. Esto causa que la minería, además de ser la industria más grande del país, sea también de las más nocivas para el medio ambiente.

A pesar de que actualmente la minería se concentra en el norte del país con grandes explotaciones cupríferas, ésta

se extiende a lo largo de todo su territorio con distintos minerales extraídos. En el caso de la Región de Magallanes, la más austral de Chile, la industria minera se basa en la extracción de carbón. La explotación carbonífera de Magallanes data del año 1869, con la primera faena minera ubicada en la península de Brunswick. Pero no fue hasta 1940 que la extracción de carbón tuvo su auge con minas activas tanto en el territorio continental como en la Isla Riesco. Este auge logró impulsar un desarrollo social y económico tanto de la región como de la isla, hasta una baja en las exportaciones de carbón a comienzos de la década de 1950.

Tras la baja de las exportaciones, la Isla Riesco mantuvo una producción netamente ganadera hasta 2011, cuando surgieron nuevos intereses por la extracción de carbón. Esta nueva apuesta hacia la explotación carbonífera de la isla se dio de parte de Minera Invierno S.A., que buscaba ser la mina de carbón a rajo abierto más grande del país contemplando una superficie de 480 hectáreas aproximadamente y una fase operativa de 12 años.

El desarrollo de las operaciones de la mina inicialmente se basó en el “Proyecto cuatro palas”, donde la extracción era llevada a cabo únicamente por cuatro palas hidráulicas. Pero durante el año 2018, Minera Invierno presentó una solicitud al SEIA para la aprobación del “Proyecto trona-



Img 3. Representación a modo de collage de la problemática de la Mina Invierno, al ser un sitio dominado por la naturaleza pero con una extensa actividad extractiva. Fuente: elaboración propia.

duras” donde se buscaba incorporar el uso de tronaduras en su proceso extractivo, declarando un desgaste imprevisto de las palas hidráulicas. Este proyecto tuvo una serie de aprobaciones y rechazos hasta agosto de 2019 cuando, tras una serie de reclamos de parte de grupos ambientalistas, el tercer tribunal ambiental decide detener las tronaduras. Dentro de los reclamos presentados, se mencionaba el daño ecológico de las tronaduras, ya que el ruido de éstas podía causar una migración de la fauna del bosque cercano. Este caso deja en evidencia la falta de medidas de mitigación durante la fase operativa de la minería que logren disminuir o eliminar los efectos ambientales nocivos que implican los procesos extractivos (img. 3).

Entendiendo que las operaciones mineras, como la acumulación y extracción de tierra, el desvío de aguas y la apertura de caminos, son netamente operaciones de arquitectura del paisaje, esta disciplina se presenta como una herramienta útil para disminuir los daños ecológicos de la minería. Para enfrentar las problemáticas específicas al caso Mina Invierno, el proyecto propuesto se debe basar en operaciones de paisaje que sean capaces de enmarcarse en el proceso extractivo y a su vez conservar la biodiversidad del bosque y potenciar la biodiversidad del sitio, generando durante su desarrollo distintas situaciones que den paso a diversos usos programáticos.

Preguntas de Investigación

Teniendo en cuenta el marco regulatorio asociado a las faenas mineras, y, entendiendo que una relación que articule factores socioambientales y factores productivos asociados a la Mina Invierno dependía en gran parte de una mitigación acústica, cabe preguntarse

¿Cuál es el rol de la arquitectura del paisaje dentro de las medidas de regulación ambiental?

¿De qué manera, desde la arquitectura del paisaje, se pueden formular estrategias de mitigación que logre conjugar minería y ecología?

Hipótesis

Un proyecto de regulación ambiental diseñado desde el punto de vista de la arquitectura del paisaje será capaz no solo de cumplir con la legislación a través de medidas de mitigación, sino también de crear espacios de negociación entre la producción y la ecología. De esta manera las medidas de regulación ambiental no serán entendidas como proyectos aislados de la producción, como sucede actualmente, sino como parte de ella. En suma a ello, un proyecto de paisaje será capaz de generar un nuevo valor al sitio sea por medio de nuevas ecologías y/programas, creando así ‘medidas de retribución’.

Entendiendo que la minería se basa en operaciones de paisaje, un proyecto de arquitectura del paisaje para la mitigación de impactos ambientales se deberá basar principalmente en una reorganización de los componentes mineros. Frente a esta idea destacan los desechos mineros que, al no tener una función determinada dentro del proceso extractivo, pueden reorganizarse libremente sin afectar en mayor medida a la producción.

Para el caso específico de la Mina Invierno, es posible plantear tres estrategias ligadas a la conservación ecológica y/o a la industria minera. En primer lugar, se presenta la mitigación acústica que permitirá funcionar a la mina sin afectar al bosque. Luego, el manejo de aguas que evitará aposamientos en zonas industriales y finalmente, la restauración de suelos, que permitirá la formación de ecosistemas en las zonas de las faenas tras su cierre. Cabe mencionar que estas estrategias conllevan beneficios sociales al crear sitios de valor paisajístico y posible interés turístico.

Objetivo General

Esta tesis tiene como objetivo general demostrar la pertinencia de la arquitectura del paisaje dentro de las regulaciones ambientales durante la fase operativa de la producción minera, a través del diseño de un proyecto de mitigación y retribución ambiental para las extracciones de carbón de la Mina Invierno.

Objetivos Específicos

Englobados dentro de este objetivo principal, se encuentran los siguientes objetivos específicos:

1. Comprender el rol de la arquitectura del paisaje frente a los desechos mineros a través de la revisión de literatura disciplinar.
2. Conocer las regulaciones ambientales vigentes que se le exigen a las actividades extractivas.
3. Analizar el caso de la Mina Invierno e identificar los componentes productivos y ecológicos que le dan forma, por medio de un levantamiento y mapeo del caso.
4. Proponer un proyecto de arquitectura del paisaje que compatibilice y promueva los procesos ecológicos en relación con los procesos productivos de la Mina Invierno.

Metodología

Esta tesis se enmarca en el Taller de Investigación y Proyecto “Rehabilitación de Paisajes Productivos en Territorios Extremos”, del primer semestre de 2020. Dicho taller propone distintos sitios en la Región de Magallanes que hayan sido afectados por algún tipo de actividad productiva, como la ganadería, la minería, la extracción petrolera, etc. La presente investigación se basa en la actividad minera, en el caso específico de la Mina Invierno.

El desarrollo del proceso de investigación inicia con el estudio del caso y luego el desarrollo de un proyecto de arquitectura del paisaje, iniciando así por los últimos dos capítulos de la tesis. Más adelante, en el segundo semestre de trabajo, se desarrolla una investigación alrededor de un marco conceptual ligado más bien a textos disciplinarios, y en paralelo una investigación sobre el marco legal de las regulaciones ambientales de la minería en Chile.

Etapa 01. Estudio de casos.

Como primera aproximación a la tesis, se ofrecen una serie de casos, algunos asociados a sitios productivos en zonas rurales como la minería y la extracción de petróleo y otros más bien urbanos. Frente a este despliegue de casos, junto a Daniela Sepúlveda, también tesista del taller, se selecciona el caso Mina Invierno. Dado el contexto de pandemia en el que fue realizada la presente tesis, no fue posible ir al sitio de estudio, por lo que la mayor parte de la informa-

ción fue levantada a partir de los informes de la mina presentados al SEA. Durante esta primera etapa se desarrolla el mapeo del caso compartido con Daniela, construyendo así el material gráfico para el capítulo 03. En esta primera etapa se busca abarcar el tercer objetivo específico de la tesis referido a un análisis del caso y entendimiento de las operaciones mineras que lo definen.

Etapa 02. Temáticas del caso.

Tras el análisis del caso, ya en un trabajo individual, se levantan ciertas temáticas que resulten de interés para desarrollar tanto en la tesis como en el proyecto. Frente a esto se comienzan a indagar temáticas asociadas a las medidas de regulación ambiental de la actividad minera y sus falencias por medio de una revisión principalmente legislativa, como se expone en el segundo capítulo de la presente tesis. Dicha etapa busca lograr el segundo objetivo específico de la tesis.

Etapa 03. Aproximaciones de proyecto.

Las primeras aproximaciones de proyecto fueron realizadas por el taller mediante un ejercicio de ‘injerto’, es decir trasladar un proyecto existente al caso de estudio. En esta primera instancia el proyecto se busca desarrollar un plan de cierre que permita utilizar los taludes del rajo para distintas actividades productivas. A medida que se avanza con el desarrollo de la temática, esta idea se desecha ya



Img 4. Retiro de tolvas de camiones mineros de la Isla Riesco. Fuente: Ovejero Noticias.

que se entiende una carencia en las medidas de regulación ambiental durante la fase operativa y un nuevo espacio de oportunidad para la disciplina, que culmina en el proyecto basado en una idea de naturaleza intermedia desarrollado en el cuarto capítulo. La etapa descrita busca cumplir con el último objetivo de la tesis, asociado al diseño de proyecto que logre demostrar la posibilidad de medidas de mitigación en la fase operativa de la minería.

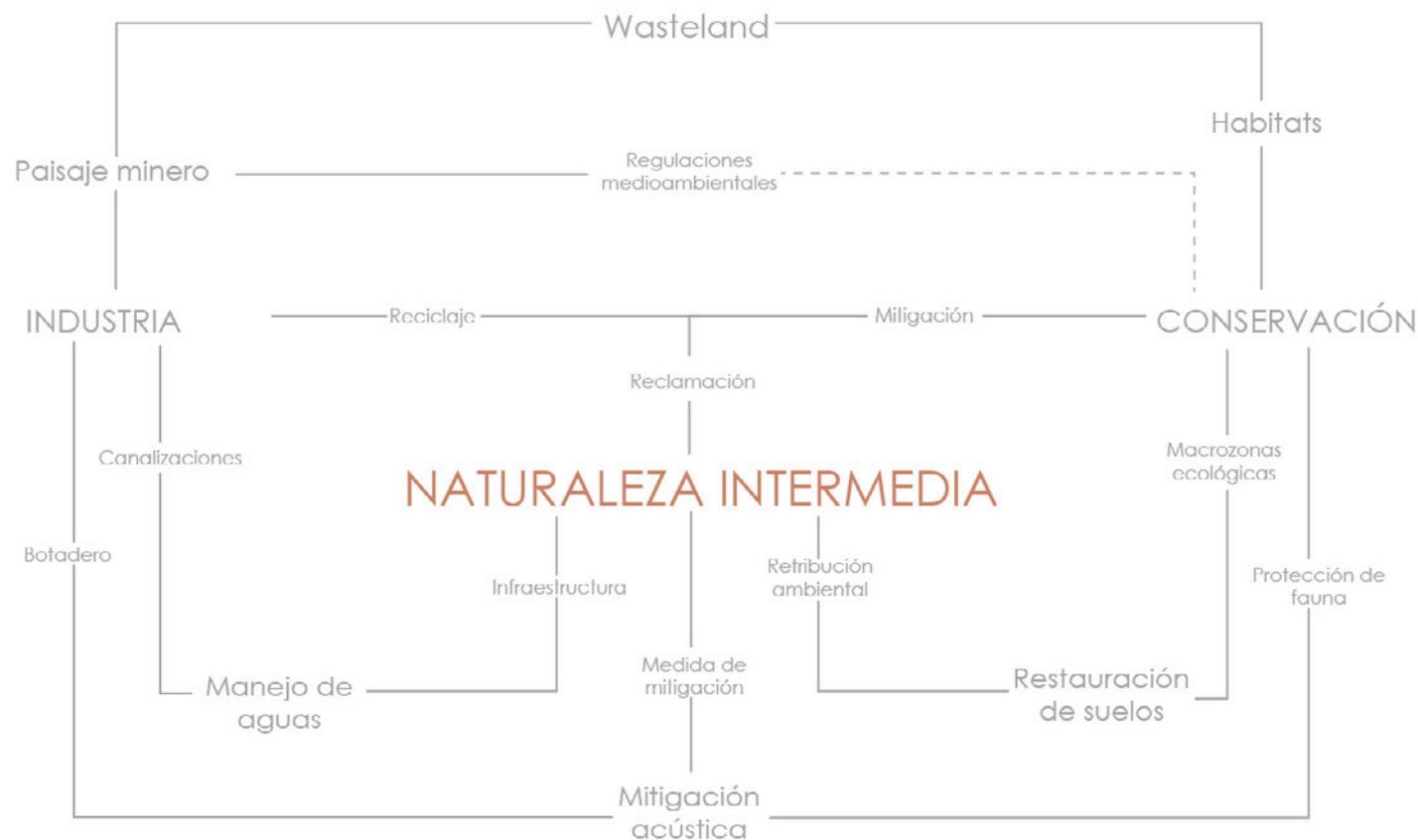
Tras ya haber comenzado con esta etapa el primer semestre de 2020, a fines de agosto del mismo año Mina Invierno anuncia su cierre definitivo y en noviembre comenzaron los trabajos de retiro de maquinaria (img. 4). Dada la imposibilidad de replantearse todo el trabajo realizado durante el Taller de Investigación y Proyecto, se decide continuar con la temática ya más bien desde la convicción del aporte disciplinar que entrega la presente investigación, corroborada por el proyecto, generando así una especie de ‘final alternativo’ para la Mina Invierno.

Etapa 04. Desarrollo conceptual.

Durante esta etapa se busca una aproximación más académica hacia el caso, donde se revisan distintos autores que traten temas de paisajes de desecho entendiendo que los desechos mineros pueden integrar esta categorización del paisaje. El desarrollo de esta etapa está principalmente ligado a la investigación asociada al primer capítulo de la

presente tesis y se lleva a cabo para cumplir con el primer objetivo específico referido al entendimiento del rol de la arquitectura del paisaje frente a sitios de desecho.

Vale mencionar que el orden de las etapas se desarrolló a grandes rasgos como están presentadas, pero el avance en una etapa puede ser condicionante para el desarrollo de otras, por lo que el proceso no es estrictamente lineal, especialmente en los últimos meses de trabajo.



Img 5. Mapa conceptual de los temas abordados por la investigación y proyecto. Al comenzar el proceso de investigación con el desarrollo del proyecto, el siguiente mapa tiene como concepto central 'naturaleza intermedia', referido a la intención principal de diseño de lograr conjugar industria y conservación. Sobre éste se encuentran los conceptos asociados a la investigación teórica y del caso, explicando en base a qué estrategias propuestas por los autores el proyecto podría lograr una naturaleza intermedia. En la parte inferior se encuentran las estrategias específicas del proyecto y cómo ellas se relacionan a la industria y/o a la conservación. Elaboración propia.

Wasteland como Consecuencia del Paisaje Minero



*Img 6. Extracciones de Carbón en Mina Invierno durante nevazón.
Fuente: Flickr Mina Invierno*

Escombros Estériles como Wasteland

Las operaciones de las faenas mineras pueden dividirse a grandes rasgos en operaciones de extracción y de acumulación de tierra. Con respecto a la extracción de tierra esta se puede catalogar como una actividad productiva, ya que es esta la operación que permite obtener el recurso explotado. Mientras, la acumulación de tierra se puede asociar mas bien al desecho, debido a que ésta da forma a tranques de relave y/o botaderos de estériles.

Dada la indeterminación de un uso de los sitios de desecho minero más allá de la acumulación de lo indeseado, es posible catalogar estos sitios como wasteland. El wasteland, termino acuñado por Di Palma en su libro homónimo, refiere a sitios que no se relacionan por su forma o función, sino por aquello que carecen. Estos sitios carecen de un uso claro y de habitabilidad, pudiendo ser sitios naturales de difícil acceso, hasta prístinos, por ejemplo, desiertos o cordones montañosos, como también pueden ser paisajes netamente antrópicos como aquellos del desecho. La indeterminación de estos sitios les atribuye una característica maleabilidad, lo cual permite que tengan el potencial de convertirse en algo más.

En el caso de la minería de carbón y toda aquella que no requiera de un proceso de flotado para separar el mineral de la roca- por ende, no implica líquidos lixiviados-, estos wasteland se pueden asociar directamente a los botaderos

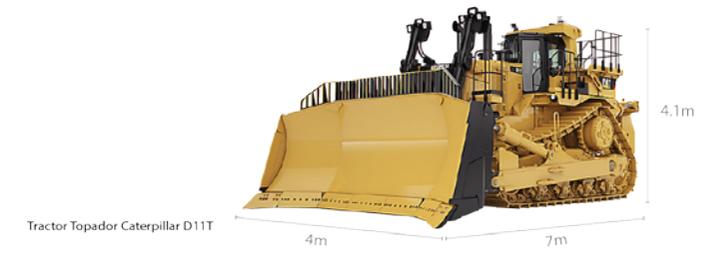
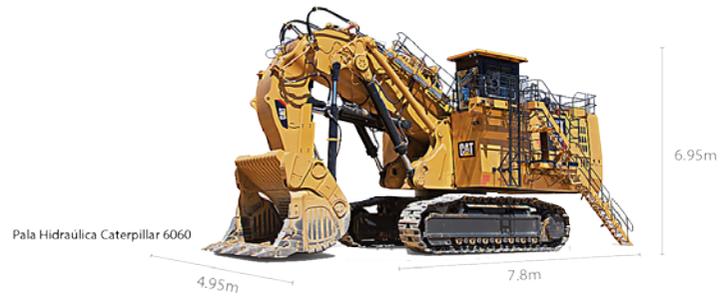
de estériles. Estos están compuestos principalmente por roca molida y limo, siendo de baja toxicidad real. Esto los hace fácilmente manipulables sin perjudicar el bienestar humano ni ecológico si son manejados de buena manera, evitando su erosión y estabilizando sus taludes.

Los botaderos mineros se construyen mediante la acción de distintas maquinarias mineras, partiendo por la descarga de las tolvas de los camiones, previamente cargados con estériles por las palas hidráulicas. Tras la descarga de los estériles, un bulldozer pasa sobre estos, emparejándolos. Este proceso, descrito gráficamente en la siguiente imagen, es el más recurrente dentro de la minería carbonífera que extrae once toneladas de estériles por cada tonelada de carbón¹, pero pareciera ser el menos relevante dentro de las operaciones mineras, teniendo como única función acumular lo indeseado.

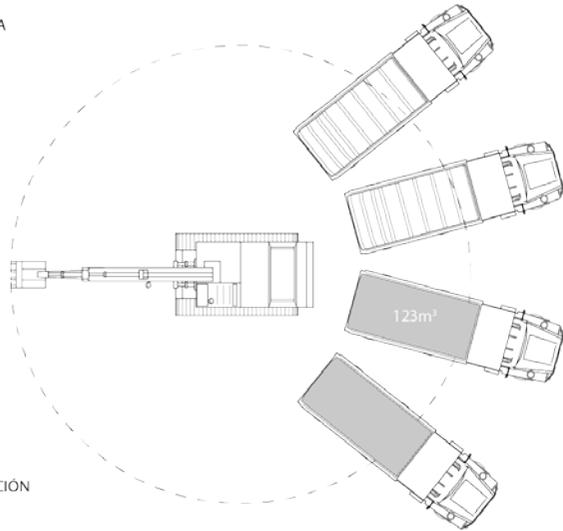
1. Cálculo realizado a partir de las proyecciones de Mina Invierno sobre la extracción final de carbón en comparación con la acumulación final de escombros.

CONSTRUCCIÓN DE BOTADERO

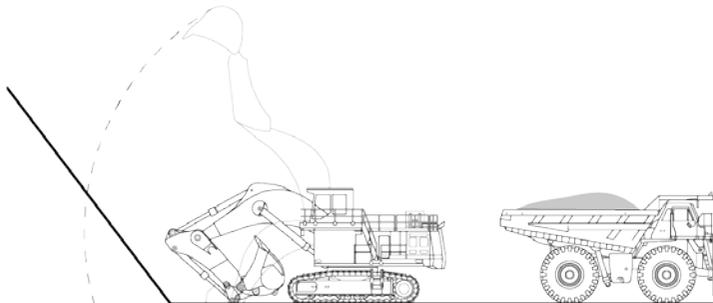
MAQUINARIA



PLANTA



ELEVACIÓN



EXCAVACIÓN

Al excavar, la pala hidráulica deposita el material estéril en los camiones de estériles. Cada una de las palas cuenta con cuatro camiones para el depósito de material.



ACUMULACIÓN

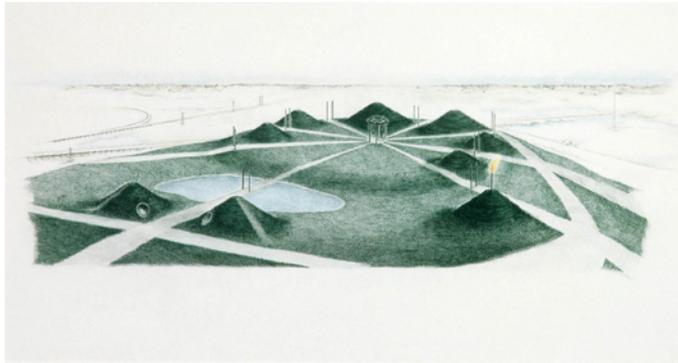
Al llegar al sitio de botadero, los camiones levantan la tolva para depositar el material estéril en una serie de montículos.



EMPAREJADO

Tras el depósito de los camiones, el bulldozer empareja la superficie, generando un terraplen liso en la parte mas alta del botadero.

Img 7. Esquema sobre la construcción de un botadero. Elaboración propia.



Img 8. Sky Mound, Nancy Holt. Fuente: Holt Smithsonian Foundation.



Img 9. Byxbee Park, George Hargreaves. Fuente: página web Hargreaves.

Posibles Aproximaciones a un Paisaje de Desecho

Diferentes autores han propuesto teorías de cómo abordar, desde la arquitectura del paisaje, estos sitios de desecho o Wastelands. Según Mira Engler, en su texto *Waste Landscape: Permissible Metaphors in Landscape Architecture* existen ocho maneras de abordar estos sitios. Frente a esto la autora plantea como la mejor manera de aproximación la integrativa, que consiste en reunir la mayoría de las otras aproximaciones de manera integral. Esta forma de abordar los paisajes de desecho busca evidenciar el pasado tóxico del sitio, para así educar al usuario del proyecto, como también sacar provecho y mitigar aquellas características “negativas”.

A modo de ejemplo de proyectos de paisaje con aproximaciones integrativas, Engler menciona tanto proyectos de land art como de arquitectura del paisaje. Por el lado del land art, la autora menciona el proyecto Sky Mounds de Nancy Holt (img. 8). Este proyecto, construido sobre un vertedero, logra mitigar los efectos nocivos del sitio, por medio de tubos de gas y una cobertura vegetal, además de generar nuevos ecosistemas. Por parte de la arquitectura del paisaje, se da como ejemplo el proyecto Byxbee Park de George Hargreaves (img. 9). Este parque, construido también sobre un vertedero, además de mitigar los daños de la acumulación de basura, construye topografías más pequeñas que evidencian la artificialidad del sitio.

Las otras siete aproximaciones que propone Engler se pueden categorizar en cuatro, aquellas que buscan negar el pasado del sitio, las cuales Engler desestima, ya que argumenta que perpetúan el sesgo hacia estos paisajes. Luego se encuentran las aproximaciones más bien científicas que buscan remediar los daños, que a pesar de cumplir una función ecológica importante no involucran a las personas. En tercer lugar, se presenta la aproximación de reciclaje, que busca generar nuevos beneficios, sean sociales o económicos, al sitio, pero no relata su pasado. Finalmente, las aproximaciones educativas, que sí logran involucrar al usuario dentro de la historia del sitio y generar un cambio perceptual frente al paisaje de desecho, pero no necesariamente responde a necesidades sociales o ecológicas.

Por su parte, Katherine Meyer, en su texto *Recycling: Landscape Architecture's New Frontier*, propone cuatro maneras de abordar estos paisajes. En primer lugar, la Amnesia colectiva/tabula rasa, donde se busca borrar todo rastro del pasado e imponer un nuevo uso y diseño para el sitio. También se utiliza la estrategia que busca apelar a la memoria a través de rastros físicos del pasado. En tercer lugar, se encuentra el Peligro encapsulado/figuras enigmáticas, que deja la forma del sitio, pero lo cubre para así evitar ciertos peligros a la salud o medio ambiente que puedan provenir de la toxicidad del sitio, sin dejar claro a qué responde su forma. Por último, la autora presenta la



Img 10. AMD+Art, Julie Bargman. Fuente: DIRT Studio.

Cita en su idioma original: "when it is no longer possible to dispose of garbage and toxins elsewhere, they either continue to degrade on-site with possible harmful results or enter into a system of recycling and recirculating waste ecologies"

estrategia que a su parecer es la más adecuada para responder a este tipo de paisaje, la de Flujo ecológico + tecnológico/regenerar + recircular + reciclar. Esta estrategia se desarrolla en sitios donde 'no es posible disponer de los tóxicos en otro lugar, por lo que continúan degradándose con la posibilidad de efectos dañinos o ingresan a un sistema de reciclaje y recirculación de ecologías de desecho' (Meyer, 2008).

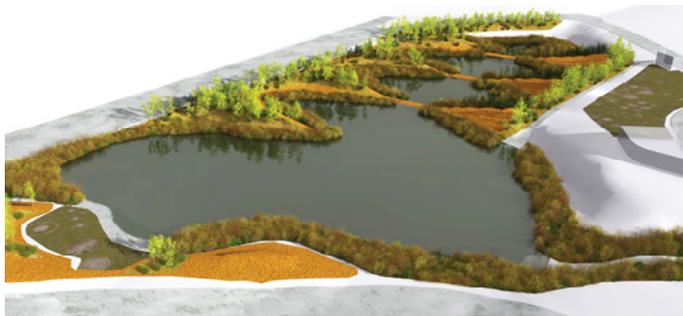
A modo de ejemplo para la última estrategia, Meyer menciona al proyecto AMD+Art de DIRT Studio en Vitondale, EE. UU (img. 10). Este proyecto busca remediar las aguas contaminadas con drenaje minero ácido (AMD) desde los túneles de la mina adyacente. Para la limpieza de estas aguas se proponen una serie de piscinas que gradualmente las descontaminan, quedando así el proceso de limpieza evidenciado por el cambio de color del agua entre las piscinas. La primera piscina no limpia las aguas, solo busca mostrarlas en el estado en el que sale de la mina, con un fuerte color rojo, hasta la última piscina donde el agua ya está completamente limpia.

Por último, Alan Berger, en su texto *Reclaiming the American West*, revisa el concepto de reclamación y cómo este puede ser utilizado para abordar el paisaje minero del oeste estadounidense. Con el término 'reclamación' Berger se refiere a recuperar un sitio que se encuentra en un estado

indeseado, pero sin las intenciones de devolverlo a su estado natural, sino reorganizándolo y diseñándolo de manera tal de que éste adquiera un nuevo uso.

A pesar de proponer una única manera de abordar estos paisajes, Berger profundiza en cuatro características: estética, espacial, natural y temporal. Con respecto a la estética, el autor propone un desarrollo de relaciones cognitivas en base a sistemas culturales ligados a estos paisajes. La espacial busca una reorganización de los componentes existentes de un sitio. La característica natural busca la recreación de procesos ecológicos abiertos, que permitan al proyecto convertirse en un sistema más que una forma estática. Finalmente, la temporal refiere a un entendimiento de la reclamación como una discontinuidad en el paisaje, permitiendo así heterogeneidades en la naturaleza y el paisaje que de otra manera no existirían.

Además de estas cuatro características aplicables para cualquier proceso de reclamación, Berger distingue dos categorías de políticas de reclamación minera, aquella asociada a la minería de carbón y las asociadas al resto de la minería. Esto se debe a que la minería carbonífera no extrae un mineral sino un hidrocarburo, y dado que el carbón forma mantos geológicos se diferencia del resto de los procesos mineros, ya que éstos deben separar el mineral de la roca con procesos más complejos. El autor repasa dis-



Img 11. French Gulch/Wellington Oro, Berger & Case. Fuente: Waste2place.



Img 12. French Gulch/Wellington Oro, Berger & Case. Fuente: Berger (2008)

tintos ejemplos sobre reclamación de minas de carbón, los cuales se aproximan más bien a lo que legislación chilena se refiere como plan de cierre, los cuales serán explicados en el siguiente capítulo. Todos los ejemplos expuestos en el texto, como Rosebud Mine, buscan aproximarse al contorno original del sitio con una cobertura vegetal generando una mimesis con el paisaje existente.

En un texto posterior de Berger titulado *Designing the reclaimed landscape*, se repasan tanto teorías como proyectos relacionados con paisajes mineros, algunos de ellos académicos, es decir, no están construidos ni se construirán. A pesar de que estos proyectos no estén construidos parecen ser de un mayor interés que una solución basada en la mimesis como la mayoría de los proyectos existentes presentados por Berger en su texto de 2002.

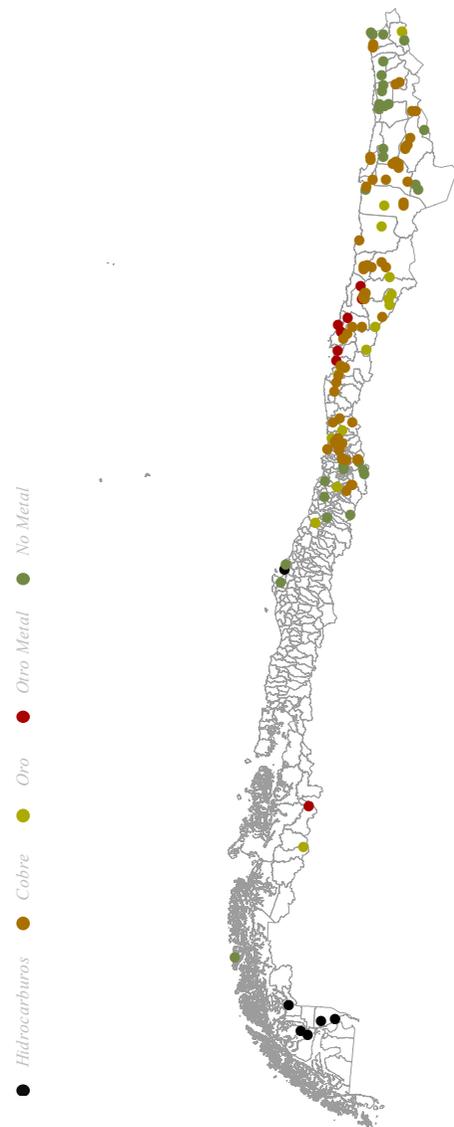
Un ejemplo de esto es el proyecto para la reclamación del sitio minero French Gulch/Wellington Oro de Berger y Case. La principal operación de este proyecto es el movimiento de la roca molida para así exhumar el corredor de ribera que quedó bajo ella debido a la actividad minera. Tras esto se crean una serie de humedales (img. 11) añadiendo un valor escénico al sitio que permitirá un desarrollo inmobiliario y una serie de recorridos deportivos y turísticos (img. 12). Este proyecto busca demostrar la factibilidad tanto constructiva como económica y técnica

de reclamar sitios degradados por la minería.



Paisaje Minero en Chile

Img 13. Fotografía del rajo minero donde se ve maquinaria trabajando, principalmente palas hidráulicas y un camión tolva cargado de carbón. Fuente: Cooperativa.



Img 14. Mapa de Chile sobre faenas mineras según recurso extraído.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Sociedad Nacional Minera.

*Datos del Reporte Anual del Consejo Minero

Caracterización del Paisaje Minero Chileno

Las actividades mineras en Chile datan de tiempos precolombinos, donde los pueblos originarios extraían distintos minerales para la construcción de armas y amuletos. Luego, con la llegada de los españoles, los distintos minerales se comenzaron a comercializar, específicamente el oro, con pequeños yacimientos a lo largo del país. Pero, no fue hasta la década de 1880 que laminería alcanzó su primer peak, con la explotación del salitre. Hoy en día, el principal recurso extraído es el cobre, con faenas extractivas desde la región de Tarapacá hasta la región de O'Higgins. Actualmente, la minería, en especial la cuprífera, es la principal actividad económica de Chile, conformando un 9,4% del PIB en 2019 (Consejo Minero, 2019).

Esta actividad, está más presente en el norte de Chile con las mayores extracciones de cobre, específicamente en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama. Pero, “debido a su especial constitución geológica resultante de su ubicación en el margen activo del Pacífico, en la zona de convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, y a diversas particularidades morfológicas y climáticas, el país cuenta con una importante variedad de estos recursos minerales” (Gajardo, 2015, pg.1). Es decir, la minería se extiende a lo largo de todo el país con distintos recursos extraídos; sean metales, no metales o recursos energéticos.

El proceso minero, independiente de la región donde esté emplazado, contempla cuatro etapas dentro de su vida útil; la etapa de prospección, la de construcción, la operativa y finalmente la de cierre. En primer lugar, la prospección consta en el estudio de suelos de un sitio con un posible potencial minero. Esta etapa responde al segundo párrafo del código de minería, donde se le atribuye a toda persona el derecho de catar y cavar en búsqueda de minerales en cualquier terreno, salvo aquellos de concesiones mineras ajenas.

Luego, la etapa de construcción es el momento en el cual se construyen todas las infraestructuras e instalaciones necesarias para comenzar con las extracciones. Con respecto a las instalaciones, se deben construir los galpones para guardar la maquinaria, como camiones tolva, bulldozer y palas hidráulicas. También se deben construir las distintas redes necesarias, como la eléctrica, la de agua potable y la de alcantarillado, para que así puedan funcionar los campamentos mineros, donde residirán los trabajadores.

Por su parte, las infraestructuras se refieren principalmente a la construcción de canalizaciones y caminos. Las canalizaciones buscan evitar el ingreso de aguas superficiales a la zona extractiva, ya que entorpecería el proceso productivo especialmente si éste es a cielo abierto. Es por ello por lo que se hace necesario desviar todo curso de agua

que ingrese al futuro polígono de extracción. Por su parte, los caminos consisten en caminos interiores a la zona extractiva, donde circulan principalmente camiones tolva y palas hidráulicas; y caminos exteriores donde se traslada el recurso explotado. En el caso de ser una mina de mayor envergadura, donde el sitio extractivo se encuentra alejado del sitio de desecho, también se hace necesaria la construcción de mineroductos, que conduzcan los desechos mineros desde el rajo o túneles hasta el tranque de relave o botadero.

Tras la construcción de las infraestructuras, se da inicio a la etapa operativa, que consiste en las actividades destinadas a la extracción del recurso explotado, comenzando con el desarrollo de las faenas mineras. Las faenas son los sitios de extracción y acumulación de tierra, el sitio de extracción puede ser a cielo abierto - el rajo- o subterráneo- los túneles. Mientras, el sitio de acumulación consiste en los desechos mineros que, dependiendo si el recurso extraído requiere de un proceso de flotado o no, pueden ser tranques de relave o botaderos de estériles respectivamente.

