

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO****Evaluación de Efectos Acumulativos****Preparado por:**

Con la participación y revisión del Consultor Internacional Independiente MSc, Sr. Juan David Quinteros

2	14.06.2013	Revisión Cliente	Pablo Barañao	Juan David Quinteros Ximena Espoz	Pablo Daud	Andrés Cabello
1	15.02.2013	Revisión Cliente	Pablo Barañao	Juan David Quinteros Ximena Espoz	Pablo Daud	Patricia Alvarado
0	19.07.2012	Aprobación Cliente	Pablo Barañao	Ximena Espoz	Pablo Daud	Patricia Alvarado
REV.	FECHA	EMITIDO PARA	PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ	APROBÓ AES Gener
			COD. AES Gener Nº			1
			COD. DAES Nº 103 INF 2			

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos	1
Lista de Figuras	2
Lista de Láminas.....	2
Lista de Tablas	3
Anexos.....	3
1. Introducción	4
1.1 Antecedentes generales.....	4
1.2 Proceso de evaluación ambiental del PHAM y de las líneas de transmisión	4
1.3 Necesidad de una Evaluación de Efectos Acumulativos	6
2. Objetivos	8
3. Limitaciones de la Evaluación de Efectos Acumulativos del PHAM	9
4. Metodología	12
5. Descripción del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo y su área de influencia	18
5.1 Descripción de la cuenca alta del río Maipo	18
5.2 Descripción del PHAM.....	27
6. Identificación y descripción de los CVEs en la cuenca alta del río Maipo	32
6.1 Priorización de CVEs para el análisis de efectos acumulativos	32
6.2 Lista prioritaria de CVEs a analizar	32
6.3 Justificación de CVEs no seleccionados	33
6.4 Descripción, estado actual y tendencias de los CVEs significativos de la cuenca alta del río Maipo	38
7. Evaluación de Efectos acumulativos sobre los CVEs	48
7.1 Inventario de proyectos y actividades.....	48
7.2 Interacciones acumulativas entre proyectos y actividades y los CVEs	53
7.3 Efectos acumulativos esperados sobre los CVEs.....	56

8. Gestión de los Efectos Acumulativos.....	79
8.1 Medidas de mitigación, reparación y/o compensación de los efectos acumulativos ya consideradas por PHAM	79
8.2 Medidas adicionales de mitigación, reparación y/o compensación propuestas	83
8.3 Gerenciamiento adaptativo de algunos efectos acumulativos	84
8.4 Estrategias de implementación.....	85
9. Referencias.....	89

Lista de Figuras

- Figura N° 1: Ubicación general y obras principales del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo
- Figura N° 2: Diagrama de flujo para definición de CVEs sobre los cuales realizar una EEA
- Figura N° 3: Vista parcial del embalse El Yeso y su muro de contención
- Figura N° 4: Bosque esclerófilo andino
- Figura N° 5: Ingreso a sector de camping y restauran de Cascada de las Ánimas
- Figura N° 6: Actividad de extracción de áridos, sector La Obra.
- Figura N° 7: Cuenca del Río Maipo identificación de zonas de riego
- Figura N° 8: Canal de regadío en sector La Obra
- Figura N° 9: Esquema de la configuración hidráulica del PHAM
- Figura N° 10: Perfil longitudinal de Túnel El Volcán
- Figura N° 11: Perfil longitudinal de Túnel Alfalfal II
- Figura N°12: Cronograma general del PHAM
- Figura N° 13: Diagrama unifilar de cuenca alta del río Maipo antes de construcción del PHAM
- Figura N° 14: Diagrama unifilar de cuenca alta del río Maipo después de construcción del PHAM
- Figura N° 15: Diagrama de efectos acumulativos, etapa de construcción del PHAM
- Figura N° 16: Diagrama de efectos acumulativos, etapa de operación del PHAM

Lista de Láminas

- Lámina N° 1: Obras del PHAM y cuencas río Yeso, Colorado, Volcán y Maipo
- Lámina N° 2: Obras del PHAM y otros proyectos del área de influencia
- Lámina N° 3: Área de Influencia de PHAM: Componente Áreas Protegidas y Sitios Prioritarios para la Biodiversidad.

Lámina N° 4: Área de Influencia de PHAM: Componente Medio Económico Social

Lámina N° 5: Área de Influencia de PHAM: Componente cursos de agua superficial y dinámica de sedimentos

Lámina N° 6: Área de Influencia de PHAM: Componente Impacto Vial

Lista de Tablas

Tabla N° 1: Caudales mensuales extremos en ríos de la cuenca alta del río Maipo (1965-2009)

Tabla N° 2: Características principales del PHAM

Tabla N° 3: Efectos acumulativos de proyectos existentes sobre la hidrología de la cuenca alta del Río Maipo

Tabla N° 4: Porciones de ríos afectados por proyectos existentes

Tabla N° 5: Detalles de proyectos hidroeléctricos existentes y futuros de AES Gener S.A.

Tabla N° 6: Detalles de proyectos hidroeléctricos de Energía Coyanco S.A.

Tabla N° 7: Detalles de proyectos de transmisión eléctrica de AES Gener S.A.

Tabla N° 8: Detalles de proyectos de agua potable

Tabla N° 9: Matriz de Evaluación de Efectos Acumulativos

Tabla N° 10: Efectos del PHAM sobre la longitud de tramos afectados en su hidrología

Tabla N° 11: Efectos del PHAM sobre los caudales de los ríos

Tabla N° 12: Lugar de ocurrencia de accidentes de tránsito en San José de Maipo, 2010 – 2012

Anexos

Anexo N° 1: Características del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

Anexo N° 2: Declaración y compromiso entre AES Gener SA y Comunidad de Aguas Canal El Manzano

Anexo N° 3: Informe Evaluación de Efectos Acumulativos, Hidrología y Dinámica de Sedimentos, APR Ingeniería S.A.

1. Introducción

1.1 Antecedentes generales

La empresa AES Gener se encuentra desarrollando el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM), el cual 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 dos líneas de transmisión. La Figura N° 1 presenta la ubicación del proyecto en relación a la ciudad de Santiago y un esquema de sus obras principales.



Figura N° 1: Ubicación general y obras principales del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

1.2 Proceso de evaluación ambiental del PHAM y de las líneas de transmisión

El PHAM fue aprobado ambientalmente por las autoridades chilenas en 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 EIA del Proyecto fue realizado por la consultora internacional Arcadis, la cual posee amplia experiencia en este tipo de evaluaciones de impacto ambiental, y supervisada por los profesionales de AES Gener, filial de AES Corporation (AES). AES posee más de 33.800 MW de proyectos de generación en casi cien centrales de generación ubicadas en 22 países, en los cinco continentes, por lo que el alcance del proceso de identificación de riesgos e impactos ambientales incorporó las buenas prácticas internacionales en el sector de generación hidroeléctrica.

El SEIA de Chile corresponde a un proceso normado, establecido por la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, promulgada en 1994, mediante el cual son calificados todos los proyectos susceptibles de causar impactos ambientales. De acuerdo con las disposiciones de la citada Ley, el proyecto debe ingresar al SEIA mediante un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) cuando aquél puede generar o presentar impactos 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.

Las consultas de las autoridades competentes en temas ambientales, así como las respuestas a ellas, fueron canalizadas a través de tres Adendas (documentos de respuestas a consultas, solicitud de aclaraciones o mayor información), presentadas en noviembre de 2008, enero de 2009 y marzo de 2009 respectivamente. El proceso involucró, también, la participación de las partes interesadas mediante ocho actividades de participación ciudadana, entre el 1 de julio y el 23 de agosto de 2008, proceso en el cual participaron tanto miembros de las comunidades afectadas como otros actores sociales¹. De este proceso se recibieron 541 observaciones², a todas las cuales se les dio respuesta en un documento denominado Observaciones y Respuestas, emitido en diciembre de 2008, las que fueron ponderadas por la autoridad durante el proceso de evaluación ambiental.

De manera complementaria al EIA del PHAM, Gener presentó, en septiembre de 2009, otro EIA para la aprobación ambiental de las líneas de transmisión requeridas para evacuar la energía generada por las centrales Alfalfal II y Las Lajas, denominado "*Líneas de Transmisión Eléctrica S/E Maitenes – S/E Alfalfal y Central Alfalfal II – S/E Alfalfal*". Dicho proyecto consiste en dos líneas de transmisión eléctrica, denominadas 'Maitenes-Alfalfal' y 'Alfalfal II-Alfalfal',

¹ Un análisis estadístico de las observaciones ciudadanas mostró la participación de 28 organizaciones ciudadanas, de las cuales varias de ellas no correspondían a agrupaciones de vecinos u otras vinculadas con el área de influencia del PHAM.

² El registro de todas las actividades realizadas, así como de cada una de las 541 observaciones realizadas al Proyecto se encuentran en el siguiente vínculo correspondiente al sitio web de la autoridad ambiental:

http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2933044#-1.

de 7,6 y 9,5 km de longitud respectivamente, totalizando una longitud de 17,1 km, las que permitirán conectar al Sistema Interconectado Central (SIC) las centrales Las Lajas y Alfalfal II, ambas aprobadas en el marco del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM). Este EIA también incluyó un proceso de participación ciudadana que recogió todas las inquietudes de las partes interesadas del proyecto asociado a las líneas de transmisión, y fue aprobado en julio de 2010, mediante la Resolución Exenta N° 443/2010 (RCA).

1.3 Necesidad de una Evaluación de Efectos Acumulativos

El PHAM y sus líneas de transmisión se desarrollarán en una cuenca que presenta diversos proyectos hidroeléctricos y de agua potable anteriores que han afectado tanto la hidrología de ésta (desde la década de 1910) así como otros atributos del medio ambiente. Asimismo, existen permisos otorgados y en trámite para nuevos proyectos en el área de influencia del PHAM, todos los cuales han afectado y/o afectarán componentes valorados del ecosistema³. De esta manera, y acorde con los estándares de instituciones financieras multilaterales, resulta pertinente realizar un Estudio de Efectos Acumulativos (EEA) del PHAM.

Para realizar esta evaluación de EEA del PHAM se consideraron los proyectos existentes y potenciales que pudieran tener efectos acumulativos sobre componentes valorados del ecosistema (CVE), principalmente: centrales en operación que AES Gener posee en el Complejo Cordillera, otras centrales hidroeléctricas en la zona (existentes y futuras), proyectos de agua potable y proyectos de exploración y/o explotación minera.

Para cada interacción ambiental potencialmente acumulativa detectada 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: hidrología superficial, dinámica de sedimentos, paisaje y comunidades locales.

En los casos que se detectaron efectos acumulativos que pudieran afectar algún componente valorado del área del Proyecto, se analizaron sus potenciales efectos sobre otros usuarios del agua (incluyendo usos recreativos, consumo humano y riego), sobre la explotación de áridos desde el río Maipo, los eventuales procesos erosivos en el río Maipo, el turismo, la congestión y seguridad vial, los servicios básicos en la comuna de San José de Maipo y los eventuales cambios culturales en el área de influencia del Proyecto.

Finalmente, en relación a los efectos del cambio climático, éstos se evaluaron desde dos perspectivas distintas: los efectos acumulativos del Proyecto sobre el cambio climático, y los efectos acumulativos del cambio climático sobre los CVEs que también son afectados por el Proyecto.

³ Componente Valorado del Ecosistema (CVE), corresponde a aquel elemento y/o aspecto socio-ambiental del área de influencia de un Proyecto respecto del cual: i) existe especial y manifiesto interés y/o preocupación por partes interesadas; ii) el Proyecto en análisis tiene algún efecto sobre aquel componente, y iii) otros proyectos existentes, en desarrollo o a desarrollarse en un futuro razonablemente predecible, puedan causar efectos sobre aquel.

Es necesario indicar que el documento sobre Impactos Acumulativos del PHAM responde a un requerimiento específico de los bancos acreedores, en el marco del proceso de financiamiento del Proyecto; en tanto en la evaluación ambiental del PHAM se revisaron estos impactos acumulativos pero en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) chileno, procedimiento mediante el cual el PHAM recibió la aprobación ambiental Resolución Exenta N° 256/2009 (RCA PHAM). De lo anterior se desprende que el presente Informe no complementa la evaluación ambiental del Proyecto, sino corresponde a un objetivo distinto y específico que da respuesta a los requerimientos de los Bancos.

2. Objetivos

El objetivo general del presente documento consiste en realizar una evaluación de los efectos acumulativos (EEA) del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM), incluyendo sus líneas de transmisión, que la empresa AES Gener desarrolla en el sector cordillerano de la Región Metropolitana, Chile, sobre los Componentes Valorados del Ecosistema (CVEs).

