



PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO

Evaluación de Impactos Acumulativos

Preparado por:



B	12.10.11	Revisión y Aprobación Cliente	Pablo Barañao	Ximena Espoz	Pablo Daud	Patricia Alvarado
REV.	FECHA	EMITIDO PARA	PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ	APROBÓ AES Gener
			COD. AES Gener Nº			0
			COD. DAES Nº 103 INF 1			

Contenido

Introducción.....	5
Objetivos del Estudio.....	6
Metodología.....	7
Identificación de requerimientos del IFC para la EIAA.	7
Identificación de brechas y/o diferencias.....	8
Identificación de otros proyectos en el área de influencia del Proyecto.....	8
Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos.....	9
Descripción del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo.....	10
Descripción general de las obras	10
Central Alfalfal II.....	11
Central Las Lajas.....	12
Obras superficiales	13
Captaciones.....	13
Conducciones	14
Cámaras de Carga.....	15
Subestación Eléctrica (SIL)	16
Puentes y Obras Menores de Cruce	16
Obras de Descarga	17
Obras Subterráneas.....	18
Chimeneas de Equilibrio	19
Cavernas de Máquinas	19
Mano de obra	19

Descripción de Etapas del Proyecto	20
Requerimientos de insumos, maquinarias y servicios	21
Flujo vial.....	21
Emisiones, efluentes y residuos	22
Descripción del área de influencia.....	24
Medio Físico.....	24
Medio Biótico	27
Medio Humano y Social	29
Medio Construido.....	29
Uso de Suelo e Instrumentos de Planificación	30
Análisis de Impactos Ambientales Acumulativos.....	31
Identificación de potenciales Impactos Ambientales Acumulativos.....	31
Relación de potenciales IAA con componentes del ecosistema, otros proyectos y otras partes interesadas.....	33
Análisis de IAA durante Etapa de Construcción.....	38
IAA sobre la continuidad de los cursos de agua	38
IAA sobre la calidad del agua superficial.....	41
IAA sobre la calidad del aire	41
IAA sobre el flujo vial.....	43
IAA sobre el medio económico social	47
Análisis de IAA durante Etapa de Operación.....	49
IAA sobre la continuidad de los cursos de agua	49
IAA en la dinámica de sedimentos	52
IAA sobre el flujo vial.....	54
IAA sobre el medio económico social	54
IAA sobre el cambio climático.....	55

Conclusiones	55
Referencias	58

Introducción

Una de las hipótesis que intenta explicar los principales desafíos ambientales y sociales que enfrenta la humanidad (pérdida de biodiversidad, disminución de las poblaciones de peces en los océanos, el cuidado del agua y el cambio climático) dice relación con el resultado que provocan los efectos acumulativos causados por una serie de actividades que, para la mayoría de ellas, se estiman como individualmente insignificantes (Cardinale y Greig, 2012). Es por ello que la evaluación de impactos ambientales acumulativos (IAA) ha adquirido mayor relevancia en la evaluación de proyectos de inversión, lo cual ha sido recogido por las directrices de la Corporación Financiera Internacional (IFC, por sus siglas en inglés) y forma parte de los análisis solicitados para los proyectos que son financiados por esta Corporación.

El presente documento realiza una evaluación de IAA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM), desarrollado por la empresa AES Gener. Éste consiste en un complejo hidroeléctrico compuesto por dos centrales de pasada dispuestas hidráulicamente en serie: Central Alfalfal II y Central Las Lajas. Las obras principales del Proyecto se desarrollan casi en su totalidad en forma subterránea, mediante túneles en presión y casas de máquinas en caverna y una red de aducciones en su mayoría también subterráneas. El Proyecto se emplaza al sur-sureste de la ciudad de Santiago, en la comuna de San José de Maipo, Provincia Cordillera, Región Metropolitana de Santiago, Chile. La potencia instalada total suma 531 MW, la que será entregada al Sistema Interconectado Central (SIC) mediante una línea de transmisión.

El Proyecto fue aprobado ambientalmente por las autoridades chilenas el año 2009, a través de la Resolución Exenta N° 256, de fecha 30 de marzo de 2009, de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana (en adelante, RCA 256/09 o permiso ambiental), sobre la base de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) ingresado con fecha 29 de mayo de 2008 al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

El SEIA de Chile corresponde a un proceso normado, establecido por la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, mediante el cual son calificados todos los proyectos susceptibles de causar impactos ambientales; de acuerdo a las disposiciones de la citada Ley, el proyecto debe ingresar al Sistema mediante un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) cuando aquel puede generar o presentar efectos ambientales significativos. A través de este proceso, además, se realiza un proceso de participación ciudadana que permite la incorporación de las observaciones o comentarios de las partes interesadas que deseen participar de este proceso, las que se pueden traducir posteriormente en medidas de mitigación, compensación o reparación aprobadas por las autoridades ambientales. Uno de los requisitos establecidos en la reglamentación que regula el SEIA chileno, es la necesidad de que en la predicción y evaluación de los impactos ambientales considere, según corresponda, los impactos directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos.

Por lo tanto, si bien el SEIA en Chile incorpora el requisito de realizar una evaluación de IAA, y si bien éste no hace referencia directa a los documentos del IFC relacionados con estas materias¹, mediante la tramitación ambiental en el SEIA a que se sometió el proyecto PHAM se ha dado cumplimiento a la mayoría de estas exigencias y requerimientos.

Para realizar esta evaluación de IAA del PHAM se consideraron los siguientes proyectos, existentes y potenciales, que pudieran tener efectos acumulativos: centrales en operación que AES Gener posee en el Complejo Cordillera (centrales Alfalfal I, Maitenes, Queltehues y Volcán, más las líneas y subestaciones asociadas), central Guayacán, actividades mineras en el área, embalse El Yeso, proyecto de exploración minera Los Piches, proyecto de interconexión entre el Embalse El Yeso y el Acueducto Laguna Negra, el mejoramiento de la Ruta G-25 y la exploración minera Córdor.

Para cada impacto ambiental acumulativo detectado entre el PHAM y los otros proyectos revisados, se analizó su efecto sobre los componentes valorados del área del proyecto, los que fueron identificados siguiendo las recomendaciones del IFC como los siguientes: continuidad del río, caudal de los cursos de agua, calidad del agua superficial, dinámica de sedimentos, medio económico social, infraestructura local, calidad del aire y cambio climático.

Finalmente, en los casos que se detectaron impactos acumulativos que pudieran afectar algún componente valorado del área del proyecto, se analizó el efecto de este impacto sobre otras actividades o partes interesadas que se encuentren y/o desarrollen en la cuenca, los que incluyeron actividades de *rafting*, excursionismo, restaurantes, hoteles, campings, además de las actividades ya identificadas como proyectos existentes o potenciales del sector.

De esta manera, el presente documento analizó la evaluación de impacto ambiental realizada por el proyecto en el marco del SEIA chileno y verificó el cumplimiento de los estándares internacionales recomendados para la evaluación de IAA, identificando especialmente aquellos aspectos no incluidos en la evaluación y que pudieran requerir de un análisis complementario. Adicionalmente, para aquellos impactos ambientales acumulativos no necesariamente considerados explícitamente por el SEIA chileno y/o en el EIA del Proyecto – pero requeridos por las directrices del IFC-, se realizó una evaluación de éstos y se propusieron medidas de mitigación o compensación, cuando se consideró necesario.

Por lo tanto, este informe complementa el EIA del PHAM en lo referente a la evaluación de IAA de tal manera de dar cabal cumplimiento a las directrices del IFC en este sentido.

Objetivos del Estudio

El objetivo general del presente documento consiste en evaluar los impactos ambientales acumulativos (IAA) del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM), que la empresa AES

¹ IFC, Norma de Desempeño 1: Evaluación y gestión de los riesgos e impactos ambientales y sociales (2012).

Gener desarrolla en el sector cordillerano de la Región Metropolitana, Chile, sobre los componentes valorados del ecosistema.

Para ello, el estudio contempla los siguientes objetivos particulares:

- a) Identificar la aplicación de los requerimientos del IFC para la evaluación de IAA durante la tramitación del PHAM en el SEIA.
- b) Identificar las diferencias entre la evaluación ambiental realizada y los estándares internacionales en cuanto a la evaluación de IAA.
- c) Identificar potenciales proyectos en el área de influencia del PHAM y que podrían tener impactos ambientales adversos acumulativos con el proyecto en evaluación.
- d) Realizar una evaluación de aquellos IAA sobre componentes valorados del ecosistema, de acuerdo a directrices del IFC, de modo de complementar los análisis realizados durante la tramitación ambiental del proyecto en el SEIA.
- e) En caso de verificarse que algunos impactos ambientales del proyecto actúen de manera sinérgica o acumulativa con los efectos de otros proyectos o actividades, analizar si éstos tienen el potencial de afectar, en el corto o en el largo plazo, aquellos componentes valorados del ecosistemas identificados previamente y/o actividades o a otras partes interesadas del área de influencia del Proyecto, y eventualmente establecer el grado en que ello puede ocurrir.

Metodología

Identificación de requerimientos del IFC para la EIAA.

La identificación de los criterios y/o requerimientos establecidos en las directrices del IFC se realizó mediante la revisión de los siguientes documentos:

- a) Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social, Norma de Desempeño 1: Evaluación y gestión de los riesgos e impactos ambientales y sociales, IFC, enero de 2012.
- b) Good Practice Note: Cumulative Impact Assessment and Management: Guidance for Private Sector in Emerging Market – International Finance Corporation Cardinales et al, presentado en el Congreso Internacional de la IAIA, Energy Future: The Role of Impact Assessment, Porto, Portugal, Mayo-Junio de 2012.

- c) Managing cumulative effects of cascade hydropower development Challenges and options, Boulet, E. y Beaulac, G., Energy Future: The Role of Impact Assessment, Porto, Portugal, Mayo-Junio de 2012.

Identificación de brechas y/o diferencias

Una vez identificados los criterios y/o requerimientos establecidos en las directrices del IFC para la evaluación de IAA, se revisaron todos los documentos que formaron parte de la evaluación ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, disponibles en el sitio web del Servicio de Evaluación Ambiental de Chile, identificando aquellos criterios y/o requerimientos a los cuales se les dio cabal aplicación, aquéllos a los que se les dio aplicación parcial y aquéllos que no fueron abordados en dicho proceso (por cuanto no eran requisito del SEIA chileno), constituyendo estos últimos dos grupos las brechas identificadas.

Los principales documentos revisados fueron:

- a) Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo
- b) Adenda N°1 del EIA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo
- c) Adenda N°2 del EIA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo
- d) Adenda N°3 del EIA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

Identificación de otros proyectos en el área de influencia del Proyecto

La identificación de otros proyectos en el área de influencia del PHAM se dividió en: aquéllos ya desarrollados y/o en ejecución, y aquéllos futuros con potencial de ser desarrollados.

Los proyectos ya desarrollados fueron identificados por haber sido incluidos en la propia descripción del PHAM, en su evaluación ambiental o en su descripción de línea de base. De esta manera, en relación a estos proyectos, la evaluación ambiental realizada para el proyecto PHAM es, en realidad, una evaluación de impactos ambientales acumulativos.

Por su parte, para efecto de identificar otros futuros proyectos en el área de influencia del PHAM se revisaron todos los proyectos ingresados al SEIA, incluyendo tanto aquéllos aprobados como aquéllos rechazados o en tramitación, y que no necesariamente fueron considerados en la evaluación ambiental del PHAM. Este criterio tiene por objetivo realizar una selección conservadora, pues en el largo plazo es posible que incluso los proyectos rechazados actualmente puedan volver a ingresar y obtener una calificación ambiental favorable.

Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos

Tal como se indicó en la metodología, la evaluación de los Impactos Ambientales Acumulativos se basó en la aplicación de los criterios y/o requerimientos establecidos directrices del IFC, la que se describe brevemente a continuación.

“En los casos en que el proyecto incluya elementos físicos, aspectos e instalaciones identificados específicamente que tienen probabilidades de generar impactos, los riesgos e impactos ambientales y sociales se analizarán en el contexto de la zona de influencia del proyecto. Esta zona de influencia comprende, según corresponda:

(...)

Los impactos acumulativos (resultantes del impacto incremental) sobre zonas o recursos empleados o afectados directamente por el proyecto, producidos por otras construcciones existentes, planeadas o razonablemente definidas en oportunidad de realizar el proceso de identificación de riesgos e impactos.” (IFC, 2012)

En cuanto a la definición de IAA, el IFC los define de la siguiente manera:

“Los impactos acumulativos se limitan a aquellos impactos que suelen considerarse importantes conforme a criterios científicos y sobre la base de las inquietudes expresadas por las comunidades afectadas. Son ejemplos de impactos acumulativos la contribución adicional de emisiones de gases en una cuenca aérea; la reducción del caudal de agua en una cuenca hidrográfica a causa de múltiples extracciones; los aumentos de las cargas de sedimentos que recibe una cuenca hidrográfica; la interferencia con las rutas migratorias o de desplazamiento de fauna, o un aumento de la congestión de tránsito y de los accidentes a causa del aumento del tráfico vehicular en las vías de tránsito de la comunidad.” (IFC, 2012)

Cabe señalar que estos criterios son coincidentes con los propuestos por Cardinales et al. (2012), por lo que se siguieron las mismas establecidas por el IFC (2012).

Por lo tanto, para la identificación de los IAA del PHAM se basó en la identificación específica de estos impactos levantados durante la tramitación ambiental del Proyecto y en el proceso de participación ciudadana y en la identificación general realizada por Boulet y Beaulac (2012) para la gestión de IAA en el desarrollo de proyectos hidroeléctricos en cascada, como lo es precisamente el PHAM.

Descripción del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

El Proyecto consiste en un complejo hidroeléctrico compuesto por dos centrales de pasada dispuestas en serie hidráulica: la Central Alfalfal II y la Central Las Lajas. Las obras se desarrollan casi en su totalidad en forma subterránea mediante túneles en presión, casas de máquinas en caverna y una red de aducciones en su mayoría también subterráneas. El proyecto se emplazará al sur-sureste de la ciudad de Santiago, en la comuna de San José de Maipo, Provincia Cordillera, Región Metropolitana de Santiago (ver Figura 1). El PHAM tendrá una potencia instalada de 531 MW y generará en promedio 2.350 GWh anuales, que serán entregados al Sistema Interconectado Central (SIC) mediante una línea de transmisión.

Descripción general de las obras

El Proyecto se insertará en la cuenca alta del río Maipo. La nueva central “Alfalfal II” se localizará en la subcuenca del río Colorado, aguas abajo de la actual Central Hidroeléctrica Alfalfal I, de propiedad del AES Gener, mientras que la segunda central “Las Lajas” se ubicará en la ribera sur del río Colorado, sector El Sauce. La central Alfalfal II aprovechará las aguas provenientes de la zona alta de los ríos Volcán y Yeso, mientras que la Central “Las Lajas” aprovechará las aguas provenientes de las descargas de las centrales Alfalfal I y II, más los aportes de la hoya intermedia del río Colorado y sub-cuenca del estero Aucayes (ver Figura 2).

La mayor parte de sus obras serán subterráneas, incluidas las cavernas de máquinas y las aducciones. Las principales obras e instalaciones en superficie corresponderán a las bocatomas y a los caminos de acceso. El proyecto considera también la construcción de una subestación eléctrica encapsulada, acopios de marina e instalaciones de faenas y campamentos transitorios.