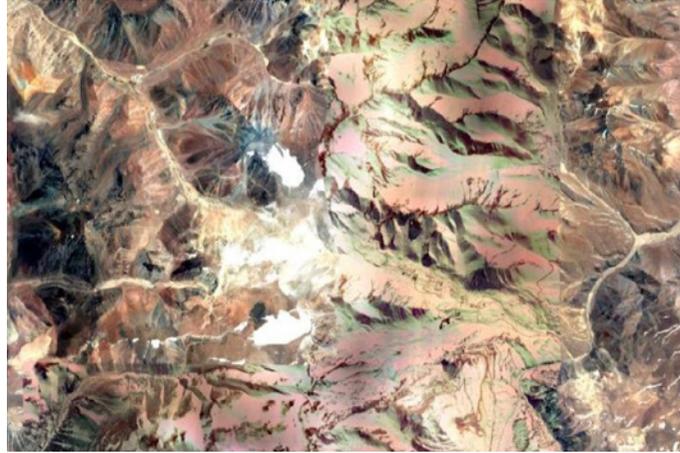
Finalmente, la etapa de cierre busca, tras terminadas las operaciones, evitar los riesgos tanto humanos como ecológicos que causa una faena minera en abandono. Para ello, la mina deberá estabilizar física y químicamente sus faenas. Vale mencionar que, a pesar de entender el inicio

de esta etapa con el fin de la etapa operativa, ésta se va construyendo de manera progresiva a medida que las operaciones avanzan.

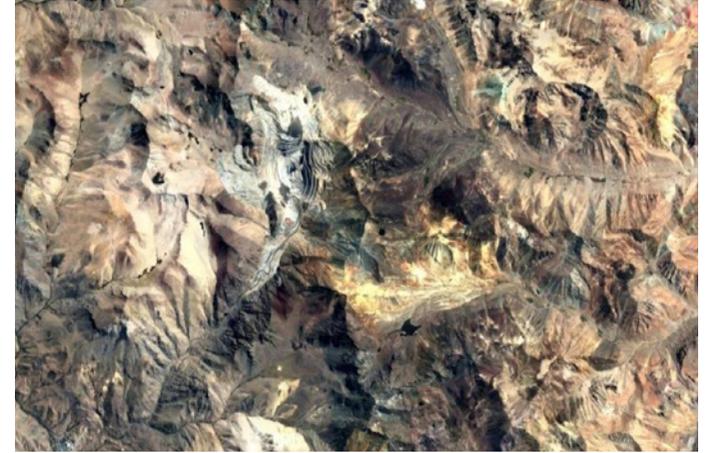
En suma a las etapas, infraestructuras y faenas, otro factor común que tiene el paisaje minero chileno actualmente es un contexto despoblado o de baja población, como es evidenciado en la siguiente imagen. Previamente las explotaciones mineras iban de la mano con un campamento minero fijo, pero, dada una mayor conectividad en transporte, actualmente los trabajadores de las minas trabajan por turnos, donde se quedan una cierta cantidad de días en las residencias de las minas y luego vuelven a sus hogares. De esta manera, la minería es capaz de alejarse de asentamientos urbanos (img 15, pg. 23).



Mina Escondida, Antofagasta.



Mina Pascua Lama, Huasco.



Mina Los Pelambres, Salamanca



Mina Los Bronces, Los Andes.



Mina Guarelo, Madre de Dios.



Mina Invierno, Rio Verde.

Img 15. Fotos satelitales de rajos mineros en sitios despoblados en distintas regiones de Chile. Elaboración propia a partir de Google Earth.

● Mineras y proyectos mineros



Img 16. Mapa de Chile sobre actividades productivas con conflictos socioambientales. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Carranza, 2020.

A pesar de la relevancia de la minería para la economía nacional, según Carranza (2020) ésta es la segunda actividad productiva que causa más conflictos socioambientales en el país, tras la industria energética (img 16). Dentro de los diez proyectos productivos con más artículos periodísticos evidenciando sus faltas entre 2010 y 2018, se encuentran las mineras Pascua Lama, Dominga, Los Pelambres e Invierno. Dado que estas minas, salvo el proyecto Dominga que nunca llegó a concretarse, se encuentran en contextos despoblados, es posible determinar que la mayoría, sino todos los artículos, hacen alusión a una falta de carácter ambiental más que social.

Teniendo en cuenta qué es aquello que caracteriza al paisaje minero en su generalidad y dentro del territorio chileno, es posible definir qué aproximación o estrategia planteada en la literatura es la más acorde a este tipo de sitios. Entendiendo que suele emplazarse en lugares despoblados, difícilmente puede enfrentarse el paisaje minero chileno a través de principalmente estrategias educativas, que busquen dar a entender el pasado del sitio y cambiar la percepción hacia ellos. Por otra parte, considerando que estos sitios forman parte de una de las industrias que más faltas ambientales tiene, las estrategias de mitigación, peligro encapsulado y reclamación aparecen como opciones más viables para el desarrollo de un proyecto de arquitectura del paisaje.



Img 18. Parque Quilapilún, Panorama Arquitectos.



Img 19. Tranque de relave Las Tórtolas, Anglo American.

Regulaciones Ambientales

A pesar de que la explotación minera comenzó a tomar gran relevancia en el país desde la segunda mitad del siglo XIX, ésta no tuvo regulaciones ambientales hasta el año 1994, con la Ley de Bases General de Medio Ambiente. Dicha ley, que posteriormente fue modificada por la ley 20.417 Sobre la Creación de la Superintendencia de Medio Ambiente, obliga a ciertas actividades, entre las cuales se encuentra la minería, a someterse a estudios de impacto ambiental. En el caso de ser necesario, se le exigirá a la sociedad que lidere la actividad a realizar planes de manejo de recursos que incluyen la mantención de caudales y suelos; la mantención del valor paisajístico; y la mantención de especies clasificadas.

Luego, en el Decreto Supremo 40 de 2012 cuando se aprueba el reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental, las medidas ambientales se dividen en tres: de mitigación, que busca disminuir o eliminar ciertos efectos nocivos de alguna actividad; de restauración, que tiene como objetivo devolver el sitio a sus condiciones previas a la producción; y de compensación. Las medidas de compensación, que “tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado” (SEIA, 2014 pg. 15), al ser las menos efectivas solo pueden realizarse en el caso que las otras dos medidas no sean posibles.

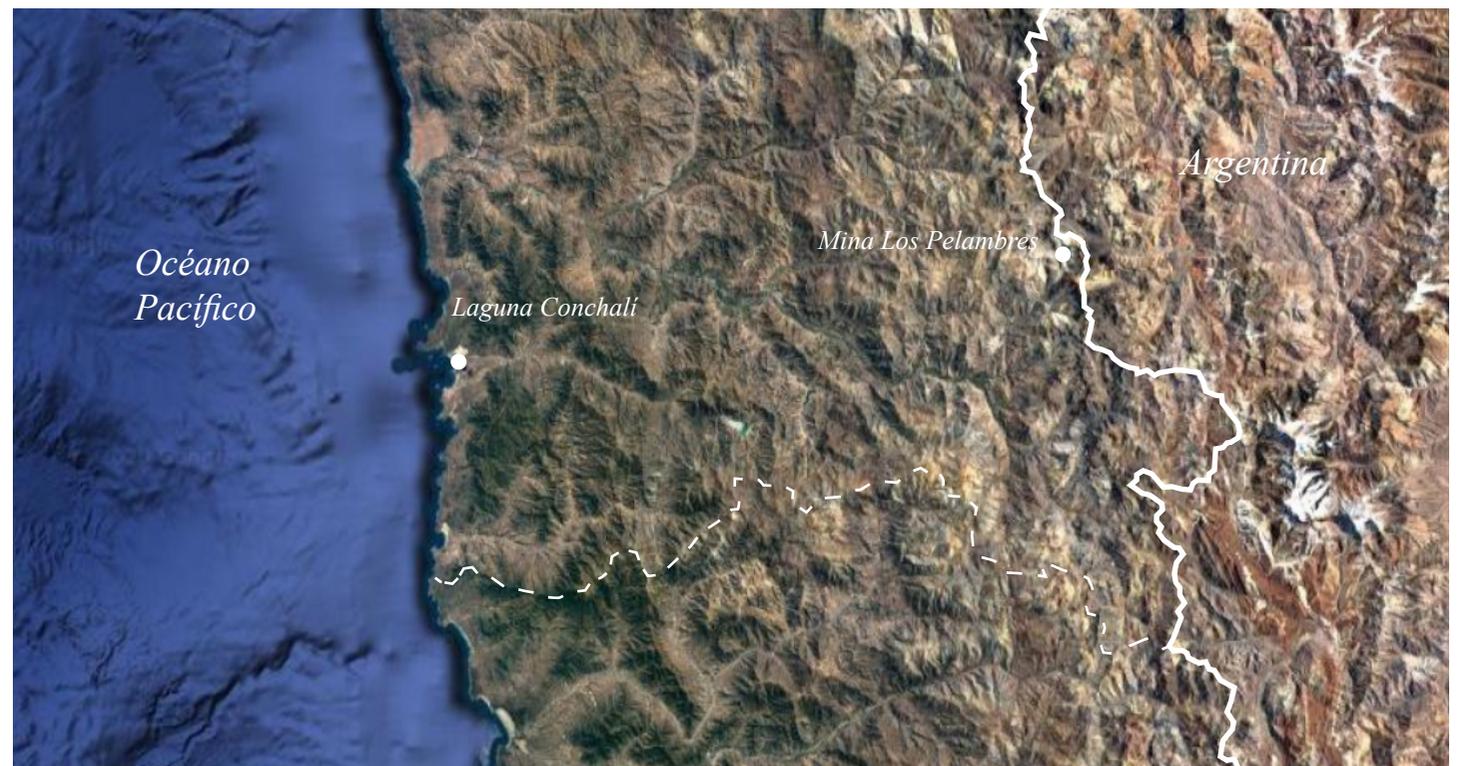
Las sociedades mineras tienden a declarar incompatibles las medidas de mitigación y restauración con la minería, por lo que recurren a medidas de compensación. Un ejemplo de medida de compensación asociada a una actividad minera es el Parque Quilapilún en la comuna de Colina. Dicho parque es un muestrario botánico de flora nativa de 4,5 hectáreas que compensó el tranque de relave Las Tórtolas, asociado a la mina Los Bronces de AngloAmerican. Este tranque actualmente tiene un aproximado de 900 hectáreas y con el avance de la mina alcanzará las 1500 (img. 20, pg 26).

Otro ejemplo de medida de compensación es la Laguna Conchalí, que compensa a la mina Los Pelambres. Esta laguna de 50 hectáreas declarada sitio RAMSAR, se ubica en la costa de la cuarta región a aproximadamente cuatro kilómetros del puerto de embarque de la mina. Por su parte, el sitio extractivo se encuentra también en la cuarta región, pero en la comuna de Salamanca, próxima a la frontera con Argentina, distanciada por 150km de la laguna (img 21, pg 26).

Img 20. Foto satelital del Tranque de Relave Las Tortolas y el Parque Quilapilun. En la imagen se logra evidenciar la falta de correspondencia en temas de escala entre el tranque y su medida de compensación. Elaboración propia en base a Google Earth.



Img 21. Foto satelital de ubicación de la Laguna Conchalí y la Mina Los Pelambres. En la imagen se logra evidenciar la falta de correspondencia en temas de ubicación entre la faena minera y su medida de compensación. Elaboración propia en base a Google Earth.





Img 22. Vista aérea del plan de cierre del rajo de Martha Mine. Fuente: Oceana Gold.

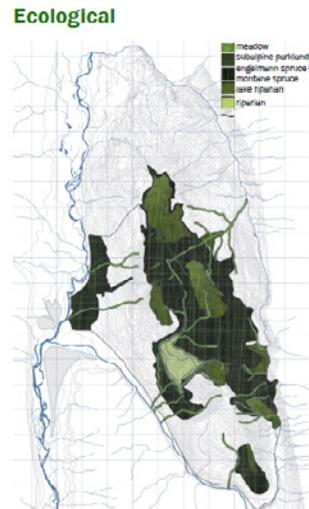
A través de estos ejemplos es posible evidenciar una discordancia entre la medida de compensación y aquello que compensa en una serie de criterios. En primer lugar, se presenta la escala, donde la superficie afectada por la actividad minera es muy superior a la superficie beneficiada por el proyecto de compensación. En segundo lugar, existe una discordancia en la función o uso del proyecto de compensación con el daño ambiental que produce la minería, como por ejemplo la compensación de un tranque de relave, compuesto por escombros y aguas lixiviadas, con un jardín botánico como es el caso del parque Quilapilún. Por último, está el factor de la ubicación, donde los proyectos de compensación pueden encontrarse a decenas de kilómetros de aquello que compensan.

Otra regulación ambiental asociada a la minería es la Ley de Regulación del Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, decretada en 2012. Esta ley, como dice su nombre, ya no regula a la minería en su fase operativa sino después de ella. Se le exige a la sociedad minera, para ser aprobada, presentar un plan de cierre que asegure la estabilidad física y química de las faenas tras la finalización o paralización de las operaciones. Dicho plan debe ser implementado por la sociedad minera progresivamente a medida que las faenas avanzan.

Dado que esta ley entro en vigor en 2012 para las socieda-

des mineras que quisieran realizar alguna actividad extractiva en los años posteriores, actualmente en Chile no existen muchos ejemplos construidos de planes de cierre, ya que las operaciones mineras tienden a extenderse por más de nueve años. En cambio, en otros países mineros, como Nueva Zelanda donde se extrae oro, sí hay más ejemplos de planes de cierre, por ejemplo, Martha Mine (img. 22). Esta faena minera, tras su plan de cierre, busca transformar el rajo en una laguna artificial que provee de distintas actividades recreativas a la comunidad aledaña, y las zonas de botadero en praderas para ganadería y humedales. Vale mencionar que , a pesar de poder tomarse como referente para los planes de cierre en Chile, éste difiere del paisaje minero chileno dado que se encuentra en una zona urbana.

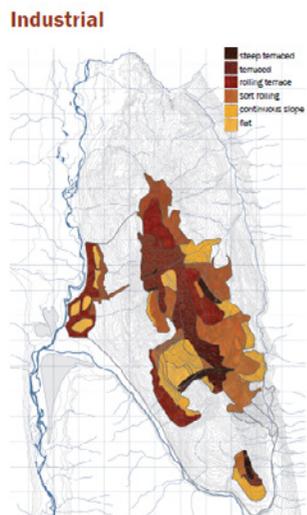
A pesar de que las regulaciones ambientales actuales sí son positivas, no son suficientes para generar un traspaso armonioso entre el paisaje productivo y el paisaje natural, ya que no proponen soluciones directas para los efectos nocivos de las operaciones mineras en el medio ambiente. Específicamente las regulaciones asociadas a las operaciones, donde las medidas de compensación suelen no corresponderse sea en escala, en uso y/o ubicación, a aquello que están compensando.



Espacios de Oportunidad para la Arquitectura del Paisaje

Tras la revisión de literatura acerca de maneras de aproximación a los paisajes de desecho, en suma, a un entendimiento de las cualidades físicas y operativas de la minería en Chile como también su marco regulatorio, es posible identificar ciertos espacios de oportunidad para la arquitectura del paisaje en sitios mineros. Dichos espacios pueden describirse a partir de un momento de la mina, sea su construcción, sus operaciones o su cierre; uno o más componentes mineros, sean sus faenas o instalaciones; y finalmente una o múltiples aproximaciones de paisaje propuestas por autores.

En el caso de que un plan de cierre busque ir más allá de aquello que le exige la ley y proponer nuevos usos para las faenas mineras tras su cierre, éste se acomoda a la idea de Berger de reclamación. Existen ejemplos de este tipo de aproximación a los paisajes mineros como ‘Designing the reclaimed landscape’, un proyecto académico para el cierre de la mina Elkview en Canadá.



Dadas las legislaciones actuales, un primer espacio de oportunidad para la disciplina es el de la fase de cierre. Este tipo de proyecto, según la legislación, debiese encargarse tanto de las faenas como de las instalaciones mineras tras sus operaciones, estabilizándolas tanto física como químicamente. Debido a que la finalidad de los planes de cierre es evitar o disminuir los efectos nocivos de los pasivos ambientales mineros (faenas mineras paralizadas o abandonadas) para el medio ambiente y la salud, las maneras de abordar estos proyectos se pueden relacionar a las aproximaciones científicas que propone Engler, como la de mitigación. También se relaciona con lo que Meyer llama peligro encapsulado, donde se busca prevenir la toxicidad del sitio dejando las huellas de su uso anterior, pero sin explicitarlo.

Dicho proyecto, en su presentación en la 5ta Conferencia Internacional de Cierres de Minas en Viña del Mar el 2010, declara insuficientes las exigencias de los planes de cierres, por lo que incorpora el termino de Berger ‘Reclamación’. El proyecto busca la permanencia de algunos rastros mineros, para así contar la historia del sitio y a su vez crear sitios programáticos y de nuevos desarrollos industriales, como también la construcción de nuevos ecosistemas.

Por otra parte, teniendo en cuenta el reglamento de la guía de compensación para la biodiversidad del SEIA, es oportuno para la arquitectura del paisaje hacerse cargo de estas medidas, que de hecho lo hace actualmente. Como ya se mencionó anteriormente, existen proyectos de arquitectura del paisaje que son medidas de compensación para distintas faenas mineras. Pero, en el caso de los proyectos de compensación, ya que éstos no se hacen cargo directamente del paisaje minero, se alejan de la problemática y los

Img 23. Capas ecológica, industrial y humana del proyecto. Fuente:- Buchko (2010).

objetivos planteados por la presente tesis.

A pesar de que las sociedades mineras tienden a declarar incompatibles las medidas de mitigación con las operaciones extractivas, no parecieran serlo desde un punto de vista de la arquitectura del paisaje. Esto se debe a que las principales operaciones mineras, como redirigir aguas, abrir caminos y extraer y acumular tierra, son netamente operaciones de paisaje. Esto además de abrir un escenario donde la minería logre ser más compatible con el medio ambiente a través de medidas de mitigación, genera también una posibilidad para la disciplina, donde los proyectos de paisaje asociados a alguna actividad industrial no se remitan únicamente a las industrias tras el fin de su vida útil, sino que utilicen la misma industria como modo de operación.

Al igual que los proyectos de cierre, estos tienen como aproximaciones más claras aquellas relacionadas con las aproximaciones científicas de Engler, como también a las operaciones de Flujo ecológico + tecnológico/regenerar + recircular + reciclar que describe Meyer, ya que un proyecto de mitigación lo que busca es remediar in situ los factores nocivos de la actividad minera. En suma a ello, el proyecto también podría relacionarse con el concepto de reclamación, ya que para enmarcarse dentro de las operaciones mineras deberá actuar en el mismo sitio de las faenas a partir de una reorganización de sus componentes pro-

ductivos. Dada esta estrategia de aproximación, es posible definir que los proyectos que apunten a ser una medida de mitigación para la fase operativa de la minería, como se desarrollará en el cuarto capítulo, deben responder a una naturaleza intermedia entre lo industrial y lo ecológico.

Este concepto de naturaleza intermedia responde a proyectos donde “el paisaje es entendido como un continuo, y el diseño emerge como una precisa y abrupta intensificación del gradiente de relaciones, que crea una transición entre adentro y afuera. Las naturalezas intermedias son entonces espacios altamente específicos de negociación”² (Berrizbeitia, 2016). De esta manera, un proyecto de esta categoría logrará mediar entre aquellos factores que ahora son discordantes.

Por último, entendiendo que las actividades mineras comienzan previo a la extracción de los minerales, es posible plantear un tercer escenario de intervención para la arquitectura del paisaje en las etapas de prospección y construcción. A diferencia de las posibles intervenciones descritas anteriormente, un proyecto de arquitectura del paisaje en estas etapas se concentraría en las infraestructuras y no en las faenas mineras. Que la arquitectura del paisaje logre intervenir en cada etapa de la minería, prospección, construcción, operaciones y cierre, permitirá reducir considerablemente los impactos ambientales de esta industria.

2. Cita en el idioma original: "The landscape is understood as a continuum, and the design emerges as a precise and abrupt intensification in the gradient of relationships, which creates a transition between inside and outside. Intermediate natures are, then, not indeterminate natures but highly specific spaces of negotiation"

Mina Invierno



Img 24. Fotografía donde se puede observar un ganado de ovejas en un primer plano, mientras en un segundo plano se encuentra un camión minero con una carga de carbón en su camino al centro de acopio. Ambos temas, tanto la ganadería como la minería, representan dos de las principales actividades productivas de Magallanes y una dualidad característica de la comuna de Río Verde. Fuente: página web Mina Invierno.



Img 25. Cuenca carbonífera de Magallanes. Fuente: Martinic (2010).

Minería en Magallanes

En la Región de Magallanes han existido diferentes actividades extractivas, como la minería de oro y caliza, y también la extracción de recursos energéticos de hidrocarburos. El principal recurso energético explotado en la región más austral de Chile es el petróleo. Pero, también ha existido una explotación carbonífera que se extiende con minas a lo largo de casi toda la región, debido a la Cuenca Carbonífera de Magallanes. Dicha cuenca se extiende en un aproximado de 500 kilómetros, desde los faldeos del Cerro Dorotea, en la comuna de Natales, hasta la zona norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego (img. 25).

Las primeras faenas extractivas de carbón se realizaron en el año 1869 en la península de Brunswick, en el ahora llamado Río las Minas, impulsadas por Oscar Viel, Gobernador de Magallanes. Durante esta época hubo también otros sitios extractivos; el Sector de Mina Rica, al norte de la península de Brunswick, la Mina Marta, en la costa continental del Seno Skyring, y la Mina Magdalena, en la costa insular del mismo seno, pero no existió la prosperidad que Viel esperaba.

Tras una serie de intentos fallidos de generar una explotación minera en la Isla Riesco, ubicada al norte de Punta Arenas, en 1918 el ingeniero noruego, Ove Guede, descubre el manto carbonífero 'Elena'. Este manto era de una calidad superior a los mantos descubiertos previamente,

por lo que hacía más rentable su explotación. La mina Elena consistía en una mina subterránea y junto a ella nace el poblado Elena (img 26, pg 32), donde habitaban más de 400 personas, siendo así el mayor poblado en la historia de la comuna hasta el día de hoy.

Tras el descubrimiento de Guede, nace la Comunidad de Carbón de Río Verde, impulsando así a la comuna a convertirse en un foco de desarrollo social y económico para la región durante el peak de las exportaciones carboníferas en la primera mitad del siglo XX, donde la isla albergó a 5 de las 18 minas operativas de Magallanes. Pero, este desarrollo tanto social como económico se vio truncado en la década de 1950 con el fin de la Segunda Guerra Mundial y el cese de las exportaciones hacia Argentina.

En el año 1987 hubo una nueva apuesta a la explotación carbonífera en la región, con la Mina Peckett. Esta faena traía consigo una nueva forma de minería, ya no con túneles, sino a rajo abierto y con maquinaria más avanzada. Las extracciones en este yacimiento superaron vastamente a aquellas del auge carbonífero de mediados del siglo XX, con más de 1.200.00 toneladas exportadas en comparación a las 170.000 del año 1943 (Martinic, 2010). Tras el cierre de Peckett en 1997, no hubo grandes actividades mineras hasta 2015, con el comienzo de las operaciones de la Mina Invierno, caso en el cual se profundizará más adelante.

MINA ELENA ANTIGUA:

A PARTIR DEL RELATO DE LOS ENTREVISTADOS fue posible reconstruir el poblado.

PRIMERA CASA DONDE VIVIÓ EL ADMINISTRADOR ADOLFO PRIETO y su familia, el año 1943. Antes fue de Ove C. Gude, el ingeniero noruego que descubrió el yacimiento el año 1918. Inmediatamente después, la vivienda la ocupó su hijo Víctor Gude.

ESCUELA PÚBLICA MIXTA NÚMERO 18. En la década del cuarenta llegó a tener un promedio de 40 estudiantes. Además puesteros y mineros que aprendían a leer. La fundadora del establecimiento fue la profesora Sara Carrera Cerda. Entre los profesores destacados estuvo: Alberto Elgueta y Humberto Águila, recordado dirigente que inició su carrera docente en Isla Riesco.

CARNICERÍA Y GALPÓN DE ESQUILA. Mina Elena contó con más de 3 mil 500 ovejas sólo para su consumo, lo que da cuenta de una pequeña producción ganadera que convivía con la extracción carbonífera.

CASAS DE LOS TRABAJADORES. Algunas eran ocupadas por solteros y otras por familias. Estas últimas generalmente tenían la obligación de entregar pensiones de alimentación a los obreros. El poblado se divide entre el viejo y el nuevo, luego que el crecimiento de la demanda obligara a construir más casas para los trabajadores recién llegados.

ERA LA OFICINA, QUE SERVÍA DE PUJERÍA, TIPO ALMACÉN. El segundo piso también se utilizaba como alojamiento para los funcionarios. También ahí se ubicaba la caja fuerte donde se guardaba el dinero para pagar a los mineros. Hoy aún es posible ver los restos del espacio en que se colocaba la caja fuerte.

MUELLE, CONSIDERABA RIELES Y DECENAS DE CABLES QUE CRUZABAN DE LA MINA HACIA EL MUELLE. Los vagones tenían capacidad para media tonelada, cada uno llevaba una marca que correspondía al minero que cargaba, entonces era conocido como "tanto" y servía para llevar la cuenta del trabajo diario. Los pagos eran a trato por lo que era primordial saber cuánto trabajo diario hacía cada minero. La extensión del muelle alcanzó los 300 metros.

CASA DE MÁQUINA, PERMITÍA GENERAR ELECTRICIDAD PARA EL PUEBLO Y LA MINA, A TRAVÉS DEL CARBÓN. El poblado contaba con dos calderas, llegadas probablemente de Alemania. Mina Elena fue el primer asentamiento rural de la región en contar con electricidad, el responsable del logro fue el ingeniero Arturo Solo de Zaldívar.

ASERRADERO. El aserradero no sólo era vital para el desarrollo del poblado, en el interior de la mina cumplía un rol de sostén imprescindible. Así, todas las galerías debían ser enmaderadas y esto se hacía colocando dos troncos en cada lado de la pared lateral de la galería, en sentido vertical y otro transversal que la atraviesa justo a unos centímetros del techo. En ese trabajo, los obreros del carbón se jugaban la vida, de ahí la importancia que tenían los carpinteros navigadores.

OTRO SECTOR CON CASAS DE TRABAJADORES. Una vez que terminó la extracción carbonífera, a mediados de los 50, la mayoría de las viviendas fueron adquiridas por estancias de la zona; y algunas, incluso trasladadas hasta el barrio 18 de Septiembre, en la ciudad de Punta Arenas.

SALAS DE BAÑO. Hubo varias, las llamaban las "Casitas", todas ubicadas a orillas del mar, contaban con duchas y todo lo necesario para la higiene de los mineros.

LA CALLE PRINCIPAL ERA PAVIMENTADA CON LOS RESIDUOS DE CARBÓN de las calderas. La pasta creada era tan útil que permitía emparejar el suelo y evitar las harrías invernales.

CASA DEL INGENIERO ARTURO SOLO DE ZALDÍVAR. Más tarde, se trasladó Adolfo Prieto y su familia al lugar. La casa contó con jardines con flores exóticas y árboles de carezos.



Img 26. Mina Elena antigua. Fuente: Morales (2014).



Img 27. Mapa de ubicación. Fuente: elaboración propia en base a Google Earth.

Isla Riesco, entre la conservación y la explotación

Actualmente la comuna de Río Verde, donde está ubicada la Isla Riesco, es la más despoblada del país con 250 habitantes- en su mayoría hombres- dispersos en un territorio de 1.350.800Ha, siendo el poblado más grande la Villa Ponsomby con una población de 51 personas. La isla se ubica al norte de la península de Brunswick, entre los senos Oatway y Skyring, a aproximadamente una hora de Punta Arenas (img. 27). Para llegar a la Isla Riesco desde la capital regional es necesario llegar a la Villa Ponsomby por la ruta 9, y luego tomar un viaje en ferry que atraviesa el canal Fitz Roy, con una duración de 5 minutos aproximadamente.

Es posible identificar dos zonas muy diferenciadas dentro de la isla, la zona productiva y la de conservación. La parte dedicada a la producción se ubica en el sector oriente de la isla, es de bajas pendientes y zonas predominantes de vegetación de bosque denso en el centro de la isla, y pradera ganadera más cercana a la costa, habilitadas tras años de faenas de aperturas de campo que incluyeron la quema y tala de bosques. En suma a los residentes fijos de la comuna, existe un aproximado de 800 personas que conforman la población flotante del Río Verde, en su mayoría residentes de Punta Arenas, que viajan a la comuna, especialmente a la Isla Riesco, a trabajar.

Dentro de los procesos productivos de la isla, como en gran

parte de Magallanes, destaca la ganadería ovina, con 24 de los 32 predios declarados estancieros en el SII y un 31% de la población por sobre los 15 años con trabajos asociados a la industria ganadera. La minería de carbón también forma parte importante de la producción de la isla, debido a la Formación Loreto, estrato geológico conformado en el oligoceno, con mantos de carbón y restos fósiles principalmente de ejemplares botánicos. Hasta mediados de 2020 había cinco faenas en operaciones o construcción que entregaban empleo a un 19% de los habitantes de la Isla Riesco (PLADECO Río Verde).

En paralelo a este carácter productivo, también está presente una cualidad natural, casi prístina, en el sector poniente de la isla. Esto se debe tanto a sus zonas protegidas, como la la Reserva Nacional Kawésqar, sector montañoso con una costa entrecortada por fiordos, donde predominan turberas, glaciares y altas cumbres sin vegetación; y el Parque Marino Francisco Coloane, que consiste en la zona donde el Seno Oatway se junta con el Estrecho de Magallanes, donde coinciden una serie de migraciones de cetáceos, como ballenas jorobadas y ballenas sei. También es posible incluir dentro del valor ecológico de la Isla Riesco los bosques densos de lenga y coihue en el sector oriente de la isla, que albergan por sobre las 100 especies de aves.

Img 28. Zonificación.

El presente mapa zonifica la isla en dos, el lado productivo y el "prístino", al poniente. En el poniente de la isla se encuentra el parque nacional Kawesqar y el parque marítimo Francisco Coloane, ambas zonas que buscan una conservación ecológica. Mientras, el lado productivo se muestra la división predial, donde la mayoría de los predios son ganaderos, indicados con una textura de puntos blanca. También se muestra la Formación Loreto en rojo, dentro de esta formación se pueden ver las distintas minas. Aquellos predios delimitados con una línea más gruesa son propiedad de COPEC-Ultramar, los principales inversionistas de la Mina Invierno. Elaboración propia en base a información del SII y base de Google Earth.



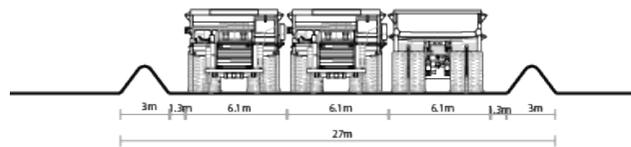


- Bosque denso
- Bosque semi denso
- Bosque abierto
- Turberas y estepa pantanosa
- Matorral
- Praderas

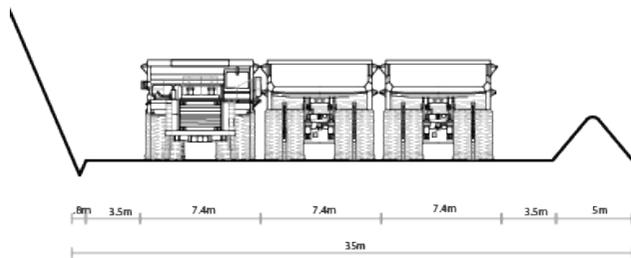
Img 29. Vegetación.

El presente mapa muestra las curvas de nivel, la dirección de los vientos y las formaciones vegetales de la isla, divididas en bosque abierto, bosque semi denso, bosque denso, turba, matorral y pradera, siendo los sitios sin colorear altas cumbres sin vegetación. En la parte inferior del mapa se encuentra una caracterización de estas formaciones vegetales. Es posible notar que en la parte poniente de la isla tiene mayores pendientes y predominan las zonas sin vegetación y de turba. Mientras, en la zona oriente, las pendientes son bajas y existe en el centro una extensa área de bosque denso mientras en la costa predomina el pastizal ganadero. Teniendo en cuenta el mapa anterior, es posible inferir que los predios estancieros se desarrollaron exclusivamente en el sector oriente, ya que la topografía de esta zona de la isla es propicia para la ganadería, al contrario de las zonas montañosas que se pueden encontrar al poniente. Elaboración propia en base a capas geográficas del IDE y base de Google Earth.





Img 30. Camino exterior. Elaboración propia.



Img 31. Camino interior. Elaboración propia.

Cronología de la Mina Invierno

La Sociedad Anónima cerrada Minera Isla Riesco es constituida el año 2006 por las empresas COPEC y Ultramar. La sociedad contemplaba el desarrollo de cinco explotaciones carboníferas en la isla, Mina Invierno, Mina Río Eduardo, Mina Elena, Mina Oeste y Mina Adela. La primera de ellas, Mina Invierno, fue aprobada por el SEA de Magallanes en el año 2011 tras presentar el Proyecto cuatro palas, donde buscaba realizar las extracciones por medio de cuatro palas hidráulicas y contemplaba tres fases con periodos desde el 0 al 13; la fase constructiva correspondiente al periodo 0, la fase operativa entre los periodos 1 y 12 y finalmente la fase de cierre en el periodo 13 (ver anexos 3 al 16).

Esta mina se ubica en un predio de aproximadamente 2.000 hectáreas, compuesto principalmente de pradera ganadera, matorral y bosque denso de coihue, ubicando sus faenas principalmente en zonas de pradera y matorral (img. 33, pg. 41). Además de consistir en las faenas e instalaciones mineras, contemplaba una zona de industria ganadera, demostrando que estas dos actividades típicas de la isla no son incompatibles, y más de 300 hectáreas de reforestación (img 37, pg. 45). Además de estas iniciativas de parte de la sociedad, también realizaban distintas actividades sociales, proponiendo visitas guiadas para colegios y organizando actividades deportivas para la comuna.