Para ello, el estudio contempla los siguientes objetivos particulares:

- a) Identificación de los Componentes Valorados del Ecosistema (CVE), con base a los temas de interés local y regional, así como a aquellos aspectos de interés científico;
- b) Identificar potenciales proyectos, tanto existentes como futuros, en el área de influencia del PHAM y que podrían tener efectos ambientales adversos acumulativos con el proyecto en evaluación.
- c) Identificación del contexto espacial y temporal de cada CVE en función de los efectos del PHAM en conjunto con las otras actividades que podrían generar efectos acumulativos.
- d) Realizar una evaluación de los efectos acumulativos sobre componentes valorados del ecosistema y evaluar la significancia de estos impactos acumulativos.
- e) Evaluar las medidas de mitigación y/o seguimiento ya comprometidas en los EIA del Proyecto, y eventualmente proponer nuevas medidas necesarias para una adecuada gestión de los efectos ambientales acumulativos analizados.

3. Limitaciones de la Evaluación de Efectos Acumulativos del PHAM

Las principales limitaciones para la realización de esta evaluación de efectos acumulativos del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo se detallan a continuación.

En relación al análisis temporal de los efectos acumulativos, para la mayoría de los CVEs fue posible realizar una evaluación para el peor escenario; es decir, para aquel en el que se superponen los máximos efectos del PHAM y del proyecto en cuestión. Este enfoque fue utilizado para el análisis de los efectos acumulativos sobre la hidrología superficial, la explotación de áridos desde el río Maipo, los procesos erosivos en el cauce del río Maipo, el turismo, los servicios básicos y los cambios culturales.

No obstante, la información disponible en Chile sobre los plazos para la ejecución de los proyectos impidió realizar un análisis temporal para todos los CVEs identificados, por cuanto los cronogramas de los proyectos actualmente aprobados y no ejecutados son sólo referenciales. Por lo tanto, para aquellos CVEs en que no fue posible lo anterior, desde el punto de vista temporal sólo se incluyó en la evaluación de efectos acumulativos aquellos proyectos ya ejecutados (tanto antes como después de la tramitación del PHAM), junto al cronograma del PHAM. Este enfoque fue utilizado para el análisis de los efectos acumulativos sobre la congestión y la seguridad vial. Cabe señalar que esta limitación es considerada poco significativa por cuanto este CVE posee una medida de manejo adaptativa, la cual permitirá ajustar sus alcances en caso que existan efectos relevantes sobre este componente por parte de otros proyectos de la cuenca.

Este último enfoque se usó porque no existe información para realizar un análisis temporal de los proyectos futuros pero que aún no han ingresado al SEIA. Ello se debe a que a la fecha no existe una planificación estratégica para el desarrollo de distintos sectores del país, lo cual implica una gran incertidumbre sobre los posibles proyectos que pudieran desarrollarse a futuro.

En cuanto al efecto del cambio climático sobre los efectos analizados, los resultados preliminares del estudio “Cambio Climático y su impacto en la disponibilidad de recursos hídricos del Proyecto Alto Maipo”, realizado por la Fundación para la Transferencia Tecnológica (UNTEC, 2013), concluyeron que la disponibilidad promedio de agua en la cuenca alta del río Maipo disminuirá entre un 3% y un 8%.

Estos resultados son consistentes con otros documentos revisados que analizaron de manera general los efectos del cambio climático en la cuenca del río Maipo, elaborados por la CEPAL (2012) y por el Gobierno de Chile (Segunda Comunicación Nacional de Chile, 2011) respectivamente.

En cuanto al análisis relacionado con los efectos del PHAM y de otros proyectos sobre la dinámica de sedimentos, los estudios complementarios de este fenómeno, así como su efecto sobre los procesos erosivos, se encuentran actualmente en desarrollo mediante un “Estudio

Sedimentológico Avanzado”. Se tuvo acceso a los resultados preliminares del estudio avanzado mediante una reunión con el académico líder de dicho estudio, Dr. Luis Ayala, los cuales fueron posteriormente recibidos en forma de una minuta denominada “Evaluación de Efectos Acumulativos – Hidrología y Dinámica de Sedimentos”. Por lo tanto, el análisis se basó principalmente en el “Estudio Sedimentológico en el río Maipo”, realizado en 2008 y presentado en durante la tramitación ambiental del Proyecto, complementado con la información recibida del Dr. Luis Ayala. Sin perjuicio de lo anterior, también se consideraron los estudios sedimentológicos de otros proyectos hidroeléctricos (de las centrales Guayacán y El Canelo).

Cabe agregar que la ausencia, a la fecha, de una definición de umbrales, o límites cuantitativos de cambio aceptables, para algunos CEV se debe a que existen estudios que se encuentran en desarrollo. La definición de estos umbrales deberá basarse en un proceso de consulta con los diferentes actores según ha sido detallado en el documento Sistema de Gestión Social, elaborado para abordar los aspectos sociales, ambientales, de salud y seguridad del PHAM.

Finalmente, es posible señalar que en Chile existe experiencia muy limitada en la evaluación de efectos acumulativos en forma separada a la que se realiza en el contexto del SEIA⁴, pues este tipo de estudios aún no son exigibles legalmente. Como consecuencia de lo anterior, no existen guías o referencias oficiales que establezcan metodologías para desarrollarlo. Esta limitación fue resuelta mediante el uso de documentos y guías del IFC y de países con amplia experiencia en estas materias (principalmente Canadá y Estados Unidos), según se lista a continuación:

- 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.

Adicionalmente, se verificó el cumplimiento de la Guía para la Evaluación de Efectos Acumulativos de la Agencia de Evaluación Ambiental de Canadá, así como las

⁴ Según lo define la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental, este último en su Artículo 12 letra g), sobre Contenidos de los EIA, la predicción y evaluación de los impactos ambientales considerará los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, atinentes al proyecto o actividad, y considerará, según corresponda, los impactos directos, indirectos, **acumulativos** y sinérgicos (en negritas nuestra cita).

recomendaciones de los artículos de discusión de la Agencia de Protección Ambiental de la Columbia Británica, Canadá, “Cumulative Effects Assessment Framework” (marzo 2012) y “A Consistent Approach to Describing Values in Natural Resource Assessments” (abril 2012).

4. Metodología

La evaluación de efectos acumulativos siguió la metodología establecida en las guías para la evaluación de este tipo de impactos del Consejo de Calidad Ambiental de Estados Unidos (*Council on Environmental Quality, CEQ*), de la Agencia de Evaluación Ambiental de Canadá (*Canadian Environmental Assessment Agency, CEAA*) y de la Corporación Financiera Internacional (*International Finance Corporation, IFC*).

Las etapas de esta evaluación consideraron los siguientes pasos:

- i. Definición de alcance (*scoping*)
 - a. Identificación de CVEs.
 - b. Identificación de proyectos existentes y en un futuro razonablemente predecible.
 - c. Definición del contexto espacial y temporal.
- ii. Organización y sistematización de la información
 - a. Medio ambiente afectado e interrelaciones.
 - b. Evaluación de efectos acumulativos y significancia.
- iii. Identificación de efectos
- iv. Evaluación
- v. Mitigación, monitoreo y gestión adaptativa

A continuación se presenta el desarrollo de cada uno de estos pasos.

i. Definición de alcance (scoping)

a. Identificación de CVEs

En una primera etapa, el proceso de definición de alcance se realizó mediante la revisión de todas las actividades de participación con la comunidad y las autoridades con competencia ambiental, identificando aquellos temas y aspectos del Proyecto que son de interés y/o preocupación. Por parte de la comunidad, participaron los vecinos, regantes, miembros de organizaciones no gubernamentales (ONGs), operadores turísticos y areneros, entre otros.

Así, para la identificación de los Componentes Valorados del Ecosistema (CVE), se identificaron aquellos aspectos ambientales, sociales y económicos que fueron analizados durante la evaluación ambiental del PHAM y de las líneas de transmisión, incluyendo aquellos temas regionales de interés y los temas levantados durante el proceso de participación ciudadana por otras partes interesadas del Proyecto, incluyendo los de sus opositores (por ejemplo, el efecto de la reducción de caudal sobre los derechos de aguas de terceros y otros usos recreacionales, cambios en la dinámica de sedimentos que pudieran afectar a los 'areneros', efectos sobre áreas protegidas, cambio climático, etc.).

Con el objetivo de priorizar los CVEs relevantes y sobre aquellos que corresponde realizar una evaluación de efectos acumulativos, se aplicó el diagrama de flujo presentado en la Figura N°

2. Es decir, se seleccionaron solo aquellos CVEs que se consideran de alguna importancia para las comunidades vecinas al Proyecto y/o para la comunidad científica, que son afectados por el PHAM y que han sido o podrían ser afectados por otros proyectos en el pasado o en un futuro razonable. La no inclusión de un CVE no indica que no tiene importancia o que no hay efectos sobre ese CVE por parte del PHAM. **Es decir, la no inclusión de un CVE no debe ser tomada como una evaluación de la importancia del CVE.**

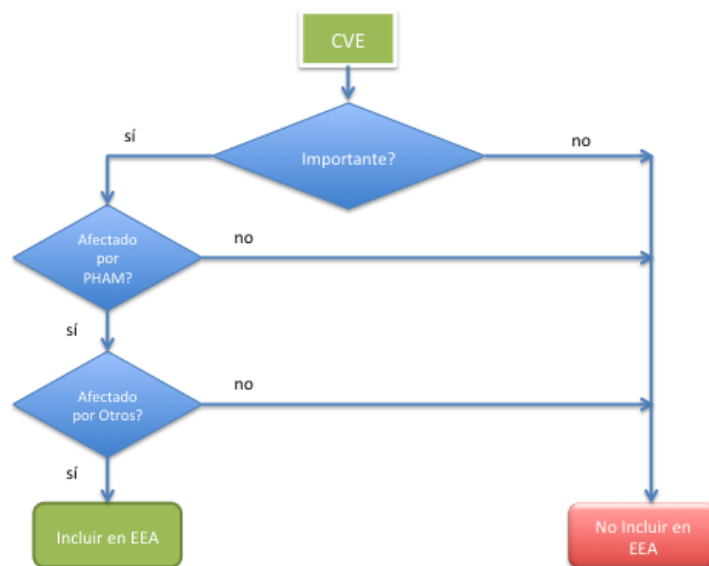


Figura Nº 2: Diagrama de flujo para definición de CVEs sobre los cuales realizar una EEA

Sobre la base de las dos actividades anteriores fue posible identificar los componentes valorados del ecosistema (CVEs), los cuales se detallan en la Sección 6.2 del presente informe.

b. Identificación de proyectos existentes y en un futuro razonablemente predecible

Adicionalmente, se realizó una búsqueda de antecedentes generales sobre potenciales efectos del PHAM, así como de otras actividades y proyectos en el área. La principal fuente de información lo constituyeron los estudios de impacto ambiental y declaraciones de impacto ambiental de los diferentes proyectos, para proyectos posteriores a 1994, y otros estudios realizados por AES Gener para evaluar los efectos de proyectos anteriores a esa fecha.

La identificación de otros proyectos en el área de influencia del PHAM se dividió en: aquellos ya desarrollados y/o en ejecución, y aquellos 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

Por su parte, para efectos de identificar otros futuros proyectos en el área de influencia del PHAM, se revisaron todos los proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), incluyendo tanto aquellos aprobados como aquellos 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. Cabe señalar que si bien los proyectos que ingresan al SEIA no incluyen niveles avanzados en el desarrollo de su ingeniería respectiva, al menos cuentan con ingeniería a nivel conceptual, lo que resulta indispensable para poder evaluar sus impactos, ya sea cualitativa o cuantitativamente.

c. Definición del contexto espacial y temporal

Para la determinación del alcance geográfico (área de influencia) se utilizaron los criterios de la Norma de Desempeño 1 del IFC, la que comprende para el PHAM, según lo establecido en su numeral 8:

- a) La zona que posiblemente se vea afectada por:
 - a. el PHAM y por las actividades y las instalaciones propiedad directa de AES Gener y sus contratistas, y que sean componentes del Proyecto;
 - b. los efectos de acontecimientos no programados aunque previsibles provocados por el PHAM, que puedan ocurrir posteriormente o en otro lugar; o,
 - c. los efectos indirectos del Proyecto sobre la biodiversidad o sobre los servicios que prestan los ecosistemas de los que dependen las comunidades afectadas para obtener sus medios de subsistencia.
- b) Las instalaciones conexas, que no se habrían construido o expandido de no haber existido el PHAM, y sin las cuales el Proyecto no sería viable (camino, servicios, etc.).
- c) Los efectos acumulativos (resultantes del efecto 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 y efectos.