A continuación se presenta un detalle de cada una de las obras del proyecto.

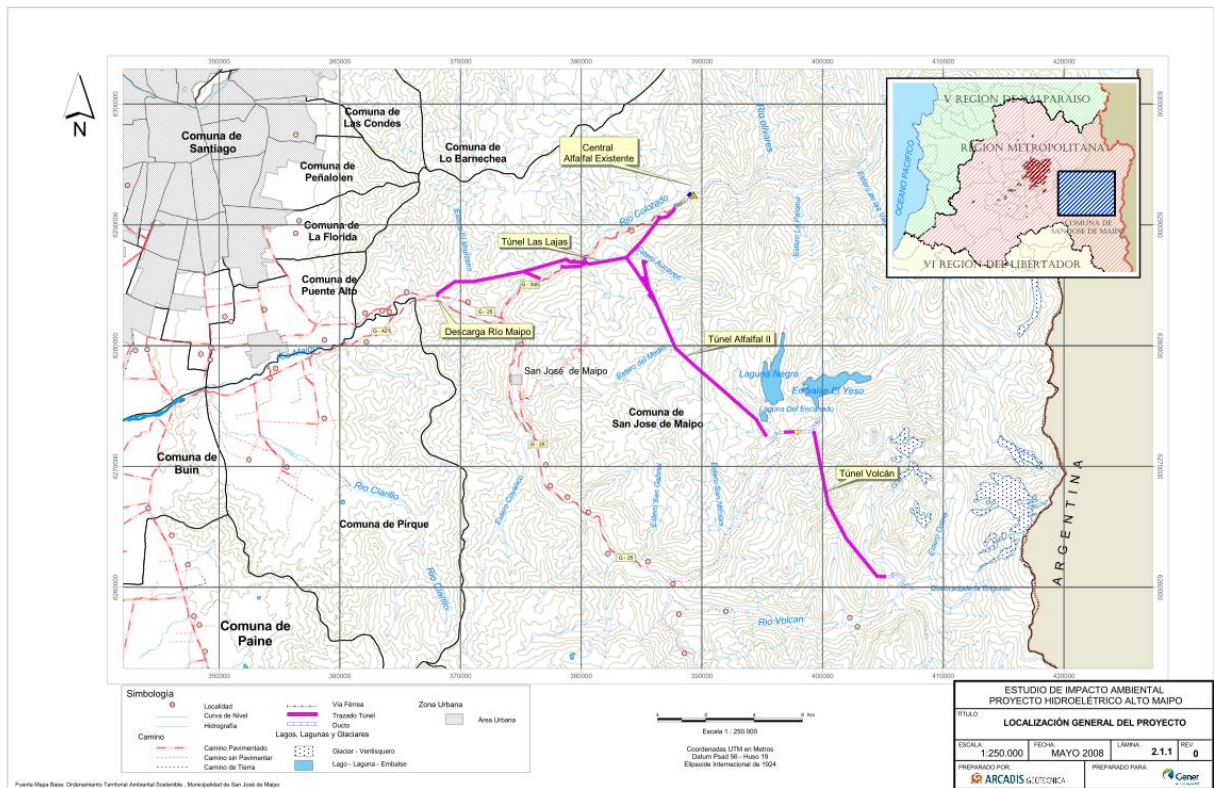


Figura 1: Localización general del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

Central Alfalfal II

La Central Alfalfal II, diseñada para un caudal de 27 m³/s, recibe las aguas captadas desde esteros ubicados en la parte alta del río Volcán, las que se conducen hasta el valle del Río Yeso a través del túnel El Volcán. En el sector alto del río Volcán se captará hasta un máximo de 12,8 m³/s, por medio de 4 bocatomas que interceptan los diversos brazos de esteros que confluyen y forman la rama norte del río Volcán, el que a su vez descarga en el río Maipo. Los cuatro esteros captados son: Engorda, Colina, Las Placas y El Morado. El caudal recolectado se conduce hasta el túnel El Volcán por medio de un acueducto enterrado. Los caudales captados son desripados en los sitios de las bocatomas y desarenados en conjunto, antes de entrar al túnel Volcán. El túnel Volcán recoge las aguas captadas en la zona alta del río Volcán y las conduce hasta el valle del río Yeso, donde se recibe el aporte de este último a través de un ducto enterrado que se desarrolla entre la bocatoma ubicada en el río Yeso y la salida del túnel Volcán, donde se reúnen ambos caudales.

Desde este punto, el flujo es conducido hasta el túnel Alfalfal II a través de un conducto en presión, hasta el túnel de aducción de la Central Alfalfal II, el cual tiene una longitud de 13.600

m., hasta alcanzar el extremo superior del pique en presión. Ligeramente aguas arriba del comienzo del pique, se ubica la chimenea de equilibrio y la cámara de carga de esta central. La altura bruta de caída se estima en 1.146 m.

La casa de máquinas está instalada en una caverna excavada en el macizo rocoso en un sector ubicada hacia el oeste del estero Aucayes, en el valle del río Colorado.

El túnel de descarga de la Central Alfalfal II tiene una longitud de aproximadamente 2,5 km y entrega su caudal al túnel de aducción a la Central Las Lajas. El caudal generado por la Central Alfalfal II puede direccionarse hacia la casa de máquinas de la Central Las Lajas, o bien, hacia la cámara de carga de esta última, ubicado en la orilla derecha del río Colorado, en ambos casos vía el túnel antes mencionado.

Central Las Lajas

La Central Las Lajas está diseñada para un caudal de 65 m³/s, recibe las aguas generadas de las Centrales Alfalfal I y Alfalfal II, además de los aportes de la cuenca intermedia del río Colorado ubicada entre las bocatomas de la Central Alfalfal (Colorado y Olivares) y la actual bocatoma de la Central Maitenes. A ello se agregan el aporte de la quebrada Aucayes.

La Central Las Lajas considera una cámara de carga, la cual funciona, además, como estanque de contrapunta de la Central Alfalfal II. A este estanque, ubicado en la ribera derecha del río Colorado, afluyen las aguas provenientes de la Central Alfalfal, lo que se realiza mediante una obra de empalme al canal de evacuación de ésta.

Las aguas derivadas desde el Canal 1 (existente) de la Central Maitenes, son conducidas por un canal y desarenadas en una obra ubicada en la ribera izquierda del río Colorado. El cruce hacia la cámara de carga de Las Lajas se logra mediante un sifón existente bajo el río.

La aducción de la Central Las Lajas se inicia en la cámara de carga del mismo nombre mediante un ducto de hormigón en presión. Este conducto cruza el río Colorado mediante un sifón y enlaza con el túnel Las Lajas, que tiene escurrimiento en presión. El túnel Las Lajas recibe el aporte proveniente del túnel de descarga de la Central Alfalfal II; además, este túnel, que recibe en su recorrido el aporte del estero Aucayes, posee una chimenea de equilibrio y termina en un pique de presión que alimenta las turbinas.

La casa de máquinas está ubicada hacia la ribera izquierda del río Colorado en una caverna excavada en el macizo rocoso. El equipamiento de generación cuenta con dos turbinas de 6 chorros, velocidad 300 rpm, con un caudal nominal de 32,5 m³/s cada unidad y una caída bruta de 485 m.

El túnel de descarga de la Central Las Lajas descarga sus aguas directamente en el río Maipo. Tiene una longitud de 13,3 km y una sección herradura de 35 m², con escurrimiento a pelo libre.

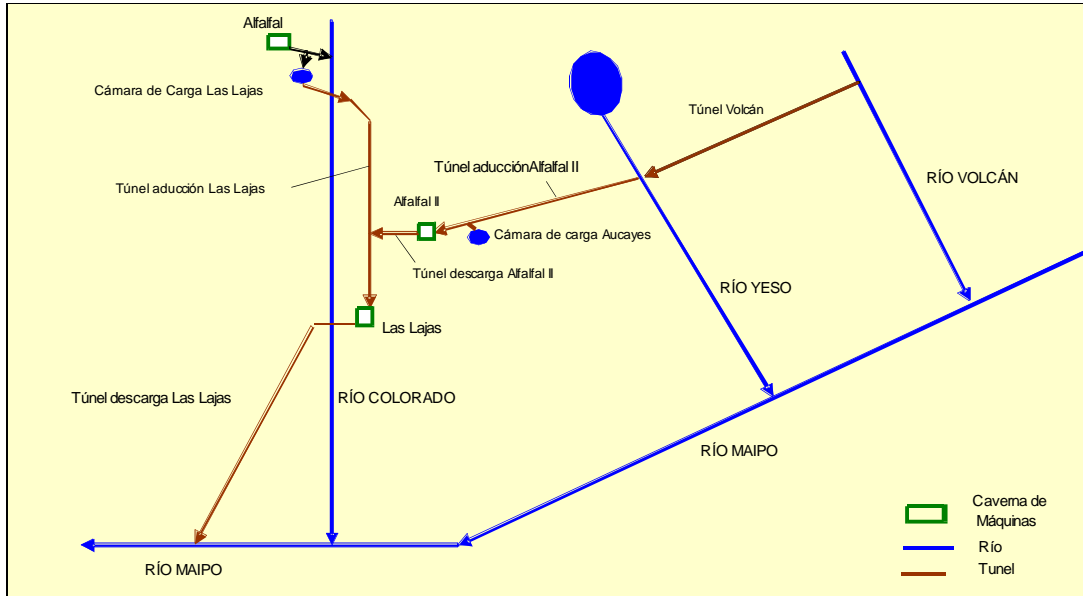


Figura 2: Esquema Simplificado Alfafal II – Las Lajas

Obras superficiales

La superficie a ocupar por las obras superficiales será de 105 ha, de las cuales aproximadamente el 50% tendrá una ocupación provisoria y será restaurada una vez finalizadas las obras.

Las obras superficiales permanentes contempladas en el proyecto corresponden a bocatomas, ductos, cámaras de carga, sifones y puentes, los que se detallan a continuación.

Captaciones

El Proyecto considera la captación de recursos en ocho diferentes puntos de la cuenca alta del Río Maipo, cinco asociadas a la Central Alfafal II (Cajón del Morado, Cajón La Engorda, Estero Colina, Quebrada Las Placas y Río Yeso) y tres a la Central Las Lajas (canal de descarga Alfafal, río Colorado en Bocatoma Maitenes y Canal 2 de la Central Maitenes). De estas ocho, sólo cinco puntos de captación requieren la construcción de nuevas bocatomas, aquellas ubicadas en los valles de los ríos Volcán y Yeso. En el valle del río Colorado (Central Las Lajas) todas las captaciones se hacen desde obras existentes.

- Cuenca alta del Río Volcán:

El sistema Alto Volcán de la Central Alfalfal II comprende un conjunto de cuatro bocatoma destinadas a captar las aguas de la cuenca alta del río Volcán, en particular, de los esteros La Engorda, Colina, Las Placas y El Morado. Las aguas captadas por las bocatoma se conducen por acueductos. El primer tramo, que conduce las aguas desde La Engorda hasta el estero Colina, y el segundo, que conduce las aguas captadas por los esteros La Engorda y Colina, al que se le suman las aguas captadas en el estero Las Placas. Después de cruzar en sifón el estero El Morado, se le suman las aguas del estero del mismo nombre, para descargar en un desarenador común. Las aguas desarenadas se conducen finalmente hacia el túnel El Volcán.

- Valle del Río Yeso: Bocatoma El Yeso

En el río Yeso se contempla la construcción de una sola bocatoma (El Yeso), la cual se ubica unos 700 m aguas abajo del embalse El Yeso, y su objetivo es captar el aporte del Río Yeso para conducirlo al sistema de la Central Alfalfal

- Valle del Río Colorado

En el río Colorado se utilizan tres bocatoma: la bocatoma de la Central Maitenes, la prolongación del caudal de evacuación de la Central Alfalfal y el canal 2 de la Central Maitenes. La Bocatoma Maitenes fue construida en 1923 y reconstruida en 1989, luego de un aluvión ocurrido en el año 1987. La conexión al canal de descarga Alfalfal consiste en una prolongación del canal de evacuación de la Central Alfalfal, con un caudal de diseño de 30 m³/s que se conecta por el paramento derecho del canal de evacuación en la zona que enfrenta al sifón que cruza el río Colorado. Este canal actualmente entrega parte de las aguas de Alfalfal al canal de la Central Maitenes. El canal 2 de la Central Maitenes actualmente conduce hasta 2 m³/s de las aguas del estero Aucayes desde la bocatoma existente hasta el estanque de carga de la Central Maitenes. El aprovechamiento de estas aguas se efectuará conectando dicho canal con el túnel de aducción de Las Lajas mediante un pique vertical de unos 150 m de profundidad.

Conducciones

El PHAM considera la construcción de diversas conducciones que conectarán las obras de captación con los túneles. En general se trata de ductos de hormigón y tuberías de acero que irán enterrados ocupando plataformas cuyo ancho máximo será de diez metros excavados en terreno natural. A continuación se presenta el detalle de estas conducciones.

- Acueducto Engorda-Colina

Las aguas captadas en la bocatoma La Engorda serán conducidas por un ducto circular de hormigón armado de 1,4 m de diámetro y 400 m de longitud hacia la bocatoma Colina, para conectarse con el acueducto el Volcán que se inicia en esta bocatoma.

- Acueducto El Volcán

Tramo I: Consiste en un dueto circular de hormigón armado de 2,4 m de diámetro y 1.760 m de longitud que conduce el aporte de las bocatomas La Engorda y Colina hacia el tramo II del acueducto que se inicia en la bocatoma Las Placas.

Tramo II: Consiste en un ducto circular de hormigón armado de 2,4 m de diámetro y 1.060 m de longitud que conduce el aporte de las bocatomas La Engorda, Colina y Las Placas hacia el tramo III del acueducto que se inicia en la bocatoma El Morado.

Tramo III: Consiste en un cajón de hormigón de 2,6 x 2,6 m y 646 m de longitud que conduce el aporte de todas las bocatomas del sistema hacia el túnel El Volcán.

- Conducción río Yeso

Consiste en un cajón de hormigón armado 2,8 x 2,8 m y 1.350 m de longitud que conduce las aguas captadas por la bocatoma río Yeso hacia un punto ubicado inmediatamente aguas abajo del portal de salida del túnel El Volcán.

- Alimentación cámara de carga Las Lajas

Consiste en una prolongación del canal de evacuación de la Central Alfalfal, con un caudal de diseño de 30 m³/s. La obra se conecta por el paramento derecho del canal de evacuación (cota de radier 1.321,82 m.s.n.m.), en la zona que enfrenta al sifón que cruza el río Colorado, y que actualmente entrega parte de las aguas de Alfalfal al canal de la Central Maitenes.

- Derivación desde el Canal 1 de la Central Maitenes

La obra de derivación se ubica aproximadamente a unos 400 m aguas abajo de la bocatoma Maitenes; alimenta un desarenador compuesto de dos naves en paralelo, para continuar cruzando el río Colorado mediante el sifón existente hasta la Cámara de Carga de Las Lajas.

- Aducción Central Las Lajas

Consiste en un ducto de hormigón de 3,2 x 3,2 m y 1.000 m de longitud y se desarrolla entre la Cámara de Carga de la Central Las Lajas y el portal de entrada del túnel de aducción de esta Central, cruzando bajo el río Colorado mediante un sifón.