Durante sus primeros años, como cualquier actividad minera, se realizaron trabajos de prospección, para estudiar el terreno, y luego de construcción. Durante la fase de construcción se edifican los inmuebles necesarios para comenzar con las extracciones, como la residencia para los trabajadores, los galpones para guardar la maquinaria, en suma, al puerto Lackwater a 7km de las futuras faenas. Además de esto, se construyen las primeras infraestructuras en el sitio, como las canalizaciones para redirigir las aguas superficiales que ingresan a la futura zona extractiva y los primeros caminos mineros.

Con respecto a las canalizaciones, estas buscan drenar la Laguna Mediana, una laguna fluvial de 9 hectáreas, eliminando su cuenca, y el resto se ubica principalmente en la cuenca Chorrillo Invierno 2, de manera tal de no intervenir más cuencas hidrográficas (img, 34, pg. 42). Por su parte, los caminos se dividen en dos categorías, caminos exteriores e interiores. Los caminos exteriores son aquellos que conectan las faenas con el puerto, y tienen un ancho de 27 metros, que contempla tres camiones de carga de carbón y una berma de seguridad (img. 30). Estos caminos se construyen en su totalidad durante la fase constructiva. Con respecto a los caminos interiores, que son aquellos por donde circularan los camiones dentro de las faenas, se comienzan a construir los primeros tramos durante esta fase. Estos caminos tienen un ancho de 35 metros debido

al mayor tamaño de los camiones de escombros en comparación a los camiones de carbón (img. 31).

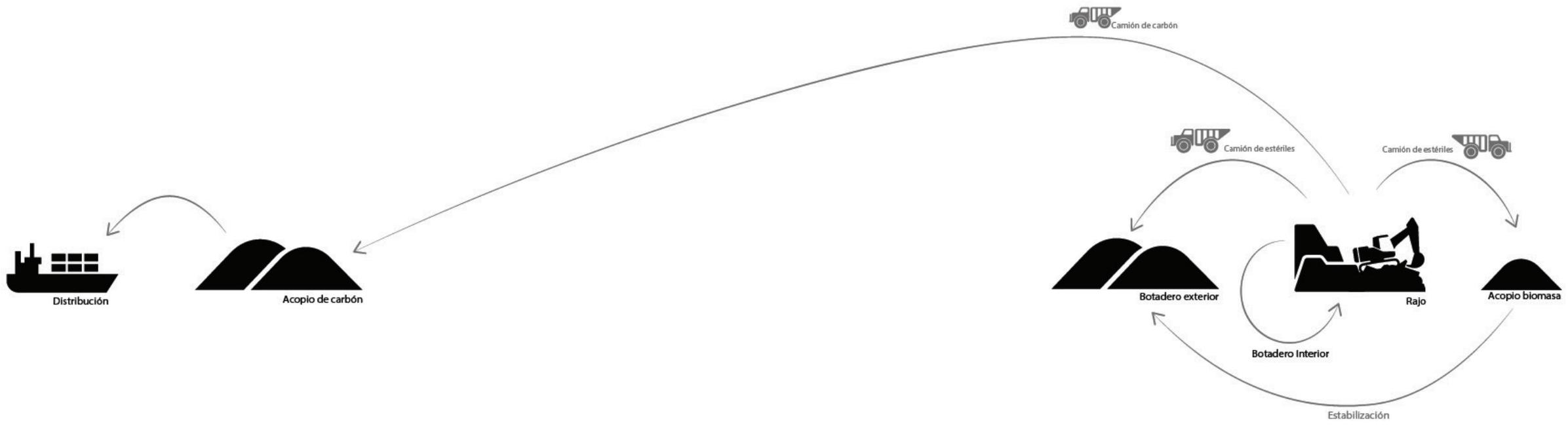
A pesar del poco tiempo de la sociedad minera en la Isla Riesco, ésta comenzó a adquirir cierta oposición desde parte de distintos actores sociales en su fase constructiva. Dichos detractores son principalmente miembros del grupo Alerta Isla Riesco, agrupación ciudadana que tiene como objetivo alertar y proteger a la isla de los daños ambientales que genera la industria minera, como también el daño medioambiental que significa el uso de hidrocarburos como fuente energética.

Tras la construcción de instalaciones e infraestructuras, Mina Invierno comenzó con su fase operativa en el año 2015. La fase operativa es el periodo en el cual se extrae el carbón, para ello se remueve tierra por medio de cuatro palas hidráulicas en la zona del rajo, esta remoción puede ser de suelo fértil, escombros estériles o carbón. En el caso de ser suelo fértil, se traslada por medio de camiones al acopio de biomasa; en el caso de ser escombros estériles, se traslada a la zona de botadero; y en el caso de ser carbón se traslada hasta el centro de acopio mineral en el Puerto Lackwater para su posterior distribución vía marítima (img. 32, pg. 38).

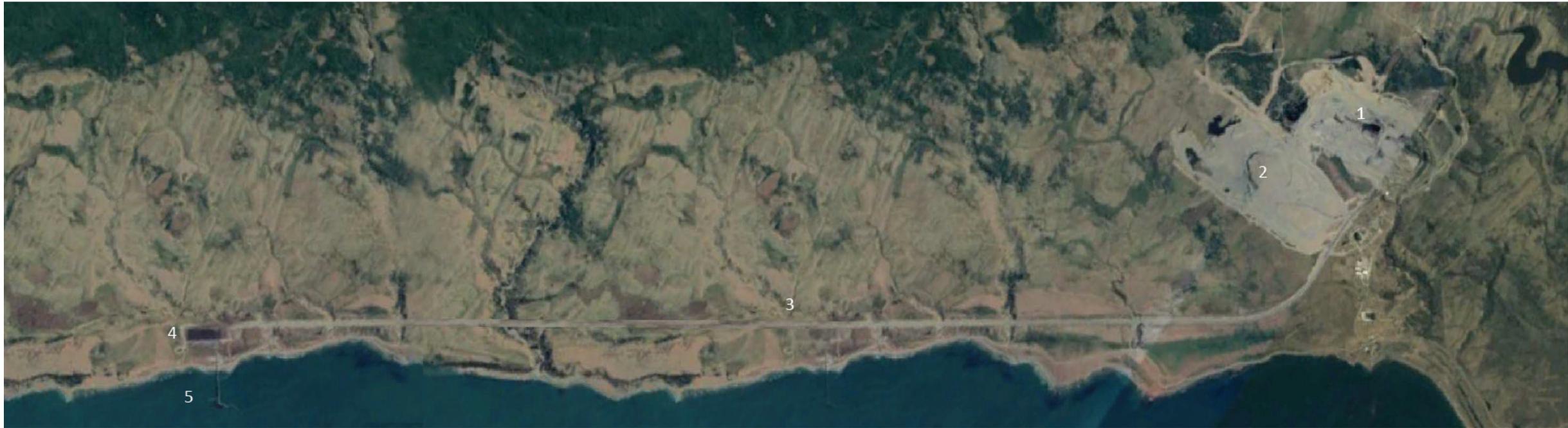
Estas operaciones consistían en 12 etapas durante 12 años

en los cuales se extraerían 73 millones de toneladas de carbón, que tenían la particularidad de contemplar un rajo móvil. Un rajo móvil se refiere a que el rajo minero que contemplaba la mina de aproximadamente 480 hectáreas nunca iba a estar completamente al descubierto, dado que a medida que las extracciones avanzaban el rajo se cubría con escombros estériles (botadero interior). Dado el dinamismo de las faenas, durante estas etapas también se alteran y abren nuevos caminos y canalizaciones.

En noviembre de 2015, Minera Invierno ingresa al SEIA el Proyecto Tronaduras, donde solicitaban el uso de tronaduras para la extracción mecánica de material estéril acusando un desgaste imprevisto de las palas hidráulicas. Esta solicitud fue aprobada a mediados de 2016, siendo posible para la mina realizar tronaduras hasta marzo de 2017 cuando la corte suprema dejó sin efecto la resolución, obligando a la mina a un proceso de participación ciudadana para poder aprobar el proyecto. Durante este proceso de participación ciudadana se recibieron los reclamos de ciertas agrupaciones ambientalistas, entre ellas miembros de Alerta Isla Riesco, los cuales argumentaban la subestimación de emisiones de ruido, daño al material paleobotánico, un fraccionamiento del proyecto, entre otros. Pero, en septiembre de 2018 el SEA nuevamente calificó como favorable el proyecto, habilitando a la mina a efectuar las tronaduras con ciertas restricciones.



EMPLAZAMIENTO



- 1. Rajo
- 2. Botadero Exterior
- 3. Camino exterior
- 4. Acopio de carbón
- 5. Puerto Lackwater

Img 32. Esquema y emplazamiento del proceso productivo de Mina Invierno. Fuente: Elaboración propia

A pesar de la calificación del SEA y el respaldo de parte de la Ilustre Municipalidad de Río Verde a la Mina Invierno, dados los beneficios sociales y económicos que significaba para la comuna, los reclamos continuaron durante el año. Frente a esto se impusieron nuevas restricciones para el uso de tronaduras, por lo que las operaciones mineras se paralizaron durante el año 2020, en el periodo 2 del Proyecto cuatro palas, causando centenares de despidos. No fue hasta agosto de dicho año que la Sociedad Minera anunciaba el cierre total de sus faenas, que alcanzaron la segunda etapa de las 12 que tenían contempladas.

Frente a este escenario, la sociedad declaró que adelantará y adaptará los planes de cierre que tenía contemplado como última etapa de la vida útil de la mina. Este plan de cierre contemplaba la cobertura vegetal tanto de los botaderos exteriores e interior como del rajo, posterior a un suavizamiento de los taludes para evitar su desestabilización (img. 41, pg. 47). Los taludes que no se pudieran suavizar los cercaban de manera tal de evitar el ingreso de personas para que prevenir accidentes. Además de esto, el plan proponía dos lagunas artificiales conformadas a partir de aguas lluvias, en las zonas donde el rajo quedaba al descubierto. Es posible asumir que el nuevo plan de cierre también cubrirá las faenas con una capa vegetal para estabilizarlas y evitar su erosión, en suma, a una posible laguna

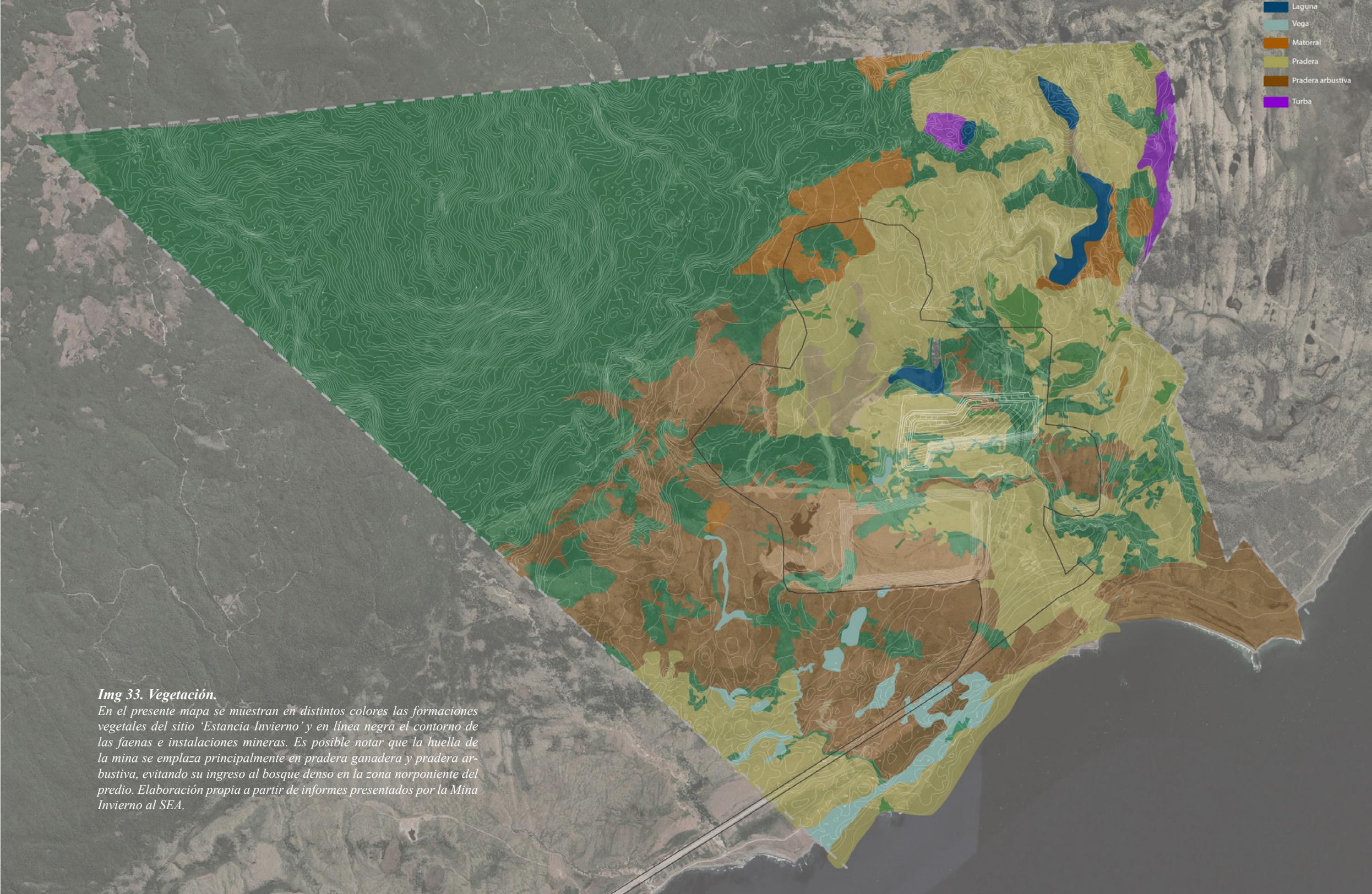
artificial al fondo del rajo.

A pesar de que las actividades mineras cesaran de manera definitiva en agosto, el caso del Proyecto Tronaduras se siguió desarrollando en la Corte Suprema hasta noviembre del mismo año. El fallo definitivo fue dictado tras la presentación de un documento presentado por la agrupación Alerta Isla Riesco sobre el componente paleontológico de la Formación Loreto en el sitio de la mina, donde se rechazó el uso de tronaduras de manera momentánea, al menos a tener los estudios paleontológicos correspondientes.

El cierre de la mina causó polémica entre los distintos actores regionales. Por una parte, autoridades políticas como la alcaldesa de Río Verde, con el respaldo del municipio, y la seremi de trabajo, mostraron su descontento frente a este escenario, ya que la minera prestaba empleos a más de mil personas. Por otra, agrupaciones como la ya mencionada Alerta Isla Riesco y Greenpeace Chile, se mostraron satisfechos con la decisión ya que genera un precedente para la descarbonización de la matriz energética del país y para el abandono del uso de combustibles fósiles.

Análisis del caso

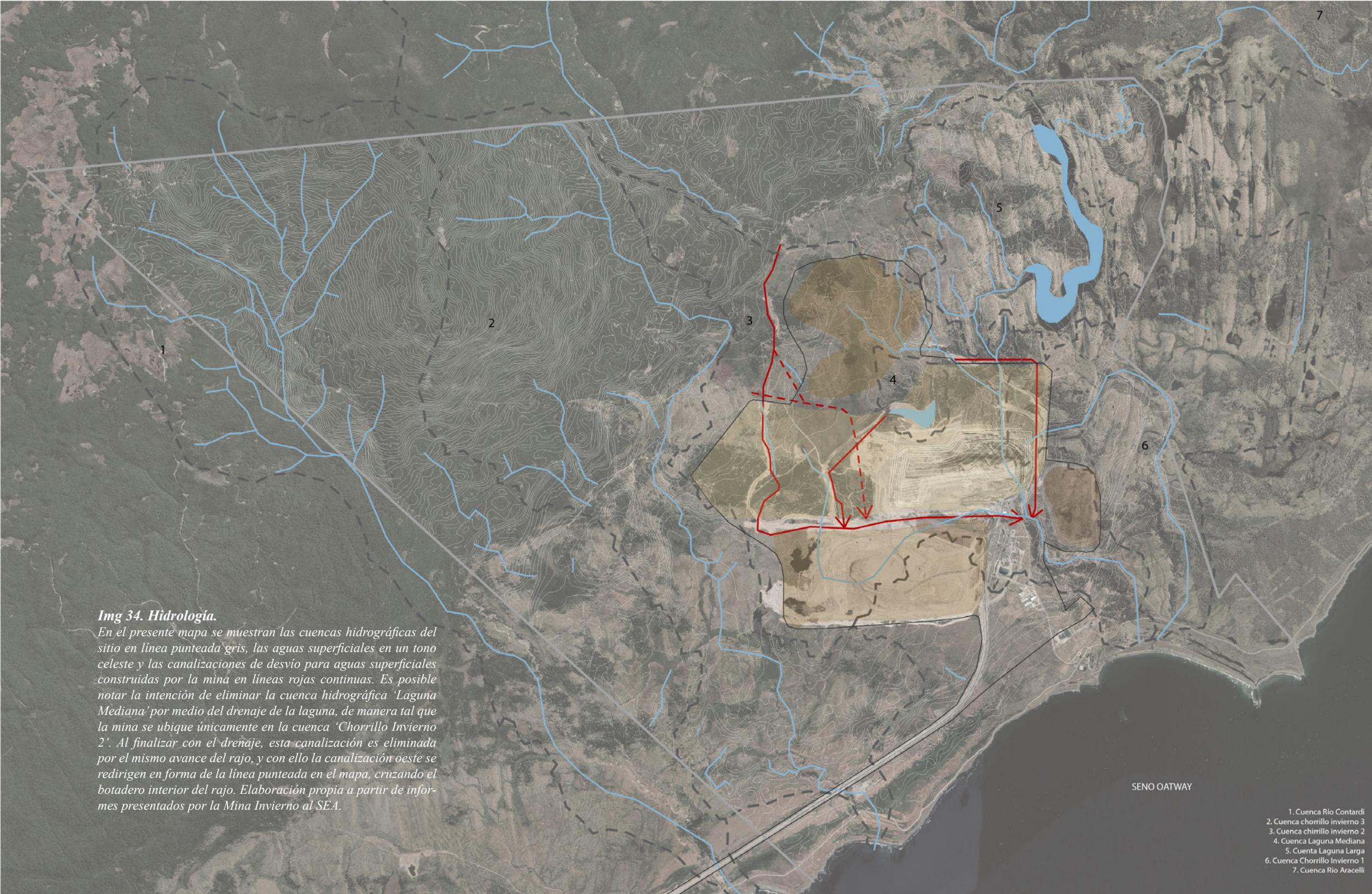
Tal como Ian McHarg propone en el capítulo *Process as Values* de su libro *Design with nature*, se desarrolla un análisis del caso a partir de capas de información. El siguiente análisis se basa en el mapeo de distintas capas de información, algunas presentes en el texto de McHarg, como la vegetación, los usos y la hidrología, otras más específicas al caso, como la contaminación acústica, el plano del cierre de faenas y cortes de detalle que permiten comprender más a cabalidad los componentes principales de la mina (rajo y botadero). El análisis de estos mapas permitirá posteriormente comprender a qué usos puede responder el sitio y luego el desarrollo de un proyecto de arquitectura del paisaje específico para el caso de estudio.



- Laguna
- Vega
- Matorral
- Pradera
- Pradera arbustiva
- Turba

Img 33. Vegetación.

En el presente mapa se muestran en distintos colores las formaciones vegetales del sitio 'Estancia Invierno' y en línea negra el contorno de las faenas e instalaciones mineras. Es posible notar que la huella de la mina se emplaza principalmente en pradera ganadera y pradera arbustiva, evitando su ingreso al bosque denso en la zona norponiente del predio. Elaboración propia a partir de informes presentados por la Mina Invierno al SEA.

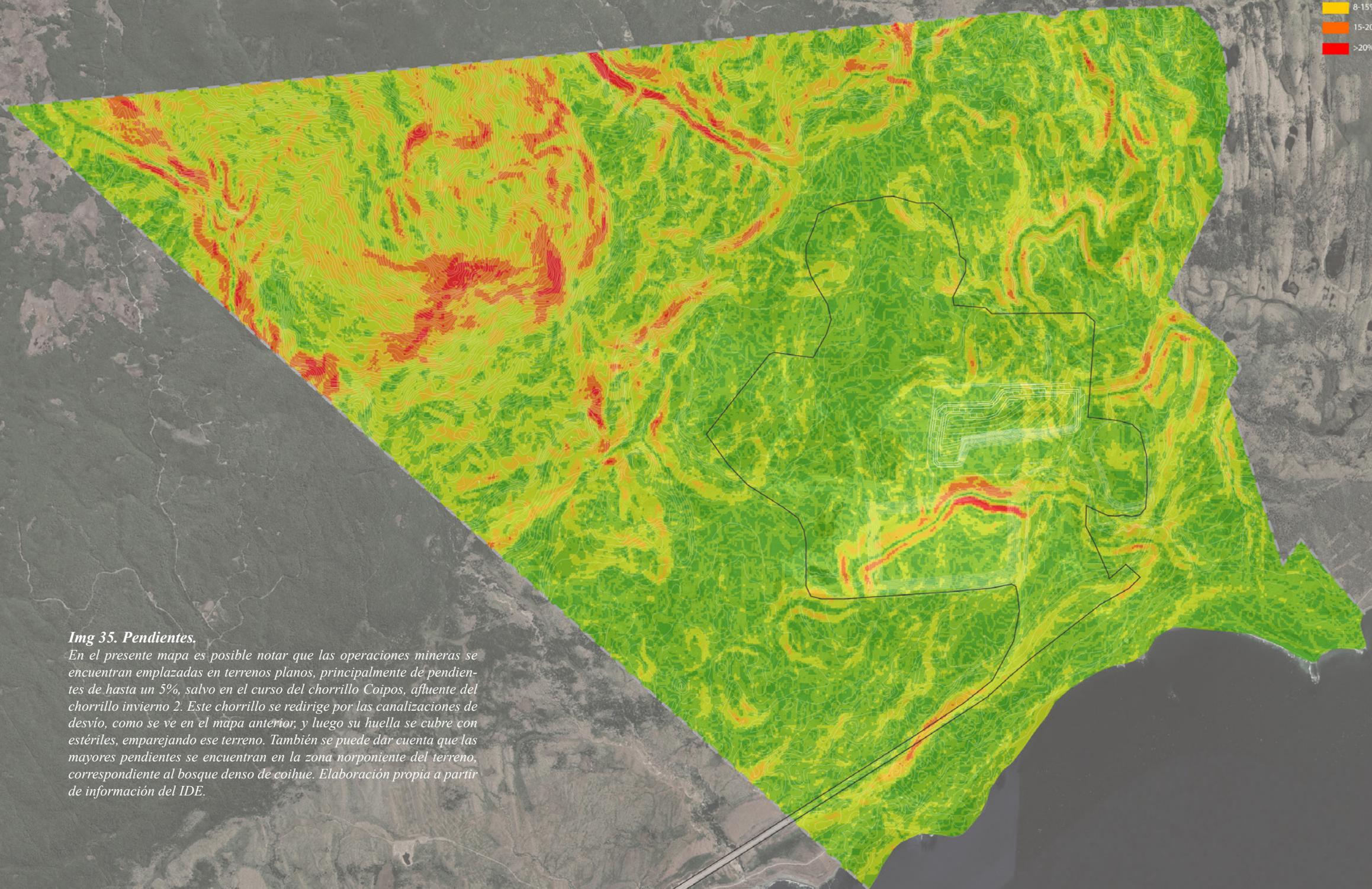
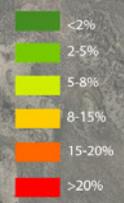


Img 34. Hidrología.

En el presente mapa se muestran las cuencas hidrográficas del sitio en línea punteada gris, las aguas superficiales en un tono celeste y las canalizaciones de desvío para aguas superficiales construidas por la mina en líneas rojas continuas. Es posible notar la intención de eliminar la cuenca hidrográfica 'Laguna Mediana' por medio del drenaje de la laguna, de manera tal que la mina se ubique únicamente en la cuenca 'Chorrillo Invierno 2'. Al finalizar con el drenaje, esta canalización es eliminada por el mismo avance del rajo, y con ello la canalización oeste se redirigen en forma de la línea punteada en el mapa, cruzando el botadero interior del rajo. Elaboración propia a partir de informes presentados por la Mina Invierno al SEA.

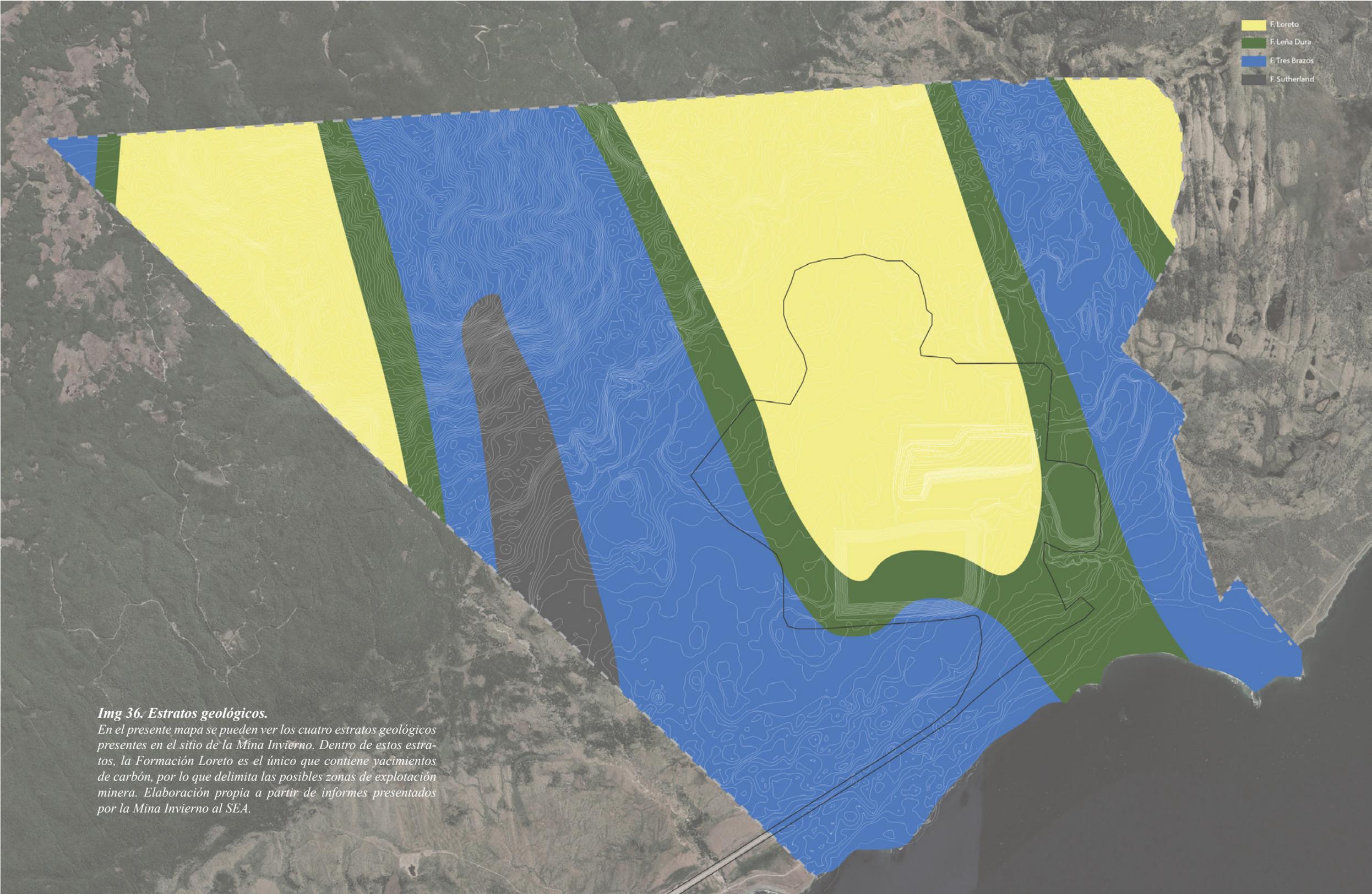
- 1. Cuenca Río Contardi
- 2. Cuenca chorrillo invierno 3
- 3. Cuenca chorrillo invierno 2
- 4. Cuenca Laguna Mediana
- 5. Cuenca Laguna Larga
- 6. Cuenca Chorrillo Invierno 1
- 7. Cuenca Río Aracelli

SENO OATWAY



Img 35. Pendientes.

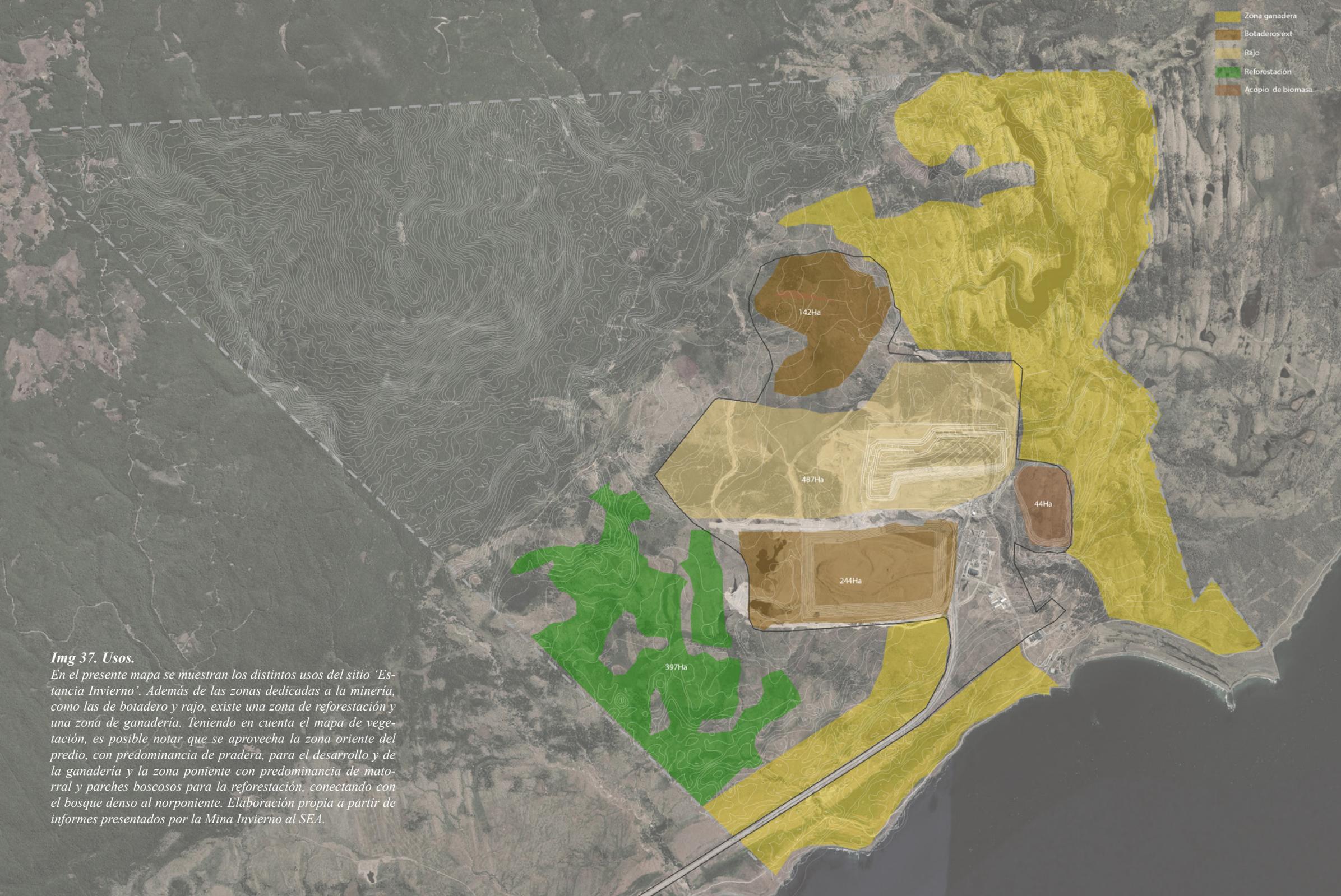
En el presente mapa es posible notar que las operaciones mineras se encuentran emplazadas en terrenos planos, principalmente de pendientes de hasta un 5%, salvo en el curso del chorrillo Coipos, afluente del chorrillo invierno 2. Este chorrillo se dirige por las canalizaciones de desvío, como se ve en el mapa anterior, y luego su huella se cubre con estériles, emparejando ese terreno. También se puede dar cuenta que las mayores pendientes se encuentran en la zona norponiente del terreno, correspondiente al bosque denso de coihue. Elaboración propia a partir de información del IDE.