De esta manera, el literal a) del área de influencia, según lo indicado arriba, consideró el área de influencia directa del PHAM propiamente tal, incluyendo las obras y acciones del Proyecto, así como el área mayor que pudieran requerir el análisis de los CVE identificados.

Los numerales b) y c), por su parte, son propios del análisis de este informe de EEA, aunque algunos de ellos también fueron incluidos en el EIA del PHAM.

Para efectos del análisis, el área de influencia fue dividida sobre la base de los diferentes CVEs identificados, por lo que ésta se presenta como la extensión geográfica y territorial de cada uno de las componentes ambientales que potencialmente pueden ser afectados directa o

indirectamente por el Proyecto. En este sentido, el ámbito del medio afectado difiere de acuerdo con la distribución espacial de los efectos que puedan generarse; es decir, a la extensión geográfica.

En relación al análisis temporal de los efectos acumulativos, se consideró un horizonte temporal máximo, hacia el pasado, desde la fecha de la entrada en operaciones del primer proyecto que afectó significativamente el escurrimiento superficial del área de influencia, esto es, la operación del acueducto Laguna Negra en 1917. Otro hito que marca el análisis temporal es la entrada en operación del embalse El Yeso, en 1967, por cuanto afecta significativamente no sólo la hidrología, sino también el turismo y el paisaje de la cuenca. Hacia el futuro, se consideró un horizonte temporal de evaluación de 10 años desde la puesta en operaciones del PHAM. No obstante, el horizonte temporal varía según cada CVE analizado.

Para efectos del análisis se consideró el cronograma del PHAM, el cual contempla el inicio de sus actividades de construcción durante 2013 y duración de 4,5 años.

Se debe hacer mención a que, tal como se indicó anteriormente, la información pública disponible en Chile impide realizar un análisis temporal de los efectos acumulativos con otros proyectos futuros evaluados ambientalmente, por cuanto los cronogramas de los proyectos actualmente aprobados son sólo referenciales. Dicha situación corresponde a una limitación de este estudio y fue identificada como tal en la Sección N° 3.

ii. Organización y sistematización de la información

a. Medio ambiente afectado e interrelaciones

En esta etapa se describe el área de influencia, es decir, el medio ambiente afectado, se predicen los efectos directos e indirectos y se identifican las influencias de factores externos.

Para la primera actividad; esto es, la descripción del medio ambiente afectado (en Sección 5.1), se identificaron acciones y proyectos tanto pasados, presentes como futuros razonablemente previsibles, los cuales se relacionan con los componentes del medio ambiente de acuerdo con los alcances geográfico y temporal. Para ello, se revisaron los componentes físicos, biológicos y sociales del medio ambiente que son relevantes para los efectos acumulativos directos e indirectos. Estas relaciones se muestran geográficamente en las Láminas 2 a 6 adjuntas a este informe. El análisis se realizó para cada componente afectado, y fue identificado el nivel de afectación gradual, de manera cronológica, a medida que los proyectos fueron desarrollándose en el área. De esa manera es posible ver un efecto acumulativo escalonado desde el punto de vista histórico, tomando en consideración eventuales efectos residuales de proyectos pasados que pudieran continuar afectando las condiciones presentes (línea de base). En este análisis se incluyó también el efecto del cambio climático, como un factor natural que puede influenciar en el futuro los componentes ambientales afectados por los efectos acumulativos.

b. Evaluación de efectos acumulativos y significancia

Posteriormente, para la predicción de los efectos directos e indirectos, fueron revisadas las consecuencias de cada efecto identificado sobre los componentes del ecosistema, las cuales fueron calificadas como positivas/negativas y se estableció un nivel de significancia. Para establecer si los efectos son positivos (benéficos) o negativos (adversos), es necesario realizar juicios de valor, los cuales usualmente poseen un consenso social o tienen un respaldo legal. En aquellos casos donde no fue posible identificar directrices objetivas al respecto, ello fue identificado en el texto del informe y se justificó la selección del tipo de efecto. Con respecto a la significancia del efecto, ella se estableció sobre la base de dos criterios: contexto e intensidad, en función de las recomendaciones de la CEQ de Estados Unidos. El contexto para este análisis se entiende como las condiciones y circunstancias específicas bajo las cuales el efecto ocurriría. La intensidad, por su parte, se entiende como la severidad del efecto sobre la base de factores como la magnitud, frecuencia de ocurrencia, duración y extensión geográfica.

La identificación de factores externos que afectan los componentes del ecosistema se realizó considerando tanto los factores antropogénicos (causados por el ser humano) como naturales, especialmente el cambio climático en este último grupo.

Finalmente, toda esta información se organizó en forma de una matriz de efectos acumulativos (ver Tabla N° 9), donde cada fila corresponde a un efecto acumulativo directo o indirecto, y las columnas corresponden a actividades, proyectos o factores naturales que pueden aportar a dicho efecto.

iii. Identificación de efectos

La identificación de los efectos se realizó con la ayuda de la matriz generada en la etapa de organización, mediante el llenado de cada una de las celdas de la matriz. Para ello se sintetizó el efecto de cada actividad o proyecto en la celda respectiva, y se incluyó una referencia a la sección del informe donde se encuentra la discusión completa de dicho efecto. En caso que un proyecto o actividad, ya sea presente o futuro, no afecta algún efecto esperado, la celda se identificó como No Aplicable (N/A).

iv. Evaluación

Para la evaluación de los efectos acumulativos se utilizó la misma metodología que para la evaluación de los efectos de cada actividad o proyecto individual; es decir, con base en su significancia y a sus características benéficas o adversas. Asimismo, se utilizaron los mismos criterios y umbrales para establecer la significancia y la valoración de los efectos, por cuanto los componentes del ecosistema involucrados son los mismos. En la Tabla N° 9 se identificó con un “Sí” cuando el efecto se evaluó como significativo, y con un “No” cuando el resultado de la evaluación estableció que dicho efecto no lo es. Por su parte, los efectos positivos o benéficos fueron identificados en la matriz con un “(+)” y los negativos o adversos con un “(-)”.

Finalmente, se estableció el aporte individual del PHAM al efecto acumulativo global, como un porcentaje del efecto total, cada vez que fue posible, lo cual permitió analizar dicho efecto en perspectiva con respecto al contexto general (cuenca alta del río Maipo).

v. *Mitigación, monitoreo y gestión adaptativa*

En esta etapa se revisaron los compromisos ya adquiridos por AES Gener durante la evaluación ambiental del PHAM y se identificaron todos aquellos compromisos que permiten mitigar y monitorear los efectos acumulativos del Proyecto, a través de la metodología explicada anteriormente.

Para algunos efectos acumulativos, por sus características propias o por el estado de conocimiento de estas, se propone una gestión adaptativa para su manejo. Por ejemplo, en los casos del impacto vial, resultaría ineficiente en este momento prever todas las situaciones de congestión y las medidas de manejo puntuales. Asimismo, la intensidad y localización de los potenciales procesos erosivos aguas abajo de la descarga final del Proyecto es difícil de predecir, aun utilizando complejos modelos de predicción. Por lo tanto, un gerenciamiento adaptativo de estos impactos, basado en el monitoreo de los efectos, permitirá tomar decisiones mucho más efectivas y eficientes para mitigar los impactos que se presenten, si es que se llegaran a presentar. La toma de decisiones deberá apoyarse en un esquema de gerenciamiento de los impactos acumulativos, el cual se describe más adelante.

De esta manera, la gestión adaptativa de impactos se considera más adecuada para hacerse cargo de eventuales impactos acumulativos, siendo el uso de esta herramienta cada vez más frecuente en el mundo y en Chile, transformándose en una tendencia que deja parte de la gestión de algunos efectos a definiciones posteriores del proyecto mismo y los órganos de la administración del Estado, en función de la nueva evidencia que se vaya recogiendo durante el desarrollo de los proyectos.

5. Descripción del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo y su área de influencia

5.1 Descripción de la cuenca alta del río Maipo

a) Medio ambiente físico

El río Maipo nace a aproximadamente 3.300 m.s.n.m. de altitud, en los faldeos del Volcán Maipo, ubicado en el límite de Chile con Argentina, y corre en dirección nor-poniente hasta su desembocadura en el Océano Pacífico en la localidad de Lllolleo, V Región de Valparaíso. La sección alta del río Maipo está marcada por su paso por la cordillera de los Andes, desde su nacimiento hasta la llegada al valle central, en la localidad de La Obra, Región Metropolitana, a aproximadamente 680 m.s.n.m de altitud. Los principales afluentes del río Maipo en su cuenca alta son los ríos Blanco, Claro, Volcán, Yeso, Coyanco y Colorado.

La Lámina N° 1 presenta la configuración geográfica de la cuenca completa, incluyendo las áreas donde nacen los ríos Maipo, Volcán, Yeso y Colorado, mientras que la Lámina N° 2 presenta un mayor detalle del área de influencia del PHAM propiamente tal, asociada al área donde se ejecutarán las obras principales del Proyecto.

Actualmente todos los ríos principales de esta cuenca presentan regímenes hidrológicos naturales alterados: el río Maipo por la central hidroeléctrica Queltehue, el río Volcán por la central hidroeléctrica Volcán, el río Yeso por la existencia del Embalse de El Yeso y por el acueducto Laguna Negra, y el río Colorado las centrales hidroeléctricas Los Maitenes y El Alfalfal. A continuación, se describirán brevemente las características principales de estas cuencas.

La cuenca del Río Volcán presenta un régimen hidrológico de origen nivo-glacial, es decir, los mayores caudales medios mensuales en régimen natural de cada una de estas subcuencas se presentan entre los meses de noviembre a 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 (ver Lámina N° 1). La Laguna Lo Encañado posee un comportamiento hidrológico nival, con caudales de descarga máximos en Noviembre atenuados por el efecto regulador de la laguna. La Laguna Negra, de similar comportamiento hidrológico, 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. Los tres cuerpos de agua descritos son considerados como 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.



Figura Nº 3: Vista parcial del embalse El Yeso y su muro de contención

La cuenca del río Colorado, por último, nace en las altas cumbres del volcán Tupungato, y recibe como afluente principal al Río Olivares.

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”. La dirección predominante del viento es NE; la temperatura media anual es de 13°C; la precipitación media anual alcanza los 600 mm y la humedad se encuentra sobre el 40% todo el año.

Un detalle de los caudales mensuales de cada uno de los ríos de la cuenca alta del río Maipo, para las 45 hidrologías entre 1965 y 2009, se presenta en el informe de APRISA Ingenieros, Evaluación de efectos acumulativos, hidrología y dinámica de sedimentos, de diciembre de 2012, adjunto a este informe como Anexo Nº 3. La Tabla Nº 1 presenta un resumen con los caudales mensuales extremos registrados en dicho período, para cada uno de los ríos analizados, sin considerar los efectos del PHAM.

Tabla N° 1: Caudales mensuales extremos en ríos de la cuenca alta del río Maipo (1965-2009)

Punto de control (*)	Caudal máximo (m³/s)	Mes(es) de caudal máximo (mes/año)	Caudal mínimo (m³/s)	Mes(es) de caudal mínimo (mes/año)
Río Maipo aguas arriba de junta río Volcán	311,1	01/83	12,6	06/69; 06/70-06/71; 05/97
Río Volcán aguas arriba junta río Maipo	58,9	01/83	0,6	05/85; 06/89; 06/90; 06-10/96; 08-09/98; 04-08/99; 06/08; 07/09
Río Yeso aguas arriba junta río Maipo	44,6	01/73	1,1	08/05
Río Colorado aguas arriba junta río Maipo	122,5	01/98	6,8	05/78
Río Maipo aguas abajo de junta río Colorado	627,6	01/83	31,6	09/68

(*) Los puntos de control se muestran en las Figuras 13 y 14 de este informe.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de APRISA (2012)

b) Medio ambiente biológico

En relación a la vegetación, el sector de El Colorado-El Alfalfal se enmarcaría en la formación del Bosque Esclerófilo Andino (límite superior 1.300-1.800 msnm, ver Figura N° 4), en tanto sectores a mayor altitud se desarrollan las formaciones del Matorral Esclerófilo Andino y 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 quillay (*Quillaja saponaria*); además de los sectores de vegas en el río Yeso, áreas que presentan una alta intervención por actividades de pastoreo. No obstante, ninguna de estas especies se encuentra dentro de la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).



Figura N° 4: Bosque esclerófilo andino

En relación a la fauna terrestre, en la cuenca alta del río Maipo, en las campañas de línea base previas al EIA del PHAM, realizadas por la consultora internacional Arcadis, se identificaron un total de 86 especies (3 anfibios, 9 reptiles, 70 aves y 4 mamíferos). De estas 86 especies, 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) y 8 son Vulnerables (dos anfibios, cuatro reptiles y dos aves).