Cámaras de Carga

El PHAM considera la construcción de cámaras de carga para las dos centrales, cuyo detalle es el siguiente:

- Central Las Lajas

La cámara de carga de la Central Las Lajas, otorga estabilidad al sistema hidráulico de esta Central y adicionalmente permite actuar como estanque de contrapunta, restituyendo el régimen natural del río Maipo/Colorado cuando la Central Alfalfal II opere en punta. El agua es captada desde esta cámara mediante un ducto de hormigón que conduce las aguas hasta el túnel de aducción de la Central Las Lajas (sifón Colorado).

Esta cámara de carga se emplaza junto a la ribera norte del río Colorado, en parte excavado y en parte desarrollado mediante muros de tierra. El volumen útil del estanque es de 300.000 m³ desarrollado en una superficie de 75.000 m². Se ha contemplado la instalación de una membrana impermeabilizante en toda la superficie del estanque, un piso de hormigón en el fondo así como también obras para el vaciado y seguridad.

- Central Alfalfal II

La cámara de carga de la Central Alfalfal II otorga estabilidad al sistema hidráulico de la Central y constituye la cámara de expansión de la chimenea de equilibrio. Está ubicada en el sector Alto Aucayes, unos 2 km hacia el este de dicho estero, a una altura de 2.450 msnm. La cámara de carga, cuyo volumen total es de 48.100 m³, irá completamente excavada en roca

La alimentación de la cámara de carga se efectuará mediante la conexión al túnel Alfalfal II, que conducirá las aguas provenientes de la captación río Yeso y túnel Volcán II.

Subestación Eléctrica (SIL)

La subestación Alto Maipo comprende un área aproximada de 0,5 has y estará compuesta principalmente por equipos eléctricos y equipos de protección y control, empleados para elevar el voltaje de salida de los generadores de las Centrales Alfalfal II y Las Lajas. Estará ubicada en la margen oriente del río Colorado, en las coordenadas N: 6.287.130 E: 380.170 (Datum WGS 1984). Esta, será del tipo encapsulada (GIS).

Puentes y Obras Menores de Cruce

El PHAM contempla la construcción de puentes en el Río Colorado, Yeso y en los esteros Manzanito y Aucayes, todos ellos emplazados en caminos privados.

Adicionalmente, el PHAM considera la construcción de cuatro sifones que cruzarán el estero El Morado y los ríos Yeso y Colorado. Las características generales de estos sifones, se indican en la siguiente Tabla siguiente.

Tabla 1: Características Generales de los Sifones del PHAM

Sector	Descripción	Sección (m ²)	Largo total (m)
Estero El Morado	Tubería de acero	4,5	70
Río Yeso	Tubería de acero	7,5	130
Río Colorado	Ducto de hormigón	4,0	95
Río Colorado (sifón Río Colorado — Túnel Las Lajas)	Ducto de hormigón	9,0	170

Obras de Descarga

En operación normal, la Central Alfalfal II descargará sus aguas al túnel Las Lajas mediante el túnel de descarga. En situaciones de emergencia o de interrupción de la operación de la Central Las Lajas, las aguas podrán ser descargadas al río Colorado a través de la cámara de Carga de la Central Las Lajas mediante una obra de entrega dotada de elementos de disipación de energía y protecciones adecuadas del lecho y riberas del río.

La Central Las Lajas, en tanto, descargará directamente en el río Maipo por medio de una obra de descarga proyectada a través de un canal excavado en roca.

- Obra de Descarga al río Colorado

La obra de descarga al río Colorado se materializa mediante vertederos de hormigón armado que consideran disipadores de energía hidráulica diseñados de manera tal que la entrega del agua al curso del río será sin producir alteración hidráulica.

- Obra de Descarga al Río Yeso

Se contempla una obra de descarga al Río Yeso ubicada 400 m aguas abajo de la captación, y diseñada para evacuar el caudal tanto del túnel El Volcán como de la propia captación El Yeso.

- Obras descarga al río Maipo

La descarga final de los caudales generados por la Central Las Lajas al río Maipo, se ubica aguas abajo de la confluencia de este río con el estero El Manzano, en el sector denominado Las Lajas. La descarga está proyectada como un canal excavado en roca, con un ancho basal de 7,0 m.

Obras Subterráneas

Las obras subterráneas del PHAM están constituidas por los túneles, piques, chimeneas de equilibrio y cavernas. A continuación, se presenta una descripción general de estas obras subterráneas.

- Túneles

El proyecto contempla la construcción de un total de 67 km de túneles, de los cuales aproximadamente 60 km corresponden a los túneles hidráulicos, y el resto lo constituyen las ventanas de acceso a los túneles principales; los túneles de acceso a las cavernas de máquinas y los respectivos túneles de descarga de ambas centrales.

El túnel El Volcán, que escurre en presión, conducirá las aguas provenientes de los esteros la Engorda, Las Placas, Colina y El Morado. Este túnel, de 14 km de longitud, se inicia a una cota de aproximada de 2.500 m.s.n.m y finaliza en el punto de conexión con el ducto proveniente de la bocatoma a la cota 2.480 m.s.n.m en el sector de El Yeso.

El túnel de aducción Alfalfal II, de 15 Km. de longitud, conducirá en presión las aguas provenientes del Volcán y Yeso. Se inicia en un punto situado unos 1.100 m al sur de la laguna Lo Encañado a una cota de elevación cercana a los 2.432 msnm y termina en el inicio del pique de caída de la central.

El túnel de aducción Las Lajas, de 9,6 km de longitud aproximadamente, se inicia en la obra de conexión con el sifón del río Colorado y conduce las aguas provenientes de la descarga de la Central Alfalfal y de la bocatoma Maitenes hasta el pique de presión de la Central Las Lajas. En su trayecto, recibe las aguas de la descarga de la Central Alfalfal II.

Piques blindados de presión: El pique de caída de la Central Alfalfal II tiene una longitud de 850 m y se desarrolla entre las cotas 1.950 msnm y 1.340 msnm, correspondientes al término del túnel Alfalfal II y caverna de máquinas respectivamente. Al interior de este túnel se instalará la tubería de acero que en conjunto con el túnel forman el denominado pique blindado de presión. También existirá un pique blindado de presión entre el túnel de aducción y la caverna de máquinas de la Central Las Lajas, el que tendrá una extensión de 162 m. Al igual que en la Central Alfalfal II, este túnel estará revestido con tubería de acero.

Túnel de acceso a la Central Alfalfal II: este túnel se desarrolla entre el portal de acceso ubicado en el valle del estero Aucayes, a la cota 1.506 m.s.n.m hasta la caverna de máquinas que alojará los equipos de generación de la Central, tiene una longitud de 2,4 km y una sección de 38 m².

Túnel de acceso a la Central Las Lajas: este túnel se desarrolla entre el portal de acceso ubicado en el valle del río Colorado, a la cota 1.025 m.s.n.m, hasta la caverna de máquinas que

alojará los equipos de generación de la Central. Tiene una longitud de 2,0 km y una sección de 38 m².

Túnel de descarga Alfalfal II: de 3,4 km de longitud, y 21 m² de sección, descarga las aguas generadas por la Central Alfalfal II al túnel de aducción de la Central Las Lajas.

Túnel de descarga Las Lajas: el túnel de descarga de esta central tiene una sección de 33 m² y una longitud de 13,5 km, conduce a flujo libre las aguas generadas por la Central Las Lajas hasta descargarlas al río Maipo.

Chimeneas de Equilibrio

Las chimeneas de equilibrio son necesarias para absorber los fenómenos transientes de la operación de las Centrales (tomas y rechazos de carga). Ambas centrales contarán con chimeneas de equilibrio, cuyas características específicas serán definidas en la etapa de ingeniería de detalle. En general se trata de piques verticales con un área de expansión en su parte superior, que se conectan a los respectivos túneles de aducción.

- Chimenea Alfalfal II

La chimenea de Alfalfal II está ubicada en las coordenadas E: 385.550 N: 6.284.325 y está constituida por un pique inclinado de más de 500 m de longitud, de sección circular y diámetro 3,4 m. que se conecta al túnel de aducción.

- Chimenea Las Lajas

La chimenea de Las Lajas está ubicada en las coordenadas E: 380.380 N: 6.286.850 y estará compuesta por un pique de comunicación entre el terreno y el cuerpo de la chimenea, el cual será de 5 m de diámetro y 152,7 m de altura.

Cavernas de Máquinas

Las casas de máquinas estarán instaladas en sendas cavernas excavadas en el macizo rocoso, ocupando una superficie total de 1.500 m², para el caso de la Central Alfalfal II y 1.700 m² para Las Lajas. Al interior de las cavernas de máquinas se alojará el equipamiento electromecánico compuesto por turbinas tipo Pelton.

Mano de obra

Preliminarmente se prevé, durante la etapa de operación, la habilitación de un total de 5 campamentos, cada uno con una dotación aproximada de 200 a 400 trabajadores, sumando un promedio de 2.000 personas y un máximo estimado de contratación de 2.500 trabajadores.

Para la etapa de operación se estima una dotación total de 50 personas, requeridas para las tareas de mantenimiento y operación de ambas centrales hidroeléctricas, que complementará la dotación existente de la Central Alfalfal, desde cuyo edificio existente se operará también las centrales de Alto Maipo.

Descripción de Etapas del Proyecto

Para efectos de la evaluación de IAA se han evaluado los impactos para las etapas de construcción y operación, cuyas principales actividades se describen a continuación.

Etapa de construcción

Durante la etapa de construcción se contempla la ejecución de las siguientes actividades principales:

- Preparación del terreno: Limpieza y despeje para luego iniciar la habilitación de obras previas (campamentos, sitios de acopio de marina, caminos, y otros).
- Habilitación de cinco campamentos que alojarán a los trabajadores y siete instalaciones de faenas. Los cinco campamentos tendrán adyacentes las respectivas instalaciones de faenas, quedando en consecuencia sólo dos instalaciones de faenas independientes. En las instalaciones de faenas se localizarán las oficinas, bodegas, pañoles, talleres de mantención, etc. Los campamentos contarán con servicios de agua potable y servicios higiénicos, estacionamientos, entre otras instalaciones, y contarán con las comodidades y servicios para el personal conforme a la normativa y acorde al clima de alta cordillera.
- La habilitación de nuevos caminos de acceso, los que sumarán aproximadamente 31 km, permitirán el acceso de personal y de los suministros e insumos hacia los frentes de trabajo.
- El mejoramiento de las rutas G-25 y G-455: estos caminos se mejorarán mediante la reposición de la carpeta de rodado granular; para el caso de la ruta G-25, esta se mejorará desde el Puente El Yeso hasta el Puente Colina (23km) y para la ruta G-455 desde el cruce Romeral hasta el Campamento Los Chorreados (23Km); ambas consideran la colocación de señales y defensas camineras; construcción de obras de arte; riego anual de bischofita como efecto matapolvo, entre otras obras y acciones.
- Mantención de caminos; la cual se extenderá durante todo el período de construcción, en los sectores Colorado, Yeso y Volcán.

- Habilitación de 14 sitios de acopio de marina que recibirán el material proveniente de las excavaciones de túneles y obras superficiales. Su localización definitiva ha considerado el distanciamiento a población o viviendas destinadas a habitación permanente o provisoria, zonas de bajo impacto visual, adosado a elevaciones naturales, zonas de bajo valor edafológico y sitios sin valor botánico ni cultural.

Etapa de operación

El proceso de generación de electricidad consistirá en el funcionamiento de turbinas hidráulicas, las que convierten la energía potencial del agua en energía mecánica de rotación. Esta energía mecánica es transformada en energía eléctrica mediante un generador acoplado físicamente al mismo eje de la turbina, al interior de las cavernas de máquinas.

Dada su condición de centrales de pasada, los caudales efectivamente captados dependerán de las condiciones hidrológicas de la cuenca, siendo el caudal máximo de diseño de las centrales de 27 m³/s para la Central Alfalfal II y 65 m³/s para Las Lajas, procurando mantener los caudales ecológicos necesarios para preservar los hábitats naturales y las funciones ambientales de los cauces de acuerdo a cada uno de los derechos de agua utilizados en el proyecto. Para el caso del río Yeso, además, se hará uso del caudal entregado por el embalse homónimo en su descarga, sin afectar los criterios actuales de operación de éste, asegurando de esta manera el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Santiago y de la seguridad de dicho abastecimiento.

Requerimientos de insumos, maquinarias y servicios

Los principales insumos para las obras serán: acero (4.800 ton), cemento (86.000 ton), áridos (105.000 ton), tubos de acero (6.000 ton), entre otros. La maquinaria requerida consistirá en bulldozers, retroexcavadoras, cargadores frontales, camiones tolva y aljibes, betoneras, jumbos, TBM, perforadoras, rodillos compactadores, carros sobre rieles, entre otras.

Durante la etapa de construcción, la energía eléctrica será proveída a través de líneas de faena de 23 kV. El combustible a utilizar será petróleo diesel y gasolina, principalmente en instalaciones de faenas y campamentos. Respecto a las instalaciones sanitarias, en cada campamento se habilitará un sistema de sedimentación secuencial conectado a plantas de tratamiento modular. Los frentes de trabajo contarán con baños químicos.

Flujo vial

Sobre el aporte de flujo externo, referido al flujo proveniente desde el área metropolitana hasta los distintos frentes de trabajo y áreas de campamentos, se estiman tres camiones/hora para el transporte de insumos, el que se distribuirá hacia la totalidad de las obras y actividades que se desarrollen dentro de los 5 años programados para la etapa de

construcción del Proyecto, a lo largo de las rutas G-25 (El Volcán), G-345 (cajón Río Colorado) y G-455 (cajón río Yeso). Los que serán monitoreados de acuerdo a lo establecido en la Resolución de Calificación Ambiental.

Emisiones, efluentes y residuos

La generación de emisiones, efluentes y residuos ocurrirá mayoritariamente durante la etapa de construcción del Proyecto. Se han establecido exigencias contractuales a los contratistas tendientes a asegurar un adecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos. La siguiente Tabla resume el tipo de emisión, efluente o residuos y la forma de manejo prevista.