- F. Loreto
- F. Leña Dura
- F. Tres Brazos
- F. Sutherland

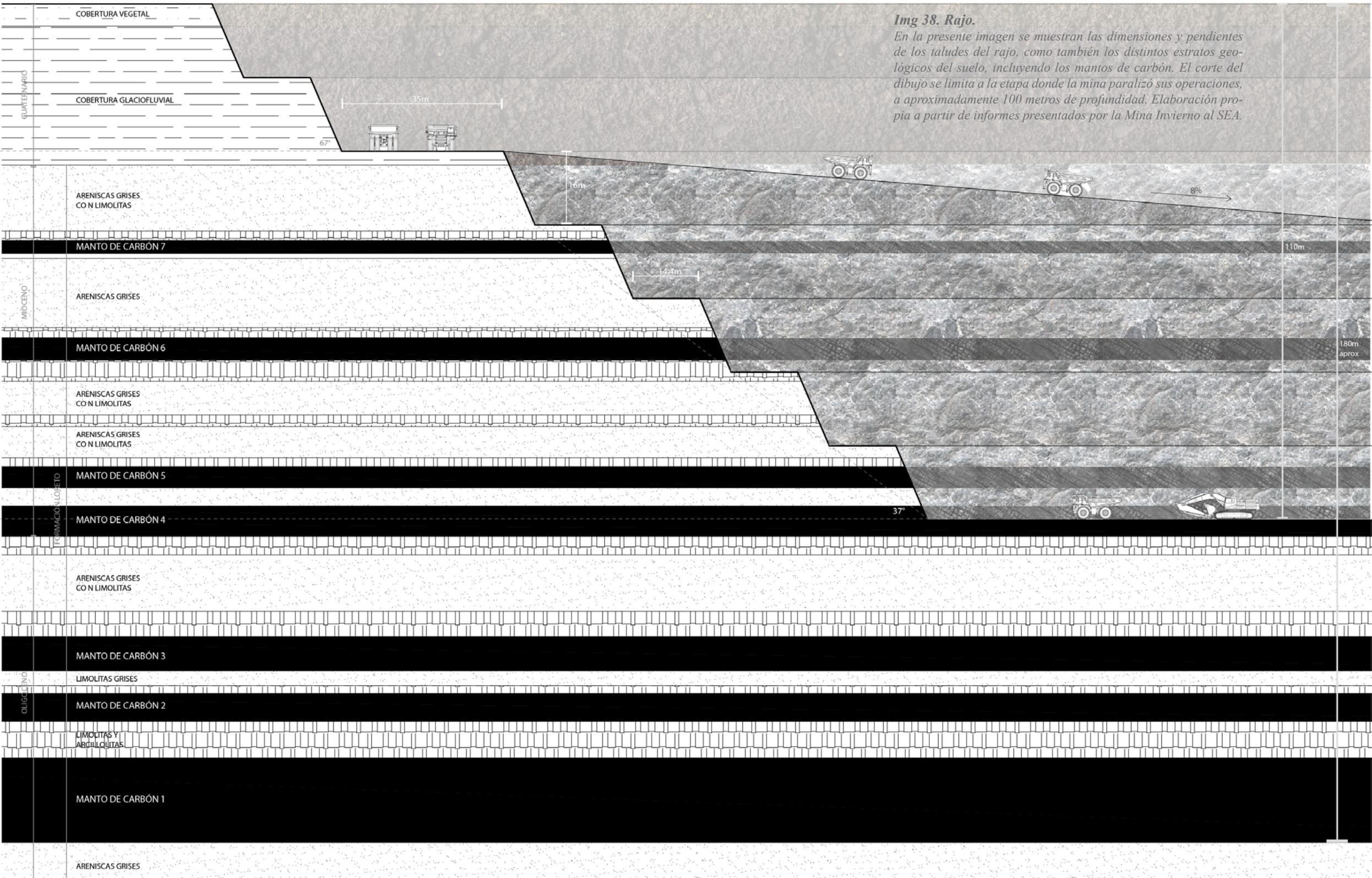
Img 36. Estratos geológicos.
En el presente mapa se pueden ver los cuatro estratos geológicos presentes en el sitio de la Mina Invierno. Dentro de estos estratos, la Formación Loreto es el único que contiene yacimientos de carbón, por lo que delimita las posibles zonas de explotación minera. Elaboración propia a partir de informes presentados por la Mina Invierno al SEA.

- Zona ganadera
- Botaderos ext
- Rajo
- Reforestación
- Acopio de biomasa



Img 37. Usos.

En el presente mapa se muestran los distintos usos del sitio 'Estancia Invierno'. Además de las zonas dedicadas a la minería, como las de botadero y rajo, existe una zona de reforestación y una zona de ganadería. Teniendo en cuenta el mapa de vegetación del predio, es posible notar que se aprovecha la zona oriente del predio, con predominancia de pradera, para el desarrollo y de la ganadería y la zona poniente con predominancia de matorral y parches boscosos para la reforestación, conectando con el bosque denso al norponiente. Elaboración propia a partir de informes presentados por la Mina Invierno al SEA.



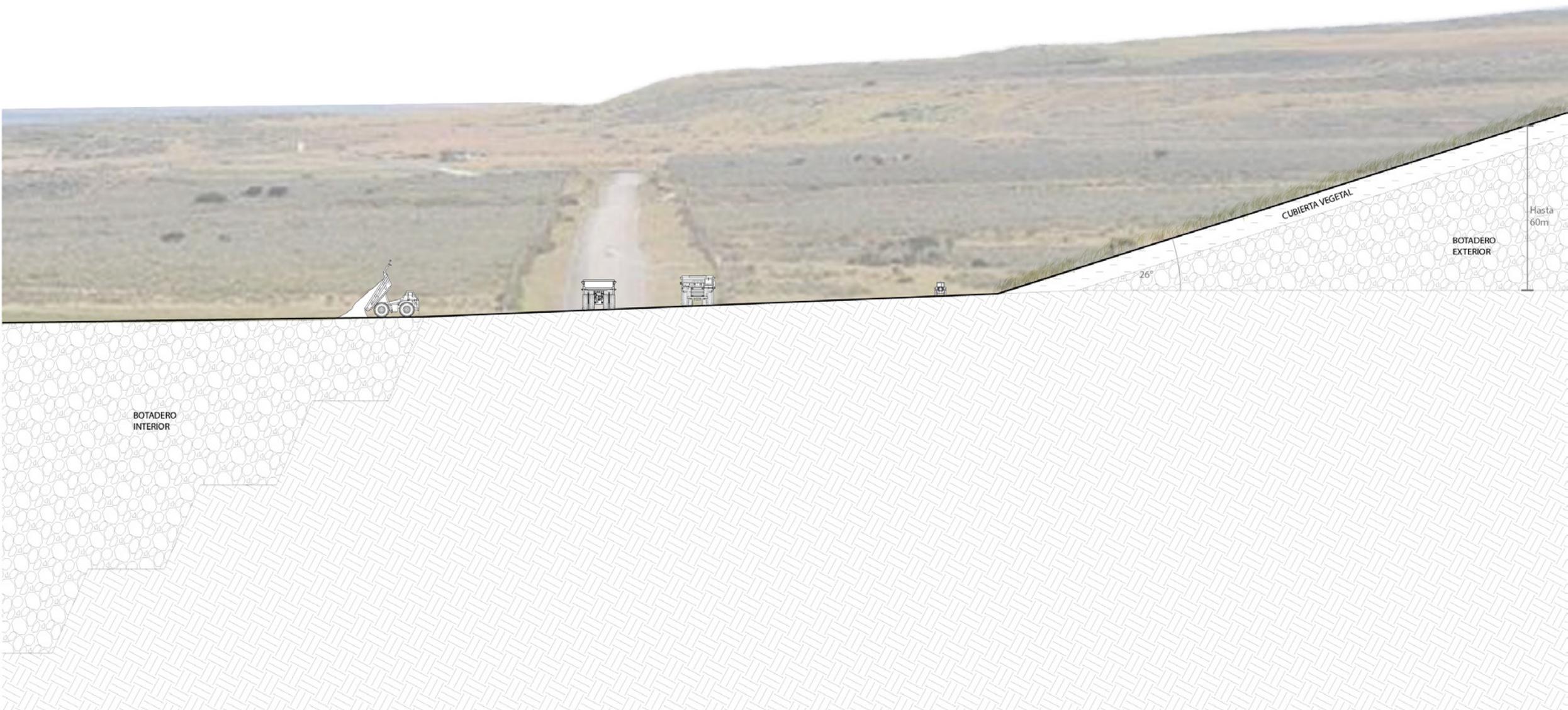
Img 38. Rajo.

En la presente imagen se muestran las dimensiones y pendientes de los taludes del rajo, como también los distintos estratos geológicos del suelo, incluyendo los mantos de carbón. El corte del dibujo se limita a la etapa donde la mina paralizó sus operaciones, a aproximadamente 100 metros de profundidad. Elaboración propia a partir de informes presentados por la Mina Invierno al SEA.

Img 39. Botaderos.

En la presente imagen se muestra tanto e botadero interior como el exterior. En el caso del botadero exterior se especifica su altura y pendiente como también la cobertura vegetal que contempla el plan de cierre y permite estabilizar su talud. Por otra parte, se muestra cómo el botadero interior cubre los taludes del rajo.

Elaboración propia a partir de informes presentados por la Mina Invierno al SEA.





Img 40. Impacto acústico.

En el presente mapa se representa el impacto acústico de las tronaduras hacia el bosque, representado con líneas punteadas rojas. Es posible notar que el ruido ingresa al bosque con un aproximado de 80dB. Teniendo en cuenta que los sonidos del bosque varían entre los 33 y los 62dB es posible estimar un área de afectación que va más allá de los límites del predio. Elaboración propia por medio de una simulación acústica en el programa CadnaA en suma a información recopilada en Bevilacqua (2019).



Img 41. Plan de cierre.

En el presente plano se representa el plan de cierre, la textura verde representa una cobertura vegetal de herbáceas invasoras, los solidos de tonalidad celeste las lagunas artificiales que se pretendian construir al fondo del rajo y en línea negra punteada se representa el cercado junto a los taludes sin suavizar del rajo. Elaboración propia a partir de informes presentados por la Mina Invierno al SEA.

Para el siguiente análisis de uso de conservación se toma en consideración ciertos factores que hacen viable este uso, principalmente a partir de los mapeos de vegetación e hidrología. Con respecto a la hidrología se consideran los cursos y cuerpos de agua, dada la relevancia ecológica que ellos implican y sitios escénicos asociados al agua, como las lagunas existentes y también el Seno Oatway.

Con respecto a la vegetación se desprenden análisis de la existencia de bosques, sean estos densos, semi densos o abiertos: de zonas vegetación húmeda como vegas y turbas, entendiendo que este tipo de vegetación suele formar sitios de alta biodiversidad y la turba es una formación vegetal característica de la región. Luego se destacan zonas de valor ecológico, donde se considera el bosque denso y las formaciones húmedas; y finalmente sitios escénicos, donde se destaca el bosque denso dado que es la formación vegetal con alta biodiversidad más extensa.

Al superponer todas las capas descritas previamente es posible notar que la zona más coincidente entre ellas, es decir, aquella donde la conservación se hace más urgente es el sector norponiente del predio asociado al bosque denso de coihue.



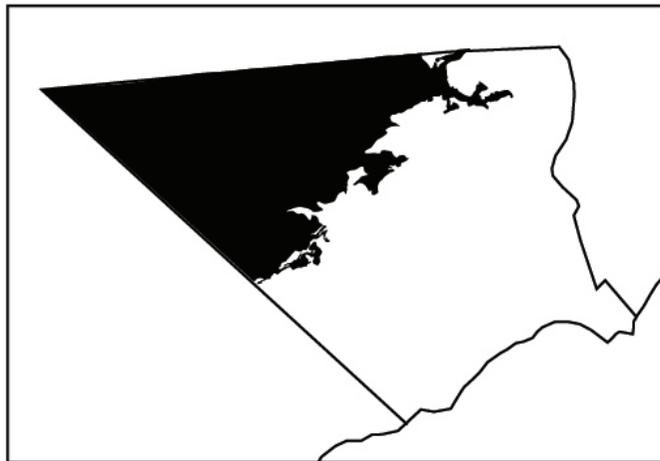
Vegetación
Zonas Boscosas



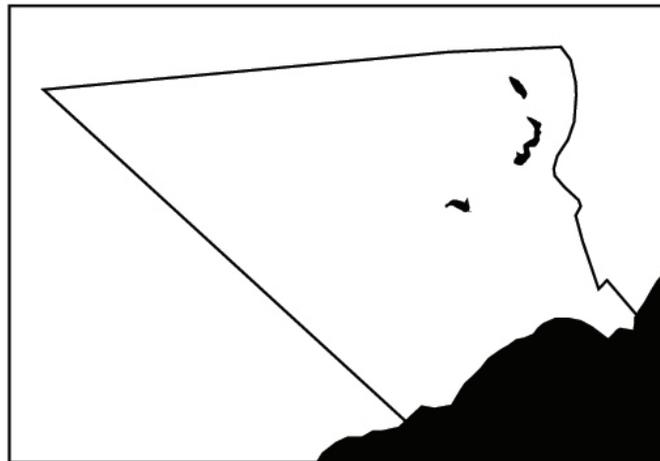
Vegetación
Zonas de valor ecológico



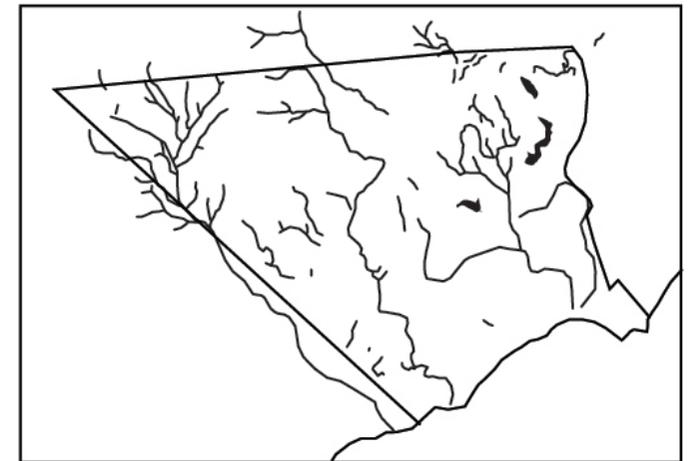
Vegetación
Zonas pantanosas (turbas y vegas)



Vegetación
Sitios escénicos

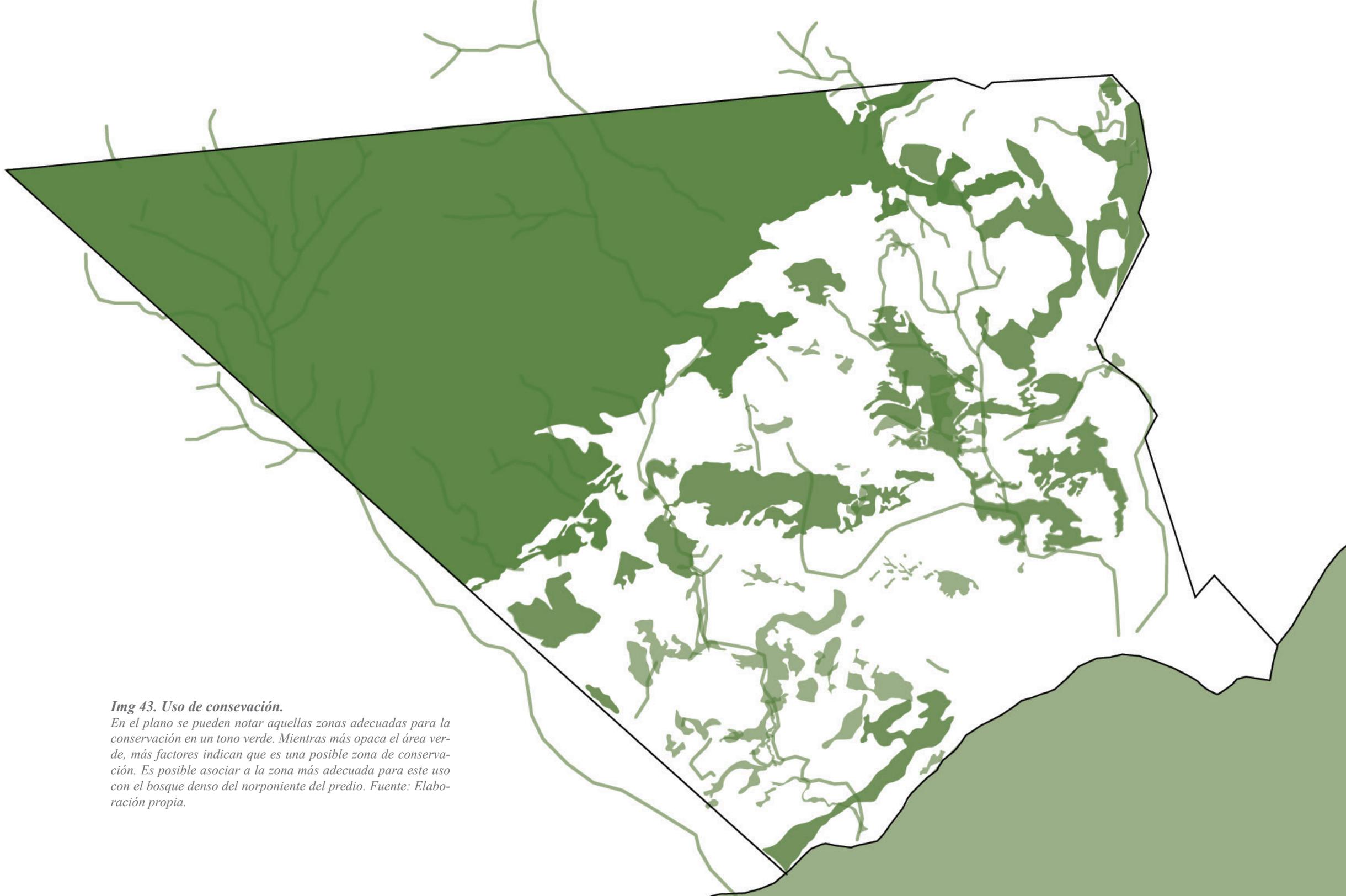


Hidrología
Sitios escénicos



Hidrología
Cursos y cuerpos de agua

Img 42. Mapas de análisis del predio de Minera Invierno según capas para un uso de conservación. Fuente: elaboración propia.



Img 43. Uso de consevación.

En el plano se pueden notar aquellas zonas adecuadas para la conservación en un tono verde. Mientras más opaca el área verde, más factores indican que es una posible zona de conservación. Es posible asociar a la zona más adecuada para este uso con el bosque denso del norponiente del predio. Fuente: Elaboración propia.

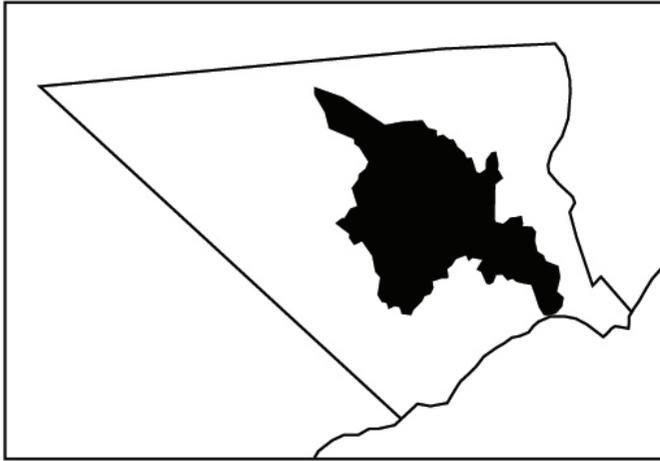
Para el siguiente análisis del uso industrial del predio se toman en cuenta ciertos factores que permiten y restringen este uso. Con respecto a las restricciones, las zonas de bosque denso se consideran como sitios no viables para un desarrollo industrial dado que se tendría que llevar a cabo una tala masiva, destruyendo una gran fuente de biodiversidad. En suma, también se consideran las zonas húmedas, como vegas, turbas y cuerpos de agua, como una restricción ya que el ingreso de aguas superficiales a la zona industrial podría entorpecer la producción.

Por su parte, aquellos factores que hacen viable el uso industrial son las bajas pendientes y los estratos geológicos que contienen mantos de carbón. Con respecto a las pendientes, se destacan todas las zonas de pendientes del 8% o menor. Este valor de la pendiente se desprende de los caminos mineros que consideran esta inclinación para que los camiones puedan circular sin mayor dificultad cuando estén con las tolvas cargadas y haya una helada que pueda generar escarcha o hielo en el suelo. El análisis de las formaciones geológicas destaca a la Formación Loreto, aquella que contiene el carbón.

Vale mencionar también la posición estratégica del predio con respecto a la ruta comercial asociada a su producción ya que al encontrarse en la zona costera del Seno Oatway existe un fácil acceso al Estrecho de Magallanes y por ende

posibles navegaciones comerciales en los océanos Pacífico y Atlántico

Al superponer las capas descritas previamente, se puede notar que la zona central del predio es aquella es la más propicia para un uso industrial y aquella donde estratégicamente se emplazan las faenas mineras. Mientras, la menos viable es la zona norponiente por la existencia del bosque y de altas pendientes.



*Hidrología
Cuenca Chorrillo Invierno 2*



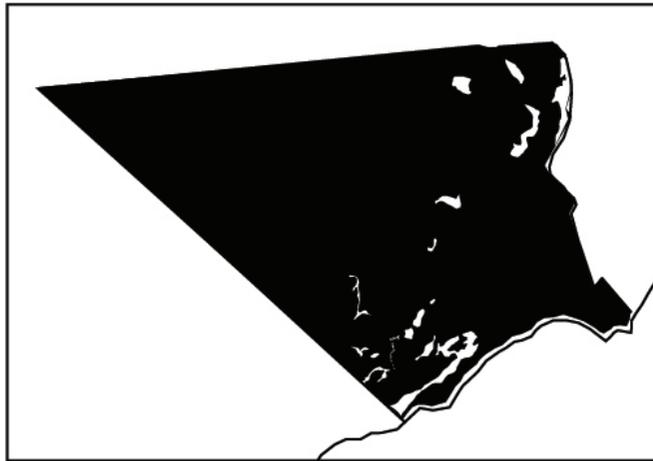
*Pendientes
Sitios de bajas pendientes*



*Geología
Formación Loreto*



*Vegetación
Restricción por zonas boscosas densas*



*Hidrología+Vegetación
Restricción por zonas húmedas*

Img 44. Mapas de análisis del predio de Minera Invierno según capas para un uso de industrial. Fuente: elaboración propia.



Img 45. Uso industrial.

En el plano se pueden notar aquellas zonas adecuadas para la industria en un tono rojo. Mientras más opaca el área roja, más factores indican que es una posible zona industrial. Es posible asociar a la zona más adecuada para este uso con la zona central del predio donde se emplazó de manera estratégica al rajo minero. Fuente: Elaboración propia.

Tras el análisis del caso, se puede determinar que el predio, al igual que la Isla Riesco, presenta una dualidad de usos posibles entre la conservación y el uso industrial. A pesar de que ambos usos se focalizan en distintos sectores del predio, la conservación al norponiente y la industria al centro del sitio, actualmente estos parecen ser incompatibles de manera simultánea dado que la mina interrumpe con los procesos naturales del bosque.

Esto se debe a que, como se mencionó previamente y se puede notar en el mapa de contaminación acústica, la minería interfiere en el desarrollo del bosque denso como un hábitat para la biodiversidad al emitir ruidos de mayor intensidad a los que la fauna acostumbra. Para que el sitio se pueda desarrollar con ambos usos, es necesario que un proyecto de arquitectura del paisaje logre reducir la contaminación acústica que está ingresando con alrededor de 80 decibeles al bosque, a una intensidad máxima de 60 decibeles.

Un segundo factor para tener en consideración que puede causar fricciones entre la conservación, basada principalmente en el valor escénico y ecológico, con el uso industrial es la erosión e infertilidad de suelos que causa la minería. Por una parte, la minería causa una alteración en los sitios escénicos dado que las modificaciones topográficas causadas por el rajo y los botaderos, actualmente no pare-

cen concordar con el paisaje remoto y ‘natural’ propio de la Isla Riesco.

Por otra parte, aunque la mina busque cubrir las faenas con herbáceas ganaderas los suelos que la acumulación y extracción de tierra deja infértiles, éstas no generan hábitats de alta biodiversidad como si lo hacían los parches de bosque y matorral preexistentes, anulando así uno de los principales factores asociados a la conservación. Un proyecto de arquitectura del paisaje debiese hacerse cargo de los suelos infértiles que genera la mina y desarrollar estrategias y operaciones que permitan el crecimiento de zonas de valor ecológico en ellos.

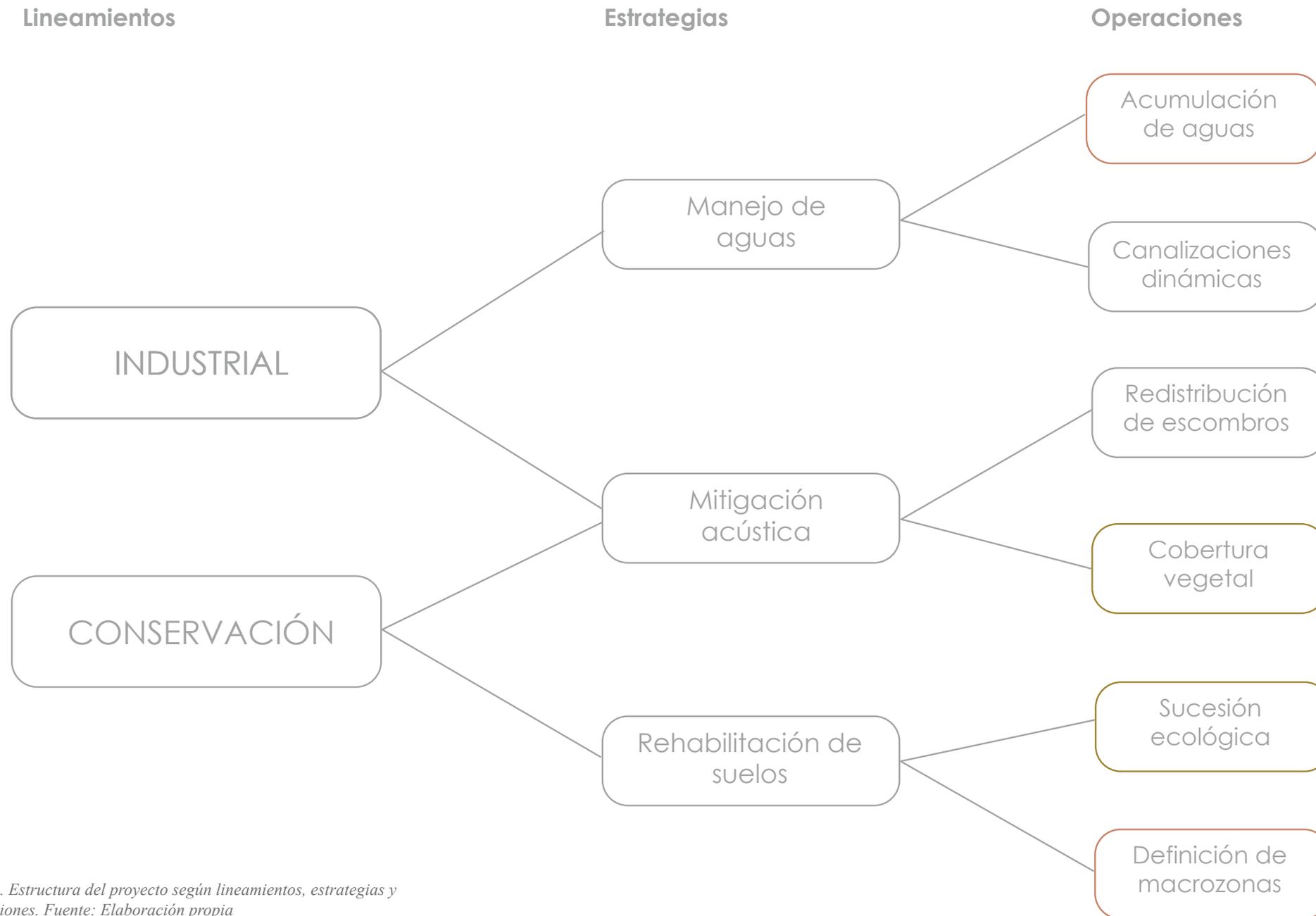
Una última consideración para lograr que ambos usos coexistan es el factor hidrológico. Esto se debe a que, para un desarrollo industrial el suelo debe tener un buen drenaje, por lo cual se hace necesario para la mina la construcción de canalizaciones, como se evidencia en el mapeo, sino las aguas superficiales se acumularían al fondo del rajo. Es debido a esto un proyecto de paisaje en el sitio de la Mina Invierno también debiese desarrollar un sistema de canalizaciones. Estas canalizaciones también pueden ser provechosas para la conservación, teniendo la posibilidad de crear nuevas cualidades escénicas y de valor ecológico en base al agua.

Ambas posibilidades de uso que presenta naturalmente el sitio, referido a la conservación y el uso industrial, definirán los lineamientos del proyecto desarrollado en el siguiente capítulo. Por su parte, las fricciones descritas entre ellos, como la contaminación acústica, la infertilidad de los suelos y el manejo de agua; darán paso a las estrategias que buscarán solucionar cada una de ellas.

Construcción de una Naturaleza Intermedia



Img 46. Fotografía de tres camiones mineros siendo cargados con carbón por una pala hidráulica.



Img 48. Estructura del proyecto según lineamientos, estrategias y operaciones. Fuente: Elaboración propia

Potencial programático productivo/científico

Potencial programático recreativo

Lineamientos

Tras el mapeo de las capas del sitio y el análisis a partir del método propuesto por McHarg, se definen dos principales lineamientos que se desprenden de los resultados de uso: la conservación y la industria. Al definir estos dos lineamientos el proyecto está en la obligación de cumplir con una naturaleza intermedia, es decir, conciliar aquello que actualmente entra en conflicto.

Conservación

Este primer lineamiento busca principalmente conservar la integridad ecológica del bosque denso y potenciar el rol ambiental que pueden tener las nuevas topografías asociadas a la minería. Para ello es necesario la mitigación acústica a través de una reorganización de escombros para proteger el ecosistema existente asociado al bosque de los ruidos de las faenas. También se busca realizar una restauración de suelos por medio de una sucesión ecológica que permita la consolidación de nuevos ecosistemas en las topografías mineras.

Industria

El lineamiento industrial busca demostrar la factibilidad de aplicar medidas de mitigación dentro del proceso minero y que ellas no entorpecerán en gran medida a la producción. Al igual que la conservación, el enfoque industrial del proyecto requerirá de una reducción de la contaminación acústica, que demuestre que es posible implementar medidas de mitigación en la minería y que es el mismo proceso minero el cual las puede construir. Por otra parte, también necesita de un manejo de aguas que eviten aposamientos dentro de las faenas.

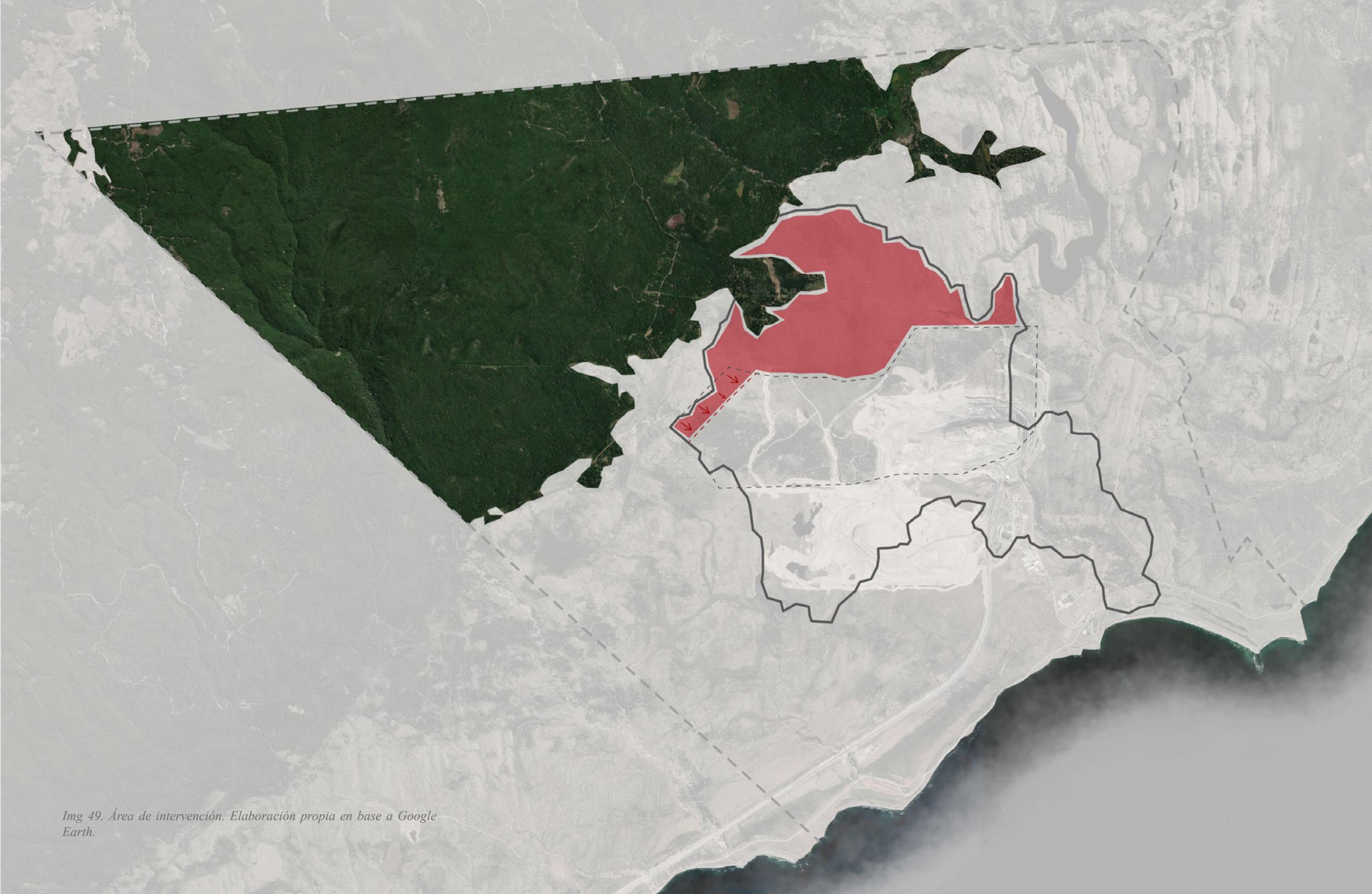
Definición de sitio

Dada la intención del proyecto de exponer que es posible realizar medidas de mitigación para las extracciones mineras desde un punto de vista de la arquitectura del paisaje, éste debe construirse durante la fase operativa de la mina. Ya que uno de los principales problemas que tuvo la mina era que los ruidos provenientes de la zona de extracción causan la migración de especies del bosque, es necesario que el proyecto funcione como una pieza de transición entre las dinámicas ecológicas y productivas del sitio.

Para lograr que el proyecto responda tanto a las funciones ambientales y extractivas del sitio, es necesario que este se delimite por la zona de expansión del rajo al sur, el bosque denso por el norte y la cuenca chorrillo invierno 2 en el poniente y el oriente. En el caso del límite definido por la expansión del rajo, este, que colinda al poniente con el límite entre la cuenca Chorrillo Invierno 2 y la cuenca Río Contardi, se retrae 350 metros para poder ubicar una nueva topografía que logre proteger la zona poniente del bosque sin intervenir aguas que no estaban contempladas dentro del plan operativo de la mina. De esta manera el proyecto alcanzará a abarcar una superficie aproximada de 330 hectáreas (img. 49, pg. 62)

Definiendo estos límites de intervención del proyecto, este tiene la oportunidad de cumplir el rol de naturaleza intermedia entre el rajo y el bosque, como se mencionó previa-

mente en los lineamientos. De esta manera, el proyecto puede tener la función, no de separar aquellos factores que actualmente están en conflicto, sino de unirlos en un espacio de negociación entre sus componentes.