En relación a la fauna íctica, 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, generando una condición altamente intervenida en el área. Sin perjuicio de lo anterior, en algunos ríos de la cuenca alta del río Maipo se ha identificado, esporádicamente⁵, ejemplares de la especie nativa bagre chico (*Trichomycterus areolatus*), la que convive en algunos ambientes con las especies introducidas trucha café (*Salmo trutta*) y trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

De esta manera, en tanto se trata de una zona de baja riqueza íctica, con bajas abundancias en todas las especies, desde un punto de vista de conservación biológica es posible asignarle al área de estudio una baja valoración ambiental y descartar que se trate de un hábitat natural crítico⁶, de acuerdo a los criterios y salvaguardias del Banco Mundial en su política operacional sobre Hábitats Naturales. Un análisis más detallado sobre este componente ambiental se presenta en la Sección 6.3.a) de este Informe.

c) Áreas protegidas

En la cuenca alta del río Maipo existen tres áreas protegidas: el Monumento Natural El Morado, el Santuario de la Naturaleza San Francisco de Lagunillas y Quillayal, y el Santuario de la Naturaleza Cascada de las Ánimas, las cuales se presentan geográficamente en la Lámina Nº 3. Adicionalmente, toda la comuna de San José de Maipo fue declarada como Área de Interés Turístico regional, gran parte de la comuna corresponde a un Área de Preservación Ecológica (sobre la cota 1.000 m.s.n.m), y en ella existen cuatro Sitios Prioritarios para la Biodiversidad. Todas estas áreas o sitios fueron considerados en este estudio de efectos acumulativos, descartándose su afectación, tal como se explica más adelante.

⁵ De las 9 campañas de terreno revisadas, incluyendo la línea base del PHAM, campañas de seguimiento del PHAM y campañas de línea base de otros proyectos (Interconexión Yeso Acueducto Laguna Negra, CH El Canelo y CH Guayacán), sólo se detectó la presencia de *T. areolatus* en 4 de ellas, en los ríos Colorado y Maipo.

⁶ Se entiende como *Hábitat Natural Crítico* aquellas zonas protegidas existentes o cuya declaración como tal ha sido propuesta oficialmente, zonas reconocidas como tradicionales por las comunidades locales, sitios en los que se mantienen condiciones vitales para la viabilidad de estas zonas protegidas, sitios identificados en las listas suplementarios elaboradas por el Banco Mundial o por una fuente autorizada, por constituir zonas conocidas por su elevado valor para la conservación de la biodiversidad y sitios que son cruciales para las especies raras, vulnerables, migratorias o amenazadas. Ninguno de estos criterios es posible aplicarlo a los cursos de agua superficial que forman parte del área de influencia del PHAM en la cuenca alta del río Maipo.

De estas tres áreas protegidas, todas ellas han incorporado el valor escénico como uno de los factores considerados para su declaración de áreas protegidas, por lo que los efectos del PHAM sobre estas áreas protegidas será analizado mediante el VEC Paisaje.

En efecto, el Monumento Natural El Morado posee el valor paisajístico dentro de sus objetos de protección, tal como lo indica el Decreto Supremo Nº 162/1974 del Servicio Agrícola y Ganadero, que lo declaró área protegida, el cual tuvo por objetivo, entre otras cosas, *“...conservar la belleza escénica del paisaje.”*

Asimismo, el Decreto Exento Nº 775/2008, del Ministerio de Educación, que declaró Santuario de la Naturaleza a los predios San Francisco de Lagunillas y Quillayal, también consideró los *“...rasgos de alto valor escénico ligados a recursos hídricos, fenómenos geológicos y procesos orográficos que han modelado el terreno montañoso y los estrechos valles de las cuencas precordilleranas”*.

Por último, el Decreto Exento Nº 480/1995, del Ministerio de Educación, que declaró Santuario de la Naturaleza el predio Cascada de las Ánimas, consideró que dicho predio *“posee un alto valor escénico, en el cual se integran diferentes formas geomorfológicas, vegetacionales e hidrográficas, cuya diversa altitud permite preservar los distintos ambientes y paisajes del Cajón del Maipo y proteger su biodiversidad”*.



Figura Nº 5: Ingreso a sector de camping y restaurante de Cascada de las Ánimas

Por otro lado, en 2001 la comuna completa de San José de Maipo fue declarada Zona de Interés Turístico Nacional⁷, lo cual tiene como consecuencia directa la necesidad de pronunciamiento del Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) sobre los proyectos de inversión a desarrollarse en dicha comuna.

Adicionalmente, la comuna San José de Maipo contiene cuatro de los Sitios Prioritarios para la Biodiversidad establecidos en la Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago, aprobada en 2005⁸: Sitio N°3, Altos del río Maipo, Sitio N° 4, El Morado, Sitio N° 5, Río Olivares, Río Colorado y Tupungato; y Sitio N° 10, Sector Alto Andino (ver Lámina N° 3). Estos sitios también forman el denominado Plan de Acción “Santiago Andino”, que agrupa las acciones para la implementación de la Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la comuna de San José de Maipo. Esta situación exige, en lo que se refiere al PHAM, que las autoridades evalúen adecuadamente y tengan debidamente en cuenta las consecuencias ambientales de los proyectos de inversión desarrollados en la comuna.

Finalmente, el Plan Regulador Metropolitano de Santiago define como Área de Preservación Ecológica toda la zona de la región que se encuentra por sobre la cota 1.000 m.s.n.m, lo que abarca gran parte de la comuna de San José de Maipo. Esta regulación, según se establece en el Artículo 8.3.1.1 de la Ordenanza de dicho Plan Regulador, requiere que cualquier proyecto de inversión a ser desarrollado en estas áreas sea evaluado mediante un Estudio de Impacto Ambiental, con la participación de los organismos que corresponda.

d) Medio Ambiente social

El área de estudio se emplaza en la comuna de San José de Maipo, cuyo eje principal corresponde al valle del río Maipo, integrado por un conjunto de localidades que van desde la entrada de la comuna a unos 700 m.s.n.m. en la localidad de La Obra, pasando por la ciudad de San José de Maipo a 1.600 m.s.n.m. y ascendiendo por el valle del río Maipo. Al valle del río Colorado se continúa por la ruta G-345, a la cual se accede tomando una bifurcación emplazada entre las localidades de El Canelo y El Guayacán, a una altura aproximada de 1.000 m.s.n.m. Por medio de esta ruta, que fue mejorada y extendida con motivo de la construcción de la Central Hidroeléctrica Alfalfal, se asciende por el valle del río Colorado, donde se emplazan las localidades Los Maitenes y El Alfalfal. Por su parte, continuando por la Ruta G-25 en dirección sureste, se desarrollan las localidades de San Gabriel, El Romeral, El Volcán, Lo Valdés y Baños Morales.

La comuna de San José de Maipo se caracteriza por presentar históricamente actividad agrícola-ganadera, la que se desarrolla, principalmente, en los valles de los ríos Maipo y Colorado, en los cuales el clima y el suelo favorecen la generación de pastizales,

⁷ Resolución Exenta N° 1139 del Servicio Nacional de Turismo, del 13 de Noviembre de 2001.

⁸ Resolución Exenta N° 184 de la Comisión Regional de Medio Ambiente de la Región Metropolitana, del 12 de mayo de 2005.

fundamentales para el desarrollo de la ganadería. Destaca además la extracción de áridos y la minería no metálica, así como la producción de energía y agua potable y de riego. Por último, en concordancia con los atractivos naturales presentes en toda la comuna, destaca el crecimiento que ha tenido la actividad recreativa y turística.



Figura N° 6: Actividad de extracción de áridos, sector La Obra.

En la comuna de San José de Maipo, el 54,5% de las empresas se dedica a la actividad comercial (incluyendo el rubro de la minería); el 10,4% se dedica al transporte y comunicaciones y la tercera actividad de importancia, según el número de empresas registradas, es la agricultura y silvicultura.

Los usos y requerimientos actuales del recurso agua se relacionan con actividades de riego en los sectores bajos del valle (ver Figuras N° 7 y 8), a la generación de energía hidroeléctrica, a requerimientos de agua asociados a la actividad minera y agua potable, y al uso de un tramo del río Maipo para la realización de actividades recreativas (*rafting* y *kayaking*).

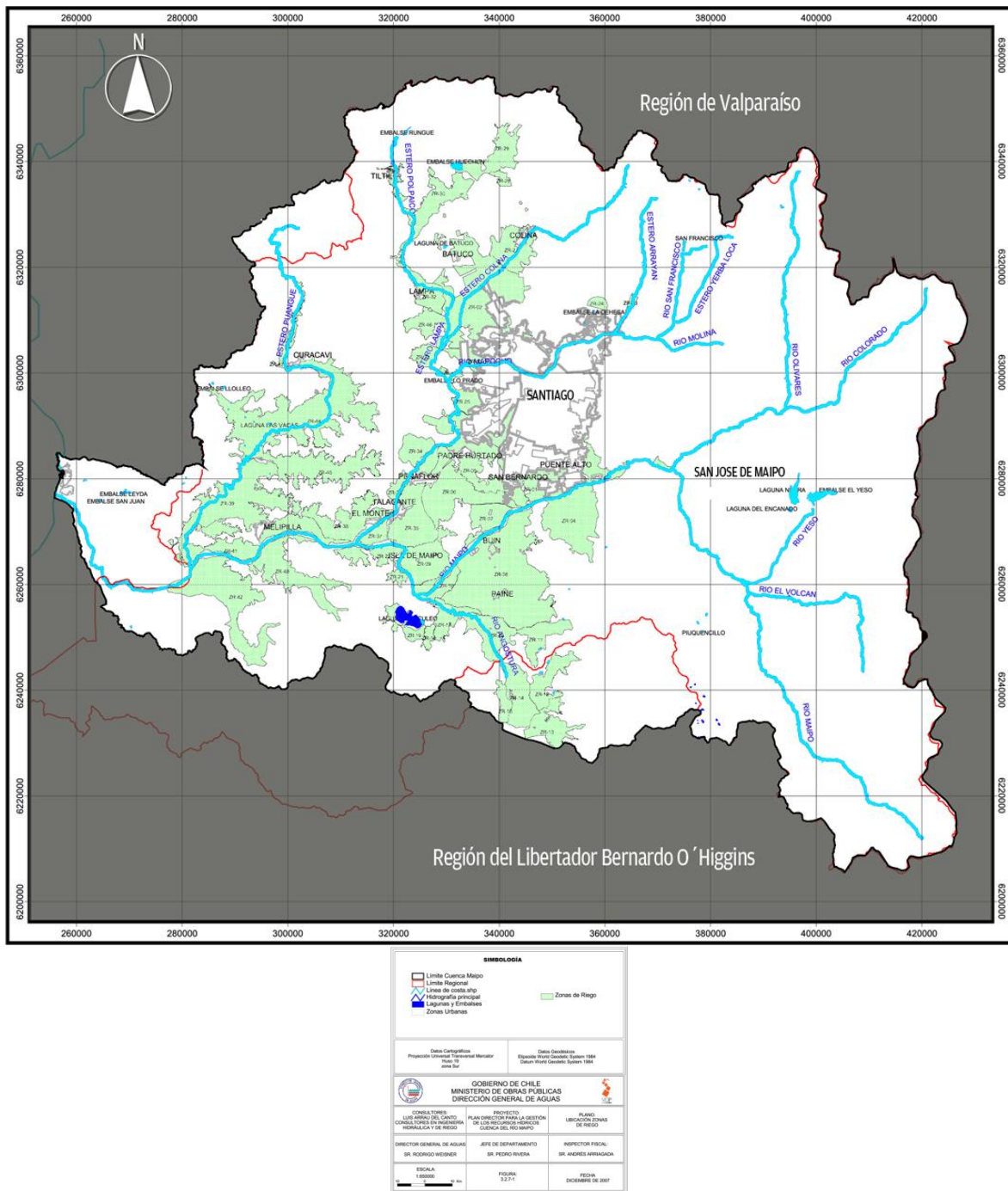


Figura Nº 7: Cuenca del Río Maipo identificando las zonas de riego

Las principales bocatomas⁹ para el uso de agua para riego se encuentran aguas abajo del futuro punto de restitución del PHAM en el río Maipo, sin perjuicio que existan dos bocatomas

⁹ El principal canal de regadío de la zona lo constituye el Canal San Carlos, el cual traspasa aguas desde la cuenca del río Maipo hasta la cuenca del río Mapocho, permitiendo el riego de áreas agrícolas de importancia para la región.

en el río Colorado en el tramo que será afectado por el PHAM: bocatomas El Maurino y El Manzano.