Tabla 2: Tipo de Residuos o Desechos y Forma de Manejo

Tipo	Descripción del Material y Forma de Manejo
Residuos sólidos	<p>Marina: Corresponde a material inerte, roca húmeda y triturada que se extrae durante la construcción de los túneles. Su disposición será en los sitios de acopio propios del proyecto. Volumen estimado en 1,7 millones de m³.</p> <p>Residuos de construcción: madera, despuntes de tuberías, escombros, alambres, restos de embalaje, metales, etc. serán reutilizados o vendidos a terceros. Volumen estimado en 30 a 40 m³/mes.</p> <p>Residuos industriales: Se priorizará su reutilización y/o su venta a terceros. Podrán ser acopiados en forma provisoria en un patio especialmente habilitado para posteriormente ser retirados y dispuestos en vertederos autorizados por empresas autorizadas para el transporte de este tipo de residuos.</p> <p>Residuos Peligrosos: Se generarán en baja proporción durante las etapas de construcción y operación del proyecto. Serán almacenados en contenedores especiales resistentes química y estructuralmente al residuo. Las bodegas de almacenamiento temporal, contarán con autorización Sanitaria y con todas las condiciones impuestas en el DS N°148 del Ministerio de Salud y su transporte, será realizado por empresas especializadas y autorizadas.</p> <p>Residuos domésticos o asimilables a domésticos: Corresponden a restos de comida de los casinos, envases, papeles, cartones, etc. Se estima que el <i>peak</i> de generación será de 2.500 kg/día. Serán almacenados en contenedores y retirados regularmente por el contratista para ser dispuestos finalmente en un sitio autorizado.</p> <p>Restos vegetales: restos de matorrales, malezas y en menor proporción árboles retirados de los sitios de obras que serán redistribuidos en las áreas adyacentes.</p>
Residuos líquidos	<p>Durante la etapa de construcción, se generarán aguas servidas, en las instalaciones sanitarias dispuestas para los trabajadores, tales como baños, duchas, casinos, y otras actividades dentro de los campamentos e instalaciones de faenas. Se estima un volumen máximo de 60 m³/día por campamento. Dichas aguas, serán depuradas en plantas de tratamiento modulares en cada</p>

	<p>campamento, hasta alcanzar una calidad que permita su evacuación o reutilización en humectación de caminos, sin riesgo para la salud humana y el ambiente.</p> <p>En la etapa de operación, se utilizarán las instalaciones sanitarias existentes en las centrales Alfalfal y Maitenes.</p> <p>Aguas industriales y efluentes: Provenientes de las actividades de construcción, tales como preparación de hormigón, lavado y preparación de áridos, lavado de carrocerías y bateas de camiones, maquinas, herramientas y durante la construcción de túneles que generará aguas desde su interior. La generación de este tipo de efluentes, se acotará sólo a las instalaciones de faenas. En los campamentos, en tanto, no se generarán aguas residuales, por cuanto las actividades desarrolladas en estos recintos se limitan a la permanencia de personal.</p> <p>Las aguas residuales serán tratadas en un sistema de sedimentación secuencial que será habilitado en cada instalación de faenas, por medio de una piscina de decantación, que permitirá la separación de los residuos industriales líquidos en aguas claras y lodos sedimentables. El agua clara será utilizada en la preparación de hormigones, humectación de superficies, lavado de vehículos, entre otras.</p> <p>Durante la etapa de operación, no se contempla la generación de aguas industriales.</p>
<p>Emisiones atmosféricas</p>	<p>Las emisiones a la atmósfera corresponderán al polvo suspendido producto de los movimientos de tierra (por excavaciones, carga y descarga, etc.), y el tránsito de vehículos en frentes de trabajo en superficie. El control de las emisiones se hará a través de: i) mejoramiento de caminos existentes actualmente utilizados por camiones mineros, ii) los nuevos caminos serán estabilizados mediante carpetas granulares y bischofita, iii) uso lonas en tolvas, iv) oportuna mantención mecánica de equipos, maquinaria y vehículos, v) humectación de superficies. vi) uso de vagones y cintas transportadoras, para la descarga de marina desde el interior de los túneles, entre otras.</p>
<p>Ruido</p>	<p>Se ha identificado a la localidad de Alfalfal como potencial receptora de ruido. Las fuentes de generación de ruido serán: vehículos y maquinaria, e instalaciones de faenas. Su control se hará a través de una mantención periódica de las maquinarias, uso de pantallas acústicas en el sector El Alfalfal, minimización de la operación de maquinaria pesada y restricción de actividades ruidosas en días festivos, y en jornada nocturna, entre otras.</p> <p>Las emisiones de ruido, serán monitoreadas periódicamente durante la etapa de construcción, de acuerdo a lo indicado en la Resolución de Calificación Ambiental del proyecto.</p>

Descripción del área de influencia

A continuación se describen brevemente los principales aspectos del área de influencia del PHAM.

Medio Físico

Clima y Meteorología

Según la clasificación general, en la zona del Proyecto se reconocen dos tipos climáticos: “templado cálido con estación seca prolongada” y “hielo por efecto de la altura”. Considerando los antecedentes extraídos de registros meteorológicos disponibles, la dirección predominante del viento es NE; la temperatura media anual es de 13 °C; la precipitación medial anual alcanza los 600 mm y la humedad se encuentra sobre el 40% todo el año, la neblina se concentra en el periodo invernal y los valores máximos de radiación solar se registran en el verano.

Calidad del Aire

San José de Maipo presenta una gran extensión rural y centros poblados, que no constituyen fuentes de emisión relevantes. Sin embargo, en el territorio próximo a las instalaciones del proyecto (sobre los 1.000 m.s.n.m.) se reconocen actividades industriales como la minería (extracción de minerales no metálicos) y extracción de áridos, las que eventualmente inciden en la calidad del aire. En ambas actividades, el transporte de material al estilo libre (aunque el transporte de material en camiones encarpados es una obligación legal - DS 75 MINETRANS) es la actividad que genera la mayor cantidad de material particulado, seguido por el tránsito de camiones por caminos no pavimentados. Próximo a los sitios de obras no existen estaciones de monitoreo de calidad del aire, tratándose en general de una zona despoblada.

Ruido

Los actuales niveles de ruido presentan dos comportamientos bien marcados en función de su ubicación: en los sectores cercanos a la ruta principal de tránsito vehicular, los niveles equivalentes alcanzan los 72 dB(A), mientras que en el resto de los puntos no se superan los 54 dB(A) en período diurno y 55 dB(A) en período nocturno. De forma general, los niveles de ruido están determinados por la presencia de aves, cursos de agua cercanos, follaje de árboles, ruido comunitario y flujo vehicular.

Suelos

Según antecedentes del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, dadas las características topográficas y geomorfológicas, la comuna San José de Maipo presenta una muy baja calidad de suelos, predominando suelos de secano no arables. De forma general, en el área de influencia directa se registran suelos con capacidad de uso entre VI y VII, esto es,

suelos de baja calidad, que presentan algún tipo de limitación ligada a factores como la topografía, pendiente y erosión.

Recursos Hídricos

En la zona de inserción del Proyecto existen cuatro grandes sistemas hídricos. El primero, denominado Subcuenca Alta Río Maipo, que posee un régimen hidrológico del tipo nival y presenta un caudal medio anual de 77,8 m³/s en la estación fluviométrica San Alfonso y de 111 m³/s en la estación fluviométrica El Manzano, ambas estaciones operadas por la Dirección General de Aguas. El río Maipo recibe el aporte de tres tributarios principales con cabeceras altas y que corresponden a los restantes subsistemas (cuencas de ríos Volcán, Yeso y Colorado). De forma general, tanto el río Yeso como el Colorado presentan regímenes hidrológicos naturales alterados. El primero por la existencia del Embalse de El Yeso y el segundo por las centrales hidroeléctricas Los Maitenes y El Alfalfal.

La cuenca del Río Volcán se divide en 2 subcuencas superiores principales (estero La Engorda y río del Volcán), que dan origen al río Volcán. La zona de interés para el PHAM, esta constituida por la subcuenca del sistema del estero La Engorda, las cuales corresponden al Cajón del Morado, Quebrada Las Placas, Estero Colina y estero La Engorda propiamente tal. Esta zona presenta un régimen hidrológico de origen nivo-glacial cubriendo aproximadamente 36 km² de glaciares. Esto implica que los mayores caudales medios mensuales en régimen natural de cada una de estas subcuencas se presentan entre los meses de Noviembre y Marzo debido al aumento de las temperaturas, en tanto durante los meses de invierno, poseen una marcada disminución en su caudal.

El sistema río Yeso posee espejos de agua de importancia: Laguna Negra, Laguna Lo Encañado y Embalse El Yeso. La laguna Lo Encañado posee un comportamiento hidrológico nival, con caudales de descarga máximos en Noviembre, determinando un caudal medio anual en régimen natural de 0.76 m³/s. La Laguna Negra, de similar comportamiento hidrológico, posee un volumen de aproximadamente 600 millones de m³ y aporta, fundamentalmente por medio de infiltración, a la Laguna Lo Encañado. La cuenca que controla el Embalse El Yeso es alimentada por un régimen hidrológico de origen nival y glacial; el río Yeso registra un aumento de caudal durante los meses de noviembre a marzo y una disminución del mismo durante los meses invernales, con un caudal medio anual de 8,4 m³/s. Los tres cuerpos de agua descritos son considerados la reserva de agua potable de Santiago y son administrados por la empresa Aguas Andinas, empresa privada que posee la concesión para el abastecimiento de agua potable de dicha ciudad.

El sistema cuenca aportante río Colorado nace en las altas cumbres del volcán Tupungato, y recibe como afluente principal al Río Olivares. La cuenca del río Colorado presenta secciones: subcuenca río Olivares con un caudal medio anual de 10,1 m³/s; la cuenca río Colorado antes de la junta río Olivares, con caudal medio anual de 17,6 m³/s; y cuenca río Colorado antes de la junta con el Maipo, con un caudal medio anual de 32,7 m³/s.

En relación a los usos y requerimientos actuales, éstos se relacionan con actividades de riego en los sectores bajos del valle, a la generación de energía hidroeléctrica, y a requerimientos de agua asociados a la actividad minera y agua potable.

Calidad del Agua

El área del PHAM presenta condiciones variables de intervención antrópica. Los sistemas más intervenidos corresponden a los ríos Maipo, Colorado, Yeso y el Estero Aucayes; por el contrario, los sistemas menos intervenidos son el río El Volcán y los esteros Colina, La Engorda y El Morado, ello probablemente por la lejanía que registran a asentamientos humanos y la menor actividad agrícola que registran. Con excepción de la carga de partículas en suspensión, la cual se ve notoriamente incrementada en época de deshielos, existe una condición de calidad de agua favorable para el desarrollo de biota acuática en todos los cursos de agua del área de estudio. En todos los sectores y puntos de muestreo se detectaron valores de oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y conductividad específica que cumplen con los estándares que se aplican para el uso para riego y para la preservación de la vida acuática.

Hidrogeología

A nivel general, las napas subterráneas alimentadas por los cauces superficiales, derretimientos e infiltración directa de las lluvias, no están limitadas a los cauces de los ríos, sino que ocupan amplios sectores de relleno cuaternario no consolidado de la depresión. El escurrimiento de las napas se produce, fundamentalmente, en forma paralela al escurrimiento superficial, en dirección cordillera-mar.

Los valles de los ríos Colorado, Yeso y Volcán presentan un tipo de permeabilidad primaria con una importancia alta en términos de disponibilidad. Esta ocurrencia de aguas subterráneas se asocia a depósitos de relleno no consolidado, sedimentos fluviales, glaciales, aluviales, lacustre, aluvionales, eólicos. Por lo general, la presencia de napas es de tipo libre o semiconfinada, y la permeabilidad es de tipo variable.

Asociado a la actividad volcánica, en el área de estudio afloran numerosas vertientes de aguas termales ligadas al volcanismo reciente Tupungato - San José. Las principales fuentes son: Baños Colina, Baños Morales, Baños Tupungato, Baños Salinilla, Baños Azules y Vertientes Piuquenes.

Geología y Geomorfología

Geológicamente, en el área del Proyecto afloran, fundamentalmente, secuencias estratificadas de rocas volcánicas y sedimentarias continentales y marinas, intruidas por abundantes filones, mantos, lacolitos, diques y stocks. Las secuencias presentes en el área de estudio, corresponden a secciones estratificadas cuyas edades varían desde el Jurásico Superior al Terciario Superior, encontrándose 7 unidades o formaciones litoestratigráficas que afloran como franjas, de dirección norte-sur: río Colina, río Damas, Lo Valdés, Colimapu, Abanico, Farellones y Colorado – La Parva.

En relación a la geomorfología, se identificaron dos dominios morfogenéticos: alta montaña y media montaña. En el primero operan en forma dominante procesos erosivos, de desgaste de las laderas y de transporte de los materiales (áreas del Alto Río Volcán, Yeso y Lo Encañado). El segundo dominio morfogenético (áreas del río Colorado, El Manzano y Las Lajas) corresponde a un medio más estable con una mayor importancia de los procesos pedogenéticos formadores de suelo sobre las laderas, correspondiendo a áreas con una cubierta vegetal continua, por lo que existe una mayor actividad biológica en los suelos.

Medio Biótico

Flora y Vegetación:

En relación a la flora en el área de influencia del Proyecto se identificaron un total de 258 especies. Bajo los 1.700 msnm predominan formaciones de bosque (árboles), en tanto sobre los 2.000 msnm predominan arbustos bajos de no más de 50 cm de altura, que alternan con gramíneas en champas de hojas duras. En zonas húmedas, en tanto, predominan las hierbas perennes.

Predominan las especies nativas, con presencia de alóctonas asilvestradas, principalmente en los sitios ya alterados por las actividades humanas, particularmente bajo los 2.000 msnm. Destaca que un 40 % de las especies registradas en el sector del río Colorado corresponda a alóctonas, asilvestradas, lo que se explica por la alteración antrópica de este sector. Las especies endémicas disminuyen con la altitud, alcanzando valores mayores en el ámbito del bosque esclerófilo (43 %) para disminuir en las partes más altas (15 % en el Yeso y La Engorda). Por su parte, las especies alóctonas en el sector del Colorado-El Alfalfal son en su mayoría hierbas anuales, aunque también existen perennes e incluso arbustos y árboles; en las áreas andinas, la mayor parte de ellas son hierbas perennes y se encuentran en zonas de humedad. Hoy en día, se reconoce un total de 4 especies amenazadas, 2 en el sector del río Colorado-El Alfalfal, correspondientes a *Puya berteroniana* Chagual y *Porlieria chilensis* Guayacán y 2 en el sector altoandino (Río Volcán): *Laretia acaulis*, llareta de Santiago y *Alstroemeria exerens*, liuto de cordillera.

En relación a la vegetación, considerando la propuesta de Gajardo (1994), el sector de El Colorado-El Alfalfal se enmarcaría en la formación del Bosque Esclerófilo Andino (límite superior 1.300-1.800 msnm), en tanto sectores a mayor altitud se desarrollaría la formación del Matorral Esclerófilo Andino. Por otra parte, en los sectores altos andinos (Río Volcán, El Yeso y Estero Aucayes Alto), se desarrollaría la formación de la Estepa Alto-andina de la Cordillera de Santiago, cuyo ámbito de distribución abarca sobre los 2.000 m de altitud. Sobre las formaciones vegetacionales de interés de conservación, destaca, en el área del río Colorado, la presencia de bosques de guayacán (*Porlieria chilensis*) y poblaciones de quillaja (*Quillaja saponaria*); además de los sectores de vegas en el río Yeso, áreas que presentan una alta intervención por actividades de pastoreo. Las “vegas” del sector La Engorda, corresponden a un matorral arbustivo, con un estrato herbáceo particularmente abundante, con presencia de especies de humedad como *Juncus arcticus*. Verdaderas vegas con dominancia de praderas se desarrollan sólo a lo largo de los cursos de agua y en la zona más baja del cajón La Engorda, vegas que tienen carácter estacional, ya que tienen a desaparecer a fines de verano y otoño debido a la reducción de aportes hídricos estacionales y al excesivo pastoreo.

Fauna

En relación a la fauna, en el área de influencia del Proyecto se identificaron un total de 86 especies, tres anfibios, nueve reptiles, 70 especies de aves de las cuales nueve corresponden a aves rapaces, 10 a aves acuáticas y 51 a aves no rapaces; cuatro especies corresponden a mamíferos.