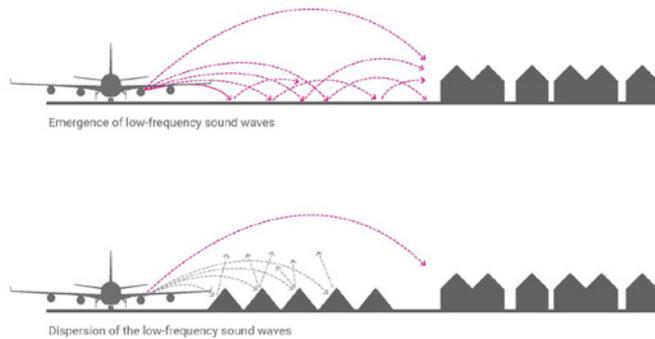


Img 49. Área de intervención. Elaboración propia en base a Google Earth.

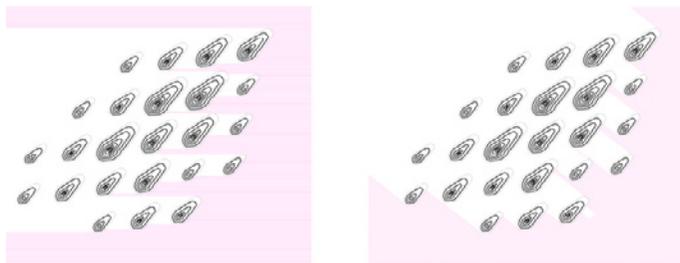
Estrategias de Proyecto y Referentes

Para el diseño del proyecto se emplean tres estrategias principales; la mitigación acústica, el manejo de aguas y la retribución ecológica, las cuales serán desarrolladas en las siguientes páginas. Al igual que Berger con su idea de reclamación, considerando las tres estrategias propuestas, este proyecto opera principalmente con una reorganización de los componentes preexistentes de un terreno definido. Es decir, el proyecto intenta formar algo nuevo a partir de los factores mineros y ecológicos ya presentes en el sitio. Las estrategias mencionadas se desarrollan en las siguientes páginas.

Todas estas estrategias se definen con la finalidad de generar una retribución ecológica, la cual define el programa del proyecto, idea que será descrita con mayor profundidad en el desarrollo del proyecto. En suma, cada una de ellas contiene operaciones de las cuales se puede desprender un uso productivo, científico y/o recreativo.



Img 50. Esquema de difracción de sonido de Buitenshot Park. Fuente: página web H+N+S.



Img 51. Esquema de geometría acústica. Camila Medina

Mitigación Acústica

Con respecto a la estrategia de mitigación acústica, tras la revisión de proyectos con estrategias similares, como Buitenshot Park de H+N+S (img. 50) es posible definir una serie de operaciones que logren llevarla a cabo. Este proyecto disminuye la intensidad del ruido del aeropuerto que llega al sector urbano por medio de una serie de trincheras vegetadas, dichas trincheras permiten la difracción del sonido, al interrumpir su trayectoria, y su absorción por medio de la cubierta vegetal.

De manera similar, Camila Medina reorganiza las descargas de escombros de una faena para la disminución de la contaminación acústica. En este proyecto se enfatiza en la disposición de cada cerro para lograr esto, donde todo sonido proveniente de las faenas debe ser interceptado con uno o más de los cerros construidos por las descargas de los camiones tolva (img. 51). Este diseño también considera la cobertura vegetal de los cerros para lograr una absorción del sonido.

Al igual que ambos proyectos, se decide generar una serie de obstáculos que logren interrumpir la trayectoria del sonido entre la fuente emisora y la receptora, en este caso el rajo y el bosque, respectivamente. Entendiendo que todas las operaciones de acumulación de tierra actualmente no

tienen un uso dentro de la minería, como primera operación se propone la construcción de estos obstáculos por medio de los escombros estériles extraídos del rajo. De esta manera, el desecho se convierte en una parte fundamental dentro de la fase operativa de la mina, además de constituirse como la principal materia prima del proyecto (img. 53, pg 66).

Para aumentar la difracción del sonido es preferible tener una serie de obstáculos más bien angostos que un único obstáculo ancho, como se construyen actualmente los botaderos. Para lograr construir una serie de topografías nuevas, se incorporan caminos interiores dentro de la zona de botadero, que accedan a distintos sectores de acumulación de escombros.

A medida que se construyen las nuevas topografías, estas zonas de acumulación deben ser cubiertas con 30cm de tierra fértil obtenida del acopio de biomasa de la mina, para luego plantarlos con herbáceas invasoras propias de la ganadería, tal como contemplaba la sociedad minera. Las herbáceas cumplen una serie de funciones, por una parte, como ya se mencionó, la vegetación absorbe el sonido, por lo que permitirán mitigar más aun los impactos acústicos. Por otra parte, son las responsables de evitar la erosión de los taludes y estabilizarlos, ya que las raíces causan micro terrazas que evitan derrumbes. Consideran-



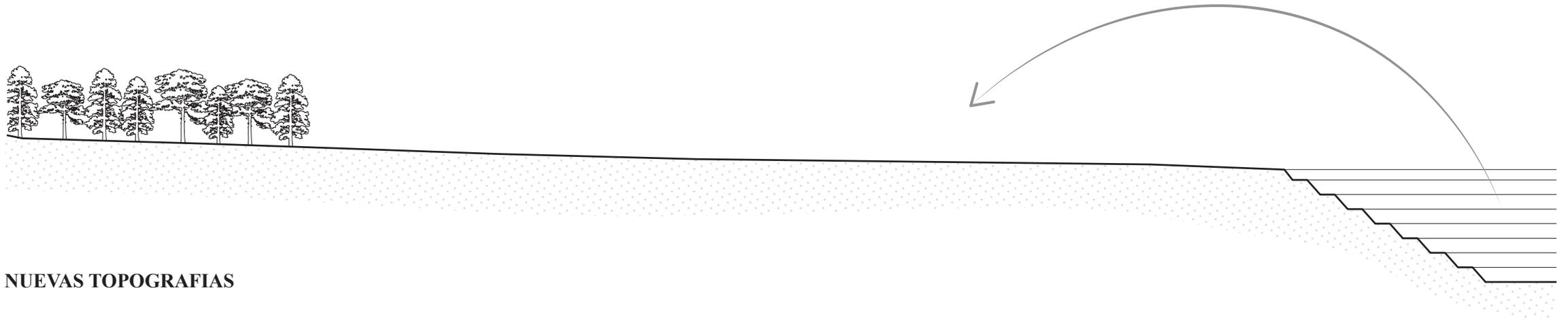
*Img 52. Ganado en la acumulación de escombros de Martha Mine.
Fuente: página web Oceana Gold.*

do la rápida propagación de las herbáceas ganaderas, especies como el pasto miel o el pasto ovillo se presentan como las más adecuadas para cumplir con esta función.

Finalmente, la plantación de herbáceas permitirá dar paso a un uso productivo asociado a la ganadería. La rehabilitación de faenas minera para el desarrollo de ganadería es una práctica que se ha implementado en minas en Nueva Zelanda como en Martha Mine, donde la zona de botadero se ha ido habilitando progresivamente como zona de pastoreo (img. 52). Esta operación, además de expandir el área ganadera permitirán controlar el crecimiento de las herbáceas con el pastoreo de los ovinos y bovinos.

Esta estrategia es la más relevante del proyecto ya que es aquella que permite dar paso a las demás y también la que se relaciona de manera más estrecha con ambos lineamientos, al proteger al bosque de los ruidos de la industria y permitir una medida de mitigación dentro de la fase operativa minera.

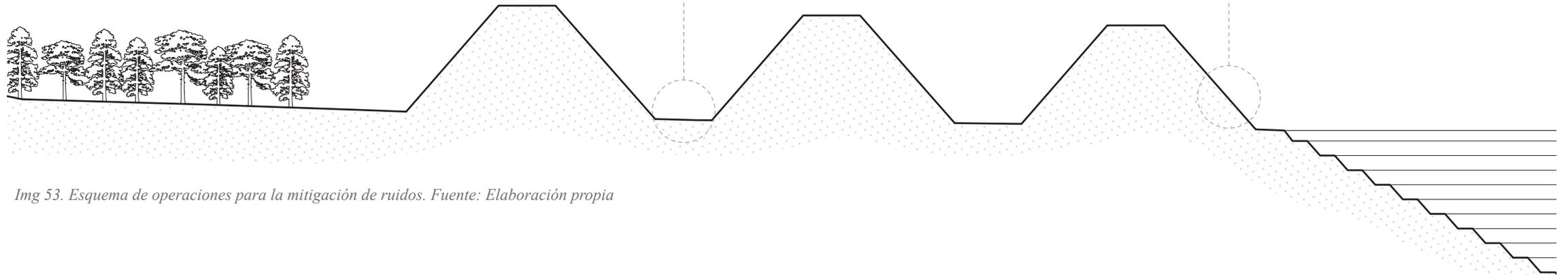
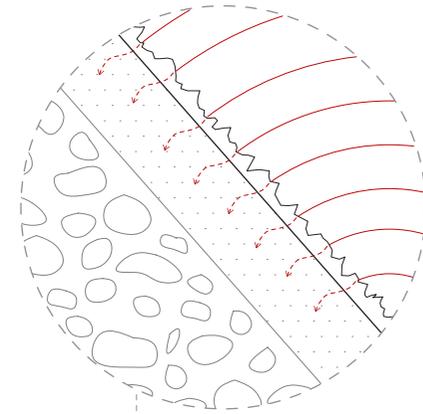
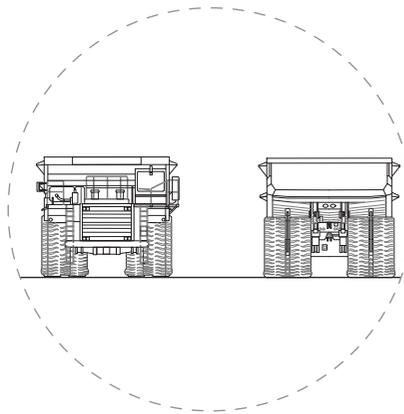
TRASLADO DE ESCOMBROS



NUEVAS TOPOGRAFIAS

Camino interiores

Absorcion de sonido



Img 53. Esquema de operaciones para la mitigación de ruidos. Fuente: Elaboración propia



Img 54. Laguna central de Red Mountain Park. Fuente: ASLA.

Manejo de Aguas

Al igual que cualquier proyecto minero a rajo abierto, es necesario evitar el ingreso de aguas superficiales a la zona extractiva, por lo cual se deben redirigir los cauces. Para ello, en primer lugar, se propone que la construcción de las nuevas topografías genere por sí misma, nuevos caminos por los cuales pueda escurrir naturalmente el agua, de esta manera los trabajos de canalización no deberán recurrir a excavaciones profundas y las aguas lluvias no se aposarán entre las acumulaciones de escombros.

Teniendo en cuenta que el rajo de la Mina Invierno es móvil, dichas canalizaciones deben ser dinámicas, por unos años rodearán la zona del rajo, hasta la fase 10, cuando crucen el botadero interior del mismo. Tras dicha fase, dado que el agua escurrirá entre las colinas, el proyecto generará quebradas artificiales. De esta manera, a pesar de que el manejo de aguas tiene como principal objetivo el resguardo del rajo, no se enfoca únicamente en lo productivo, sino también en lo ambiental, creando lugares de alto valor ecológico.

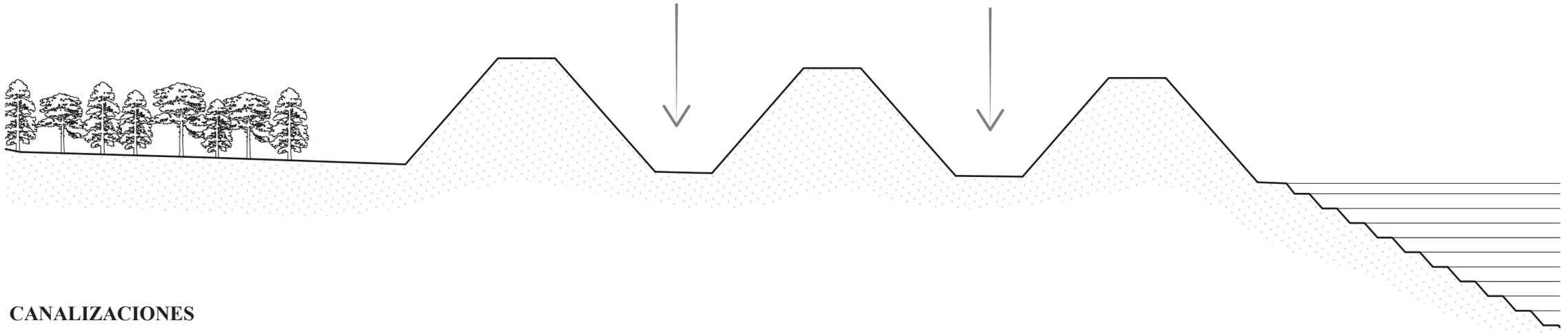
Referentes de paisaje minero como el proyecto académico para el cierre de la mina Elkview de Jenna Buchko y Michael Hitch o Red Mountain Park de Douglas Meehan (img. 54), proponen el agua no tan solo como algo estric-

tamente funcional, sea a favor la producción o la ecología, sino como un factor que permite generar sitios programáticos y/o escénicos. Estos proyectos buscan redirigir las aguas, por medio de los caminos mineros, hacia el fondo del rajo, creando así una laguna artificial. Dicha laguna, además de ser un atractivo visual, permite programas como kayak y buceo en los distintos proyectos.

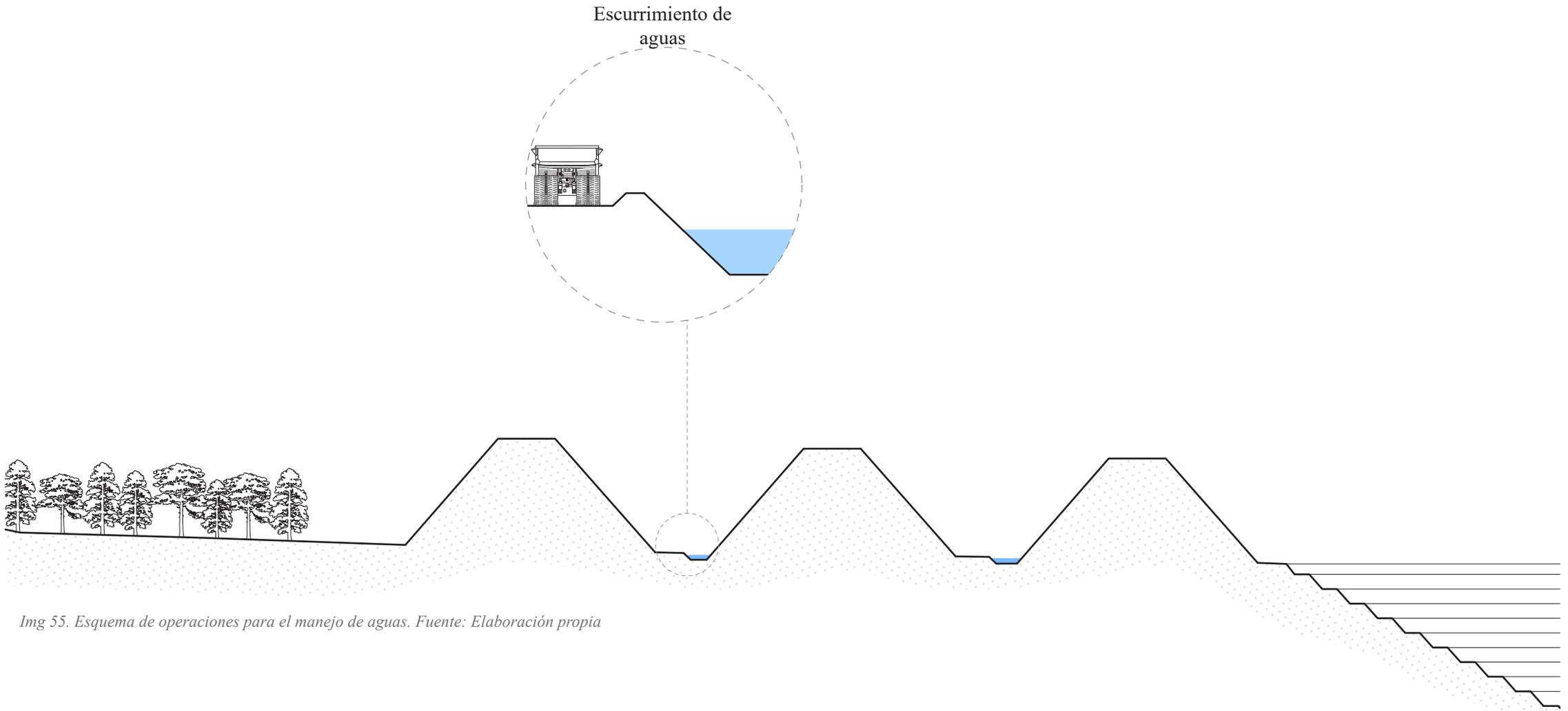
En el caso del plan de cierre de Mina Invierno, se consideran dos lagunas, una en cada sector del rajo descubierto tras la suavización de los taludes. Pero, como su llenado se plantea a partir de aguas lluvias y la infiltración de aguas subterráneas, este proceso demorará aproximadamente 250 años, como se indica en el informe consolidado de la evaluación del estudio de impacto ambiental del proyecto Mina Invierno, presentado por la sociedad minera al SEIA.

Es por ello por lo que se decide generar una excavación más acotada, tanto en profundidad como superficie, en la zona de confluencia de aguas. Esta zona de acumulación se llenará de manera más expedita que las del rajo y permitirá crear un sitio de alto valor tanto escénico como ecológico, y también presentará la posibilidad programas de recreación en el futuro.

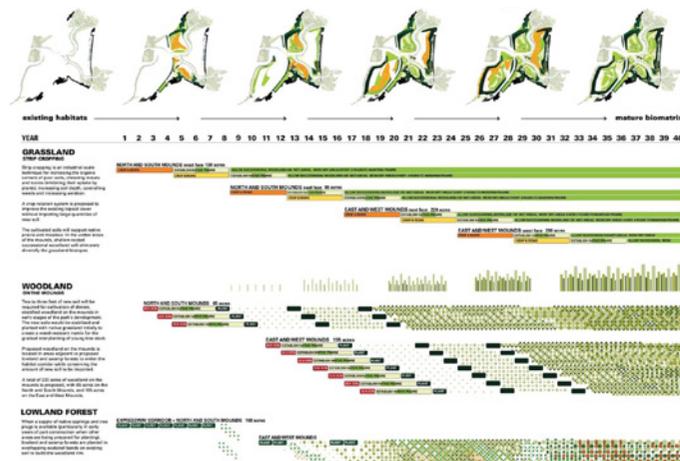
ESCURRIMIENTO DE AGUAS ENTRE COLINAS



CANALIZACIONES



Img 55. Esquema de operaciones para el manejo de aguas. Fuente: Elaboración propia



Img 56. Esquema de plantación de FreshKills Park. Fuente: Field Operations (2006).

Restauración de suelos

Para que el diseño no se reduzca tan solo a una medida de mitigación, se plantea una estrategia de retribución ambiental. De esta manera el proyecto, y por ende el paisaje minero, logre potenciar el desarrollo de distintos ecosistemas, tal como en el proyecto para el vertedero de Fresh Kills de Field Operations. Dicho proyecto propone tres principales hábitats, humedales, pastizales y bosque; cada uno con distintas variaciones. Dependiendo de la orientación define qué tipo de hábitat se propone.

Para llevar a cabo esta estrategia se propone construir una diversidad de orientaciones y pendientes a partir de las nuevas topografías. La diversidad de condiciones permitirá generar distintas macrozonas vegetales, posibilitando así un aumento en la biodiversidad (img. 57, pg. 71). De esta manera el diseño logra albergar una ecología en un lugar previamente percibido como un sitio tóxico gracias a esa misma industria o actividad contaminante.

Al igual que en Fresh Kills, el proyecto desarrollado en la presente tesis, al construirse a partir de escombros estériles se enfrenta a un suelo infértil, por lo que, para generar estas macrozonas ecológicas, se hace necesario crear más sustrato. En el proyecto de Field Operations se genera una rotación de cultivos, como mostaza, a partir de una primera

capa delgada de suelo fértil. Tras unos años de rotación de cultivos, ya se ha creado alrededor de un metro de sustrato, lo necesario para comenzar con la plantación de especies arbóreas y así iniciar los nuevos hábitats (img. 56).

Esta operación se traduce en el caso de la Mina Invierno con un cultivo de leguminosas, el tipo de cultivo más común de Magallanes, luego la plantación de los primeros ejemplares arbustivos y finalmente el asentamiento de renovals de árboles nativos.

Las distintas etapas del proceso asociado a la sucesión ecológica traen consigo distintos usos programáticos productivos y científicos. En un principio, la rotación de leguminosas implica un desarrollo de agricultura en el sitio minero, que luego, teniendo en consideración que los cultivos contemplan leguminosas como la alfalfa, pueden pasar a la zona ganadera como alimento para los ovinos y bovinos.

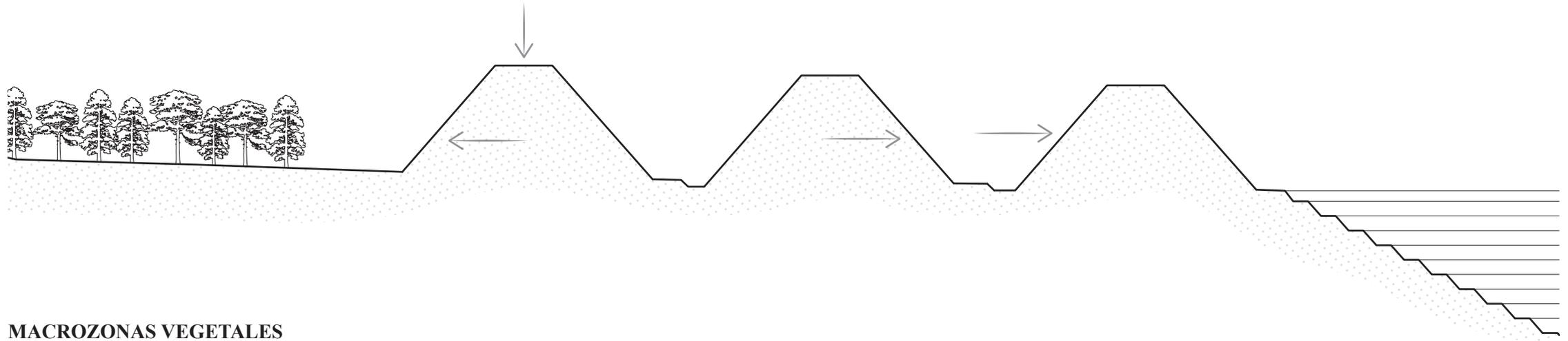
Luego, con el comienzo de la plantación de especies arbustivas, se requerirá de un desarrollo científico asociado a la ingeniería forestal que pueda asegurar el desarrollo de las distintas macrozonas. Este desarrollo científico podría considerarse ser la continuación o la etapa experimental del estudio de Valenzuela (2015), donde se proponen métodos para reforestar con *Nothofagus pumilio* (lenga) el sitio in-

tervenido por Mina invierno.

En la última etapa de la sucesión ecológica, donde se comienzan a plantar ejemplares arbóreos, se conectará el bosque denso existente con el proyecto por medio de corredores ecológicos de bosque de coihue. Esto permitirá que la fauna del bosque preexistente comience a ingresar a la zona del proyecto.

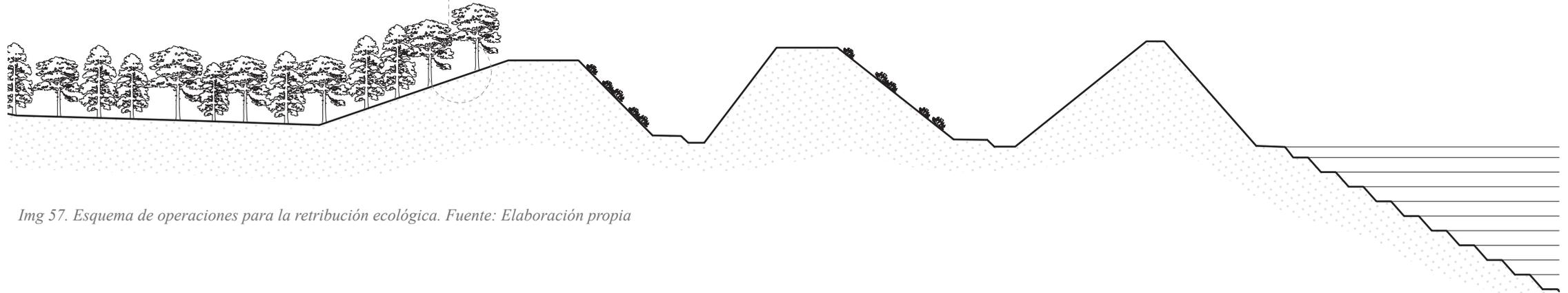
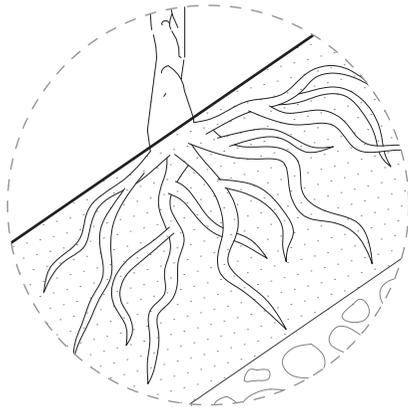
Teniendo en cuenta que Minera Invierno ya tenía considerada la compensación de las 387 hectáreas de bosque taladas para el emplazamiento de las faenas, la generación de nuevas zonas boscosas dentro del sitio de intervención propuesto sería una ganancia neta en su biodiversidad.

VARIACIÓN TOPOGRÁFICA



MACROZONAS VEGETALES

Acumulación de sustrato



Img 57. Esquema de operaciones para la retribución ecológica. Fuente: Elaboración propia

Proyecto de Arquitectura del Paisaje

Proceso de diseño

El proceso de diseño de proyecto, como se evidencia en la siguiente página, en un principio comenzó considerando únicamente aquellas estrategias que permitirían continuar con la explotación minera, es decir, la mitigación acústica y el manejo de aguas. Luego, tras comprender el potencial ecosistémico que implican las nuevas topografías, se proponen distintas orientaciones y pendientes, como se evidencia en la planta presentada en octubre de 2020. Tras una búsqueda formal, en noviembre se definen las nuevas topografías con formas curvas y diferencias entre ellas, es decir no responden a algún patrón o grilla en específico.

Por una parte, las diferencias formales entre las topografías formadas por la acumulación de escombros permiten una cierta flexibilidad en el diseño, donde no es necesario que lo construido se corresponda por completo a lo dibujado. Esto permite adelantarse a la poca precisión que implica el proceso de acumulación de escombros, operación base del proyecto. Por otra parte, las formas curvas permiten un cambio de orientación entre laderas más gradual, por lo que los distintos ecosistemas pueden entremezclarse, generando un traspaso más sutil entre ellos.

Al haber definido formalmente las nuevas topografías, se comienza a explorar distintas posibilidades para la con-

fluencia de aguas, el programa y las circulaciones. En paralelo a ello se ajustan temas de representación, intentando expresar de la mejor manera cómo el proyecto se relaciona con su contexto. Para ello en la planta final se busca destacar por una parte el proyecto mismo, es decir, las nuevas topografías y las formaciones vegetales asociadas a ellas, y por otra los componentes de relevancia ecosistémica existentes, como el bosque denso y los cursos y cuerpos de agua.

En el caso del bosque de coihue, se diferencia aquel existente con el propuesto representando el bosque existente como una textura sólida y al propuesto como una serie de árboles, entendiendo que el bosque propuesto en sus primeros años será de renovales y no tendrá la densidad de un bosque maduro. El fondo, representado con una foto satelital intervenida corresponde a pradera ganadera preexistente y propia del plan de cierre de la mina, el cual no se interviene en mayor medida salvo por una primera parada con estacionamientos y caballerizas.

Img 64. Planta presentada en finales de noviembre de 2020



Img 61. Planta presentada en septiembre de 2020



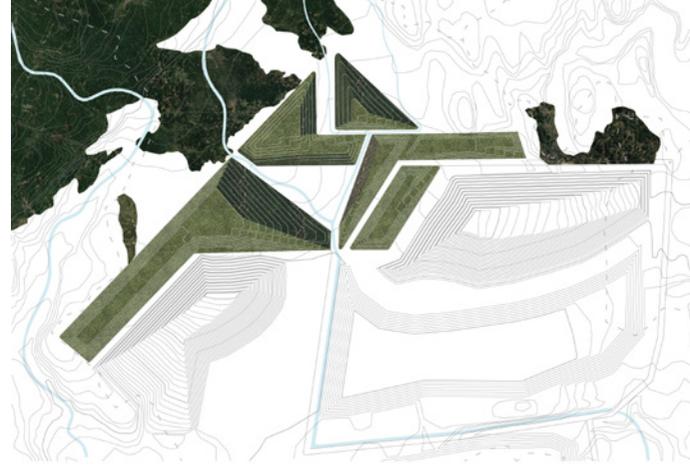
Img 58. Planta presentada en junio de 2020



Img 65. Planta presentada en mediados de diciembre de 2020



Img 62. Planta presentada en octubre 2020



Img 59. Planta presentada en julio de 2020



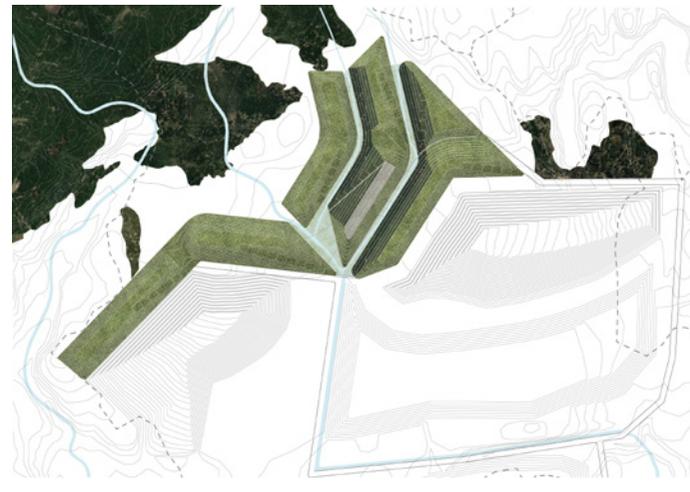
Img 66. Planta presentada en finales de diciembre de 2020

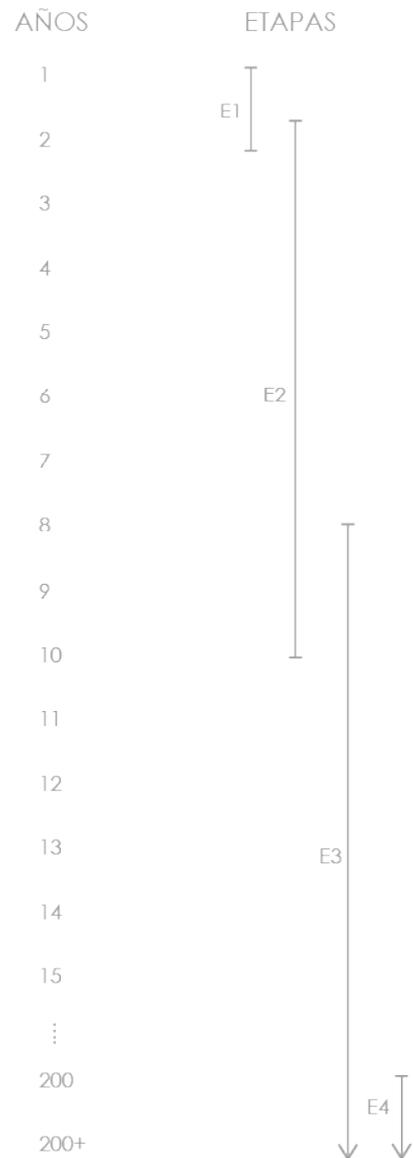


Img 63. Planta presentada en principios de noviembre de 2020



Img 60. Planta presentada en agosto de 2020





Definición de etapas

Se definen cuatro etapas para la construcción del proyecto, en primer lugar, la mitigación, que se refiere a la misma construcción de la medida de mitigación que permitirá que el proceso productivo no interrumpa a los procesos ecológicos preexistentes en el sitio. En segundo lugar, se plantea la etapa de preparación del suelo, la cual tiene como objetivo hacer que los suelos estériles causados por la minería se conviertan en suelos fértiles. Luego, se propone la construcción del ecosistema, donde se crean intervenciones de manera estratégica para la expansión de zonas de alta biodiversidad. Por último, la cuarta etapa consiste en la consolidación de los ecosistemas construidos previamente.

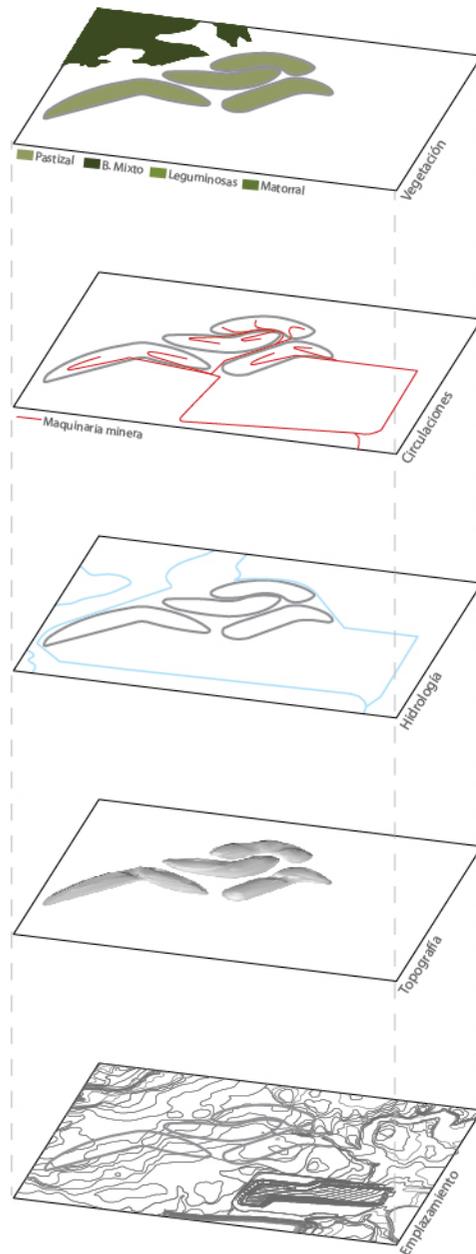
Entendiendo al proyecto como un proyecto de reclamación, éste genera una discontinuidad en el sitio que no ocurriría naturalmente, permitiendo así heterogeneidades en el paisaje (Berger, 2002). Estas heterogeneidades se ven reflejadas en las distintas etapas del proyecto, la vegetación y situaciones que ellas implican. De esta manera el proyecto demostrará que no tan solo se pueden implementar medidas de mitigación dentro de las operaciones mineras, sino también generar un valor agregado, sea este ecológico, social y/o económico, que previo a la actividad industrial el sitio no tenía. A esta medida la llamaremos ‘medida de retribución’, añadiéndose así a las tres medidas de regula-

ción ambiental planteadas por el SEA.