Figura Nº 8: Canal de regadío en sector La Obra

Para el uso de agua potable destinada a la ciudad de Santiago, la empresa sanitaria Aguas Andinas posee la denominada “Toma Independiente” ubicada en el río Maipo aproximadamente 6 km aguas abajo del punto de restitución de las aguas generadas por la Central Las Lajas, además de las bocatomas El Manzanito y San Gabriel, así como una toma en la Laguna Lo Encañado, en la cuenca del río Yeso. El PHAM no interfiere ninguna de estas obras. En este sentido, el PHAM no afectará la disponibilidad de agua potable para la ciudad de Santiago.

El abastecimiento de agua potable de las distintas localidades del Cajón del Maipo, no es extraído del río Maipo o de sus ríos afluentes, sino que es tomada desde vertientes o arroyos de bajo caudal o pozos, cuya operación no se verá afectada por el PHAM.

De acuerdo con Arcadis (2013 b), el principal uso recreacional del agua en la cuenca alta del río Maipo es el descenso en rafting, en el tramo desde la localidad de San Gabriel hasta el sector de Guayacán, actividad que es realizada durante todo el año, con una temporada alta entre los meses de septiembre y abril. En esta temporada, las agencias turísticas realizan hasta tres bajadas diarias todos los días de la semana. La temporada baja se extiende entre los

meses de mayo y agosto, período en el que se puede llegar a realizar solo una bajada por semana, especialmente los días domingo¹⁰.

Si bien la dificultad del descenso varía según el caudal del río, las agencias de rafting han señalado que, como consecuencia de la sequía que ha afectado a la zona central de Chile durante el período 2010-2013, el caudal del río ha pasado de 35 m³/s a 11 m³/s, pudiendo aun realizar descensos con este último caudal¹¹. Este caudal (11 m³/s) se encuentra por debajo del más bajo registrado para las 45 hidrologías revisadas, por lo que constituye un valor de referencia útil para validar con datos empíricos la factibilidad de realizar actividades recreativas con caudales incluso menores a los establecidos teóricamente en el EIA del PHAM, de 17,1 m³/s para usos recreativos.

e) Conclusiones

De los antecedentes presentados, es posible concluir que la cuenca alta del río Maipo, principalmente como consecuencia de su cercanía a la ciudad de Santiago, constituye un área con un alto grado de intervención antropogénica, tanto desde el punto de vista de las actividades económicas (servicios sanitarios, minería no metálica, generación hidroeléctrica y turismo) como de la intervención producto de los asentamientos humanos históricos y sus actividades asociadas (agricultura y ganadería principalmente).

La presencia de líneas de alta tensión, centrales hidroeléctricas y otros proyectos sanitarios es aceptada por los turistas como parte histórica del paisaje, y no ha constituido un impedimento para ser calificado como compatible con el uso recreacional de esta área de la cordillera central de Chile.

Mayores detalles de la cuenca alta del río Maipo se presentan en el Anexo 2.

5.2 Descripción del PHAM

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, más 17,1 kilómetros de líneas de transmisión. Las obras hidráulicas 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 en la cuenca alta del río Maipo, al sur-sureste de la ciudad de Santiago, en la comuna de San José de Maipo, Provincia Cordillera, Región Metropolitana de Santiago (ver Figura N° 1 y Lámina N° 1). El PHAM tendrá una potencia instalada de 531 MW

¹⁰ El informe de seguimiento del PHAM "Programa de Monitoreo Uso Turístico Río Maipo, Informe N°1, Diciembre de 2012 hasta Febrero de 2013", elaborado por FDC Ciencia Social Aplicada, entrega mayores detalles de esta actividad.

¹¹ Ídem.

y generará en promedio 2.350 GWh anuales, que serán entregados al Sistema Interconectado Central (SIC) mediante dos líneas de transmisión.

La Central Alfalfal II, 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 (es decir, en afluentes al río Volcán aguas arriba de su confluencia con el Estero La Engorda) se utilizarán 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: La Engorda, Colina, Las Placas y El Morado. En cada uno de estos esteros se dejará pasar un caudal ecológico. El caudal recolectado se conduce hasta el túnel El Volcán por medio de un acueducto enterrado. 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 -700 metros aguas abajo del muro del embalse El Yeso- y la salida del túnel Volcán, donde se reúnen ambos caudales.

Desde este punto, el flujo es conducido hasta el túnel de aducción de la Central Alfalfal II, a través de un conducto en presión. Una vez generado el caudal en dicha central, éste es descargado al túnel de aducción a la Central Las Lajas.

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 de aducción de la Central Las Lajas.

La casa de máquinas está ubicada hacia la ribera izquierda del río Colorado en una caverna excavada en el macizo rocoso. Finalmente, el túnel de descarga de la Central Las Lajas entrega sus aguas directamente en el río Maipo. Las principales características del proyecto se resumen en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Características principales del PHAM

Característica	Alfalfal II	Las Lajas
Potencia instalada (MW)	264	267
Caudal de diseño (m ³ /s)	27	65
Caudal promedio anual turbinado (m ³ /s)	13,4	34,2
Altura neta de caída (m)	1.150	486
Longitud de túneles (km)	39	28
Energía promedio anual generada (GWh/año)	1.184	1.281
Sistema de Transmisión 220 – 110 kV (km)	9	8

La Figura N° 9 presenta un esquema simplificado de la configuración de las centrales Alfalfal II, Las Lajas, así como su configuración en relación a los ríos Volcán, Yeso, Colorado y Maipo.

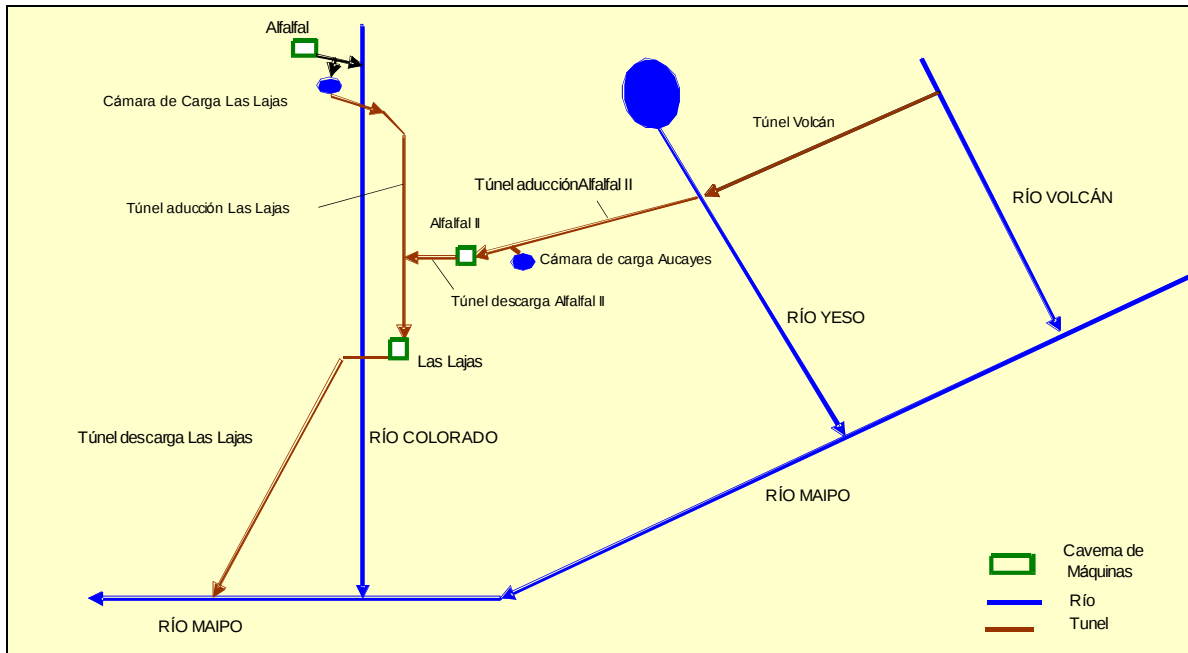


Figura N° 9: Esquema de la configuración hidráulica del PHAM

Los perfiles longitudinales de los túneles principales (túneles El Volcán y Alfalfal II) se presentan en las Figuras N° 10 y N° 11 respectivamente. Mayores detalles de la obras del PHAM se presentan en el Anexo 1.



30

Obras	2013				2014				2015				2016				2017			
Trimestre	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Obras preliminares																				
Obras sector El Volcán																				
Obras sector El Yeso																				
Obras sectores Aucayes-Alfalfal II																				
Obras sector Las Lajas																				

Figura N°12: Cronograma general del PHAM

En relación al requerimiento de mano de obra para la fase de construcción, se estima en 2.000 trabajadores en promedio, llegando a 2.500 durante el máximo período de contratación. Se estima que la mayor parte de esa mano de obra provendrá de la Región Metropolitana, donde se emplaza el Proyecto, ya sea desde la comuna de San José de Maipo o desde Santiago.

Preliminarmente se prevé un total de 5 campamentos que incluyen las instalaciones de faenas, cada uno con una dotación aproximada de 300 a 400 trabajadores, incluyendo personal profesional, técnico, obreros, chóferes y personal asociado a las tareas del casino, mantenimiento del campamento y auxiliares de salud. La ubicación de cada uno de estos campamentos, así como la distancia de cada uno a la localidad más cercana, se presenta en la Lámina N° 4.

Para la etapa de operación, por su parte, se estima una dotación total de 50 personas, requerida para las tareas de mantenimiento y operación de ambas centrales hidroeléctricas.

Se estima que el flujo vehicular total de camiones que serán utilizados por el Proyecto será de 3 camiones/hora, 2 buses/hora y un vehículo liviano por hora. Adicionalmente, existirá un flujo menor sobre la ruta G-345 en un tramo de aproximadamente 2 kilómetros por concepto de traslado de marinas. La cantidad de material a trasladar es de aproximadamente 159.000 ton/año, en un periodo de 15 meses, lo que equivale en el escenario más desfavorable, a un flujo de 2 camiones por hora.

Los únicos residuos que serán dispuestos en botaderos autorizados en el área de influencia del proyecto serán las marinas y excedentes de excavación, residuos que corresponden principalmente a material inerte compuesto por roca húmeda y triturada que se extrae desde los túneles. El volumen total de marina que se generará durante toda la etapa de construcción del proyecto corresponde a 1,7 millones de m³, lo que sumado al esponjamiento natural de la roca y al material de relleno extraído de la construcción de caminos y escarpes (675.000 m³) suma un total de 2.7 millones de m³. La disposición final de este material será en los 14 sitios de acopio de marina propios del Proyecto.

6. Identificación y descripción de los CVEs en la cuenca alta del río Maipo

6.1 Priorización de CVEs para el análisis de efectos acumulativos

Como resultado de la aplicación de la metodología detallada anteriormente, se identificaron los siguientes Componentes Valorados del Ecosistema (CVE), o ‘valores ambientales, sociales y económicos’ que pudieran ser afectados por el PHAM, ya sea de manera individual o en conjunto con otras actividades del área de influencia. Por lo tanto, el listado de CVEs incorpora aquellos aspectos ambientales, sociales y económicos que fueron analizados durante la evaluación ambiental del PHAM y de las líneas de transmisión, incluyendo aquellos temas regionales de interés y los temas levantados durante el proceso de participación ciudadana por otras partes interesadas del Proyecto, incluyendo los de sus opositores o aquellos que hayan manifestado algún reparo o rechazo al PHAM.

- Continuidad del río
- Biodiversidad presente en los cursos de agua
- Caudal de los cursos de agua
- Seguridad en la disponibilidad de agua para riego
- Calidad del agua superficial
- Usos recreacionales de los cursos de agua
- 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
- Áreas protegidas y/o de interés turístico, cultural o patrimonial

6.2 Lista prioritaria de CVEs a analizar

De los componentes de valor identificados anteriormente, aquéllos que cumplen las condiciones para ser incluidos en la Evaluación de Efectos Acumulativos del PHAM (ver Figura

Nº 2), por su importancia, por ser afectados por el Proyecto y por ser afectados, también, por otros proyectos (ya sea pasados o futuros razonablemente previsibles), se indican a continuación.

- a) Hidrología superficial
- b) Dinámica de sedimentos
- c) Paisaje
- d) Comunidad local

Un análisis de cada uno de estos componentes de valor, así como los efectos acumulativos sobre ellos, se presenta en detalle en la Sección 7 del presente informe.