De estas 86 especies, en los sectores río Colorado, Cajón de la Engorda, Estero el Morado, Laguna Lo Encañado, Estero El Manzanito, Embalse y río el Yeso y estero Aucayes, se registraron 16 especies en categoría de conservación, siendo la mayoría de la clase reptiles, seguido de los anfibios, mamíferos y aves. Sólo dos de ellas se encuentra en categoría en Peligro (Cururo y Sapito cuatro ojos), 8 son Vulnerables (dos anfibios, cuatro reptiles, un ave rapaz y un ave no rapaz), 4 son Raras (tres reptiles y un ave rapaz), una Inadecuadamente Conocida (el zorro culpeo) y una Fuera de Peligro (la lagartija oscura).

Limnología

En relación a la riqueza y abundancia de flora acuática, el estero El Manzanito y el río Maipo presentan la mayor riqueza de taxa fitobentónicos del área de estudio y que el resto de los sistemas presentó una menor riqueza de taxa, lo que indica que estos sistemas constituyen hábitats más favorables para las poblaciones de peces; por el contrario, la menor abundancia de bentos en el río Colorado y los esteros Aucayes, Colina y El Morado indicaría hábitats

menos favorables para la fauna íctica. El resto de los sistemas presenta valores de abundancia intermedia.

En relación a la fauna íctica, la presencia de peces en el área de estudio fue independiente de la oferta alimentaria, ya que ésta no fue encontrada en los cursos de agua con mayor oferta alimentaria, como el río Maipo y el estero La Engorda, sino que en sectores con menor disponibilidad de alimento, como el río Colorado y el estero Aucayes. Estos resultados sugieren que la presencia de peces se debería a factores alternativos a la baja disponibilidad de alimento, tales como una mayor carga de partículas en suspensión.

La introducción de especies ícticas altamente invasoras y agresivas para las especies nativas ha tenido históricos y actuales efectos desfavorables sobre los ensambles de peces nativos en el país. Estas especies han generado una condición altamente intervenida en el área y por ello, desde un punto de vista de conservación biológica, es posible asignarle al área de estudio una baja valoración ambiental.

Medio Humano y Social

Medio humano

Se realizó una caracterización a nivel comunal (San José de Maipo) y luego a escala local, considerando las localidades existentes en el área de influencia del PHAM; se abordó, para ambas escalas, las dimensiones geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y de bienestar básico. El área de influencia directa del PHAM cuenta con localidades que presentan baja cantidad de población, con predominio de entidades rurales. Los sectores emplazados en la alta cordillera son utilizados desde antaño por arrieros locales como zona de pastoreo, actividad que ha decaído, incrementándose el uso de estas tierras para expediciones de andinistas y turistas, por lo que los arrieros locales ofrecen el servicio de guías, caballos y mulas; destaca además la comercialización de productos lácteos artesanales. Cada localidad cuenta con equipamiento básico, el que en algunos casos es elemental, actuando algunas como micro-centros. La totalidad de las localidades posee acceso al medio natural, destacando la escasez de senderos peatonales, con la correspondiente infraestructura turística asociada.

Medio Construido

Sobre el 84% de las viviendas emplazadas en el área de influencia directa del PHAM están conectadas al sistema de alcantarillado, desarrollando en caso contrario, fosas sépticas, pozos u otra solución. El abastecimiento de agua potable se realiza a partir de la conexión a la red pública (sobre el 70%), mientras el resto de las viviendas obtiene agua a través de captaciones realizadas en esteros y vertientes cordilleranas. El principal abastecedor de agua potable en la

zona corresponde a Aguas Andinas, destaca la presencia de obras de captación de aguas en los cauces de los ríos Maipo, Yeso y Volcán. Sólo un 5,5% de las viviendas no posee alumbrado público.

En relación a las actividades económicas y productivas, se puede indicar que la base económica de la comuna de San José de Maipo es la actividad agrícola-ganadera, la que se desarrolla, principalmente, en los valles de los ríos Maipo y Colorado. Destaca además la extracción de áridos y la minería no metálica, así como la producción de energía y agua potable y de riego. Las actividades de pastoreo que se desarrollan en el sector agropecuario están determinadas por el uso tradicional que realizan las familias de las distintas localidades sobre el territorio, distinguiéndose la presencia de actividad ganadera en distintas zonas según la época del año (veranada e internada).

La infraestructura vial presenta escaso desarrollo, contando con una vía estructurante (G-25) que comunica y da acceso a la totalidad de las localidades pobladas, destacando además las vías secundarias G-455 y G-345; la vialidad interior en cada localidad es mínima. Sólo se registra la existencia de un recorrido de locomoción público, además de tres líneas de colectivos. En relación al equipamiento, éste presenta claras características rurales, con un acotado desarrollo de servicios y del equipamiento educacional, deportivo y de esparcimiento público.

En relación al turismo, es posible señalar que éste presenta una importante estacionalidad entre los meses de septiembre y marzo, ya que en el resto del año las condiciones climáticas condicionan fuertemente el desarrollo de las actividades turísticas, concentrándose durante los fines de semana durante todo el año.

Uso de Suelo e Instrumentos de Planificación

Los principales usos de suelo reconocidos en el área de influencia directa del PHAM corresponden a los usos residencial (concentrada y aislada), minería (yeso y caliza en la cuenca superior de los ríos Volcán, Yeso y Colorado) y extracción de áridos, agropecuario (Los Maitenes, El Alfalfal, San Gabriel, El Manzano) y veranadas (sectores de vegas asociadas al embalse El Yeso y la Laguna Lo Encañado, esteros Morado, Las Placas, La Engorda y Colina), energético (Los Maitenes, El Alfalfal, Queltehues y Volcán), comercial (ambos costados de la ruta G-25), servicios y equipamiento (servicios y equipamiento comunitario básico en cada localidad) y turismo y esparcimiento.

En relación a los instrumentos de planificación, la comuna de San José de Maipo no cuenta con un Plan Regulador Comunal y sólo dispone de Límites Urbanos vigentes para las localidades de San Alfonso, La Obra, San José de Maipo, El Melocotón, San Gabriel y Las Vertientes. Según el PRMS, parte del PHAM se desarrolla en un Área de Preservación Ecológica, cuyo destino es

su mantención en estado natural, para asegurar y contribuir al equilibrio y calidad del medio ambiente y preservar el patrimonio paisajístico. Se superponen a ésta las áreas de sitio Prioritario para la conservación de la biodiversidad, que posee similares objetivos de protección y conservación.

Análisis de Impactos Ambientales Acumulativos

Identificación de potenciales Impactos Ambientales Acumulativos

Como resultado de la aplicación de la metodología detallada anteriormente, se identificaron los siguientes proyectos existentes y/o ejecutados en el área de influencia del PHAM.

- Complejo Cordillera (AES Gener), consistente en: centrales Alfalfal I, Maitenes, Queltehues y Volcán
- Línea de Alta Tensión Queltehues – Maitenes – Florida y subestaciones asociadas (S/E Queltehues, S/E Maitenes, S/E Florida)
- Línea de Alta Tensión Alfalfal – Alto Jahuel y S/E Alfalfal
- Central Hidroeléctrica Guayacán (Energía Coyanco S.A.)
- Actividades mineras de minerales no metálicos
- Embalse El Yeso (Aguas Andinas)
- Gasoducto Gas Andes

Asimismo, fueron identificados los siguientes proyectos que podrían desarrollarse en el futuro, ya sea porque cuentan con permiso ambiental, porque se éste se encuentra en tramitación o porque, aunque la solicitud de permiso ambiental no haya sido aprobada, podría volver a solicitarse permiso ambiental para su desarrollo futuro.

- Proyecto “Líneas de Transmisión Eléctrica S/E Maitenes-S/E Alfalfal y Central Alfalfal II-S/E Alfalfal”, aprobado ambientalmente mediante Resolución Exenta N°443/2010 de la COREMA de la Región Metropolitana de Santiago.
- Proyecto Exploración Minera Los Piches, ingresado a tramitación ambiental con fecha 26 de septiembre de 2011, actualmente en calificación ambiental.
- Proyecto Extracción de Áridos camino El Volcán, San José de Maipo, ingresado a tramitación ambiental con fecha 13 de enero de 2012, no admitido a tramitación.

- Proyecto Interconexión Embalse El Yeso – Acueducto Laguna Negra, aprobado ambientalmente mediante la Resolución Exenta N°594/2010 de la COREMA de la Región Metropolitana, de fecha 27 de septiembre de 2010.
- Proyecto Mejoramiento Ruta G-25, sector puente el Yeso – El Volcán, ingresado a tramitación con fecha 9 de noviembre de 2011, actualmente en calificación ambiental.
- Proyecto de Exploración Minera Cóndor, rechazado ambientalmente mediante la Resolución Exenta N°189/2012 de la Comisión de Evaluación de la Región Metropolitana de Santiago, de fecha 4 de mayo de 2012.

En relación a la identificación de los componentes valorados del ecosistema, siguiendo la metodología descrita y las recomendaciones del IFC, fue posible establecer que los potenciales IAA del PHAM en conjunto con los otros proyectos identificados, podrían afectar los siguientes componentes valorados:

- Continuidad del río (incluye efecto sobre la ictiofauna)
- Caudal de los cursos de agua
- Calidad del agua superficial
- Dinámica de sedimentos
- Medio económico social
- Infraestructura local, en especial las rutas Rutas G-25 (El Volcán), G-345 (cajón Río Colorado) y G-455 (cajón río Yeso)
- Calidad del aire
- Patrimonio cultural y arqueológico
- Cambio climático

Finalmente, las partes interesadas potencialmente afectadas por los IAA identificados e indicados anteriormente fueron:

- Comunidades del área de influencia (localidades de San José de Maipo, El Canelo, El Manzano, Los Maitenes, El Alfalfal, San Gabriel, El Romeral, El Volcán, Baños Morales y Lo Valdés, más arrieros y usuarios de veranadas cordilleranas).
- Complejo Cordillera (AES Gener), consistente en: centrales Alfalfal I, Maitenes, Queltehues y Volcán, más las líneas y subestaciones asociadas.
- Central Guayacán (Energía Coyanco S.A.).

- Actividad minera de minerales no metálicos y proyectos de exploración minera, incluyendo aquéllos asociados a la extracción de áridos.
- Embalse El Yeso (Aguas Andinas).
- Proyecto Interconexión Embalse El Yeso – Acueducto Laguna Negra
- Proyecto Mejoramiento Ruta G-25, sector puente el Yeso – El Volcán.
- Actividad de rafting en río Maipo.
- Actividades de excursionismo.
- Restaurantes y actividad hotelera, incluyendo campings.
- Actividades de pesca deportiva.

Relación de potenciales IAA con componentes del ecosistema, otros proyectos y otras partes interesadas

Una vez identificados los proyectos potenciales de causar IAA en conjunto con el PHAM, los componentes valorados del ecosistema y las partes interesadas potencialmente afectados por dichos impactos, se analizó cada potencial IAA en función de la etapa de ejecución del PHAM, la actividad que lo genera, el componente valorado del ecosistema que podría afectar y las partes interesadas que podrían verse afectadas. Un resumen de los resultados de este análisis se presenta en la Tabla 3 y se describe en mayor detalle en las secciones siguientes.

Cabe señalar que, para efectos de este análisis, sólo se consideraron los IAA negativos, por cuanto ellos son aquéllos que requieren de mayor atención. De esta manera, no se analizaron los IAA positivos, tales como el impacto en el empleo, mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades vecinas, etc., lo que no significa que ellos no existan ni que su relevancia o magnitud sea menor a aquellos IAA negativos.

Tabla 3: Identificación de potenciales Impactos Ambientales Acumulativos

Etapa del PHAM	Obra o actividad del PHAM	Componente Valorado del Ecosistema	Proyectos o actividades potencialmente adicionales	Posibles afectados por impactos ambientales adicionales
1. Construcción	1.1 Construcción de obras civiles en superficie (bocatomas, sifones, etc.)	Continuidad del río	Complejo Cordillera Embalse El Yeso Central Guayacán Interconexión Yeso-ALN	Rafting Pesca deportiva
		Calidad del agua superficial	Construcción de Interconexión Yeso-ALN	Pesca deportiva Central Guayacán Complejo Cordillera Rafting
		Calidad del aire	Actividades mineras Mejoramiento de Ruta G-25	Comunidades locales Actividades de excursionismo
		Impacto vial	Actividades mineras Mejoramiento de Ruta G-25	Comunidades locales Actividad hotelera Restaurantes Mejoramiento de Ruta G-25
		Medio económico social	Operación Complejo Cordillera y central Guayacán. Desarrollo de proyectos mineros Construcción interconexión Yeso-ALN	Comunidades locales Actividades mineras Otros proyectos en etapa de construcción

	1.2 Excavación y construcción de obras subterráneas	Impacto vial	Actividades mineras Mejoramiento de Ruta G-25	Actividad hotelera Restaurantes Mejoramiento de Ruta G-25 Comunidades locales
		Medio económico social	Operación Complejo Cordillera y central Guayacán. Desarrollo de proyectos mineros Construcción interconexión Yeso-ALN	Comunidades locales Actividades mineras Otros proyectos en etapa de construcción
	1.3 Instalación y operación de campamentos	Impacto vial	Actividades mineras Mejoramiento de Ruta G-25	Actividad hotelera Restaurantes Mejoramiento de Ruta G-25 Comunidades locales
		Medio económico social	Operación Complejo Cordillera y central Guayacán. Desarrollo de proyectos mineros Construcción interconexión Yeso-ALN	Comunidades locales Actividades mineras Otros proyectos en etapa de construcción
	1.4 Habilitación y mantenimiento de caminos de servicio para las obras	Calidad del aire	Actividades mineras Mejoramiento de Ruta G-25	Comunidades locales Actividades de excursionismo
		Impacto vial	Actividades mineras Mejoramiento de Ruta G-25	Actividad hotelera Restaurantes Mejoramiento de Ruta G-25 Comunidades locales

	1.5 Flujo vial asociado a la construcción de las obras	Calidad del aire	Actividades mineras. Mejoramiento de Ruta G-25	Comunidades locales Actividades de excursionismo
		Impacto vial	Actividades mineras. Mejoramiento de Ruta G-25	Actividad hotelera Restaurantes Mejoramiento de Ruta G-25 Comunidades locales
		Medio económico social	Operación Complejo Cordillera y central Guayacán. Desarrollo de proyectos mineros Construcción interconexión Yeso-ALN	Comunidades locales Actividades mineras Otros proyectos en etapa de construcción
2. Operación	2.1 Modificación de caudales en ríos y esteros	Continuidad del río	Operación Complejo Cordillera y central Guayacán. Construcción y operación de interconexión Yeso-ALN	Rafting Pesca deportiva
		Calidad del agua superficial	Construcción de Interconexión Yeso-ALN. Operación Complejo Cordillera y central Guayacán. Embalse El Yeso.	Pesca deportiva Central Guayacán Complejo Cordillera
		Caudal de los cursos de agua	Operación Complejo Cordillera, central Guayacán e interconexión Yeso-ALN	Central Guayacán Rafting Pesca deportiva Complejo Cordillera

		Dinámica de sedimentos	Operación Complejo Cordillera, central Guayacán e interconexión Yeso-ALN Embalse El Yeso.	Central Guayacán. Complejo Cordillera. Embalse el Yeso.
2.2 Flujo vial asociado a la operación de las centrales.	Impacto vial.	Actividades mineras Mejoramiento de Ruta G-25.	Actividad hotelera. Restaurantes. Mejoramiento de Ruta G-25. Comunidades locales.	
	Medio económico social.	Operación Complejo Cordillera y central Guayacán. Desarrollo de proyectos mineros. Construcción interconexión Yeso-ALN.	Comunidades locales Actividades mineras.	
2.3 Operación general del Proyecto.	Caudal de los cursos de agua	Operación Complejo Cordillera, central Guayacán e interconexión Yeso-ALN.	Central Guayacán. Rafting. Pesca deportiva. Complejo Cordillera.	
	Cambio climático	Operación Complejo Cordillera y central Guayacán. Actividades mineras	Impacto global, sin impactos directos sobre partes interesadas locales.	