La medida de retribución es, finalmente, el programa del proyecto, que en este caso es la protección y construcción de sitios de importancia ecológica. Las cuatro etapas buscan por sobre todo este objetivo común, no obstante, cada una de ellas genera programas menores. Por ejemplo, programas productivos como la ganadería y la agricultura; programas científicos, como la formación de micrositos y reforestación; y también posibles programas sociales para la recreación.

Cada una de estas etapas se definirán en las siguientes páginas con un texto descriptivo, una planta ilustrativa, una axonométrica explotada de capas, topografía, hidrología, circulaciones y vegetación, además de algún otro tipo de imagen que aporte al entendimiento de cada etapa.

Img 67. Cronograma esquemático del proyecto. Fuente: elaboración propia



Etapa 1: Mitigación

Esta etapa consiste en el primer año del proyecto (entre las fases 2 y 3 de la Mina) y busca principalmente mitigar los efectos nocivos de la contaminación acústica. La operación principal de esta etapa y del proyecto se basa en el traslado de escombros desde el rajo hacia el sitio de intervención. Esta operación permite dar paso a la definición del resto de las capas del proyecto, ya que construirá las nuevas topografías que finalmente permiten los escurrimientos de agua y las condiciones de orientación y pendientes que determinarán qué especies vegetales pueden emplazarse en el proyecto.

A medida que se construyen estas topografías se van cubriendo con 30 cm de tierra fértil para luego plantar herbáceas por medio de hidrosiembra, tal como propone la mina. Esto permitirá estabilizar los taludes y evitar mayores erosiones por vientos y luvias por lo que la topografía definida en esta etapa permanecerá en su mayoría a lo largo del proyecto. Para lograr afianzar la pradera se contempla el ingreso de ovinos y bovinos hacia el proyecto a medida que las nuevas topografías se vegetan, ampliando así la zona ganadera del sitio y otorgándole un nuevo programa productivo al proyecto.

Teniendo en cuenta que según Salas (2014), aquellos talu-

des sobre los 20° (44.5%) tienen alto riesgo de erosión y escasa probabilidad de ser revegetados, se reduce la inclinación máxima propuesta por la mina para los botaderos de 26 a 20°. De esta manera será más probable llevar a cabo las siguientes etapas que consisten en la formación de ecosistemas sobre las topografías del proyecto, como también la eventual propagación de especies arbustivas y arbóreas hacia los taludes que contemplan únicamente una cobertura de herbáceas.

El proyecto contempla la formación de cuatro áreas de acumulación de escombros estériles, tres de ellas con dos cumbres y una de ellas con tres. Cada una de ellas contempla una planicie en la cumbre para la circulación y descarga de camiones tolva, como un camino de 35 metros de ancho al 8% de pendiente que permita a los camiones acceder a la planicie. Estas cumbres tienen distintas alturas, donde las más altas se ubican más cerca del rajo para causar la mayor difracción del sonido lo más cercano posible a su fuente, y las más bajas se encuentran más cerca del bosque para que las operaciones de acumulación colindantes a este ecosistema sean lo más expeditas posible.

Para la consolidación de estas colinas, es necesario un aproximado de 34.000.000m³ de escombros. Teniendo en cuenta que la mina contempla un depósito anual de alrededor de 32.000.000m³ de estériles, la acumulación de todos

Img 67. Axonométrica explotada etapa 1. Fuente: elaboración propia

los escombros necesarios para el proyecto demoraría aproximadamente 13 meses. Meses en los cuales la mina deberá utilizar las palas hidráulicas hasta un desgaste total si así es necesario, ya que, al no estar finalizada la construcción de las nuevas topografías, el bosque aun sería susceptible al impacto acústico de las tronaduras.

Durante esta etapa solo circula dentro del proyecto maquinaria asociada a la mina, como camiones tolva, bulldozer y camiones de hidrosiembra. Es por ello por lo que la distancia mínima entre colinas se proyecta con 35 metros, asegurando así el ancho necesario para un camino interior. Para no entorpecer el proceso de acumulación de escombros, se redirigen en su mayoría las aguas por medio de canalizaciones de desvío hacia el perímetro tanto del proyecto como del rajo. En el caso de las aguas lluvias, los caminos entre topografías se diseñan de manera tal que estas escurran para así evitar aposamientos.

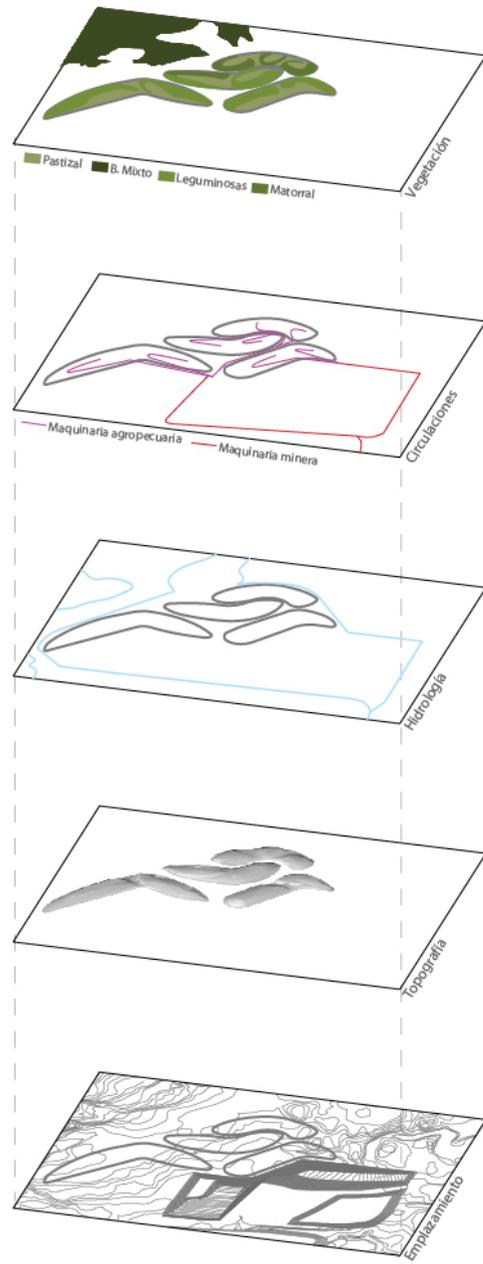
En la siguiente planta ilustrativa se busca representar el proceso de siembra de las nuevas topografías, con algunas de ellas cubiertas por completo con pradera y otras solo parcialmente, dejando al descubierto los escombros estériles.



Img 68. Planta ilustrativa etapa 1, fase 2 de la mina. Fuente: elaboración propia.



Img 69. Planta topográfica del proyecto. Fuente: elaboración propia.



Img 70. Axonométrica explotada etapa 2. Fuente: Elaboración propia

Etapa 2: Preparación del suelo

Esta etapa se desarrolla en un periodo de ocho años, desde el termino de la etapa 1 hasta el fin de la plantación de arbustos y formación de micrositos en el año 10. Ésta busca crear una acumulación de sustrato que a futuro dé paso a aporte ecológico por medio de las topografías construidas a partir de los escombros estériles de la mina. Durante esta etapa la maquinaria minera, como camiones tolva o bulldozer, circulan fuera del proyecto, en el rajo y el botadero sur. Mientras, dentro del proyecto circula maquinaria agrícola para la plantación de cultivos y especies nativas que permitirán comenzar con una sucesión ecológica (img. 73, pg 82).

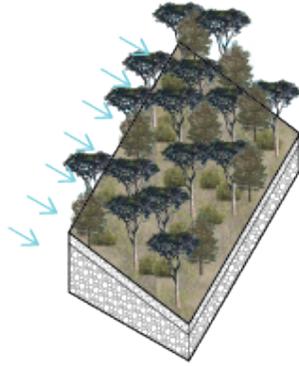
Esta sucesión ecológica contempla en un primer lugar, tras ya haber sembrado herbáceas en los taludes, el cultivo de leguminosas, como la alfalfa, el cultivo más recurrente en la región de Magallanes. Estos cultivos se irán rotando por cuatro años lo cual por una parte servirá como alimento para la zona ganadera, y por otra permitirá generar sustrato que se suma a los 30 cm iniciales. Tras el fin del cuarto año de rotación de cultivos ya debería existir 80 cm de sustrato acumulado, lo cual permitirá la plantación de especies arbustivas, principalmente el calafate. Se selecciona esta especie como la predominante debido a que es la que crece con mayor facilidad frente a especies ganaderas, como las

sembradas en la primera etapa (Valenzuela, 2015).

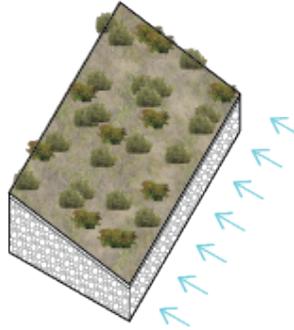
La plantación de especies arbustivas puede, por una parte, dar paso a una zona de matorral, o por otra, preparar el suelo para las especies arbóreas que serán plantadas durante la siguiente etapa. Para poder plantar especies arbóreas es necesario al menos 100 cm de sustrato y, de preferencia, la formación de micrositos. La formación de micrositos consiste en la reproducción de las condiciones naturales que facilitan el crecimiento de árboles. Entre estas condiciones se encuentra la presencia de troncos caídos, que pueden ser colectados del acopio de biomasa, y la existencia de especies nodrizas protectoras que permitan resguardar al árbol en sus primeros años, como lo pueden ser las especies arbustivas.

Con respecto a la vegetación se proponen tres macrozonas, el matorral, el bosque caducifolio y el bosque mixto (img. 71, pg. 80). En el caso del matorral, este es predominado por especies arbustivas, especialmente el calafate como se mencionó previamente, y se ubica en laderas de pendiente moderada y enfrentadas al viento. Por su parte, el bosque caducifolio tiene como especie protagonista a la lenga e incluye otras especies arbustivas y arbóreas como el ñirre, el calafate y el michay. Esta macrozona se ubica en pendientes altas, dada la incapacidad de la lenga de tolerar anegaciones de agua, y enfrentadas al viento.

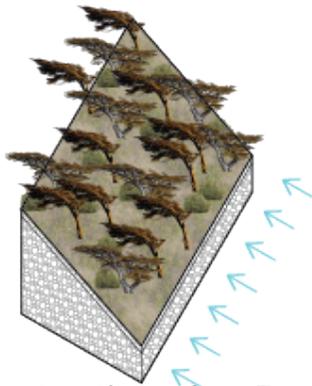
Bosque mixto



Matorral



Bosque cauducifolio



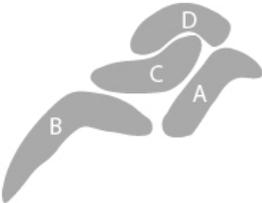
Por último, el bosque mixto, compuesto principalmente por coihue de Magallanes, como también lenga, michay y calafate, se ubica en pendientes moderadas y resguardadas del viento, ya que el coihue es incapaz de crecer frente a fuertes vientos. Con respecto a esta última macrozona el proyecto también la considera en las zonas de llanura y entre las colinas, para conectarla con el bosque mixto existente en el sitio, de manera tal de que las especies animales del bosque preexistente comiencen a ingresar al proyecto, formando así un corredor ecológico.

La siguiente planta ilustrativa busca representar el proceso de sucesión ecológica durante el sexto año del proyecto, con algunas de las laderas aun con el cultivo de leguminosas y otras con las primeras plantaciones de ejemplares arbustivos.

Img 71. Macrozonas vegetales según orientación y pendiente. Fuente: elaboración propia.



Img 72. Planta ilustrativa etapa 2, fase 8 de la mina, año 6 del proyecto. Fuente: elaboración propia.
>>Pg 82; img 73. Esquema de plamración. Fuente: elaboración propia.



AÑOS 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

construcción

hidrosiembra

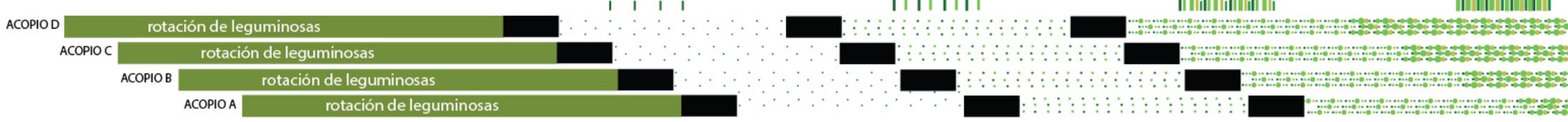
Matorral
Macrozona vegetal de baja densidad con predominancia de especies arbustivas como el calafate y algunos ejemplares arbóreos como el coihue.



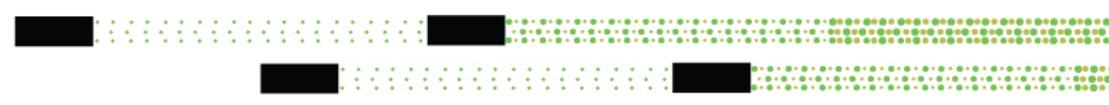
B. Cauducufolio
El bosque cauducifolio tiene predominancia de especies arbóreas de hoja caduca como la lenga y el firre.

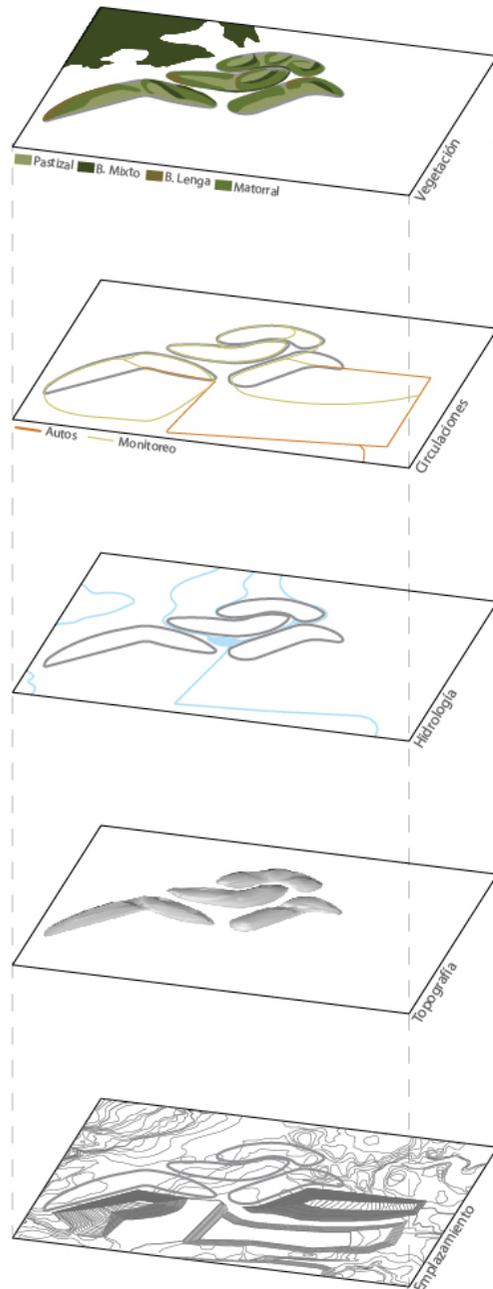


B. Mixto (Laderas)
El bosque mixto es el bosque predominante del predio, compuesto principalmente por *Nothofagus betuloides* (coihue de Magallanes)



B. Mixto (Llanura)
La plantación de bosque en llanura permite conectar el bosque natural del predio con los bosques artificiales de las laderas, generando corredores ecológicos.





Etapa 3: Construcción de ecosistemas

La tercera etapa se desarrolla tras la plantación de las especies arbustivas en adelante, y busca generar espacios de biodiversidad proponiendo zonas boscosas. Durante esta etapa circulan vehículos ligados a la forestación, hasta el año 12, y tras el fin de las operaciones se ubican estaciones de monitoreo alrededor de las zonas de rajo descubiertas y en las laderas del botadero, en suma a caminos que las conectan. Al igual que la Mina Invierno en su última fase, el proyecto considera un cambio en las canalizaciones de agua que atravesará el botadero interior. Para ello las aguas se redirigen entre las colinas, generando quebradas artificiales, hacia un punto de confluencia y finalmente a una canalización única.

Tras la acumulación de sustrato y creación de micrositijs, descritos en la etapa anterior, se comienzan a plantar las especies arbóreas. Entendiendo que el proyecto busca trabajar en su mayoría con los elementos ya presentes en el plan de la mina, se consideran la plantación de arboles como parte del plan de reforestación de 397.7Ha Mina Invierno (Anexo 16). Es posible estimar que hasta la fecha ya han sido plantadas 304.1Ha dado que esta era la superficie de reforestación planteada para 2018, por lo que se cuenta con 93.6Ha para redistribuir.

Dado que el proyecto contempla crear un aproximado de 170Ha de zonas boscosas, pero se cuenta con menos ejemplares arbóreos de los necesarios, se requiere plantar las 93.6Ha de árboles de manera tal de potenciar la distribución de semillas (img 76, pg 86). Para ello se debe enfrentar los parches boscosos al viento, de manera que las semillas se puedan distribuir y por ende ampliar las zonas de bosque. En el caso del bosque mixto de lenga y coihue, este se debe plantar de manera más precisa dado que los coihues no toleran el viento. Por ello, cercano a las cumbres se ubican lengas, que sí pueden crecer en zonas ventosas, y protegerán a los coihues en su etapa de crecimiento.

En suma, a su ubicación cercano a las cumbres, también se plantan coihues en los ex caminos mineros que durante esta etapa, tras la redirección de las canalizaciones, se rediseñan como quebradas artificiales. Estas plantaciones son únicamente de coihue dado que es un sitio protegido del viento y se ubican cercanas a los cursos de agua de manera tal que ya no sea el viento, sino los chorrillos los cuales distribuyan las semillas.

Para la confluencia de aguas se construye la última operación topográfica que refiere a la excavación, generando una laguna artificial. Esta laguna es de menor profundidad que aquellas planteadas por el plan de cierre y de mayor rapidez en su llenado, ya que se formará por aguas superfi-

Img 74. Axonométrica explotada etapa 3. Fuente: elaboración propia.

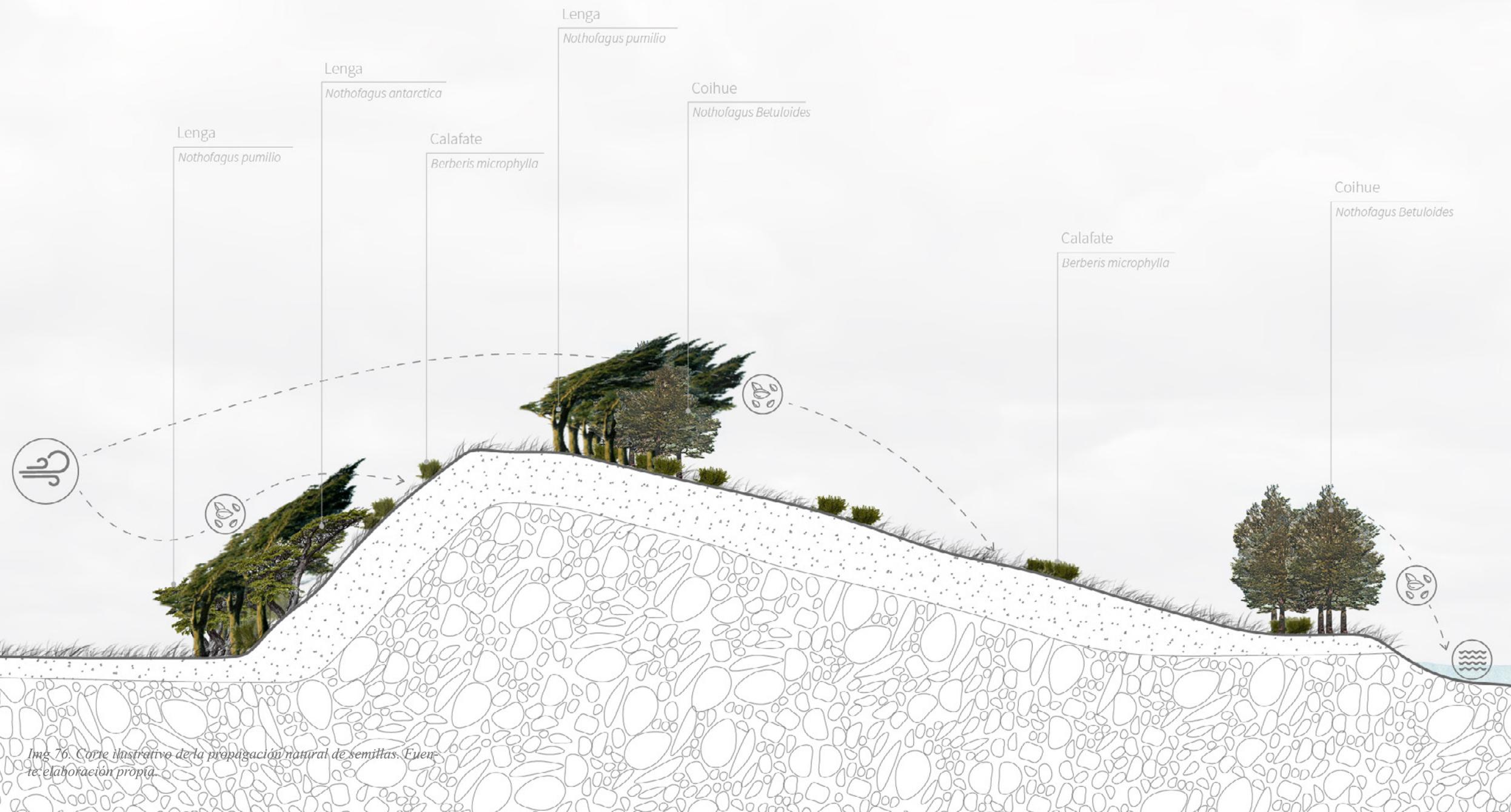
ciales, no tan solo aguas lluvias como las propuestas por la mina. La formación de dicha laguna de 6,5 hectáreas aportará en la biodiversidad del sitio y remediará parcialmente el drenado de la Laguna Mediana.

En la siguiente planta ilustrada del año número 13 del proyecto, tras el cese de operaciones de la mina, es posible ver la concentración de plantaciones de las diferentes zonas boscosas, como también la redirección de las canalizaciones por los ex caminos mineros hacia la zona de confluencia de aguas.

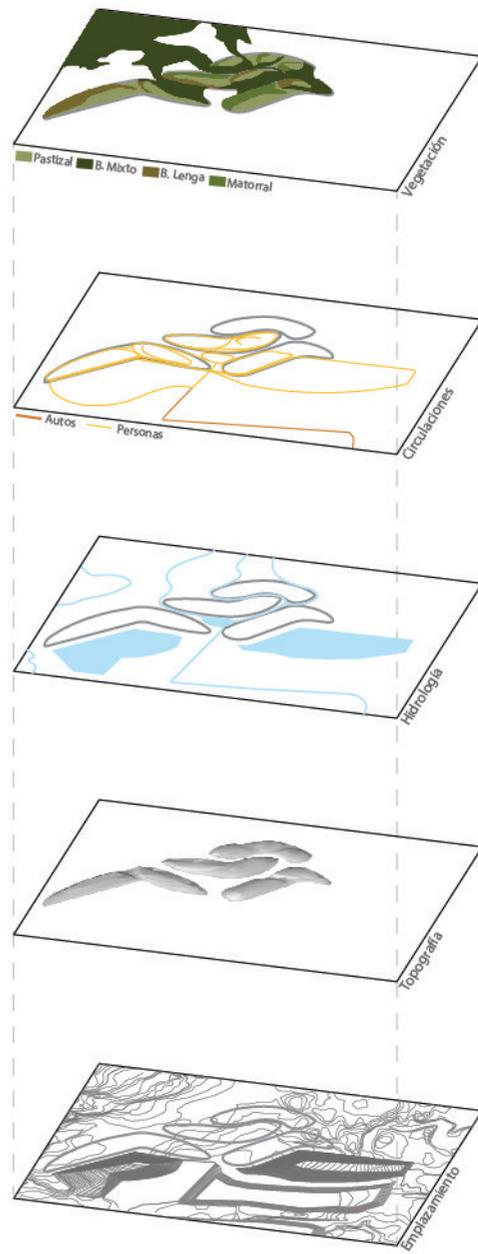


Ing 75. Planta ilustrativa de proyecto etapa 3. Fuente: elaboración propia.

Viento noroeste 
Semillas 
Chorrillo 



Img 76. Corte ilustrativo de la propagación natural de semillas. Fuente: elaboración propia.



Etapa 4: Consolidación de ecosistemas

Finalmente, la última etapa del proyecto se desarrolla desde sus 200 años, considerando que ese es el tiempo que necesita un bosque nothofagus para desarrollarse. Vale decir que, desde el fin de las operaciones hasta la consolidación de los primeros parches boscosos, no es necesaria la intervención humana, salvo por el monitoreo periódico que les exige la Ley de Planes de Cierre a las faenas mineras para asegurar la estabilidad física y química de las faenas.

Durante esta etapa, las zonas arbóreas plantadas en la etapa anterior se encuentran igual de densas que el bosque preexistente y las semillas ya se han distribuido, incrementando las zonas de bosque naturalmente. Por su parte, las zonas del rajo que quedan descubiertas ya estarían llenas de agua a causa de aguas lluvias y aguas subterráneas, como lo proponía la mina.

Entendiendo que a futuro existe la posibilidad de un incremento en la población fija y/o flotante asociada al turismo de la Isla Riesco, parece factible pensar en actividades asociadas a la creación de ecosistemas, programa principal del proyecto. Dada la imposibilidad de edificar en sitios de acumulación de áridos debido a su inestabilidad física, la única actividad humana posible es una recreación pasiva. Es posible plantear un acceso al proyecto en automóvil por

medio del camino minero que atraviesa el botadero interior. Desde este punto sería posible estacionar y continuar el recorrido utilizando de algunos de los caminos asociados a las actividades de monitoreo, sea a pie o a caballo.

Vale decir, que la primera intención del proyecto es generar un sitio de alta biodiversidad a partir de una faena minera y como posible beneficio colateral a largo plazo se encuentra el desarrollo de recorridos para una recreación pasiva, basándose únicamente en especulaciones acerca del desarrollo futuro del sitio y su contexto, sin ser algo imprescindible para los objetivos del proyecto.

Img 77. Axonométrica explotada etapa 4. Fuente: elaboración propia.



- 1. Establo
- 2. Caballerizas
- 3. Estacionamiento
- 4. Confluencia de aguas
- 5. Terraza
- 6. Muestrario paleobotanico
- 7. Mirador
- 8. Avistamiento de aves

Img 78. Planta ilustrativa de proyecto etapa 4. Fuente: elaboración propia.



Img 79. Vista hacia el acceso del proyecto. Fuente: elaboración propia.



Img 80. Vista hacia la confluencia de aguas desde la terraza. Fuente: elaboración propia.

Conclusiones



Img 80. Fotografía de camión minero siendo cargado por escombros donde se alcanza a ver únicamente la pala de la pala hidráulica.

Respecto a la hipótesis

En el capítulo de Formulación de la investigación se propone a la arquitectura del paisaje como una herramienta útil para el diseño de proyectos de regulación ambiental y que dicha disciplina será provechosa para generar nuevas ecologías y programas a modo de retribución. En suma, se plantea que dichos proyectos debiesen basarse en el reordenamiento de los componentes de la minería, especialmente de los desechos mineros. Esta hipótesis se va demostrando a medida que se desarrollan los distintos capítulos de la tesis.

En el capítulo 01, Wasteland como consecuencia del paisaje minero, se demuestra la pertinencia de la arquitectura del paisaje para enfrentar sitios de desecho por medio de ejemplos tanto de referencias teóricas como proyectuales. Como también se destaca el potencial de estos sitios de desecho, como lo son los botaderos mineros, de transformarse en algo más.

El capítulo 02, Paisaje minero en Chile, devela las falencias de las regulaciones ambientales en Chile y por ende la urgencia de proponer nuevas soluciones. Frente a ello se presentan distintas instancias del proceso minero en las cuales la arquitectura del paisaje puede intervenir y solucionar los conflictos ecológicos que causa la minería.

Finalmente, en el capítulo 04, tras un análisis de los componentes mineros y ecológicos de la Mina Invierno en el capítulo 03, se demuestra la hipótesis por medio de un proyecto. Se propone que, a través de la reorganización de los escombros estériles como operación principal, logra mitigar los impactos del proceso minero y además potenciar la biodiversidad del sitio y sus funciones programáticas, generando así una medida de retribución.

Respecto a los objetivos

En referencia a los objetivos, el primer objetivo específico referido a ‘comprender el rol de la arquitectura del paisaje frente a los desechos mineros’ permite demostrar que la arquitectura del paisaje es una herramienta útil para enfrentar los sitios mineros, dadas las múltiples teorías y proyectos que abordan sitios de desecho.

El segundo objetivo específico asociado a ‘conocer las regulaciones ambientales vigentes que se le exigen a las actividades extractivas’ se logró principalmente a través de una revisión legislativa y permite dar a conocer las faltas en la regulación ambiental chilena para la minería, lo cual explica la cantidad de reclamos socioambientales asociados a las mineras.

El tercer punto ‘analizar el caso de la Mina Invierno e identificar los componentes productivos y ecológicos que le dan forma’ permite comprender el proceso minero e identificar aquellos puntos en los cuales el caso de estudio perjudica de peor manera a la ecología. Se presentó como dificultad para el cumplimiento de este objetivo la imposibilidad de ir al sitio, lo cual se pudo compensar por medio de la recopilación de los informes del proyecto Mina Invierno presentado al SEA.

Finalmente, el cuarto objetivo específico referido a ‘proponer un proyecto de arquitectura del paisaje que compatibilice y promueva los procesos ecológicos en relación con los procesos productivos de la Mina Invierno’ permite demostrar la factibilidad de construir un proyecto de mitigación ambiental sin que este altere en gran medida a los procesos productivos. La principal dificultad de este objetivo fue lograr diseñar un proyecto en un sitio no urbano, dado que, por su parte, la minería implica dimensiones distintas a las de la ciudad, y las zonas despobladas, como la Isla Riesco, no requieren de la misma intensidad programática que la ciudad.

Dichos objetivos se van cumpliendo a medida que se desarrollan los distintos capítulos de la tesis, lo cual permite el cumplimiento del objetivo general de demostrar la pertinencia de la arquitectura del paisaje dentro de las regulaciones ambientales durante la fase operativa de la producción minera, a través del diseño de un proyecto de mitigación para las extracciones de carbón de la Mina Invierno. Este objetivo abarca la idea de presentar a la arquitectura del paisaje como una herramienta para poder dar solución a los conflictos socio ecológicos asociados a la minería.

Respecto a los hallazgos y proyecciones

Se considera como el principal hallazgo de esta tesis el hecho que el proceso extractivo minero se basa en operaciones de paisaje. Dicho hallazgo permite, por una parte, el desarrollo de un proyecto de reorganización durante la fase operativa de la mina como se presenta en el último capítulo. Por otra parte, permite a la arquitectura del paisaje intervenir no solo en el cierre o las operaciones mineras, sino en toda la vida útil de la mina abriendo así un nuevo campo de estudio para la disciplina y nuevos usos ambientales y programáticos para los sitios mineros.

Con respecto a las proyecciones que se podrían prever a partir de la presente investigación se presentan las posibilidades de desarrollar proyectos de arquitectura del paisaje en etapas del proceso minero en las cuales la disciplina aun no es partícipe, como las fases de prospección y construcción. Como también sería interesante, aprovechando la diversidad de paisajes de Chile y que la minería es parte de cada uno de ellos, desarrollar proyectos de mitigación de procesos mineros en un territorio radicalmente distinto al de Mina Invierno, como lo podría ser la Mina Pascua Lama en la Cordillera de los Andes en la zona central, o el proyecto Minera Dominga cercano a la costa de Coquimbo.

Conclusiones generales

En base a la investigación de la presente tesis es posible dar cuenta de la arquitectura de paisaje como una herramienta viable para abordar los problemas ambientales ligados a la minería. Al plantear, a modo de ejercicio académico, un proyecto que mitiga los impactos nocivos de la Mina Invierno es posible notar que las medidas de compensación no son las únicas medidas de regulación ambiental que las asociaciones mineras pueden llevar a cabo, sino también se les pueden exigir medidas más eficientes como lo son las de mitigación.

En suma a lo anterior, se evidencia la posibilidad de generar distintos programas y ecologías a partir de un proyecto de paisaje en un sitio minero, lo cual pone en table una posible nueva medida de regulación ambiental asociada a la retribución, sea ecológica o social, que se podría implementar en la minería. Con esta medida se evitarían proyectos de planes de cierre asociados a la tabula rasa o la mímesis que buscan borrar o esconder las huellas del pasado industrial del sitio, proponiendo los mismos componentes y/o procesos mineros como los que podrán crear un nuevo valor en el lugar.

La presente tesis, al evidenciar la plausibilidad de implementar y entender el proceso minero como un gran pro-

yecto de paisaje, también permite abrir un nuevo campo de investigación para la disciplina. Esto es de gran relevancia, especialmente en Chile, dado que la minería es una actividad que se extiende en todo su largo como también en el transcurso de su historia desde el pasado salitrero, pasando por la actual explotación cuprífera hasta un posible futuro basado en la explotación del litio.

Bibliografía



Img 81. Fotografía donde ve el buque de carga siendo cargado de carbón por el shooter del puerto Lackwater; en un ultimo plano se puede notar el acopio de carbón. Fuente: Flickr Mina Invierno.

Libros

Adams, Mary Beth (2017). *The Forestry Reclamation Approach: Guide to Successful Reforestation of Mined Lands*. Ohio: United States Department of Agriculture.

Berger, Alan (2008). *Designing the reclaimed landscape*. Nueva York, EE. UU.: Taylor&Francis

Berger, Alan (2002). *Reclaiming the American West*. Nueva York, EE.UU.: Princeton Architectural Press.

Di Palma, Vittoria (2014). *Wasteland a History*. Yale University.