6.3 Justificación de CVEs no seleccionados

De los componentes de valor identificados anteriormente, los siguientes CVEs no fueron seleccionados para la Evaluación de Efectos Acumulativos del PHAM por las razones que se indican a continuación.

- a) Biodiversidad presente en los cursos de agua: Este componente ambiental no se considera como un componente valorado del ecosistema por las siguientes tres razones principales:
 - a. La biodiversidad íctica en el área de influencia del Proyecto posee una baja valoración ambiental, con una escasa presencia de peces.
 - b. Los caudales ecológicos adoptados como medida de mitigación del PHAM consideraron en su determinación los requerimientos de hábitat por parte de la ictiofauna presente en la cuenca, por lo que la habitabilidad para este componente del ecosistema no será afectada significativamente por los impactos adicionales que el PHAM agregará sobre los caudales de los ríos de la cuenca.
 - c. La biodiversidad íctica en los cursos de agua en el área de influencia del Proyecto no formó parte de los comentarios de ninguna de las partes interesadas que participó en la calificación ambiental del PHAM, incluyendo tanto las autoridades con competencia ambiental como la ciudadanía.

A continuación se entregarán mayores antecedentes sobre cada una de las razones indicadas.

a) Baja valoración ambiental de la ictiofauna: Durante los estudios de Línea de Base del EIA del PHAM, en los esteros Engorda, El Morado, Colina y Las Placas, así como en los ríos Volcán y Maipo, no se detectó presencia alguna de peces, mientras que en el río Yeso sólo se detectó la presencia de trucha café (*Salmo trutta*). Por su parte, otros estudios de impacto ambiental de proyectos en la cuenca (CH Guayacán, CH El Canelo

y proyecto Interconexión Yeso-Acueducto Laguna Negra) también calificaron la fauna íctica con una riqueza y abundancia pobre. Esta baja presencia de peces se explica por los altos caudales de los ríos Volcán, Yeso, Maipo y Colorado, y por la alta turbiedad de éstos, haciéndolos hábitats poco adecuados para los peces.

Sin perjuicio de lo anterior, las especies que se han observado, en adición a la trucha café identificada en el EIA del PHAM, corresponden a la trucha arcoiris (*O. mykiss*) y a la especie nativa 'bagre chico' (*Trichomycterus areolatus*). Las dos especies de trucha en la cuenca del río Maipo son especies introducidas, sin problemas de conservación. Por su parte, *T. aerolatus* no posee estado de conservación de acuerdo al libro rojo de la IUCN por datos insuficientes (IUCN, 2013)¹², aunque en Chile fue calificado como vulnerable en 1998, cuando existía escasa información sobre esta especie. Hoy en día estudios científicos han verificado que en la mayoría de los ríos en los que habita esta especie, entre las regiones de Valparaíso y de Los Lagos de Chile, especialmente en los sectores de bolones y aguas someras, esta especie presenta altas abundancias (Habit et al., 2005).

Estos antecedentes han sido confirmados por los estudios del Plan de Seguimiento Ambiental realizados por el Centro de Ecología Aplicada durante los meses de septiembre 2012 (CEA, 2012), diciembre 2012 (CEA, 2013a) y marzo 2013 (CEA, 2013b), los cuales registraron en la cuenca la presencia de las mismas especies de peces identificadas en la Línea Base, con la novedad de registrar la presencia de *T. areolatus* en el río Maipo durante la campaña de diciembre de 2012, lo cual no había sido observado anteriormente. No obstante, esto no modifica las conclusiones sobre este CVE ni altera la efectividad de las medidas de mitigación establecidas por el PHAM para gestionar este aspecto ambiental.

b) Implementación de medidas de mitigación adecuadas para este componente:

Adicionalmente, la adopción de las medidas de mitigación del PHAM tales como el paso de caudales ecológicos, los que consideraron en su determinación los requerimientos de hábitat por parte de la ictiofauna presente en la cuenca, aseguran que este componente del ecosistema no será afectado significativamente por los eventuales impactos adicionales sobre los caudales de los ríos de la cuenca. En efecto, de acuerdo a lo indicado en el propio permiso ambiental del PHAM¹³, los caudales ecológicos establecidos permitirán mantener las condiciones de hábitat necesarias para la mantención de la vida en cada uno de los cauces, para las tres especies de peces identificadas en la Línea Base (*T. aerolatus*, *O. mykiss* y *S. trutta*). Ahora bien,

¹² La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), calificó esta especie como "Vulnerable" en 1994, en base a información provista por Groombridge (1994), pero en 1996 se modificó dicha calificación a "datos insuficientes", la cual corresponde a su calificación actual.

¹³ La Resolución Exenta N° 256/2009 establece las condiciones para los caudales ecológicos del PHAM en sus páginas 17 y 18, incluyendo caudales para los ríos o esteros Yeso, Colorado, Colina, Morado, Placas, Engorda y para la central El Vocán.

considerando la especie nativa *T. areolatus* es bentófaga, es decir, que habita en la porción inferior de los cursos o cuerpos de agua (IUCN, 2013; Hábit et al., 2005), esta especie es la que requiere de un menor caudal ecológico para asegurar su habitabilidad. Por lo tanto, aunque actualmente se encuentran en revisión algunos de los caudales ecológicos asociados al PHAM, en el entendido que ellos no disminuirán significativamente sino, por el contrario, se mantendrán en los valores aprobados o aumentarán, dicha revisión no tiene la potencialidad de generar un impacto sobre la habitabilidad de la especie nativa *T. areolatus*. Finalmente, cabe señalar que el propio permiso ambiental del PHAM establece la siguiente condición: *“en caso que el seguimiento de las variables ambientales determinen que el Qe no es capaz de satisfacer el real requerimiento del sistema acuático, entonde se activarán las medidas de mitigación, reparación y/o compensación descritas en el plan de manejo integrado”*. Por lo tanto, la exigencia de caudales ecológicos basados en requerimientos de hábitat para la ictiofauna, sumada a un Plan de Seguimiento de la fauna íctica en el área de influencia del proyecto, permiten asegurar que este componente del ecosistema no será afectado significativamente.

c) Ausencia de comentarios por partes interesadas relevantes: ninguna de las 379 observaciones realizadas en el proceso de participación ciudadana del PHAM, así como ninguna de las consultas de las autoridades con competencia ambiental en los tres procesos de consulta (Adendas 1, 2 y 3), relevó la importancia de la biodiversidad íctica del área de influencia del proyecto. De hecho, la propia autoridad ambiental, en su pregunta 7.1.2 de la Adenda 1, indica que la significancia del impacto del PHAM sobre la fauna íctica es “baja”. Es decir, considernado este solo criterio y utilizando el esquema de la Figura N° 2, este componente ambiental no tendría la importancia requerida para constituir un componente valorado del ecosistema a priorizar para incluir en la Evaluación de Efectos Acumulativos.

En resumen, la biodiversidad de los cursos de agua no corresponde a un Componente Valorado del Ecosistema (CVE), porque los ríos cuyos caudales van a ser afectados por el PHAM no presentan riqueza y/o abundancia de peces; las especies que se han observado presentan altas abundancias en cursos de agua en la zona central de Chile y, porque el PHAM no va a afectar la habitabilidad en los cursos de agua afectados en su hidrología superficial.

b) Calidad del agua superficial: Este componente de valor, siendo importante, no se prioriza por cuanto el PHAM no lo afecta significativamente. En efecto, al ser conformado por centrales hidroeléctricas, las cuales no modifican la calidad natural de las aguas, el efecto del Proyecto sobre la calidad de las aguas se reduce a modificar la proporción natural de caudales de los diferentes afluentes del río Maipo, en algunos tramos, las cuales poseen calidades naturales con ciertas diferencias menores. No obstante, esta modificación indirecta sobre la calidad del agua superficial no constituye un efecto significativo que justifique la inclusión de este componente en la

Evaluación de Efectos Acumulativos del PHAM. Adicionalmente, cabe señalar que en la cuenca existen actualmente otras fuentes que afectan la calidad del agua de una manera más significativa, tales como las actividades de extracción de áridos, las actividades de minería no metálica y las descargas de aguas servidas tratadas y no tratadas.

- c) Calidad del aire: La calidad del aire representa un efecto que ocurre sólo durante la etapa de construcción del Proyecto, y tiene un efecto muy localizado en torno a las actividades propias de la construcción. Por otra parte, la calidad del aire en el área de influencia del Proyecto, la cuenca alta del río Maipo, es de muy buena calidad, y no se encuentra afectada por la calidad del área metropolitana de Santiago, esta última con altas concentraciones para algunos contaminantes atmosféricos respecto de las normas de calidad ambiental. Por lo tanto, la calidad del aire no constituye un componente de valor importante que justifique la inclusión de este componente en la Evaluación de Efectos Acumulativos del PHAM.

Por otro lado, es posible agregar que las emisiones estimadas de material particulado durante la etapa de construcción serán compensadas en un 150%, lo que permitirá dar cumplimiento a las exigencias del Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental de la Región Metropolitana (PPDA). Esta compensación será realizada 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 o bischofita), lo cual se considera una medida de mitigación adecuada para el efecto que generará el PHAM sobre la calidad del aire producto de la resuspensión de material particulado asociado al tránsito vial durante la etapa de construcción.

- d) Patrimonio cultural y arqueológico: En relación al patrimonio cultural, el principal componente de valor, desde el punto de vista antropológico, lo constituyen las actividades tradicionales de pastoreo, realizadas por arrieros y pastores. Este componente no va a ser afectado por el Proyecto, por cuanto el PHAM no restringirá el acceso a los predios de terceros que son utilizados para el pastoreo o para el paso de ganado hacia veranadas e invernadas.

En cuanto al patrimonio arqueológico, fuera del área de las obras o de intervención del Proyecto, se identificaron tres áreas con recursos de interés arqueológico y uno de interés paleontológico, lo que implicó el compromiso de contar con asesoría experta permanente en terreno para no afectarlas o minimizar el impacto sobre estas áreas.

Sin perjuicio de lo anterior, dichas áreas de interés arqueológico y paleontológico no han sido ni serán afectadas por otros proyectos, por lo que aun siendo elementos de valor, no se justifica su inclusión en la Evaluación de Efectos Acumulativos del PHAM por cuanto no son afectados de manera acumulativa por otros proyectos.

Las medidas consideradas para proteger el patrimonio arqueológico por parte del Proyecto se detallan a continuación:

- Establecimiento de una zonificación restrictiva, la cual considera áreas de restricción por valor arqueológico y patrimonial (alrededor de los sitios de valor arqueológico en el sector de Laguna Lo Encañado, río Colorado y del tramo del Camino del Inca identificado en el sector de Lo Encañado).
 - Supervisión experta durante la construcción: el proyecto contará, como parte de la supervisión técnica de las obras, con un arqueólogo que supervise el desarrollo de las obras, especialmente en aquellos sectores donde existe riesgo de afectar algún elemento de valor arqueológico.
 - Capacitación en aspectos ambientales y patrimoniales: el proyecto gestionará la realización de una capacitación técnica a los jefes de área, supervisores de terreno y capataces, sobre el tipo de restos arqueológicos que es posible encontrar durante las excavaciones o movimientos de tierra y los sectores donde existe mayor riesgo de hallazgos de valor antropológico y arqueológico.
- e) Áreas protegidas y/o de interés turístico, cultural o patrimonial: En la cuenca alta del río Maipo se identificaron tres áreas protegidas que representan parte del valor turístico de la zona: el Monumento Natural El Morado, el Santuario de la Naturaleza San Francisco de Lagunillas y Quillayal, y el Santuario de la Naturaleza Cascada de las Ánimas. Parte de los túneles del Proyecto cruzan de manera subterránea el Monumento Natural El Morado y el Santuario de la Naturaleza San Francisco de Lagunillas y Quillayal; es decir, no afectan los elementos constitutivos y que le dan valor a dichas áreas. Considerando que previamente se descartó este efecto en el proceso de evaluación del Estudio de Impacto Ambiental del PHAM, y que no se visualiza ningún proyecto que pueda ser desarrollado en esas mismas áreas protegidas, este componente no se incluyó en la Evaluación de Efectos Acumulativos del PHAM.

En relación al Santuario de la Naturaleza Cascada de las Ánimas, el Proyecto no lo afecta por cuanto dicha área se encuentra en un tramo del río Maipo donde no se contemplan obras. El único eventual efecto indirecto del proyecto sobre dicha área lo constituye la modificación del caudal del río Maipo que escurrirá por el límite del predio, lo que en sí no constituye un efecto sobre dicha área porque el cauce del río es un bien nacional de uso público y no forma parte del predio en cuestión ni de su objetivo de protección. Por otra parte, el efecto de este cambio en la hidrología

superficial sobre las actividades recreativas en el río Maipo (principalmente rafting) se analiza en el marco del CVE “Hidrología Superficial”, específicamente en el efecto asociado a los otros usos del agua.