Análisis de IAA durante Etapa de Construcción

A continuación se analiza cada uno de los IAA identificados en la Tabla 3 para la etapa de construcción del PHAM, sin perjuicio que algunos de ellos se acumulan con impactos de la etapa de operación de los otros proyectos revisados. Para efectos del análisis, los impactos se identifican, en primer término, por medio del componente valorado del ecosistema que impactan.

IAA sobre la continuidad de los cursos de agua

El PHAM tendrá un impacto sobre la continuidad de algunos cursos de agua producto de la construcción de las siguientes obras civiles indicadas anteriormente.

- Ocho captaciones (cinco de ellas bocatomas: cuatro en los esteros del Volcán alto y una en el río Yeso).
- Cuatro sifones.

Este impacto pudiera tener impactos acumulativos con los siguientes proyectos existentes del área de influencia:

- Complejo Cordillera.
- Embalse El Yeso
- Central Guayacán

Adicionalmente, este proyecto podría tener IAA con el proyecto no construido Interconexión Yeso con Acueducto Laguna Negra.

Para efectos del análisis, se identificó cada curso de agua cuya continuidad es afectada por obras del PHAM, y se revisó si el mismo curso de agua es afectado adicionalmente por alguno de los otros proyectos revisados, ya sea aguas arriba o aguas abajo. En caso de existir algún impacto acumulativo, se revisó la evaluación de impacto ambiental realizada en el EIA del PHAM para verificar si incluyó en dicha evaluación esta situación.

El PHAM realizará obras civiles que afectarán la continuidad de los siguientes cursos de agua:

- Estero Colina, mediante construcción de nueva bocatoma Colina.
- Estero La Engorda, mediante construcción de nueva bocatoma Engorda.
- Quebrada Las Placas, mediante construcción de nueva bocatoma Las Placas.
- Estero El Morado, mediante construcción de nueva bocatoma El Morado y de un sifón.

- Río Yeso, mediante la construcción de nueva bocatoma El Yeso y de un sifón.
- Río Colorado, mediante la construcción de dos sifones.

De estas obras, sólo los ríos Yeso y Colorado podrían presentar IAA, por cuanto existen proyectos y bocatomas que afectan la continuidad de sus cursos. Un detalle de todas las bocatomas existentes en el área de influencia del PHAM se presentó en el Anexo 12 del EIA de dicho proyecto.

En el río Yeso, adicionalmente al Embalse El Yeso, en operación desde 1967, existen tres bocatomas aguas abajo de la futura Bocatoma Yeso del PHAM (bocatomas El Manzanito, Los Piuches y San Gabriel).

En el caso del río Colorado, por su parte, se encuentra el Complejo Cordillera, de AES Gener, en operación desde 1923, el que en conjunto con otros usuarios utilizan cinco bocatomas, denominadas Aucayes, De las Casas, Maitenes 2, El Maurino y El Manzano.

Por cuanto todos estos proyectos y bocatomas formaron parte de la Línea Base del PHAM, los impactos ambientales acumulativos asociados a estas obras ya fueron adecuadamente considerados en el proceso de evaluación de impacto ambiental del PHAM. Por lo tanto, no se considera la potencialidad de generar impactos ambientales acumulativos que pudieran afectar las actividades de rafting y/o de pesca deportiva por concepto de interrupción de la continuidad de los ríos dentro del área de influencia del Proyecto.

En el caso del río Maipo, donde se ubica la Central Hidroeléctrica Guayacán (ver Figura 3), el PHAM no contempla ninguna obra que afecte la continuidad de su escurrimiento, por lo cual tampoco se contemplan impactos ambientales acumulativos por concepto de afectación de la continuidad del curso de agua con este proyecto. La única intervención del PHAM sobre el curso del río Maipo la constituye la construcción del Portal Túnel Las Lajas, la cual constituye la descarga de la Central Las Lajas sobre el río Maipo y no requiere interrumpir la continuidad del cauce durante su construcción. Adicionalmente, los impactos de esta obra de devolución sobre las actividades como el rafting y la pesca deportiva ya fueron evaluados en el EIA del PHAM.



Figura 3: Ubicación del Proyecto Central Hidroeléctrica Guayacán

En el caso del Proyecto Interconexión Yeso-Acueducto Laguna Negra, si bien no existen IAAs por concepto de afectar la continuidad del río Yeso, por cuanto el proyecto de interconexión no contempla la construcción obras que afecten esta condición del río, es necesario señalar que este proyecto es incompatible con el PHAM, debido a que la ubicación de su bocatoma se encuentra inmediatamente al pie del embalse El Yeso; es decir, aguas arriba de la Bocatoma Yeso del PHAM. Es por esta razón que ambas empresas han firmado un acuerdo en el que se regula la operación de esta interconexión solamente para casos de emergencia, tales como eventos de excesiva turbiedad en el río Maipo y que pudiera afectar las operaciones de Aguas Andinas, alteración de la calidad del agua del río Maipo y/o eventos de sequía extrema, que pudiera poner en riesgo el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Santiago.

IAA sobre la calidad del agua superficial

El PHAM ejecutará las siguientes actividades que afectarán la calidad del agua durante la etapa de construcción del Proyecto:

- Construcción de ocho captaciones.
- Construcción de cuatro sifones
- Construcción de tres obras de descarga

De los otros proyectos identificados en la cuenca sólo se contempla un potencial IAA con el proyecto Interconexión Yeso – Acueducto Laguna Negra, por cuanto los otros proyectos se encuentran en etapa de operación y su impacto en la calidad del agua fue considerado en la evaluación de impactos del PHAM.

En relación al proyecto Interconexión Yeso – Acueducto Laguna Negra, éste considera un cruce del río yeso mediante la construcción de un puente, por lo que no se afectará la calidad del agua de este río. Por lo tanto, la ocurrencia de IAA sobre la calidad del agua producto del PHAM y del proyecto de interconexión no se considera probable.

En otro ámbito de análisis, en relación al impacto sobre la calidad del agua por concepto de la descarga de aguas servidas tratadas en las plantas modulares de las instalaciones de faena del PHAM, se considera que ella no representa un impacto ambiental significativo por cuanto su magnitud es poco significativo en comparación con la magnitud de las otras obras y actividades del proyecto, y porque el proyecto considera dar cumplimiento a de los límites máximos establecidos por el DS 90/2001, lo que asegura una ausencia de impactos sobre la calidad del agua superficial por esta descarga.

En resumen, no se prevé la ocurrencia de IAA adicionales a los ya evaluados durante la tramitación ambiental del EIA del PHAM, por concepto de la construcción de obras civiles, sobre la calidad del agua superficial. Por lo tanto, no se considera probable la ocurrencia de impactos no evaluados sobre la calidad del agua superficial que pudiera afectar la pesca deportiva, las actividades de rafting o la generación eléctrica de la central Guayacán y del Complejo Cordillera.

IAA sobre la calidad del aire

Durante la etapa de construcción del PHAM, se consideraron las siguientes obras y/o actividades que tienen la potencialidad de afectar la calidad del aire:

- Construcción de obras civiles en superficie

- Habilitación y mantenimiento de caminos de servicio para las obras
- Flujo vial asociado a la construcción de las obras

De estas obras y/o actividades generales, las actividades específicas que generan las emisiones que afectan la calidad del aire se identificaron como las siguientes, indicando para cada una el tipo de emisión que genera:

- Movimiento de tierra asociado a la construcción de obras y excavaciones (emisión de material particulado, MP)
- Transporte de materiales, equipos y vehículos por caminos no pavimentados (emisión de MP)
- Motores de equipos y maquinarias (emisión de gases, CO, HC y NO_x)

Dado que el proyecto se localiza en la Región Metropolitana, y por lo tanto se encuentra afecto al Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA), en adición a las medidas de mitigación consideradas y cuyo objetivo es minimizar la emisión de partículas y gases a la atmósfera, se consideró una compensación del 150% de emisiones generadas por las actividades del PHAM, mediante el mejoramiento de las actuales rutas de acceso al área del proyecto:

- 23 km del tramo de la rutas G-455, entre ruta G -25 y Embalse El Yeso, y
- 23 km del tramo de la ruta G-25 entre el Puente El Yeso y el área de faenas del proyecto.

El mejoramiento consiste en la reconstitución de la plataforma (mediante una carpeta de rodadura granular nivelada), más el riego de un supresor de polvo (Cloruro de Magnesio - *Bischofita*), lo cual se considera una medida de mitigación adecuada para el impacto que generará el PHAM sobre la calidad del aire producto de la resuspensión de material particulado asociado al tránsito vial.

Como consecuencia de estas medidas de compensación del 150% de sus emisiones, el impacto neto del PHAM sobre el componente ambiental de calidad del aire será completamente compensado, por lo que no existirán IAA con otros proyectos en el área de influencia. Además, se debe considerar que, de realizarse otros proyectos en el área, ellos también deberán compensar en un 150% sus emisiones, por lo que no se considera la existencia de un impacto ambiental acumulativo significativo sobre el componente ambiental de calidad del aire.

Por lo tanto, no se contempla la ocurrencia de IAA producto de las actividades de construcción sobre la calidad del aire que pudieran afectar las localidades del área de influencia del PHAM o las actividades de excursionismo.

IAA sobre el flujo vial

La etapa de construcción del PHAM producirá un incremento de los flujos de tránsito en la vialidad inmediata al área de obras, que podría modificar el nivel de servicio de las vías comprometidas, y consecuentemente, incrementar la congestión vehicular. Este impacto puede ser ocasionado por las siguientes obras y/o actividades generales:

- Construcción de obras civiles en superficie
- Excavación y construcción de obras subterráneas
- Instalación y operación de campamentos
- Habilitación y mantenimiento de caminos de servicios para las obras
- Flujo vial asociado a la construcción de otras obras o a otras actividades

Considerando que el desarrollo de cualquier proyecto de inversión conlleva un impacto sobre el flujo vial, en especial durante su etapa de construcción, es esperable la ocurrencia de IAA en conjunto con otros proyectos, en especial con aquéllos asociados a la exploración y/o desarrollo de actividades mineras y al proyecto de mejoramiento de la Ruta G-25.

Por lo anterior, resulta relevante conocer en detalle la metodología y alcance de la evaluación de impacto vial realizada por el PHAM en el marco de la tramitación de su EIA, la que se resume a continuación.

Resumen de Evaluación de Impacto Vial del PHAM

El área de influencia para este impacto fue definida en el EIA del PHAM como un conjunto de tramos de vías e intersecciones existentes, que potencialmente serán utilizadas por el proyecto, las que se indicaron en la Tabla 4 a continuación.

Tabla 4: Área de Influencia para Algunos Tramos de la Vialidad Pública

Tramo	Ruta	Entre	Comuna	Kilómetro		Longitud (Km)
				Inicio	Fin	
1	G-25	Departamental y Diego Portales	La Florida	0	6	6
2	G-25	Diego Portales y Eyzaguirre	Puente Alto	6	11.5	5.5
3	G-25	Eyzaguirre (Las Viscachas) y Ruta G-345	Puente Alto	11.5	28.3	16.8
4	G-25	Ruta G-345 y acceso norte a San José de Maipo	San José de Maipo	28.3	32.7	4.4
5	G-25	Acceso norte y sur a San José de Maipo	San José de Maipo	32.7	38.1	5.4
6	G-25	Acceso sur a San José de Maipo y puente El Yeso	San José de Maipo	38.1	56.8	18.7
7	G-25	Puente El Yeso y Baños Morales	San José de Maipo	56.8	83.3	26.5
8	G-345	Ruta G-25 y Acceso a Central Alfalfal	San José de Maipo	0	22.8	22.8
9	G-455	Ruta G-25 y sector embalse El Yeso	San José de Maipo	0	23	23

Fuente: EIA Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

Para determinar el grado de impacto vial que producirá el proyecto sobre la vialidad del área de influencia, el EIA del PHAM analizó los niveles de demanda de tránsito proyectada al año de construcción y operación del PHAM, en los periodos punta máximos, sin incluir las demandas generadas por la construcción del proyecto. Posteriormente se determinó el nivel de servicio incluyendo el tránsito máximo que generará el proyecto, para finalmente revisar las diferencias entre ambos e identificar la magnitud del impacto producido.

Por su parte, el tránsito máximo que generará el proyecto en su etapa de construcción está referido a los siguientes flujos vehiculares:

- Transporte de insumos y equipos: Se realizará desde proveedores dentro de la comuna o de otros puntos de la Región Metropolitana, por lo que utilizarán tanto vías públicas como caminos de servicio.

- Transporte de Marina: Existirá un flujo menor sobre la ruta G-345 en un tramo de aproximadamente 2 kilómetros por concepto de traslado de marina equivalente, en el escenario más desfavorable, a un flujo de dos camiones por hora.
- Transporte de personal: El personal que labore en las actividades de construcción del proyecto, será traslado desde las áreas urbanas hacia los campamentos, y desde éstos últimos hacia los distintos frentes de trabajo.
- Transporte varios, donde se incluye el transporte de insumos menores, utilizados durante toda la etapa de construcción del proyecto.

El detalle de los requerimientos de transportes y de flujos vehiculares fue analizado en el Anexo 14 del EIA del PHAM, "Estudio de Impacto Vial". Los resultados de dicho estudio entregaron las siguientes estimaciones de flujo vehicular: 3 camiones/hora, 2 buses/hora y 1 vehículo liviano/hora. Sin embargo, para efectos de evaluación del impacto vial, se utilizaron valores significativamente más altos que los valores promedio indicados anteriormente: 7 camiones por hora; 19 Buses por hora y 14 Vehículos por hora.

El resultado de esta evaluación indicó que el proyecto generará un impacto vial leve sobre la vialidad demandada por las obras, pues sólo se producirán aumentos menores en los grados de saturación de los tramos e intersecciones nuevas y existentes. Por lo tanto, este impacto fue valorado negativo y poco significativo.

Por otra parte, el PHAM incluye, como medidas de manejo ambiental, las siguientes obras o actividades:

- Mejoramiento de las vías actuales de acceso (Ruta G-25, sector El Volcán, y Ruta G-455, caminos hacia el embalse El Yeso)
- Despeje y perfilado de las rutas
- Reparación de alcantarillas
- Aplicación de supresor de polvo
- Habilitación de Señalética
- Despeje de caminos durante el periodo invernal
- Defensas camineras
- Construcción de Obras de Arte
- Reposición de carpetas de rodado

- Habilitación de 31 km de caminos de servicio, los que incluirán estabilización con productos tipo bischofita.
- Monitoreo de impacto vial

Evaluación del IAA del impacto vial del PHAM más otros proyectos a desarrollarse

El principal IAA que se vislumbra es el potencial asociado a la construcción simultánea del PHAM y del proyecto Mejoramiento de Ruta G-25, por cuanto este último contemplará la interrupción parcial en aproximadamente 12 kilómetros de la Ruta G-25, al interior del área de influencia del PHAM (entre el puente El Yeso y la localidad del El Volcán). De desarrollarse el PHAM con posterioridad al mejoramiento de la Ruta G-25, este IAA no existiría y, por el contrario, el impacto del PHAM tanto sobre el flujo vial como sobre la calidad del aire disminuiría significativamente.