McHarg, Ian (1969). *Design with Nature*. Philadelphia, EE. UU: The Falcon Press.

Morales, Cristian. (2014). *Tras la Ruta del Carbón*. Punta Arenas: La Prensa Austral.

Martinic, Mateo. (2002). *Breve historia de Magallanes*. Punta Arenas, Chile: La Prensa Austral Ltda.

Martinic, Mateo. (2010). *El Carbón en Magallanes*. Punta Arenas: La Prensa Austral Ltda.

Tesis/memorias

Elton, Juan (2020). *La Huella del Relave: Parque de Remediación del Relave La Africana Reclamación de Paisajes Post Extractivos*. Memoria de título, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Latrille, Andrea (2017). *Desecho minero y la construcción de un paisaje sublime: ruta de observación en el tranque de relave Las Tórtolas*. Tesis de magister, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Salas, Francisca (2014). *Contenciones topográficas para la reconversión del Ex-sitio Minero Lo Aguirre*. Tesis de magister, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Artículos

B. Bustos, M. Folchi, M. Fragkou. (2016). Coal mining on pastureland in Southern Chile; challenging recognition and participation as guarantees for environmental justice. En Elsevier.

Mira Engler (1995). Waste Landscapes: Permissible Metaphors in Landscape Architecture. *Landscape Journal*, Vol.14.

Berger, Alan (2002). Representation and Reclaiming: Cartographies, mapping and images of Altered American West Landscapes. *Landscape Journal*

Berrizbeitia, Anita (2016). On the Limits of Process: The Case for Precision in Landscape.

Bevilacqua, Romina. (2019). Isla Riesco y minera Invierno: Todo lo que necesitas saber para entender el conflicto. 19 de marzo de 2020, de Ladera Sur Sitio web: <https://laderasur.com/articulo/isla-riesco-y-minera-invierno-todo-lo-que-necesitas-saber-para-comprender-el-conflicto/>
Berrizbeitia, Anita (2007). *Re-Placing Process en Large Parks*. Nueva York: Princeton Architectural Press.

Carranza, Daniela (2020). Socio-environmental conflicts:

An underestimated threat to biodiversity conservation in Chile. Elsevier.

Meyer, Elizabeth (2008). Recycling Landscape Architecture's new Frontier. *SiteLINES: A Journal of Place*, Vol. 3, No. 2. Foundation for Landscape Studies

P. Valenzuela, E. Arellano, J. Burger, G. Zegers, I. Fernández (2015). Bases para el desarrollo de un modelo de rehabilitación forestal en minería utilizando *Nothofagus pumilio*. 02 de septiembre de 2020, en Scielo. Sitio web: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-686X2015000100007

Ramajo, Luis (2014). Manual de técnicas de estabilización biotécnica en taludes de infraestructuras de obra civil. Córdoba, Argentina: Universidad de Córdoba.

Rivera, Nathaly (2014). Escalas de producción en economías mineras. El caso de Chile en su dimensión regional. 12 de enero de 2021, en Scielo. Sitio web: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612014000300012

Servicio de Evaluación Ambiental (2014). Guía para la Compensación de la Biodiversidad en el SEIA. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente.

Otros

Consejo Minero, Reporte Anual (2019). Santiago, Chile.

Gajardo, Aníbal (2015). Chile país minero, además del cobre. SERNAGEOMIN.

Golder Associates (2007). Mapa unidades geológicas Isla Riesco. En: Estudio de impacto ambiental Mina Invierno, figura 4.6.1.

I.M. Río Verde (2018). PLADECO Río Verde 2018-2022. Villa Ponsomby, Chile.

SKR Consulting (2010). Obras de intercepción, desvío y manejo de aguas en rajo invierno. Disposición de obras manejo de aguas y áreas portantes.

SKR Consulting (2010). Obras de intercepción, desvío y manejo de aguas en rajo invierno. Secuencia de construcción de canales

Servicio de Evaluación Ambiental (2014). Guía para la Compensación de la Biodiversidad en el SEIA. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente.

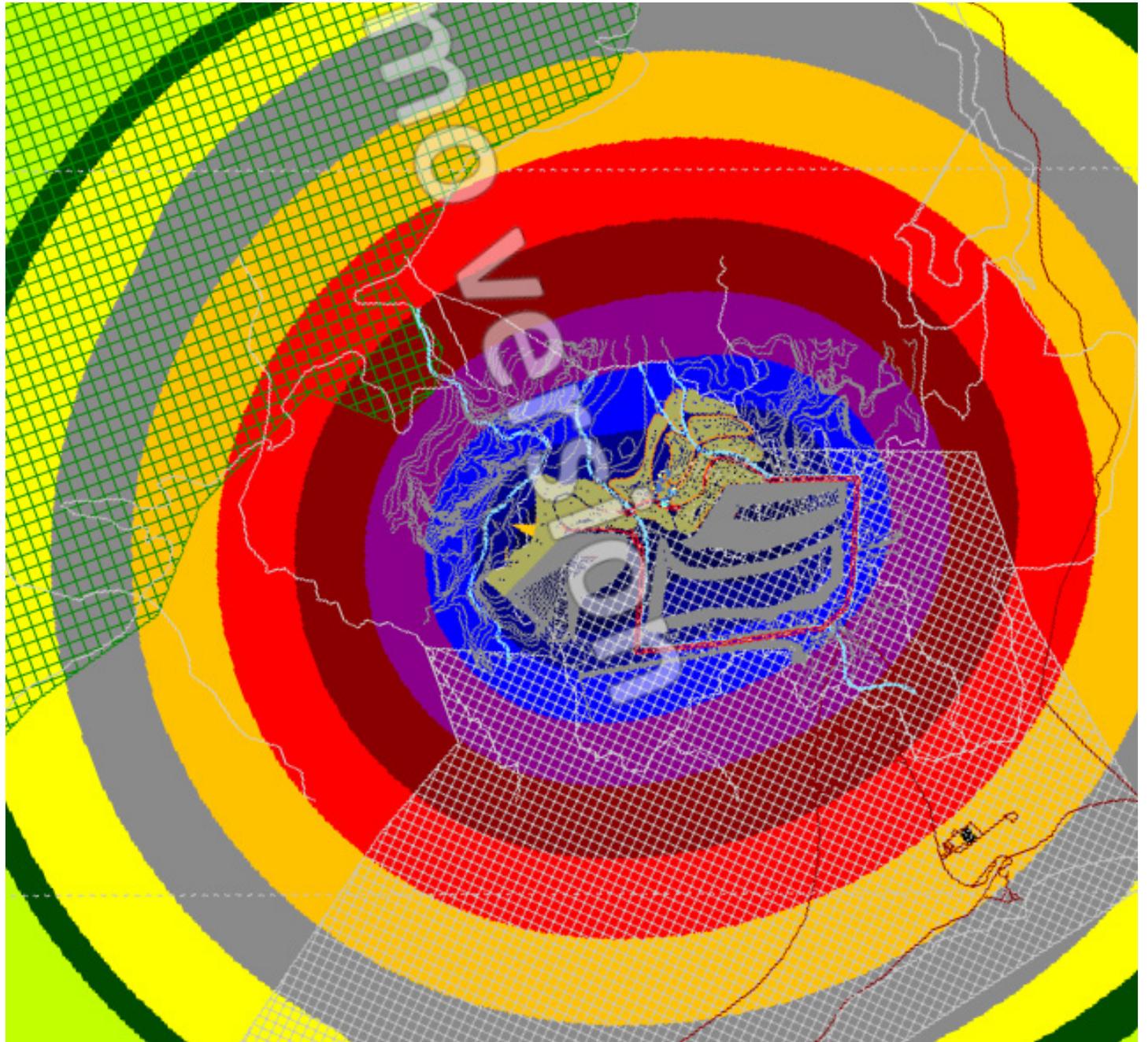
Superintendencia de Medio Ambiente (2013). Fiscaliza-

ción ambiental Mina Invierno. Gobierno de Chile.

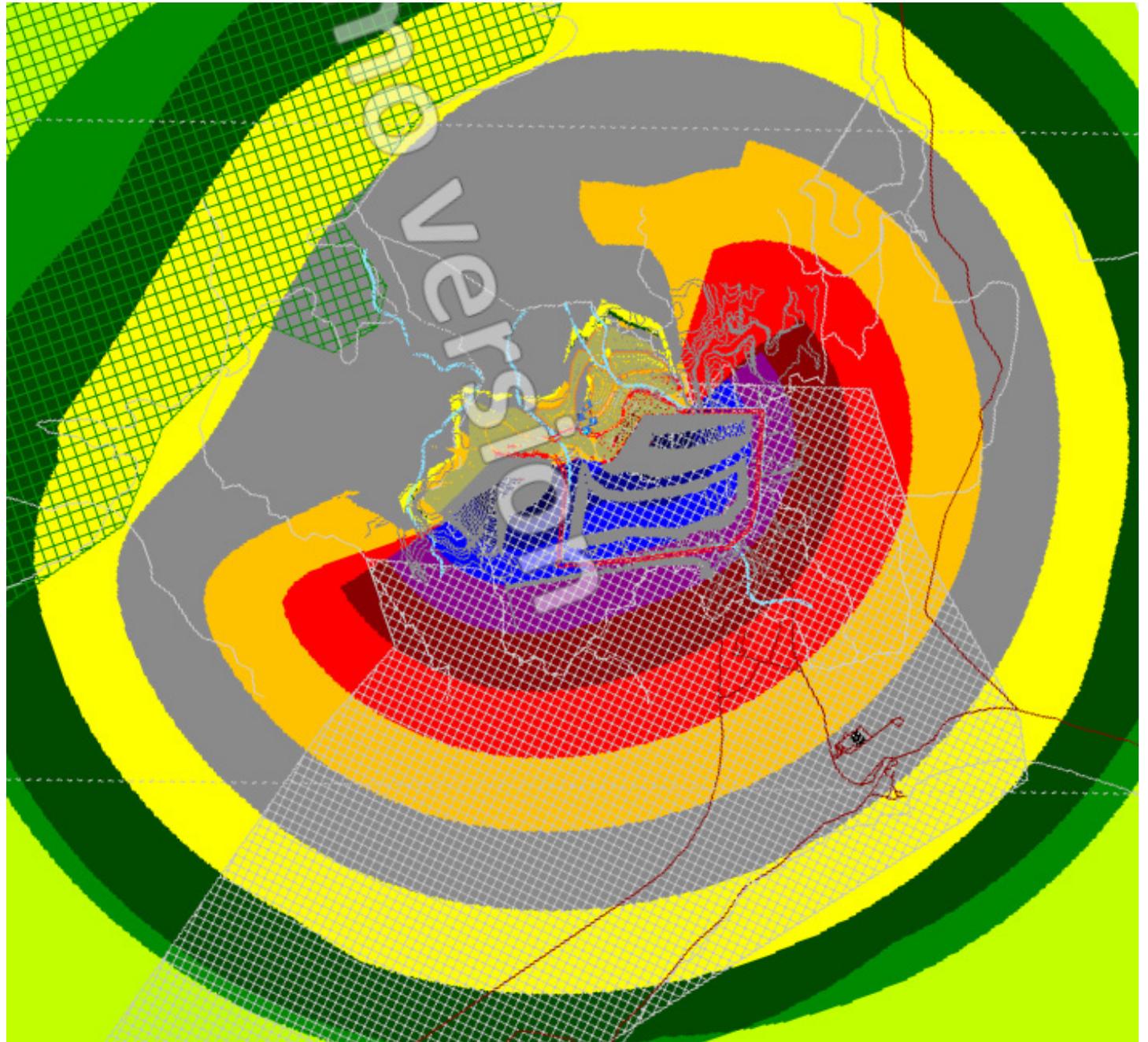
Anexos



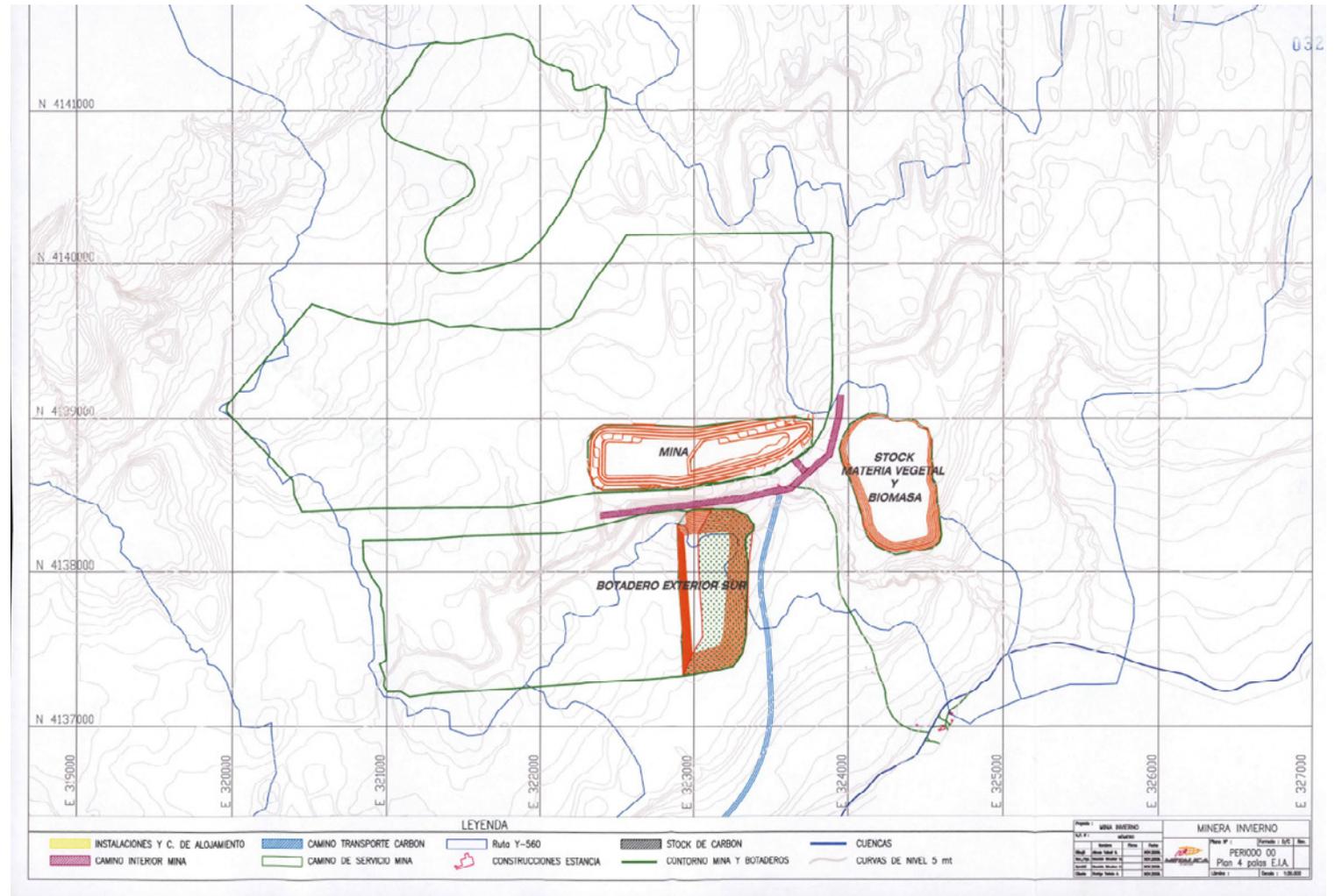
*Img 82. Fotografía del retiro de las tolvas de los camiones mineros.
Fuente: Ovejero Noticias.*



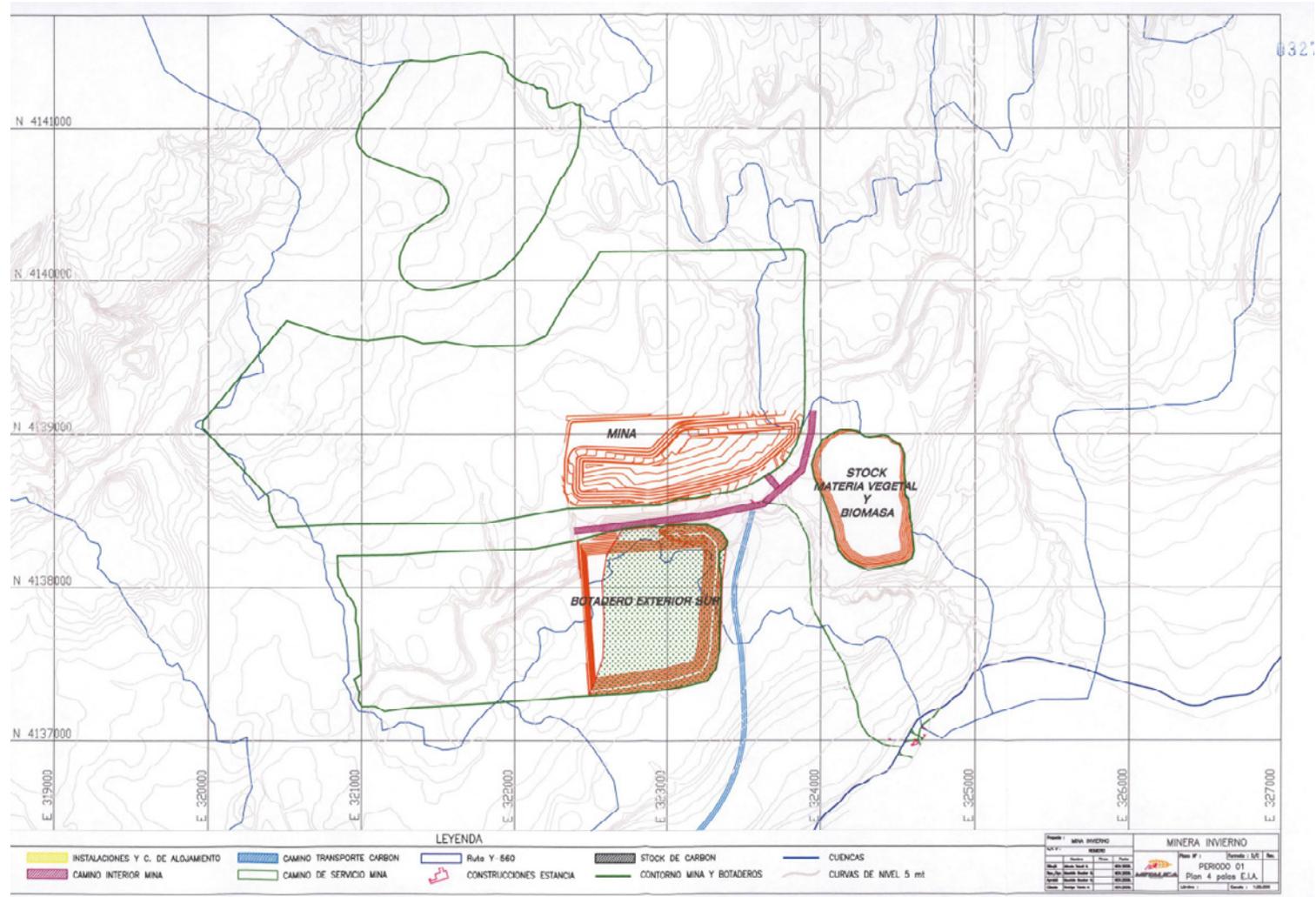
Anexo 1. Estudio de impacto acústico de tronaduras sin considerar la reorganización de escombros propuesta. Fuente: Elaboración propia con simulador CadnaA.



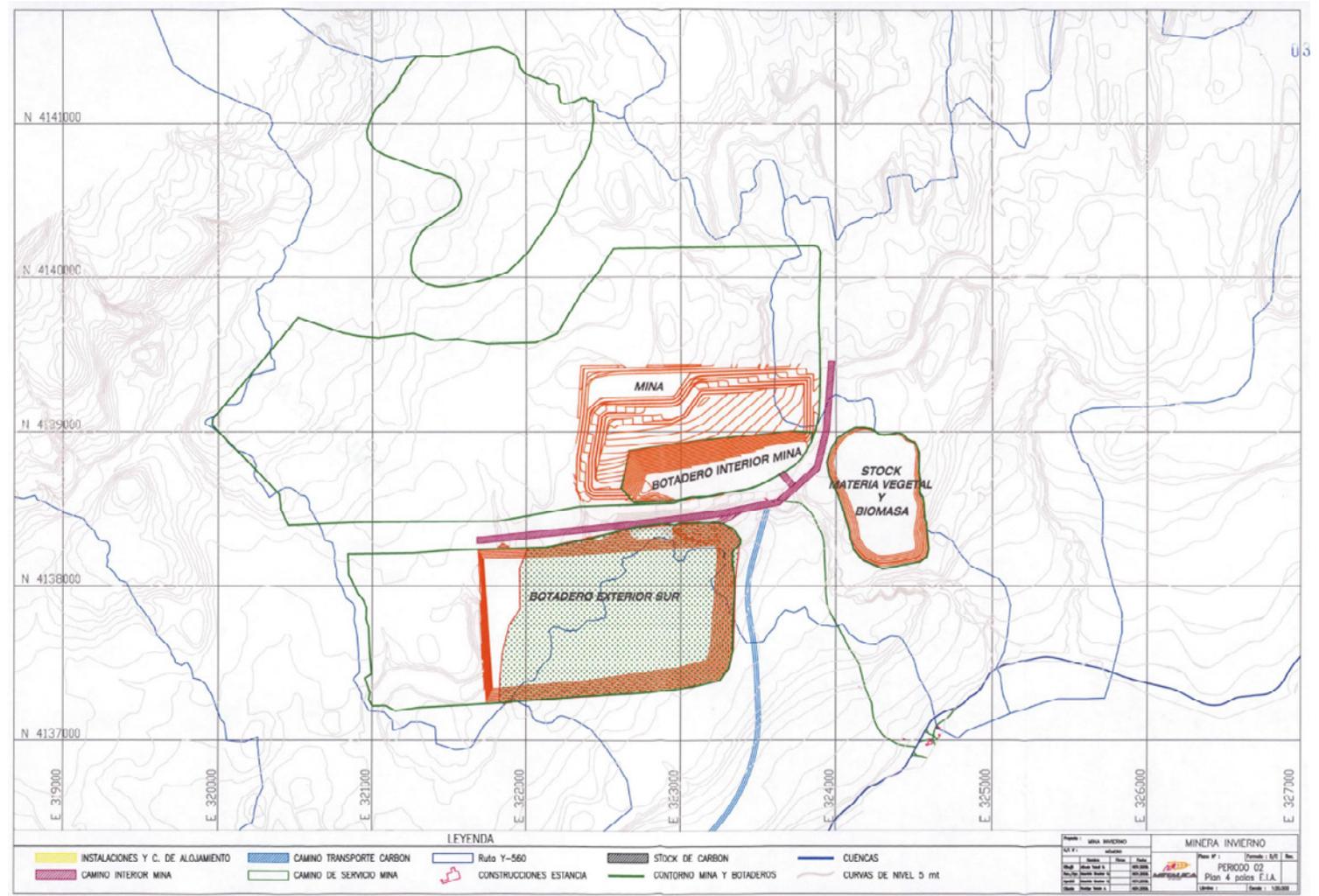
Anexo 2. Estudio de impacto acústico de tronaduras considerando la reorganización de escombros propuesta. Fuente: Elaboración propia con simulador CadnaA.



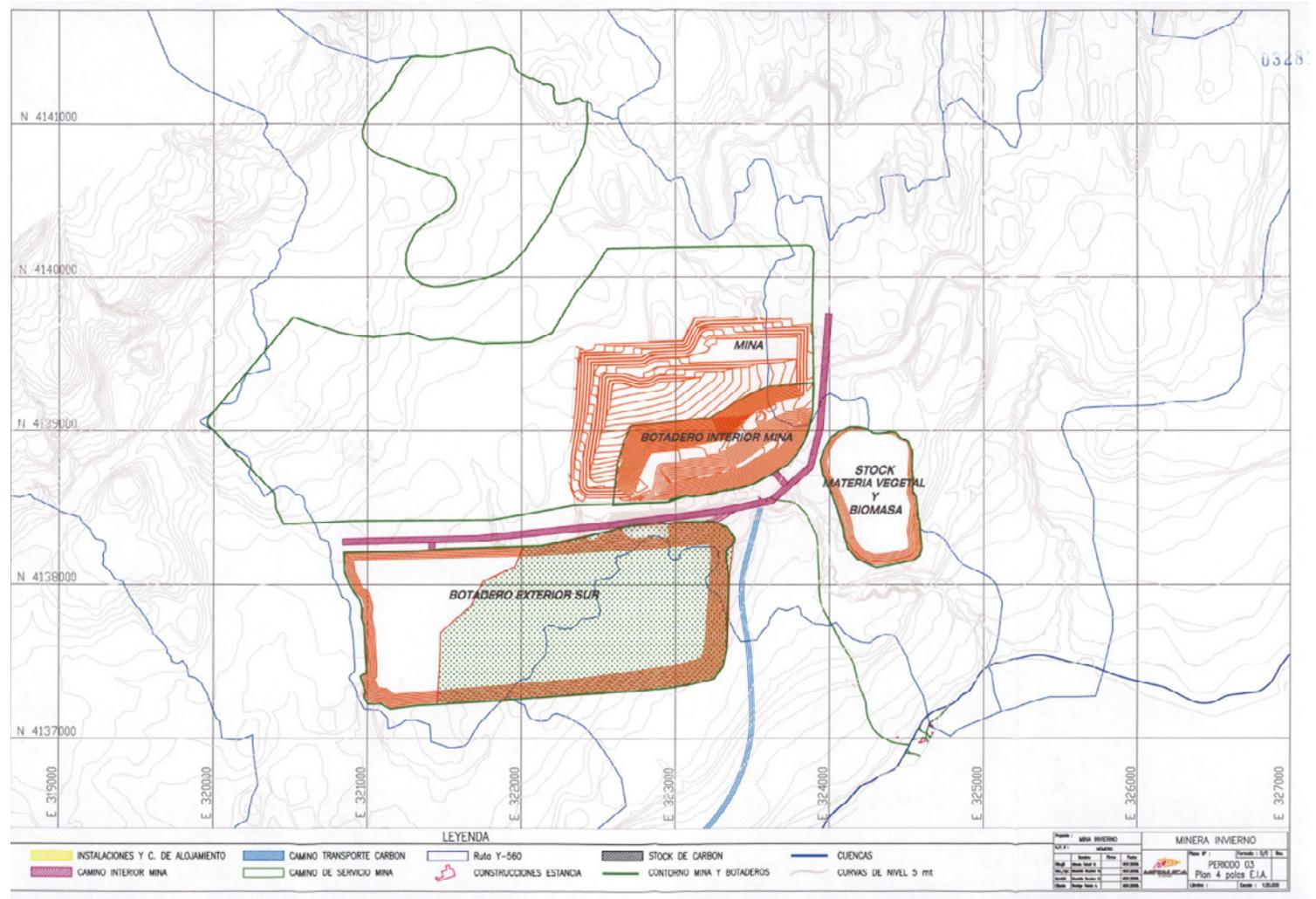
Anexo 3. Plano Mina Invierno periodo 00 (fase constructiva) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



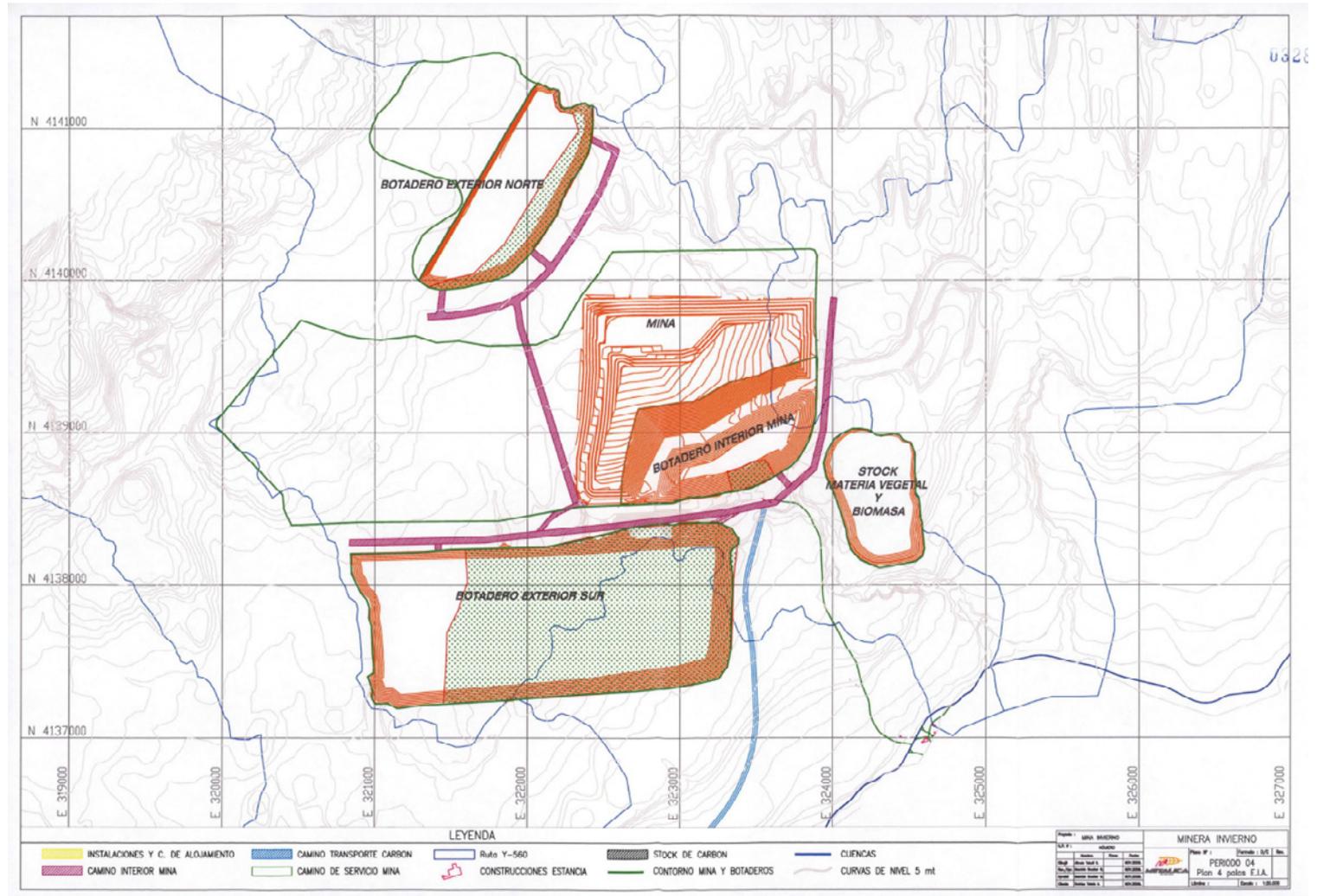
Anexo 4. Plano Mina Invierno periodo 01 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



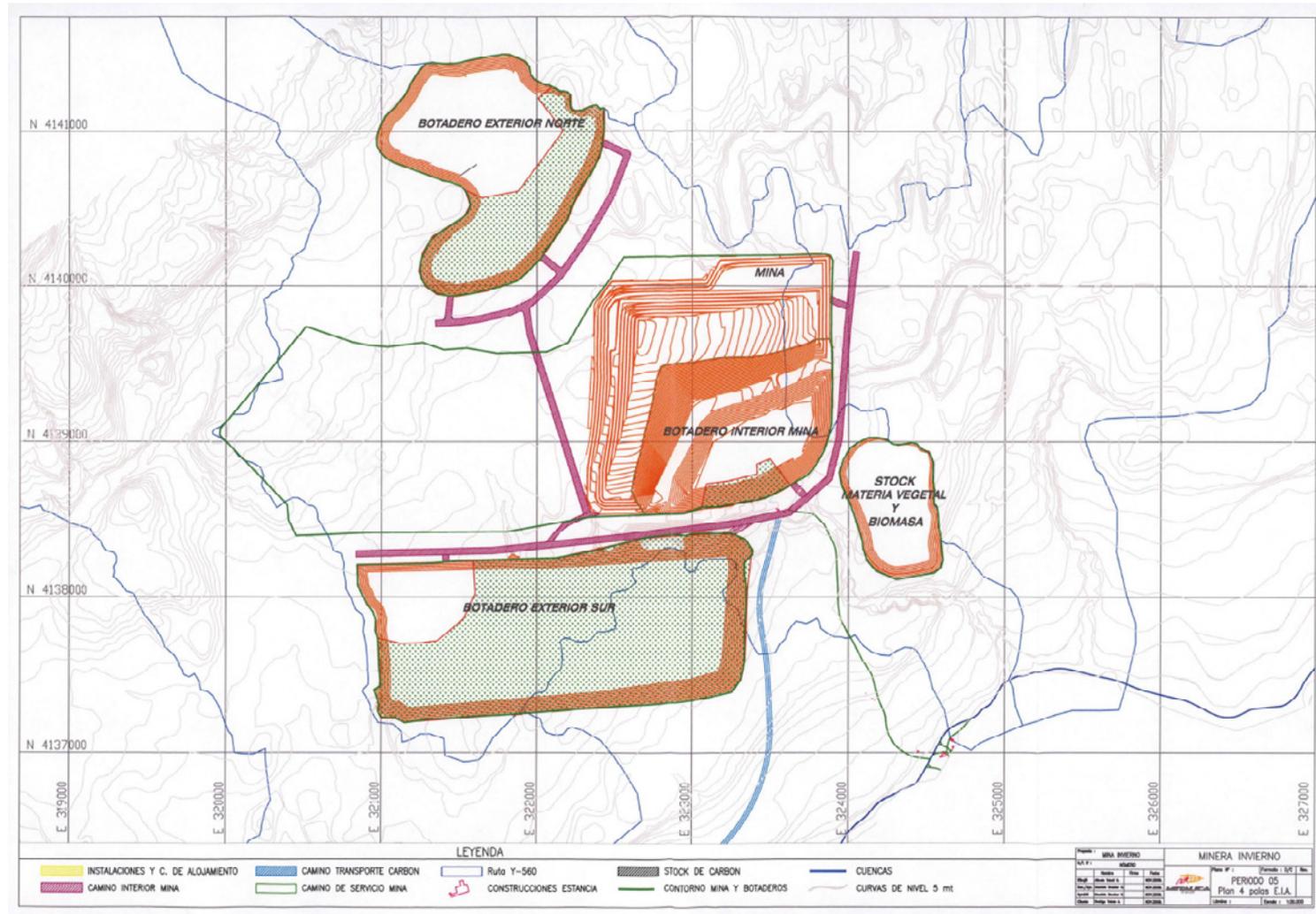
Anexo 5. Plano Mina Invierno periodo 02 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