Por último, aunque no corresponden a áreas protegidas propiamente tales, cabe mencionar que el proceso de calificación ambiental del PHAM en el SEIA, entre mayo de 2008 y marzo de 2009, en el cual participó el SERNATUR y las autoridades con competencia ambiental, cumplió adecuadamente con los requisitos que establecen las declaraciones de Zona de Interés Turístico Nacional, el establecimiento de Sitios Prioritarios para la Biodiversidad en la comuna de San José de Maipo y el Plan Regulador Metropolitano de Santiago en lo que se refiere al Área de Preservación Ecológica localizado sobre la cota 1.000 m.s.n.m. De esta manera, se puede concluir que el PHAM no afecta ninguna de estos sitios o áreas especiales de la comuna de San José de Maipo. El efecto sobre la Zona de Interés Turística, se analiza en el CVE “Paisaje”.

6.4 Descripción, estado actual y tendencias de los CVEs significativos de la cuenca alta del río Maipo

A continuación se presenta una descripción del estado actual, incluyendo el contexto espacial y temporal, de cada CVE priorizado de la cuenca alta del río Maipo, así como sus tendencias.

a) Hidrología superficial

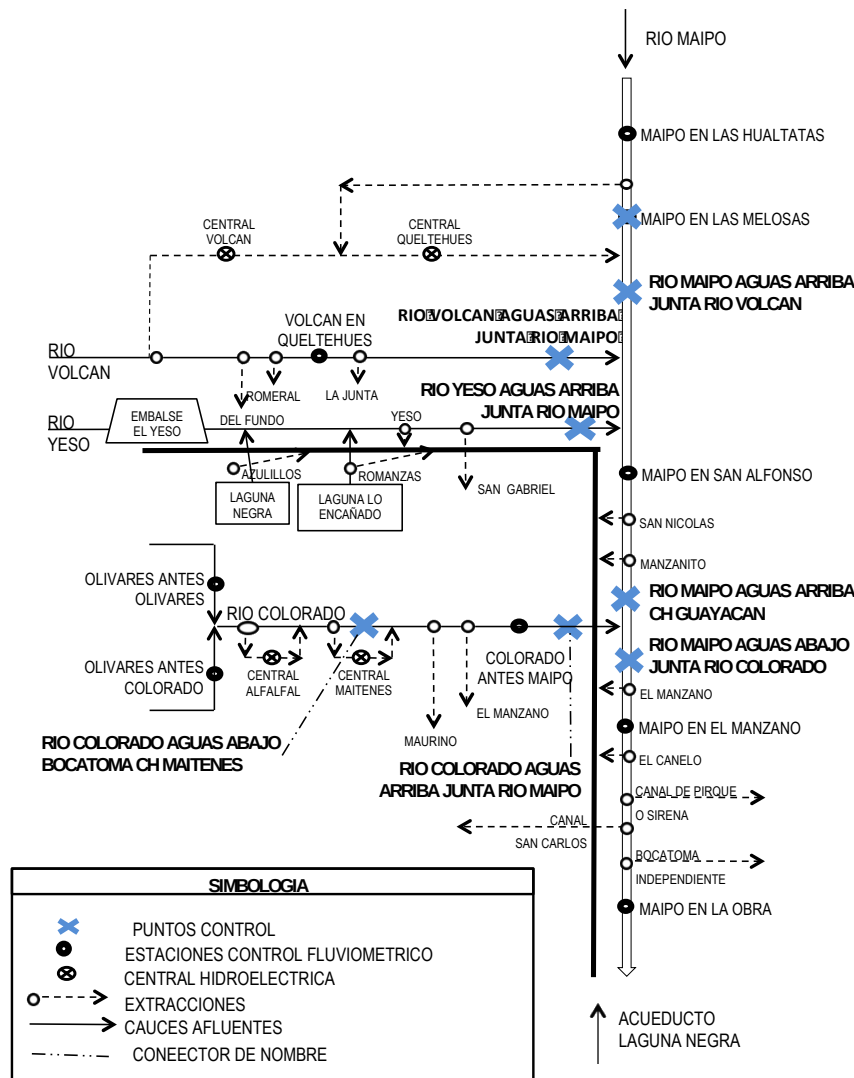
La hidrología de la cuenca alta del río Maipo, tal como se señaló en la Sección 5.1 del presente informe, está conformada principalmente por el río Maipo propiamente tal y por sus afluentes principales, entre los que se encuentran los ríos Volcán, Yeso y Colorado (ver Figura 1). Actualmente, la hidrología de la cuenca ha sido alterada por numerosos proyectos, comenzando con la inauguración del Acueducto Laguna Negra, en 1917, y terminando con la puesta en servicio de la Central Hidroeléctrica Guayacán en septiembre de 2010.

Con el objetivo de presentar de manera clara y simple los efectos acumulativos que han tenido los proyectos realizados sobre la hidrología superficial de la cuenca alta del río Maipo, a continuación se presentan los principales resultados de dos análisis realizados:

- en función de los efectos sobre los caudales y,
- en función de los efectos sobre las longitudes afectadas de ríos.

Análisis de caudales

La Figura Nº 13 presenta un diagrama unifilar de la cuenca alta del río Maipo antes de la construcción del PHAM, que muestra la configuración de los principales ríos de la cuenca y la influencia de los diferentes proyectos existentes.



Fuente: APR Ingeniería S.A., complementado por DAES

Figura N°13: Diagrama unifilar de cuenca alta del río Maipo antes de construcción del PHAM

Para efecto del análisis de caudales, se evaluaron tres escenarios temporales:

- Hidrología superficial en estado natural (anterior a 1917).
- Hidrología superficial en 1965, posterior a la inauguración del Embalse El Yeso, y que incluye además el efecto de los siguientes proyectos: CH Maitenes, CH Queltehues, CH Volcán, Acueducto Laguna Negra y bocatomas de riego en el área de influencia del PHAM anteriores a 1965.

- C. Hidrología superficial en 2012, antes de la construcción del PHAM, y que incluye el efecto de los proyectos anteriores más los siguientes: CH Alfalfal, CH Guayacán y bocatomas de riego de período 1965-2012.

En términos espaciales, el análisis consideró ocho puntos de control:

- I. Río Maipo en Las Melosas, que permite evaluar los efectos en el río Maipo de la CH Queltehues, fuera del área de influencia del PHAM
- II. Río Maipo aguas arriba de junta con río Volcán, que permite evaluar los efectos en el río Maipo de la CH Volcán, fuera del área de influencia del PHAM
- III. Río Volcán aguas arriba de junta con río Maipo, que permite evaluar los efectos en el río Volcán del PHAM, así como de la CH Volcán y de las bocatomas de riego existentes, antes de su confluencia con el río Maipo
- IV. Río Yeso aguas arriba de junta con río Maipo, que permite evaluar los efectos en el río Yeso del PHAM, así como del Embalse El Yeso, el acueducto Laguna Negra y el canal San Gabriel, antes de su confluencia con el río Maipo
- V. Río Maipo aguas abajo de bocatoma CH Guayacán, que permite evaluar los efectos acumulativos sobre el río Maipo de todos los proyectos que afectan los ríos Volcán, Yeso y Maipo aguas arriba de este punto de control, incluyendo la bocatoma de la CH Guayacán
- VI. Río Colorado aguas abajo de bocatoma Maitenes, que permite evaluar los efectos sobre el río Colorado de las centrales hidroeléctricas Alfalfal I y Maitenes, antes de su confluencia con el río Maipo
- VII. Río Colorado aguas arriba de junta con río Maipo, que permite evaluar los efectos sobre el río Colorado del PHAM, de las centrales hidroeléctricas Alfalfal I y Maitenes y de los canales de riego Maurino y El Manzano, antes de su confluencia con el río Maipo
- VIII. Río Maipo aguas abajo de junta con río Colorado, que permite evaluar el impacto acumulativo sobre el río Maipo de todos los proyectos considerados en este Estudio de Efectos Acumulativos que afectan la hidrología superficial, antes de la descarga del PHAM en Las Lajas

Finalmente, de acuerdo a los resultados presentados por APR Ingeniería S.A., en su documento “Evaluación de efectos acumulativos – Hidrología y dinámica de sedimentos” (adjunto en Anexo 3), complementados por datos hidrológicos provistos por AES Gener, los cambios históricos de los caudales sobre los cinco puntos de control se presentan en la Tabla N° 3.

La información presentada permite establecer que, en promedio, los ríos de la cuenca alta del río Maipo poseen una afectación de sus caudales en un 27%, afectación que ha sido gradual desde 1917 y ha afectado de manera variable a los diferentes ríos:

- El caudal del río Volcán ha sido afectado en un 48%
- El caudal del río Yeso ha sido afectado en un 17%
- El caudal del río Colorado ha sido afectado entre un 1% y un 61%, según el tramo
- El caudal del río Maipo ha sido afectado entre un 2% y un 40%, según el tramo

La ubicación de cada uno de estos proyectos, así como la configuración geográfica de estos ríos se presenta en las Láminas 1 y 2 de este informe.

Tabla Nº 3: Efectos acumulativos de proyectos existentes sobre la hidrología de la cuenca alta del Río Maipo (promedios anuales, en m³/s)

Punto de Control	Escenario A: anterior a 1917	Escenario B: 1965	Escenario C: 2012	Efecto actual sobre hidrología (% sobre escenario A)
I	40,9	24,4	24,4	-40%
II	43,8	51,8	51,8	+18%
III	16,5	8,5	8,5	- 48%
IV	13,0	11,1	10,8	- 17%
V	87,2	85,2	63,7	-27%
VI	27,5	17,3	10,8	-61%
VII	32,4	32,1	32,1	- 1%
VIII	119,6	117,3	117,5	- 2%

En conclusión, tal como puede desprenderse de los antecedentes presentados, la hidrología superficial de la cuenca alta del río Maipo se ha visto afectada desde 1917, con la construcción del Acueducto Laguna Negra, y posteriormente con diversos proyectos de generación hidroeléctrica y agua potable, algunos de los cuales aún no se construyen, los cuales han afectado la hidrología superficial de la cuenca en un 27% en promedio.

Análisis de longitudes de río afectadas

En cuanto a las longitudes de los ríos que están siendo actualmente afectadas por los proyectos existentes en la cuenca alta del río Maipo, la Tabla Nº 4 presenta las longitudes de cada uno de los ríos de esta cuenca, y las porciones de estas que están siendo afectadas en su hidrología por uno o más proyectos.

Como puede observarse, actualmente 124 km de los 264 km de los ríos de la cuenca alta del río Maipo; es decir, casi el 47% de sus longitudes, posee su hidrología afectada por algún proyecto hidroeléctrico o de agua potable. De lo anterior se puede inferir que casi el 50% de los hábitats ribereños de estos ríos se encuentran perturbados por los desarrollos actuales en la cuenca.

El río que presenta una mayor afectación es el río Yeso, con un 62% de su longitud afectada por proyectos de agua potable, mientras que el menos afectado es el río Volcán, cuyo caudal sólo es modificado por la CH Volcán en un 33% de su longitud.

Tabla N° 4: Longitudes de ríos afectados por proyectos existentes

Río	Tramo	Longitud (km)	Proyectos actuales que lo afectan	Distancia afectada por proyectos actuales (km)	Porción del río afectada por proyectos actuales (%)
Maipo	Desde naciente hasta devolución Las Lajas	108,7	CH Queltehués/Volcán CH Guayacán Embalse el Yeso Acueducto laguna negra CH Maitenes CH Alfalfal	48,8	44,9
Volcán	Desde naciente hasta junta con río Maipo	42,6	CH Volcán	14,0	32,9
Yeso	Desde naciente hasta junta con río Maipo	46,6	Embalse el Yeso Acueducto laguna negra	29,0	62,2
Colorado	Desde naciente hasta junta con río Maipo	65,6	CH Maitenes CH Alfalfal	31,8	48,5
Total		263,5	Todos	123,6	46,9

En cuanto a la evolución futura de la hidrología de esta cuenca, en adición a la central hidroeléctrica El Canelo, no se prevén nuevos desarrollos hidráulicos posteriores, por cuanto los derechos otorgados y las condiciones de caudal y desnivel no permiten desarrollos hidroeléctricos eficientes.

En conclusión, los ríos de la cuenca alta del río Maipo, así como sus afluentes, se encuentran afectados, en promedio, en casi un 45% de sus longitudes por diversos proyectos existentes (hidroeléctricos y de agua potable), lo cual confirma la afectación de los hábitats naturales identificada como consecuencia de la modificación de los caudales.