Por lo tanto, en caso que coincidan temporalmente la ejecución de estos dos proyectos, se recomienda una coordinación entre ambos titulares con el objetivo de implementar medidas de mitigación específicas para reducir la magnitud de este IAA sobre el flujo vial, en función del avance de cada uno de los proyectos.

Por otro lado, en relación al IAA sobre el flujo vial entre el PHAM y otros proyectos de inversión, no es posible realizar una estimación adecuada por cuanto se desconoce la naturaleza de otros potenciales proyectos a desarrollarse en el área de influencia. Sin perjuicio de lo anterior, se considera que ninguno de los proyectos identificados puede tener un impacto acumulativo significativo que supere las holguras en términos de capacidad vial del sector establecidas en el Estudio de Impacto Vial del PHAM.

Adicionalmente, cabe señalar que no se contempla la ocurrencia de un IAA sobre actividades turísticas como restaurantes, hoteles, campings, y otros similares por cuanto la mayor demanda por servicios turísticos ocurre los días sábado en la tarde y domingos, períodos en los cuales se encuentra prohibido el tránsito de camiones por las rutas G-25 Puente alto Volcán y G-421 San Juan de Pirque El Toyo, conforme lo indica el Decreto Exento N° 130 de la I. Municipalidad de San José de Maipo (prohíbe el tránsito de camiones de más de cuatro toneladas desde las 14:00 hrs. de los días Sábado hasta las 24:00 de los días Domingo). Por lo tanto, tanto el PHAM como cualquier otro proyecto deberán cumplir dicho Decreto Municipal, evitando un IAA por este concepto.

Cabe destacar que dicho Estudio de Impacto Vial fue actualizado y detallado en Anexo N°9 del Adenda N° 1 del EIA del PHAM; en dicho documento se presenta el análisis global del flujo, los que en su totalidad ya han sido evaluados en el EIA; allí se incorporó una metodología de trabajo que responde a las directrices vigentes para el desarrollo de Estudios de Impacto Vial

de la SEREMI de Transporte y Telecomunicaciones de la Región Metropolitana, la SEREMI de Vivienda y Urbanismo y la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas.

En cuanto al posible IAA por el deterioro que pudieran provocar los camiones sobre la infraestructura vial, dicho impacto no se considera relevante por cuanto el PHAM considera, como una medida de control operacional, el control de pesos de los vehículos en forma permanente, a fin de velar por el cumplimiento de lo señalado en el DS N°158, de enero de 1980, el cual establece los pesos brutos máximos en carreteras y en los decretos N° 200, de julio de 1993 y N° 396, de noviembre de 1993 que establecen los pesos brutos máximos en vías urbanas.

IAA sobre el medio económico social

La etapa de construcción del PHAM podría producir un incremento en la demanda por bienes y servicios locales, con su consiguiente impacto sobre el medio económico social. Este impacto puede ser ocasionado por las siguientes obras y/o actividades generales:

- Construcción de obras civiles en superficie
- Excavación y construcción de obras subterráneas
- Instalación y operación de campamentos
- Flujo vial asociado a la construcción de otras obras o a otras actividades

Adicionalmente, la contratación de mano de obra local tendrá un impacto positivo sobre este componente local, por concepto de incremento del poder adquisitivo de estos trabajadores, el cual no se analiza por las razones indicadas en la metodología.

Considerando que la etapa de construcción tendrá una duración aproximada de cinco años, y que es probable que durante ese período se desarrolle algún otro proyecto de inversión en el área de influencia del PHAM, resulta relevante revisar el eventual IAA sobre los servicios básicos de la zona, de manera de verificar que su ejecución no implique un impacto en la provisión de servicios básicos a las comunidades locales. Para este análisis no se consideró ningún proyecto específico sino que fue revisado en términos generales, pues resulta difícil estimar cuál o cuáles de los potenciales proyectos se desarrollarán en conjunto con el PHAM.

El requerimiento de mano de obra del PHAM, durante la etapa de construcción, se estima en 2.000 empleos directos en promedio, con un máximo promedio de contratación de 2.500 empleos, distribuidos en los diferentes frentes de trabajo. La mayor parte de estos trabajadores alojarán en un total de 5 campamentos, que incluyen las instalaciones de faenas, que albergarán entre 300 a 400 trabajadores, incluyendo personal profesional, técnico,

obreros, choferes y operarios asociados a las tareas del casino, mantenimiento del campamento y auxiliares de salud.

El personal que labore en las tareas de construcción será trasladado mediante buses desde y hacia los frentes de trabajo. Los campamentos mantendrán una dotación de personal permanente de 20 personas, los cuales prestarán servicios de vigilancia y mantenimiento general de las instalaciones.

Debido a las características y envergadura del Proyecto, se requerirá de personal calificado especialmente para la operación de maquinarias y plantas. Por otro lado, se estima que un 30% a 40% del personal requerido será no calificado, principalmente para ejercer funciones de jornaleros y ayudantes.

Esta oferta de nuevos puestos de trabajo, implicará un aumento de las fuentes de ingresos directos e indirectos en la comuna de San José de Maipo. Los empleos directos corresponden a aquellos generados por la contratación directa de mano de obra, mientras que los empleos indirectos están asociados a la demanda de servicios requeridos y que podría ser ofertada por personas o empresas comunales.

La incorporación de mano de obra local en la construcción se estima que no alterará la estructura laboral actual, debido a que la población local más tradicional y de menores recursos, tiende a emplearse en el ámbito de la construcción como estrategia complementaria para la generación de ingresos.

Otra consideración importante es que la creación de nuevas fuentes de ingreso podría reducir la migración o viajes frecuentes de familias tradicionales hacia la urbe en busca de ofertas laborales, de manera que ello contribuiría a conservar su sentimiento de apego con el territorio. Ello podría redundar en un mejoramiento en la calidad de vida los habitantes tradicionales, al evitar su desplazamiento por grandes distancias para acceder a sus trabajos fuera de la comuna y a su vez les permitiría proseguir las prácticas asociadas a su condición de arrieros, no necesariamente a cargo de ganado, pero si haciendo uso de su conocimientos y pericia en la montaña y el uso del caballo y mulas como medio de transporte.

Debido a la planificación de las obras, se estima una baja demanda de servicios de alojamiento, alimentación y otros servicios en general. Sin embargo, a partir de la experiencia de la construcción de la Central Alfalfal I, se estima que el proyecto demandará guías de montaña y asistencia en transporte.

En cuanto al impacto sobre los servicios asistenciales de salud, éstos serán provistos por las mutualidades de las empresas que realicen las actividades de construcción, por lo que no se ejercerá una demanda sobre los servicios locales.

De acuerdo a lo indicado anteriormente, es posible verificar que el PHAM se hace cargo adecuadamente de sus impactos negativos sobre el medio económico y los servicios básicos locales, mediante la habilitación de campamentos para el alojamiento de sus trabajadores y de la gestión de su transporte, por lo que no se prevén IAA que pudieran afectar negativamente a las comunidades locales, las actividades mineras o a otros proyectos que se desarrollen en el área de influencia del PHAM.

Análisis de IAA durante Etapa de Operación

A continuación se analiza cada uno de los IAA identificados en la Tabla 3 para la etapa de operación del PHAM. Al igual que para los IAA de la etapa de construcción, el análisis se realiza sin perjuicio que algunos de ellos se acumulan con impactos de la etapa de operación de los otros proyectos revisados, e identificándolos por medio del componente valorado del ecosistema que impactan.

IAA sobre la continuidad de los cursos de agua

De manera similar al análisis presentado para la etapa de construcción respecto de la continuidad de los cursos de agua, este potencial IAA estará asociado a la operación de las bocatomas que se construirán en los ríos Yeso y Volcán.

Asimismo, y por las mismas razones expuestas anteriormente, principalmente porque las obras que pudieran generar IAA ya se encontraban construidas al momento de evaluar ambientalmente el PHAM, durante la operación de este proyecto no se prevé la ocurrencia de IAA por afectación a la continuidad de los cursos de agua y que pudieran tener un efecto sobre las partes interesadas potencialmente impactadas (actividades de rafting, kayak y pesca deportiva).

Cabe señalar que la continuidad de los cursos de agua, en centrales de pasada como las contempladas en el PHAM, es afectada principalmente durante la etapa de construcción, como consecuencia del uso de obras temporales como ataguías y otras, en especial en aquellos cursos de agua de interés para otras partes interesadas. El efecto sobre los caudales, propio de la operación de estas centrales, es evaluado en el impacto denominado “disminución del caudal en cursos de agua”.

IAA sobre la calidad del agua superficial

El PHAM, durante su etapa de operación, afectará la calidad del agua superficial en algunos tramos de cursos superficiales como consecuencia del traspaso de caudales desde los ríos

Volcán y Yeso hacia el río Maipo en el sector de Las Lajas, modificando la calidad del agua del río Maipo desde su confluencia con el río Volcán hasta el punto de restitución de las aguas del PHAM. Por lo tanto, cabe revisar el alcance de este impacto sobre la pesca deportiva y sobre la Central Hidroeléctrica Guayacán, localizada en el tramo del río Maipo cuya calidad de agua es afectada.

De la revisión de la Tabla 5.3.5.25 del EIA del PHAM, al comparar la calidad de los afluentes de las cuencas de los ríos Volcán y Yeso con la del río Maipo, considerando los aportes proporcionales de cada afluente en función de los derechos disponibles por el titular, es posible obtener las siguientes conclusiones:

- El parámetro pH presenta un valor prácticamente constante en toda la cuenca, de 8,4, por lo que la operación del PHAM no afectará los valores de pH en el río Maipo.
- Los valores de conductividad presentan valores más altos en la cuenca del río Volcán (999 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que en los ríos Yeso y Maipo (910 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 905 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente). No obstante lo anterior, esta diferencia no resulta significativa por cuanto ella es menor a un 10% y no implica un cambio en la clase según la Guía CONAMA para el establecimiento de normas secundarias de calidad, según la cual todos estos ríos serían clasificados como Clase 2 (750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) para este parámetro.
- Los valores de sólidos suspendidos totales (SST) son más bajos tanto en los afluentes del río Volcán como en el río Yeso (94 mg/l y 5,3 mg/l, respectivamente) que en el río Maipo (144 mg/l). El impacto del traslado de las aguas de dichas cuencas al río Colorado implicará, por lo tanto, una menor dilución de los sólidos en comparación con la situación actual, lo que se estima que podría elevar², en términos promedio, la concentración de SST en el río Maipo (en Las Lajas) de 144 mg/l a aproximadamente 196 mg/l. Este aumento mantendría, no obstante, la misma calidad de agua (Clase 3), por estar siempre por sobre el valor de 80 mg/l.
- Los valores del parámetro sulfato, por el contrario, muestran que los afluentes del río Volcán y el río Yeso presentan valores más altos (112 mg/l y 106 mg/l, respectivamente) que el río Maipo (59 mg/l), todos los cuales se ubican, no obstante, en la categoría de Clase de Excepción (< 120 mg/l de sulfato). Por lo tanto, si bien la operación del PHAM se estima que podría disminuir la concentración de sulfato en las aguas del río Maipo (de 59 mg/l a unos 34 mg/l), no se modificará la calidad por concepto de este parámetro.

Por lo tanto, es posible concluir que la operación del PHAM no modificará significativamente

² Cabe señalar que esta estimación se basa exclusivamente en un balance de masa del parámetro SST, y no incorpora la dinámica de arrastre de sedimentos del propio río Maipo, situación que podría hacer que esta variación potencial de SST en el río Maipo sea significativamente menor a la acá estimada.

la calidad del agua de los cursos superficiales, por lo que no debería generar IAA con otros proyectos, tales como la CH Guayacán, que toma sus aguas desde el río Maipo aguas abajo de su confluencia con el río Yeso. Asimismo, no se espera que este efecto sobre la calidad del agua tenga un impacto sobre la ictiofauna y, por consiguiente, sobre la pesca deportiva, tal como fue evaluado en el EIA del propio PHAM.

IAA por disminución del caudal en cursos de agua

De manera similar al análisis realizado para los IAA sobre la calidad del agua superficial en la etapa de construcción, producto del traspaso de aguas desde afluentes del río Volcán y del río Yeso hacia el río Maipo aguas abajo de su confluencia con el río Colorado, los caudales del río Maipo en el sector entre su confluencia con el río Volcán y la devolución del PHAM en Las Lajas disminuirán levemente, por lo que resulta relevante analizar el efecto de esta disminución sobre la CH Guayacán y otras actividades de la cuenca tales como el rafting y la pesca deportiva (indirectamente a través del eventual efecto de los caudales sobre los peces de interés para la pesca deportiva).

En relación al efecto de la disminución de caudales en el río Maipo, cabe señalar lo siguiente:

- El efecto sobre la ictiofauna fue evaluado adecuadamente en la tramitación del EIA del PHAM, concluyéndose que no resulta un impacto significativo, por lo que no se esperan efectos sobre la pesca deportiva producto de esta disminución de caudales;
- El efecto sobre el Complejo Cordillera no resulta relevante de evaluar por cuanto la propiedad de dicho complejo es del mismo titular que el PHAM, por lo que eventuales impactos no tendrían efectos sobre terceros distintos al titular.
- Por lo tanto, el principal potencial impacto a evaluar lo representa aquél que podría generar sobre la Central Hidroeléctrica Guayacán, de la empresa Coyanco S.A., análisis que se describe a continuación.

En términos administrativos, el PHAM se comprometió a no afectar la disponibilidad hídrica de usuarios de las aguas de su área de influencia, esto es, dejar pasar la cantidad de agua necesaria, en adición a los caudales ecológicos mínimos exigidos, que permitan asegurar el abastecimiento de los usuarios con derechos aguas abajo de los puntos de captación del PHAM. Lo anterior, por cuanto el PHAM contempla el respeto de todos los derechos de aguas legalmente constituidos de terceros, por lo que los usuarios de los canales localizados entre los puntos de captación y el punto de restitución del PHAM no verán vulnerado el ejercicio de sus derechos.

En relación a la Central Guayacán en particular, cabe señalar además que los derechos de agua

corresponden a derechos no consuntivos, por lo que su aprovechamiento no afecta la disponibilidad de agua del río aguas abajo de su restitución, y que fueron obtenidos mediante una Resolución de la DGA del año 2007, de forma posterior a todos los derechos de agua que se utilizan por el PHAM, los que fueron obtenidos entre los años 1931 y 2006 (ver Tabla 2.3.4 del EIA).

Finalmente, desde el punto de vista de la disponibilidad efectiva de agua en el río Maipo en el tramo afectado por el PHAM, se estima que el promedio anual será superior a los 50 m³/s, valor adecuado para asegurar no sólo los derechos de agua sino también la realización de actividades deportivas como el rafting y kayak. De hecho el titular, en el marco de la Adenda 1, realizó un estudio sobre la continuidad de actividades como rafting y kayak (adjuntado a dicha Adenda como Anexo 17), concluyendo que la continuidad de dichas actividades estaba asegurada mediante la exigencia del caudal ecológico mínimo.