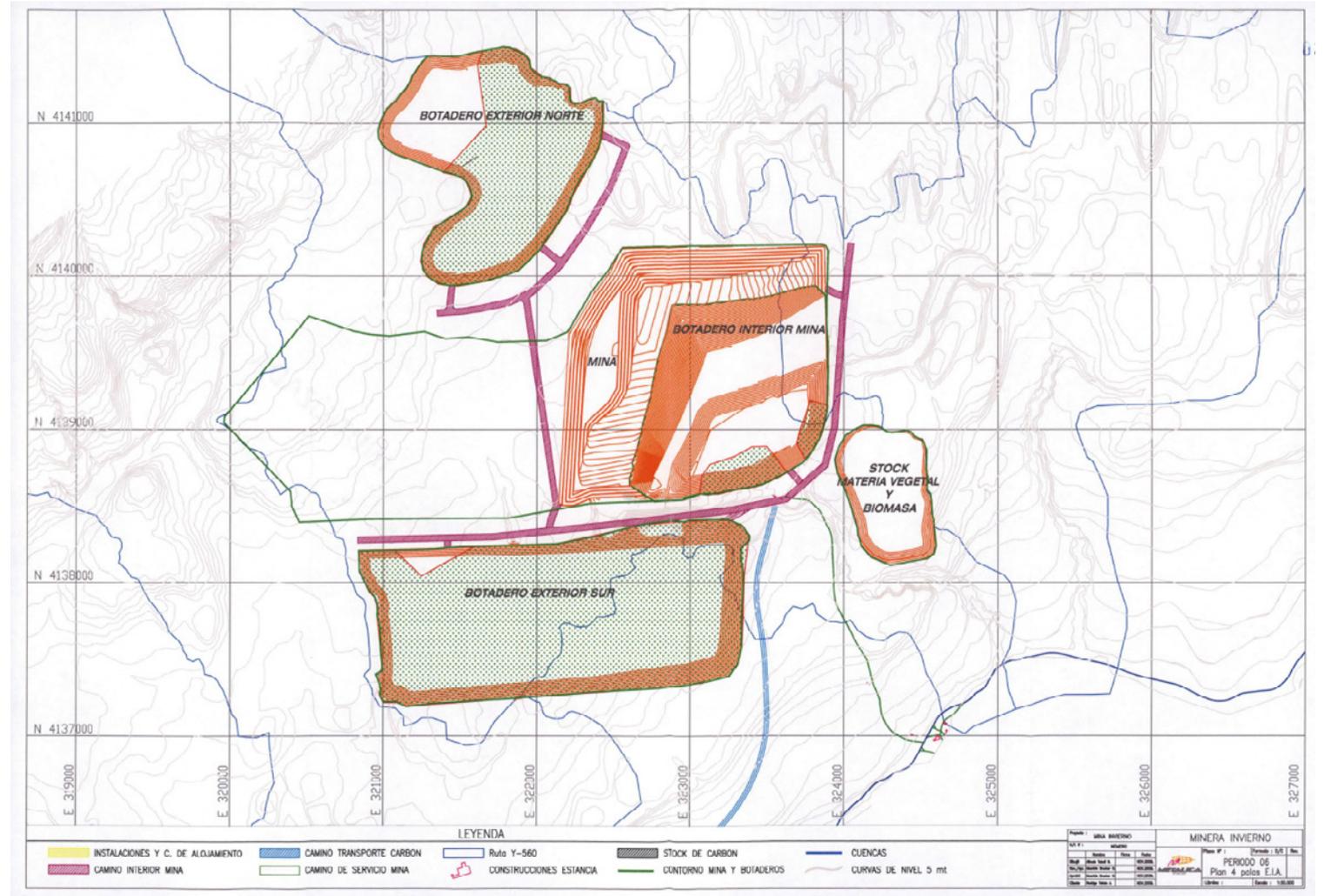
Anexo 6. Plano Mina Invierno periodo 03 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



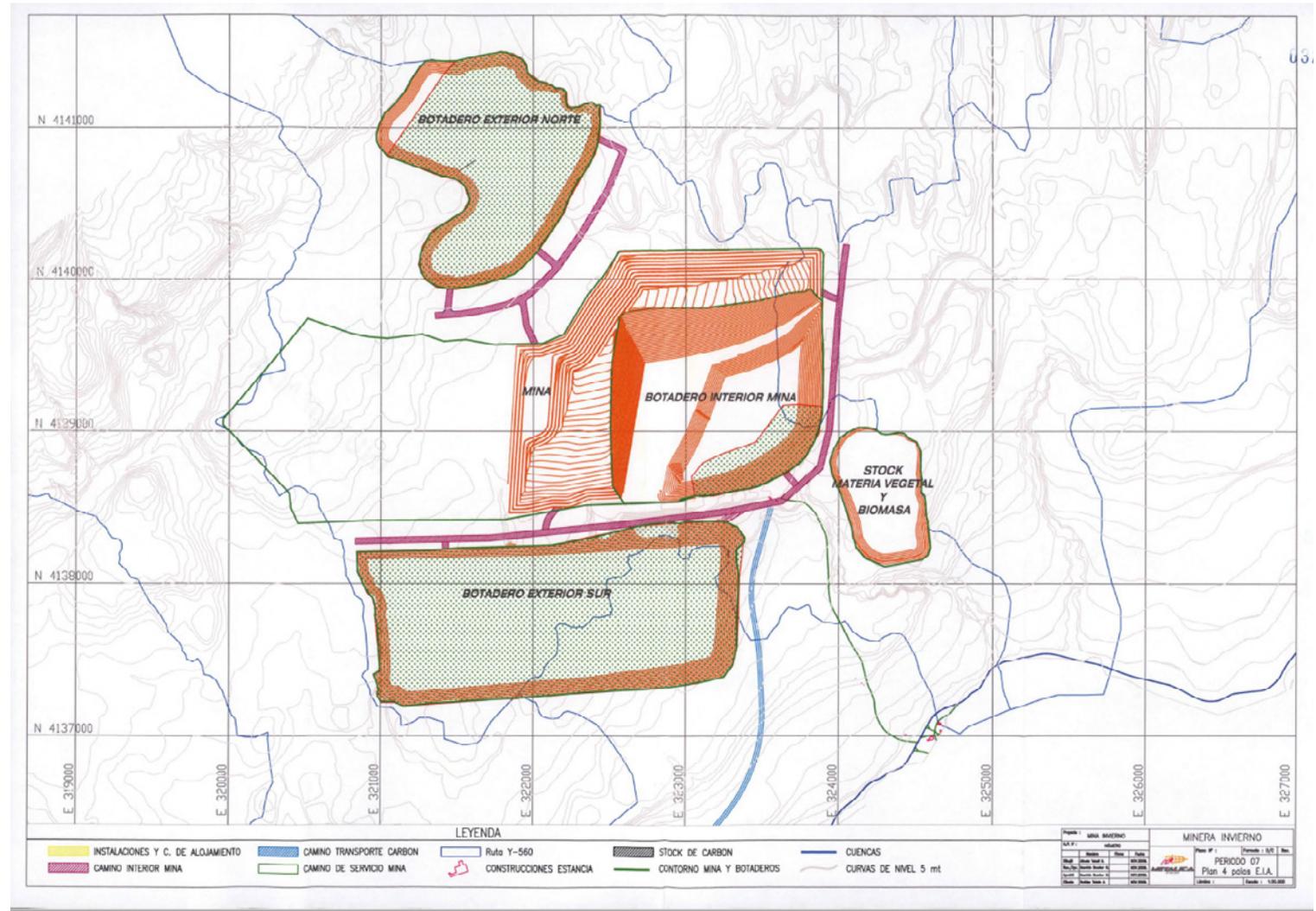
Anexo 7. Plano Mina Invierno periodo 04 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



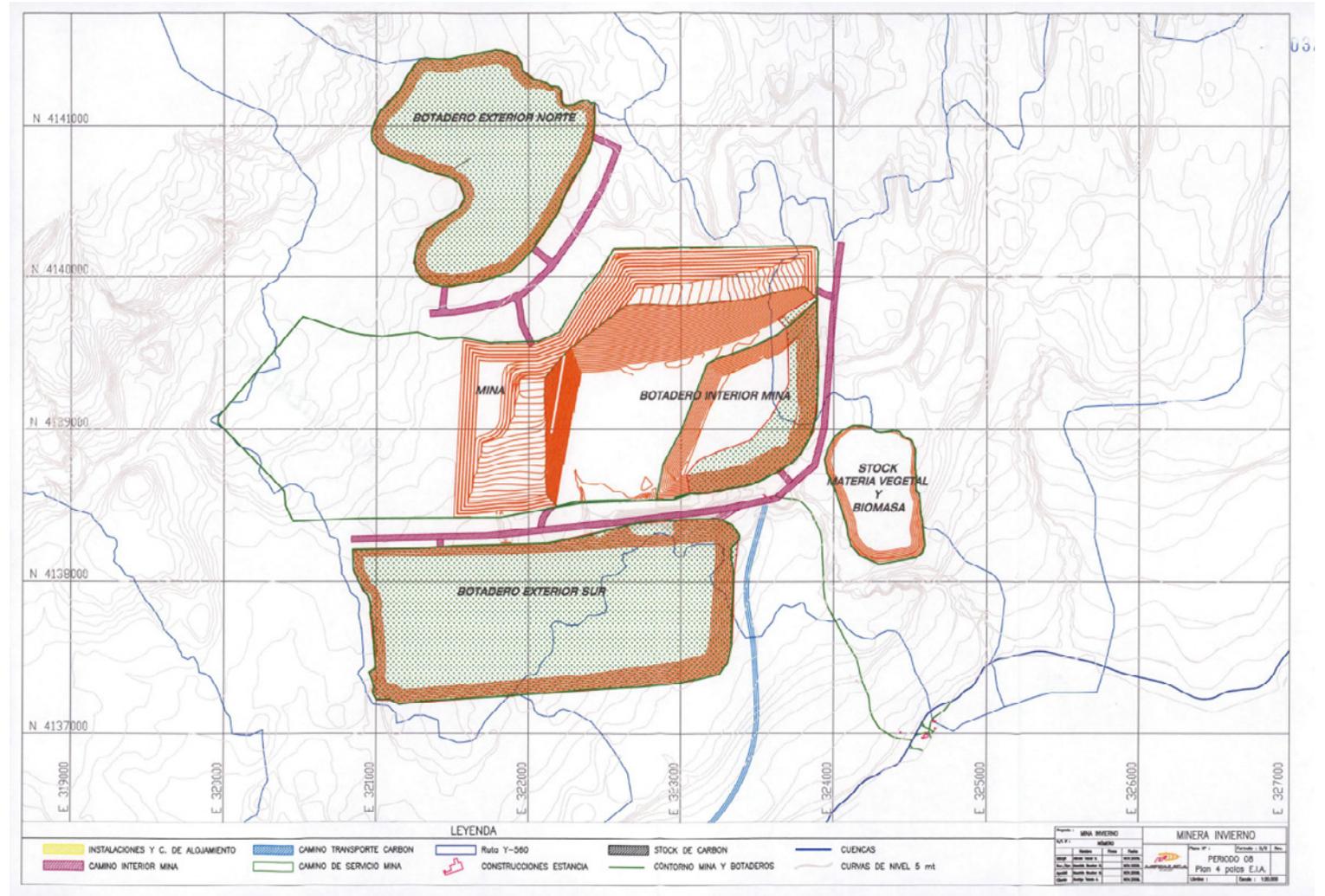
Anexo 8. Plano Mina Invierno periodo 05 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



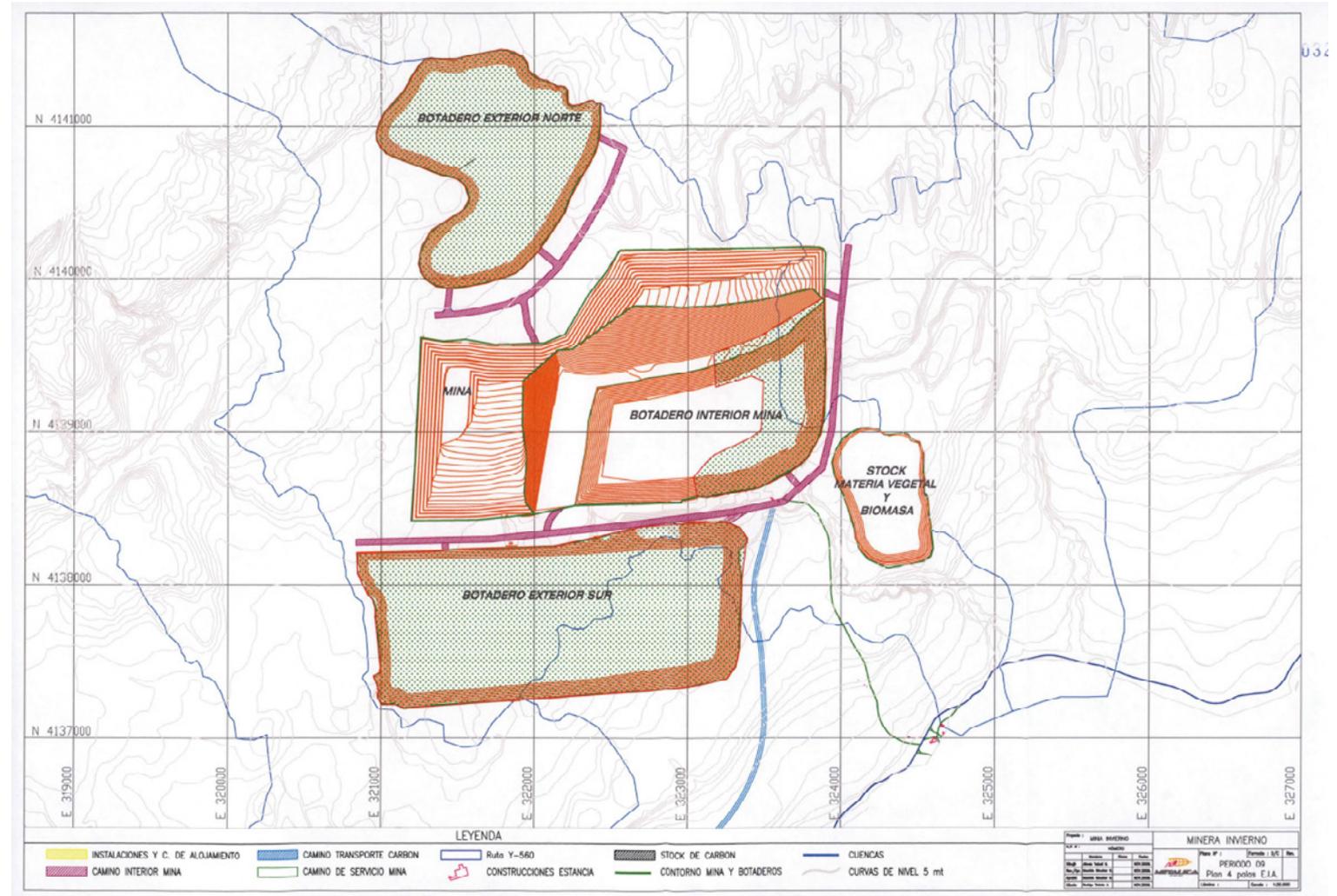
Anexo 9. Plano Mina Invierno periodo 06 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



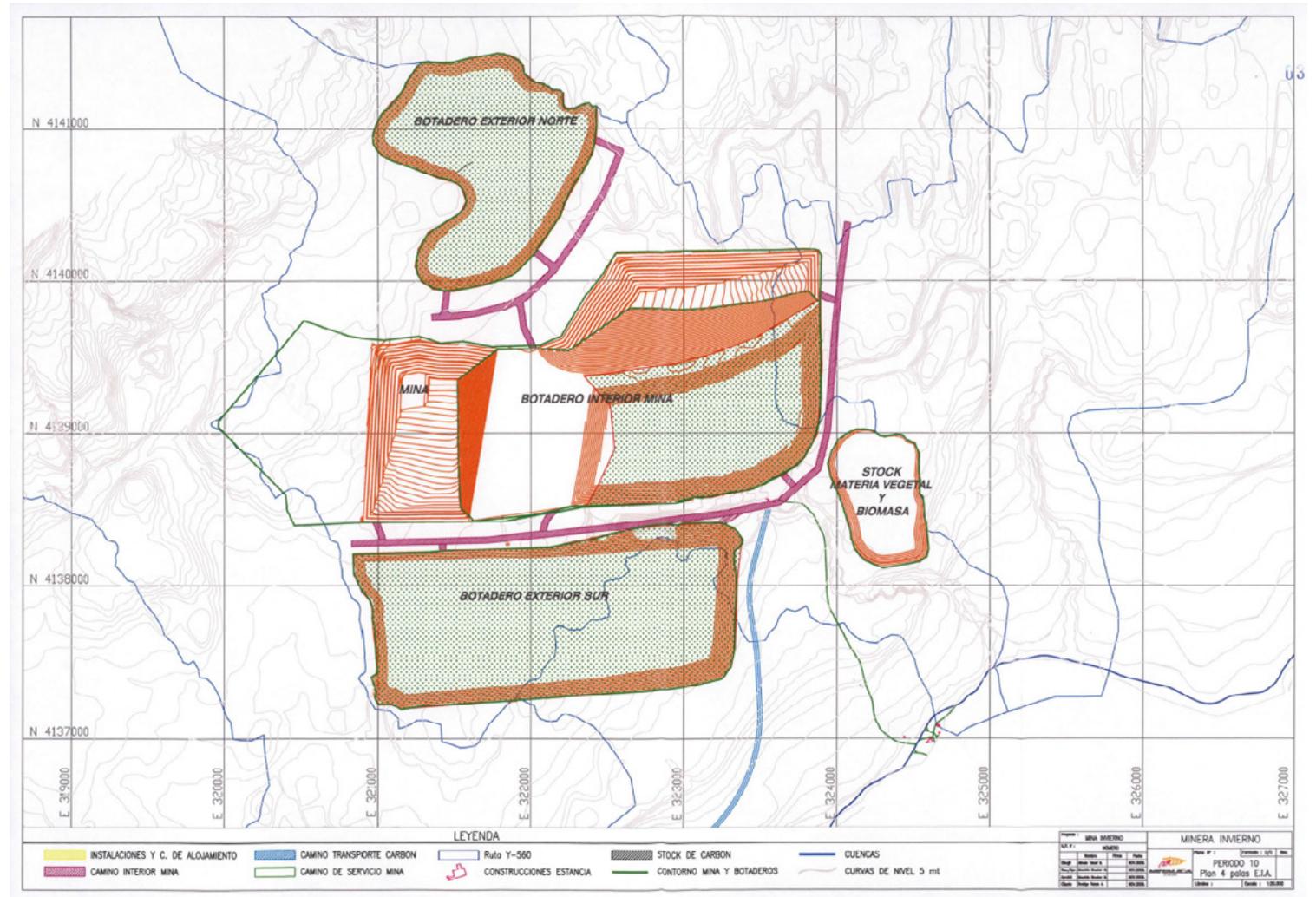
Anexo 10. Plano Mina Invierno periodo 07 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



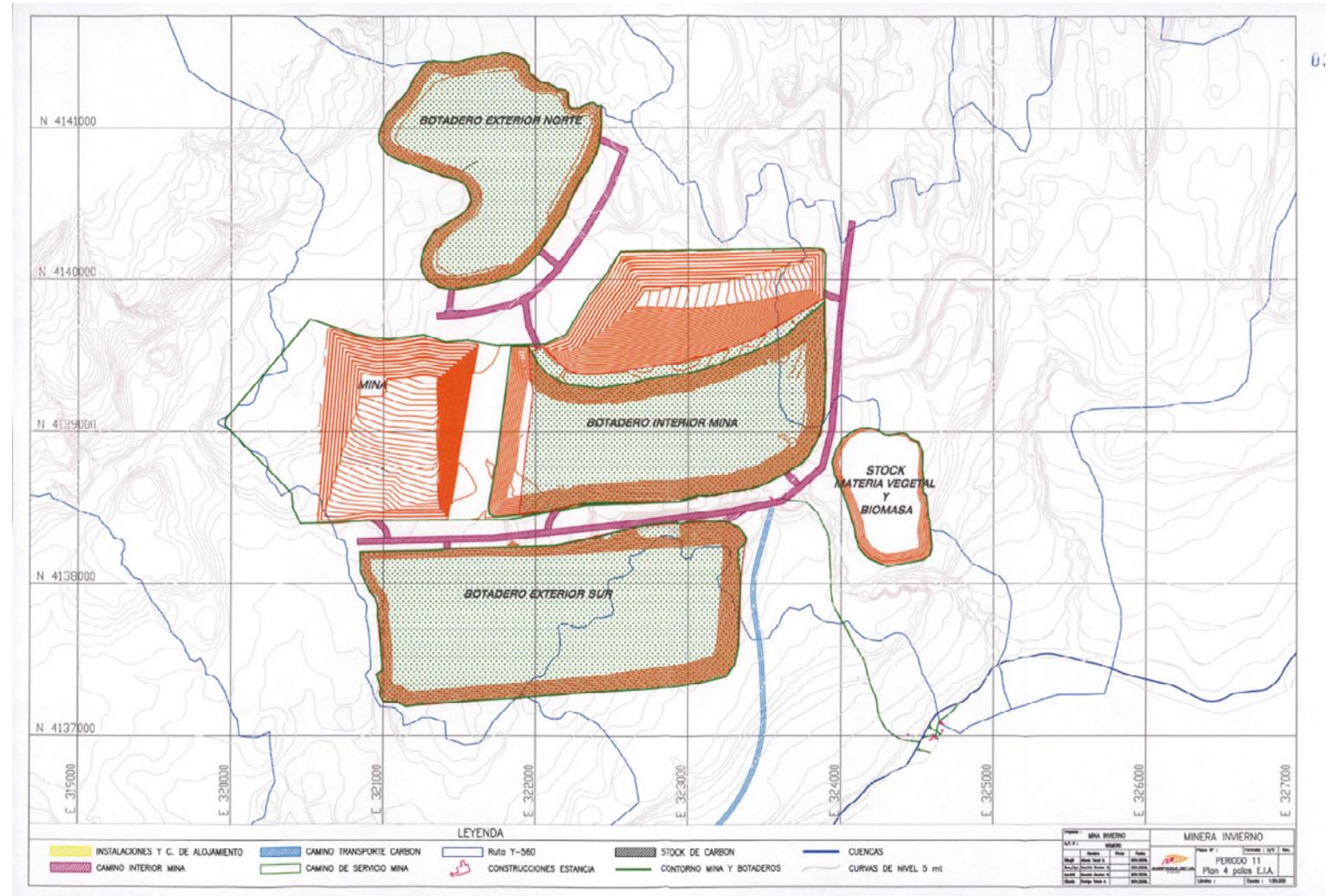
Anexo 11. Plano Mina Invierno periodo 08 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



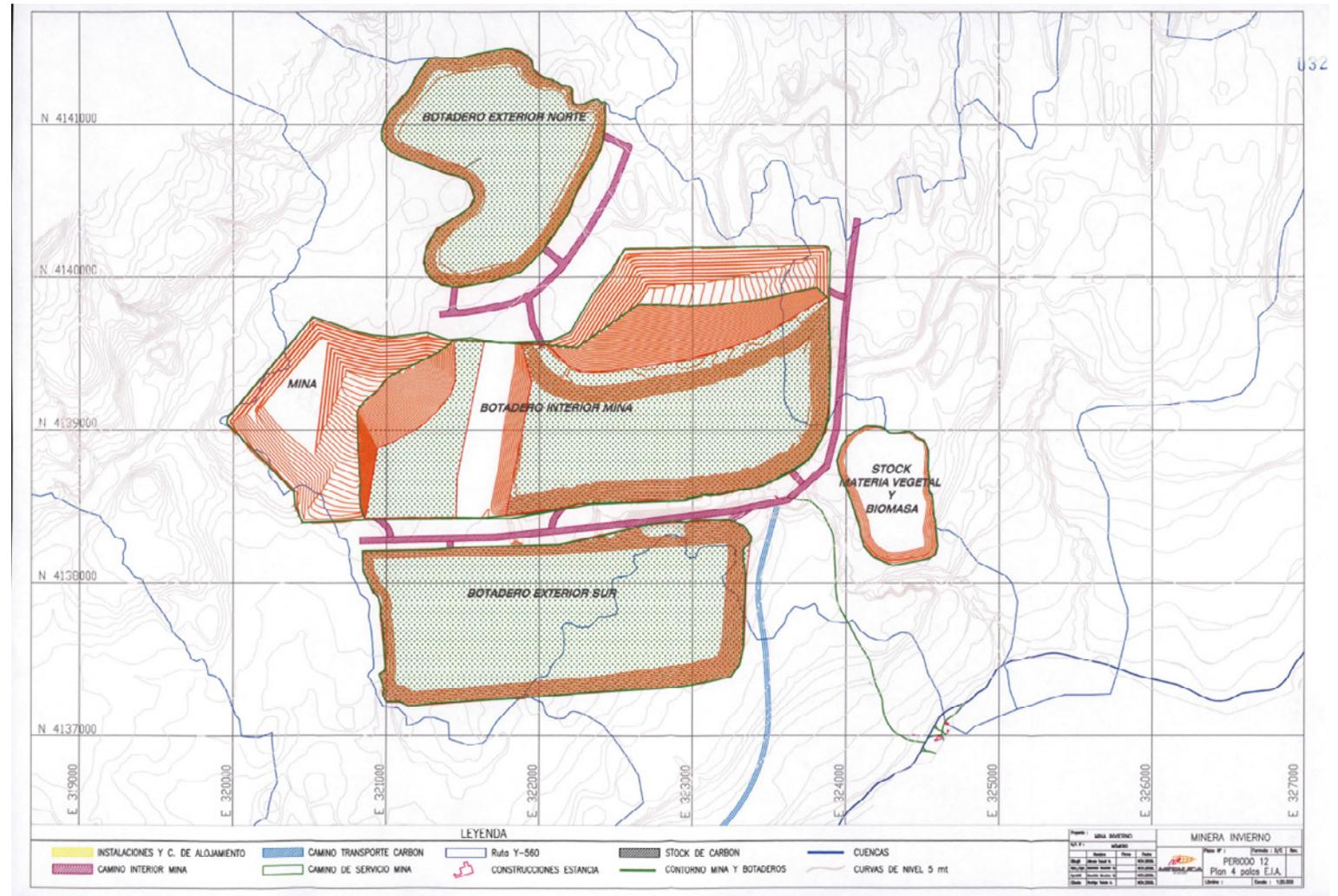
Anexo 12. Plano Mina Invierno periodo 09 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



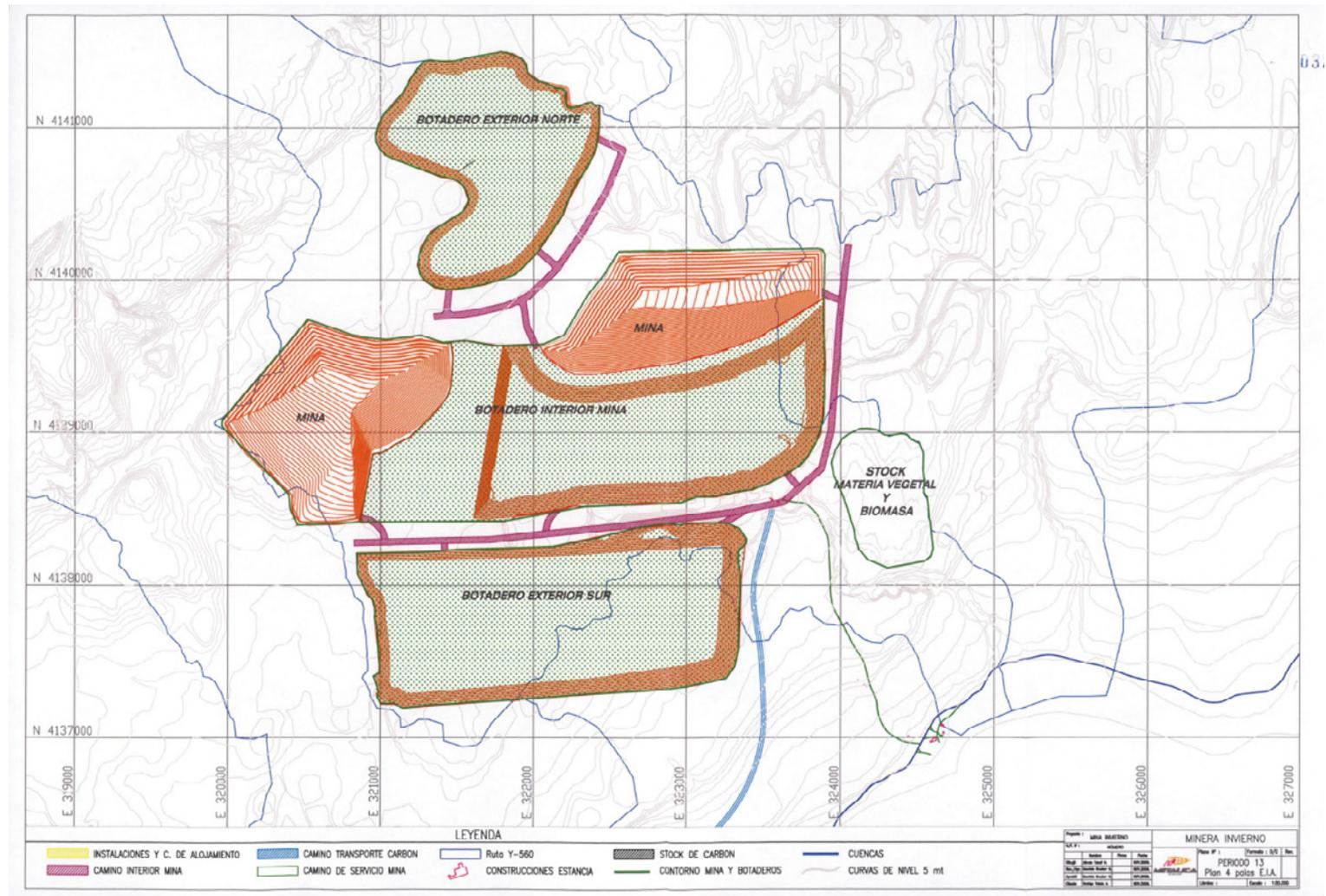
Anexo 13. Plano Mina Invierno periodo 10 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



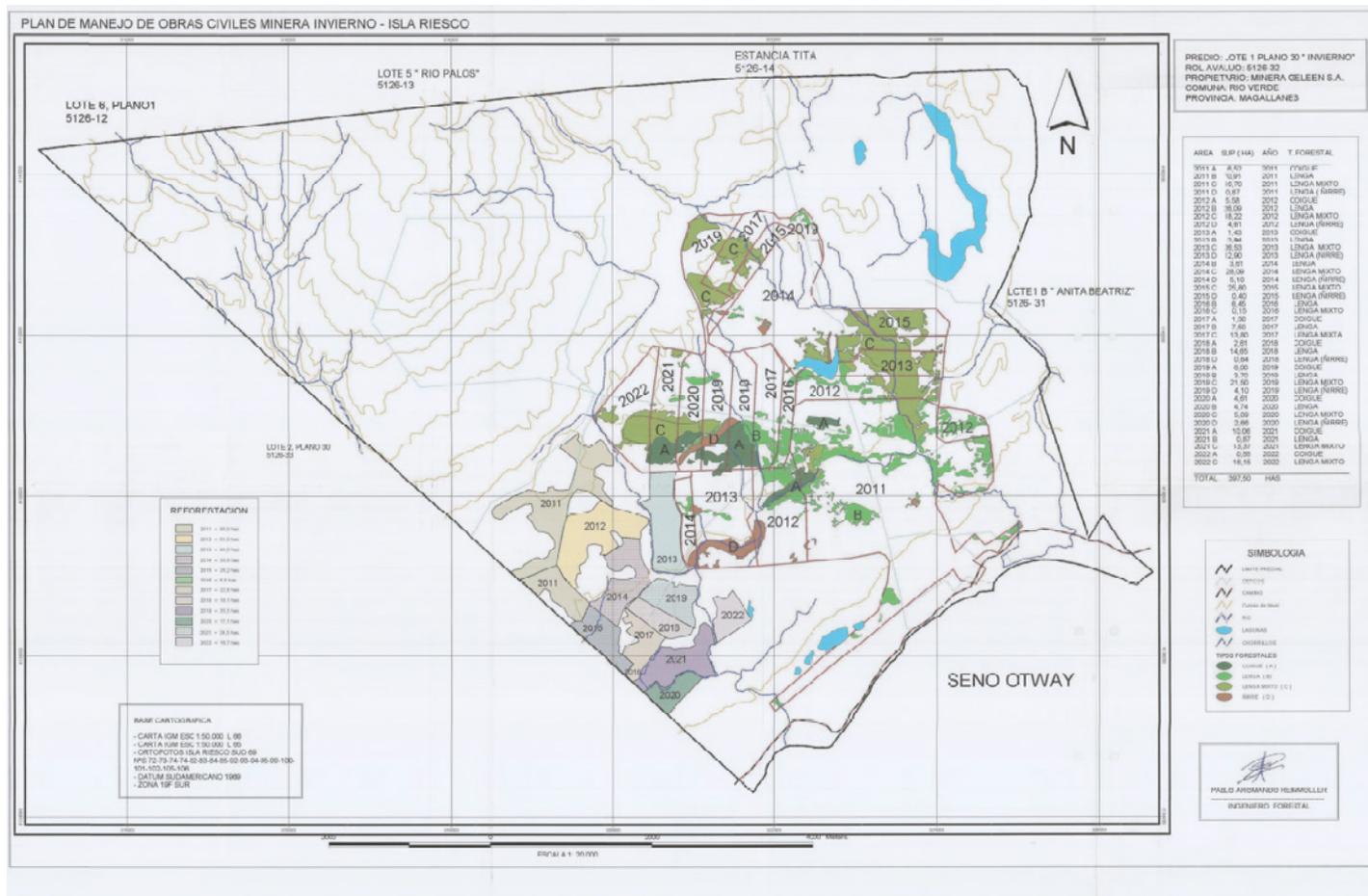
Anexo 14. Plano Mina Invierno periodo II (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



Anexo 15. Plano Mina Invierno periodo 12 (fase operativa) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



Anexo 16. Plano Mina Invierno periodo 13 (fase de cierre) según Proyecto cuatro palas. Fuente: Informe de evaluación ambiental Mina Invierno.



Anexo 17. Plan de Reforestación de la Mina Invierno.