En síntesis, no se estima la ocurrencia de IAA por efectos de la disminución de caudales en el río Maipo sobre la Central Guayacán, ni sobre otros actores de la cuenca tales como los pescadores deportivos o quienes practican deportes tales como el rafting y el kayak.

IAA en la dinámica de sedimentos

La modificación de los caudales en algunos tramos de ríos dentro del área de influencia del PHAM, producto de la operación de este proyecto, podría tener también un impacto sobre la dinámica de los sedimentos de la cuenca. Esta situación podría tener IAA con los efectos que actualmente generan el Embalse El Yeso, el Complejo Cordillera y la Central Guayacán, y con los eventuales efectos del Proyecto Interconexión Yeso Acueducto Laguna Negra

En relación al impacto del Proyecto de Interconexión Yeso Acueducto Laguna Negra, se considera que dicho potencial impacto será eventual y mínimo, pues producto del acuerdo entre Aguas Andinas y AES Gener indicado anteriormente, dicha interacción sólo existirá en condiciones excepcionales de muy baja probabilidad de ocurrencia (eventos de excesiva turbiedad en el río Maipo, contaminación del río Maipo y/o eventos de sequía extrema que pudiera poner en riesgo el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Santiago).

La dinámica de los sedimentos fue estudiada en detalle por el PHAM, tema sobre el cual se adjuntó el informe “Estudio Sedimentológico en el río Maipo”, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, de marzo de 2008 y que formó parte del Anexo 20 del EIA del proyecto. Este estudio tuvo como objetivo comparar el régimen de transporte de sedimentos entre la situación actual (sin proyecto) con aquella con el PHAM en operación, concluyendo con la operación del proyecto se espera *“una reducción (...) del gasto sólido de fondo de alrededor 1,3 millones de ton/año, correspondiente al 15% del gasto asociado a la situación sin proyecto”*, por lo cual en el EIA del PHAM se consideró que *“el cambio en la*

carga de sedimentos producto de las obras no será significativo ni ajeno a la condición normal de escurrimiento de los ríos cordilleranos” (Sección 6.4.1.7 del EIA).

Cabe señalar que de este estudio también se desprende que el aporte de sedimentos del río Maipo, en la situación con proyecto, seguirá siendo mayor a la extracción de áridos que actualmente se realiza en el río.

No obstante, el propio informe de la U. de Chile releva el potencial impacto acumulativo que tendría el Embalse El Yeso sobre la dinámica de sedimentos de la cuenca, señalando lo siguiente:

“Es necesario tener presente que, con o sin proyecto, en el largo plazo se sentirá el efecto del embalse en el río El Yeso, alcanzándose una condición de acorazamiento estático, por lo que este cauce dejará de aportar sedimentos de manera significativa. Esto implica una reducción de entre 0,2 a 0,5 millones de ton/año en las tasas de arrastre de fondo estimadas para la situación sin proyecto actual. Cuándo eso ocurrirá es difícil de estimar, sobretodo si se considera que después de 43 años de operación del embalse aún no hay signos evidentes de la formación de una coraza estática.”

Por lo tanto, es de esperar un IAA de los proyectos Alto Maipo y el Embalse El Yeso cuando ocurra el fenómeno de acorazamiento estático en este último, lo cual ocurrirá de todas formas con o sin proyecto, según señala el informe de la U. de Chile.

En relación a potenciales IAA del PHAM con las centrales del Complejo Cordillera y la Central Guayacán, se estima que no existiría dicho riesgo por cuanto todas ellas corresponden a centrales de pasada que no trasladan caudales entre sub-cuencas diferentes del río Maipo. Es decir, estos proyectos sólo pueden afectar la dinámica de sedimentos en el tramo del río en que ellos operan, el cual no recibe aportes o disminución de sedimentos en un punto intermedio con ocasión del PHAM. De esta manera, el impacto ambiental asociado al flujo de sedimentos fue evaluado adecuadamente por cada proyecto de manera independiente, sin existir sinergias o IAA que deban ser evaluados de manera adicional.

En síntesis, el proceso de evaluación de impacto ambiental del PHAM identificó la dinámica de sedimentos como un impacto propio del proyecto, el cual puede transformarse, a su vez, en un IAA conjunto con el Embalse El Yeso en algún momento del futuro. Las medidas de manejo exigidas en el permiso ambiental fueron:

- Desarrollar un Estudio Sedimentológico Avanzado del Río Maipo, con el objetivo de precisar posibles efectos, medidas y obras de mitigación que podrían ser necesarias para contrarrestar aquellos efectos no previstos. Cabe señalar que, a la fecha de elaboración del presente EIAA, dicho estudio se encontraba ya en desarrollo.

- Formular y aplicar un programa de monitoreo que permita identificar posible impactos ambientales no previstos y definir eventuales medidas y obras de mitigación y/o compensación y seguimiento. Para ello se deberá caracterizar en forma completa la situación base sedimentológica de la situación 'sin proyecto' de los cauces involucrados. Lo anterior forma parte del alcance del estudio sedimentológico avanzado que está en desarrollo.

Estas medidas fueron aprobadas entendiendo que las estimaciones sedimentológicas manejan niveles variables de certidumbre, los que adicionalmente se cruzan de manera compleja en el río Maipo con elementos naturales y artificiales.

Dado lo anterior, se considera que las medidas ya exigidas al proyecto son medidas adecuadas para gestionar eventuales IAA del PHAM relacionadas con la dinámica de sedimentos, de manera de detectar oportunamente cualquier impacto no previsto sobre otros actores de la cuenca tales como la central Guayacán u otros.

IAA sobre el flujo vial

Considerando lo indicado en el análisis del IAA sobre el flujo vial en la Etapa de Construcción, y que durante la Etapa de Operación del PHAM se espera un impacto vial significativamente menor a aquél durante la Etapa de Construcción, es posible concluir que no se prevén IAA adversos durante la etapa de operación del PHAM, dado que los flujos vehiculares aportados por el proyecto no alterarán las condiciones de flujo vehicular.

IAA sobre el medio económico social

De manera similar al análisis de IAA sobre el flujo vial en la etapa de construcción, es posible indicar que el impacto del PHAM durante su Etapa de Operación será significativamente menor al de su Etapa de Construcción, el cual fue analizado en detalle en el análisis de IAA sobre el medio económico social.

Por lo tanto, es posible concluir también que el PHAM se hace cargo adecuadamente de sus impactos sobre el medio económico y social, y no se estima la ocurrencia de IAA en conjunto con otros proyectos durante su etapa de operación.

IAA sobre el cambio climático

El fenómeno del cambio climático es, por sus características particulares, un impacto acumulativo y global, por lo que la acumulación se verifica con cualquier otro proyecto del planeta y no sólo con aquéllos ubicados en el área de influencia del PHAM. Por lo tanto, en la práctica este IAA puede tratarse como un impacto directo de este proyecto.

En el caso del PHAM, el impacto del proyecto es positivo pues evita la emisión de CO₂ por cuanto inyecta energía renovable (hidráulica) a una matriz de generación con una componente térmica y con un sistema de despacho marginalista. De esta manera, al inyectar energía hidráulica, el PHAM evita la entrada en operación de centrales térmicas que quemarían combustibles fósiles (carbón, petróleo diesel, gas natural o GNL) para generar esa misma cantidad de energía.

En términos aproximadas, considerando un factor de carbono del SIC de 300 tonCO₂/GWh³ generado, y considerando que el PHAM generará un promedio de 2.350 GWh al año, se puede estimar que este proyecto evitará la emisión de aproximadamente 900.000 ton CO₂ al año.

Cabe señalar que en el EIA del PHAM se indicó que el Proyecto se acogerá al Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto, con el objetivo de *“colaborar económicamente a la superación de las barreras mencionadas, permitiendo la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo”*.

Conclusiones

Se realizó un estudio de Impactos Ambientales Acumulativos (IAA) para el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM), localizado en el sector cordillero de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. El análisis realizado identificó cinco obras y/o actividades generales durante la etapa de construcción y tres durante la etapa de operación que tienen el potencial de generar IAA en conjunto con otros proyectos, a saber:

- Complejo Cordillera (AES Gener), consistente en: centrales Alfalfal I, Maitenes, Queltehues y Volcán
- Línea de Alta Tensión Queltehues – Maitenes – Florida y subestaciones asociadas (S/E Queltehues, S/E Maitenes, S/E Florida)

³ Valor tomado de estimación promedio para el año 2018 realizada por el Centro de Cambio Global de la UC y POCH para el Ministerio de Medio Ambiente en el informe “Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile en el Sector Energía”, de agosto de 2010, Sección 5.1, Tabla 14.

- Línea de Alta Tensión Alfalfal – Alto Jahuel y S/E Alfalfal
- Central Hidroeléctrica Guayacán
- Actividades mineras de minerales no metálicos
- Embalse El Yeso
- Gasoducto Gas Andes
- Proyecto Exploración Minera Los Piches
- Proyecto Extracción de Áridos camino El Volcán, San José de Maipo
- Proyecto Interconexión Embalse El Yeso – Acueducto Laguna Negra
- Proyecto Mejoramiento Ruta G-25, sector puente el Yeso – El Volcán
- Proyecto de Exploración Minera Cóndor

A su vez, se estableció que dichas obras y/o actividades tienen el potencial de afectar nueve componentes valorados del ecosistema, los que se identificaron como los siguientes:

- Continuidad del río (incluye efecto sobre la ictiofauna)
- Caudal de los cursos de agua
- Calidad del agua superficial
- Dinámica de sedimentos
- Medio económico social
- Infraestructura local, en especial las rutas Rutas G-25 (El Volcán), G-345 (cajón Río Colorado) y G-455 (cajón río Yeso)
- Calidad del aire
- Patrimonio cultural y arqueológico
- Cambio climático

Finalmente, se identificaron las siguientes partes interesadas potencialmente afectadas de verificarse estos IAA, para quienes se realizó un análisis detallado para cada IAA en las distintas etapas del Proyecto.

- Comunidades del área de influencia (localidades de El Canelo, El Manzano, Los Maitenes, El Alfalfal, San Gabriel, El Romeral, El Volcán, Baños Morales y Lo Valdés, más arrieros y usuarios de veranadas cordilleranas)
- Complejo Cordillera (AES Gener), consistente en: centrales Alfalfal I, Maitenes, Queltehues y Volcán, más las líneas y subestaciones asociadas
- Central Guayacán (Energía Coyanco S.A.)
- Actividad minera de minerales no metálicos y proyectos de exploración minera, incluyendo aquéllos asociados a la extracción de áridos
- Embalse El Yeso (Aguas Andinas)
- Proyecto Interconexión Embalse El Yeso – Acueducto Laguna Negra
- Proyecto Mejoramiento Ruta G-25, sector puente el Yeso – El Volcán
- Actividad de *rafting* en río Maipo
- Actividades de excursionismo
- Restaurantes y actividad hotelera, incluyendo campings
- Actividades de pesca deportiva

Los resultados de este estudio indicaron que la evaluación de impacto ambiental desarrollada en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de Chile dio cuenta de la mayoría de los IAA identificados, por cuanto la mayoría de los proyectos que pueden ocasionar estos impactos constituyen obras o actividades actualmente en ejecución o en operación, por lo que fueron parte de la Línea de Base del PHAM y, por lo tanto, también formaron parte de la evaluación de impactos.

El único IAA que pudiere requerir de un análisis o medidas de manejo adicionales, en los casos que así se verifique durante la ejecución del proyecto, son los siguientes:

- Impacto vial durante la etapa de construcción del PHAM, en especial si dicha construcción se realiza de manera simultánea con la ejecución del Proyecto de Mejoramiento de la Ruta G-25.

En tanto se está elaborando un acuerdo entre la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas y el PHAM que compromete la pavimentación de un tramo de la Ruta G-25 y otro en la ruta G-345. Por otro lado, se contempla que las actividades que se desarrollen en esta área estarán coordinadas para ejecutar las obras asociadas a la vialidad, y por lo tanto, no se espera que se generen una acumulación de impactos o de producirse existirán los mecanismos para mitigarlos de manera prácticamente inmediata.

Por su parte, el impacto asociado a la variación de los caudales de algunos tramos de los cauces superficiales en la dinámica de sedimentos, si bien fue oportunamente identificado durante la evaluación ambiental del proyecto y cuenta con medidas de manejo, se debe asegurar que su monitoreo se mantenga en los términos aprobados.

Referencias

AES Gener, 2008a, Estudio de Impacto Ambiental de Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo.

AES Gener, 2008b, Adenda 1 al Estudio de Impacto Ambiental de Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo.

AES Gener, 2009a, Adenda 2 al Estudio de Impacto Ambiental de Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo.

AES Gener, 2009b, Adenda 3 al Estudio de Impacto Ambiental de Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo.

AES Gener, 2012, sitio web www.gener.cl

Aguas Andinas, 2012, sitio web www.aguasandinas.cl

Boulet, E. y Beaulac, G., 2012, Managing cumulative effects of cascade hydropower development Challenges and options, Energy Future: The Role of Impact Assessment, Porto, Portugal, Mayo-Junio de 2012.

Campos, Danilo, 2011, Declaración de Impacto Ambiental de Proyecto Extracción de Áridos camino El Volcán, San José de Maipo.

Cardinale, P., Athie, M., Greig, L., Boardley, S. y Pooley, J., 2012, Good Practice Note: Cumulative Impact Assessment and Management: Guidance for Private Sector in Emerging Market – International Finance Corporation, Energy Future: The Role of Impact Assessment, Porto, Portugal, Mayo-Junio de 2012.

Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile y POCH, 2010, “Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile en el Sector Energía”, disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles-50188_recurso_6.pdf

CONAMA, 2005, Guía CONAMA para el Establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas.

COREMA de la Región Metropolitana de Santiago, 2009, Resolución Exenta N°296/2009 que califica ambientalmente el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

COREMA de la Región Metropolitana de Santiago, 2010a, Resolución Exenta N°443/2010 que califica ambientalmente el Proyecto “Líneas de Transmisión Eléctrica S/E Maitenes-S/E Alfalfal y Central Alfalfal II-S/E Alfalfal”

COREMA de la Región Metropolitana de Santiago, 2010b, Resolución Exenta N°594/2010 que califica ambientalmente el Proyecto “Interconexión Embalse El Yeso – Acueducto Laguna Negra”

COREMA de la Región Metropolitana de Santiago, 2012, Resolución Exenta N°189/2012 que califica ambientalmente el Proyecto “Exploración Minera Cóndor”

Energía Coyanco S.A., 2008, Declaración de Impacto Ambiental de Proyecto Central Hidroeléctrica Guayacán, en www.e-seia.cl/archivos/DIA_Central_Guayacan.doc.pdf

IFC, 2012, Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social, Norma de Desempeño 1: Evaluación y gestión de los riesgos e impactos ambientales y sociales, IFC, enero de 2012.

Ministerio de Obras Públicas, 2011, Declaración de Impacto Ambiental de Proyecto Mejoramiento Ruta G-25, sector puente el Yeso – El Volcán.

Sociedad Legal Minera Los Piches, 2011, Proyecto Exploración Minera Los Piches, ingresado a tramitación ambiental con fecha 26 de septiembre de 2011, actualmente en calificación ambiental.