La extensión territorial de este CVE se presenta en la Lámina N° 5, y abarca los cursos superficiales de agua desde el inicio de la afectación por parte del PHAM hasta el sector de las Lajas, punto de restitución de las aguas por el Proyecto.

El cuanto al contexto temporal, por las razones explicadas anteriormente, este CVE se inicia en 1917, con la operación del Acueducto Laguna Negra, y se extiende para efectos del análisis de efectos acumulativos hasta diez años después de la entrada en operaciones del PHAM.

b) Dinámica de sedimentos

Las características morfológicas del río Maipo en su salida al valle son una consecuencia de una disminución natural de su capacidad de arrastre de sedimentos, generando la depositación de parte de los sedimentos transportados y la formación de islas y múltiples cauces. Por su naturaleza, el río Maipo (y, en general, todos los ríos no intervenidos) no se encuentra en una condición estática, sino que está continuamente evolucionando, en un equilibrio dinámico, en el que el flujo, el sedimento y la morfología están permanentemente interactuando y condicionándose entre ellos.

En la actualidad, de los cuatro afluentes principales del río Maipo; es decir, los ríos Volcán, Yeso, Colorado y el propio río Maipo aguas arriba de la confluencia con el río Volcán, el cauce que más aporta sedimentos corresponde al río Maipo, con un gasto estimado entre los 5,9 y 6,3 millones de ton/año, seguido del río Colorado (entre 1,8 y 2,2 millones de ton/año), Yeso (entre 0,2 y 0,6 millones de ton/año) y Volcán (0,2 millones de ton/año, aproximadamente).

Como resultado de lo anterior, en el río Maipo, aguas abajo de la confluencia con el río Colorado, el gasto de sólidos alcanza un valor en el rango de 6,7 a 7,1 millones de ton/año, los que alcanzan prácticamente 9 millones de ton/año en el sector de La Obra, lugar donde se concentran las actividades de extracción comercial de áridos desde el cauce de este río.

Desde el punto de vista temporal, la principal obra que tiene el potencial de afectar la dinámica de sedimentos corresponde al Embalse El Yeso, lo cual aún no ha ocurrido por cuanto no se ha alcanzado la condición denominada de 'acorazamiento estático'¹⁴. Una vez que ello ocurra, se espera que el aporte de sedimentos por el río Yeso se reducirá en una cantidad entre 0,2 a 0,5 millones de ton/año.

Hoy en día no existe un manejo controlado de la explotación del recurso áridos en el sistema del río Maipo, que incorpore las variables antes descritas. Las autoridades, al otorgar los permisos de extracción lo hacen sobre la base de criterios sitio específico, y no contemplan la reacción del sistema tanto espacial como temporalmente, ni la búsqueda de una nueva

¹⁴ El fenómeno de 'acorazamiento estático' es una consecuencia de la erosión de los sedimentos aguas abajo del embalse, producto que el embalse funciona como un gran sedimentador, por lo que el agua que sale de él, con muy bajo contenido de sólidos, tiende a erosionar el cauce aguas abajo. Una vez que dicho cauce ha perdido todos sus sedimentos potencialmente erosionables, el río baja significativamente la cantidad de sólidos que transporta.

situación de equilibrio. Esto pudo haber sido la causa de socavación de algunos sectores con el consiguiente perjuicio en obras de infraestructura, tales como cepas de puentes y bocatomas.

Actualmente la dinámica de sedimentos está siendo afectada por los proyectos hidroeléctricos y de agua potable de la cuenca. No obstante, por cuanto el transporte de sedimentos más significativo ocurre durante los períodos de mayores caudales y crecidas, no resulta, hasta ahora, del todo cuantificable el efecto de estos proyectos sobre la dinámica anual de transporte de sedimentos de los ríos de la cuenca alta del Maipo. Asimismo, en el futuro, no resulta claro el efecto que podría tener el cambio climático sobre estos flujos de sedimentos, pues el efecto de este fenómeno sobre los caudales promedios no tiene una relación directa sobre la dinámica de transporte de sedimentos. El Estudio Sedimentológico Avanzado, que se encuentra actualmente realizando Gener, permitirá cuantificar de manera más precisa estos efectos individuales sobre los sedimentos. Sin perjuicio de lo anterior, es posible señalar que hasta la fecha, no se han registrado efectos significativos sobre este componente ambiental; de hecho, durante la tramitación ambiental este aspecto no se mencionó como un efecto que estuviera ocurriendo en la actualidad como consecuencia de los proyectos existentes.

La extensión territorial de este CVE se presenta en la Lámina N° 5, y es similar a la extensión de la hidrología superficial; esto es, los cursos superficiales de agua desde el inicio de la afectación por parte del PHAM hasta el sector de las Lajas, punto de restitución de las aguas por el Proyecto, con la diferencia que para el caso de la dinámica de sedimentos, el área de potencial afectación se extiende 5 kilómetros aguas abajo del punto de restitución, hasta el sector donde existen numerosas actividades de extracción de áridos desde el cauce del río Maipo.

En cuanto al contexto temporal, por las mismas razones explicadas para la hidrología superficial, la afectación del CVE se inicia en 1917, con la operación del Acueducto Laguna Negra, y se extiende, para efectos del análisis de efectos acumulativos, hasta veinte años después de la entrada en operaciones del PHAM.

c) Paisaje

El paisaje dentro del área de influencia del PHAM corresponde a un dominio paisajístico de montaña, el cual posee rasgos propios tales como una morfología de valles angostos y sinuosos, rasgos abióticos marcados en las laderas y elementos bióticos restringidos, en general, a fondos de valle y media ladera. La vegetación va mostrando pisos vegetacionales en función de la altura, desde las áreas con formaciones herbáceas y arbustivas bajas en las secciones más altas de las cuencas (El Volcán, El Yeso y Lo Encañado) hasta estratos arbóreos y arbustivos en las secciones localizadas a menor cota (El Colorado, El Manzano y Las Lajas).

En el sector más bajo de la cuenca, el paisaje se encuentra altamente intervenido por equipamiento, infraestructura turística y usos habitacionales. También se pueden observar algunos tendidos de servicios (telefonía y líneas eléctricas, tanto de alta como de baja

tensión). Estos tendidos, en general, han ido evolucionando junto con el avance de la ocupación del territorio. Con respecto a las líneas de alta tensión, ellas se asocian a los proyectos hidroeléctricos del complejo Cordillera de AES Gener, y han tenido fechas de construcción asociadas a dichos proyectos (entre 1923 y 1991).

El principal elemento modificador del paisaje lo constituye el embalse El Yeso, el cual entró en servicio en 1967 y que constituye por sí un hito paisajístico y turístico de la zona.

En cuanto a las centrales hidroeléctricas, la mayoría de ellas resultan poco visibles desde las rutas habitualmente usadas para turismo y actividades recreativas, salvo las tuberías en presión de la CH Queltehue, ubicadas cerca de la confluencia de los ríos Maipo y Volcán, sector poco frecuentado por turistas.

Por lo tanto, es posible señalar que el paisaje presenta un grado de intervención mediano, asociado principalmente al desarrollo histórico de población de los valles cordilleranos, el cual no presenta un riesgo de ser afectado significativamente por el PHAM y los futuros proyectos que puedan desarrollarse en el área.

La actividad turística presenta una importante estacionalidad, con una mayor importancia entre los meses de septiembre a marzo, ya que en el resto del año las condiciones climáticas determinan fuertemente el desarrollo de estas actividades. Es posible diferenciar cuatro sectores que encuentran correspondencia con el desarrollo de los cursos de agua existentes en el área del PHAM.

- En primer lugar, en el sector de la cuenca del río Colorado destaca el desarrollo de un turismo del tipo observación y recorrido desde la ruta G-345, que se desarrolla en el curso medio e inferior del Colorado, el que está determinado por la inexistencia de infraestructura turística; el acceso al curso superior del Río Colorado está controlado por el Ministerio de Bienes Nacionales y el Ejército de Chile, situación por la cual el visitante está condicionado en el acceso a los atractivos situados en la sección superior del Río Colorado.
- Un segundo sector está representado por la actividad turística en el curso medio del Río Maipo, con el desarrollo de equipamiento turístico en las localidades existentes a lo largo de la ruta G-25, contando con acceso expedito la mayor parte del año.
- El tercer sector, del río Yeso, destaca por la inexistencia de equipamiento turístico, situación por la cual parte importante de la actividad que se realiza en la zona es informal y espontánea; de la misma forma, el sector no cuenta con algún asentamiento humano que sirva como “centro” para el desarrollo de las actividades turísticas, estando, a la vez, fuertemente determinado por las condiciones climáticas, las que en ocasiones implica el cierre de la ruta G-455.
- Por último, en el cuarto sector, del Río Volcán, se reconoce la existencia de equipamiento turístico asociado, principalmente, a Baños Morales; adicionalmente,

cabe destacar el desarrollo de una actividad turística espontánea e informal en la parte superior del Río Volcán y sus afluentes. Si bien el sector también está fuertemente determinado por las condiciones climáticas, esta situación se ve mitigada por el apoyo que brindan los camiones mineros existentes del sector de Lo Valdés, los que ayudan en el despeje de la ruta.

La extensión espacial de este CVE se presenta en la Lámina N° 2, y está constituido por las áreas donde se ubican obras superficiales del PHAM, en especial los tramos de las líneas de transmisión asociadas al Proyecto.

En cuanto al contexto temporal, el análisis se extiende desde el inicio de la construcción de proyectos de gran magnitud en la zona; es decir, desde 1917 con la construcción del acueducto Laguna Negra, y se extiende hasta diez años después del inicio de la construcción de las líneas de transmisión del PHAM.

d) Comunidad local

El poblado de San José de Maipo fue fundado en 1792, con el objetivo de apoyar las faenas mineras de la zona.

Durante el Siglo XX la comuna pasó a ser muy importante para la ciudad de Santiago, ya que se construyeron en su territorio las primeras centrales hidroeléctricas de la zona (Los Maitenes y Queltehues), además de construirse el acueducto Laguna Negra que abastece de agua potable a la ciudad de Santiago. Se construyó, además, un ferrocarril de trocha angosta (o de montaña), desde Puente Alto hasta El Volcán. De hecho, la existencia de la localidad Maitenes está vinculada a la construcción de dicho proyecto hidroeléctrico en la década de 1910.

Las principales localidades del sector son: La Obra, Las Vertientes, El Canelo, El Manzano, Guayacán, San José de Maipo, El Toyo, El Melocotón, San Alfonso, El Ingenio, San Gabriel, Romeral, Los Queltehues, El Volcán, Baños Morales y Lo Valdés.

De acuerdo con el censo 2002, la comuna San José de Maipo tenía una población de 13.790 habitantes, la cual aumentó, de acuerdo a los datos preliminares del censo de 2012 a 14.217 habitantes ese año; es decir, con una tendencia al aumento de 4,8% en diez años.

Las principales actividades económicas corresponden al turismo, minería, energía, agricultura y ganadería, y pequeñas y medianas empresas (Gestión Social, 2012).

Dentro de la comunidad, los principales grupos organizados identificables en el año 2012 son los siguientes: unión de juntas de vecinos, comunidad educativa, comités de adelanto, liga de fútbol, asociación de trabajadores del cajón del Maipo, empresas turísticas, clubes sociales, cámara de comercio y turismo, carabineros (policía), bomberos, comités de vivienda, asociación de mineros, comités de agua potable rural, artesanos, asociación de mujeres cajoninas, junta de vigilancia El Manzano, clubes deportivos, andinistas, turistas, organizaciones religiosas, juntas de vigilancia de canales de riego y agrupaciones de arrieros.

En cuanto a los aspectos antropológicos, la población posee una cultura bastante homogénea, producto de la alta vinculación con Santiago. No existen comunidades indígenas en el área, ni otros grupos potencialmente vulnerables desde el punto de vista cultural.

La extensión espacial de este CVE se presenta en la Lámina N° 4, y está constituido por los asentamientos en el área de influencia del Proyecto.

En cuanto al contexto temporal, este análisis comienza con el inicio de la etapa de construcción del PHAM y se extiende hasta el término de la etapa de construcción del Proyecto.

7. Evaluación de Efectos acumulativos sobre los CVEs

7.1 Inventario de proyectos y actividades.

Como resultado de la aplicación de la metodología detallada anteriormente, se identificaron los siguientes proyectos y actividades existentes y/o futuras razonablemente predecibles en el área de influencia del PHAM, que han afectado o que podrían afectar los CVEs, que también son afectados por el PHAM:

- Complejo Cordillera (AES Gener), consistente en: centrales hidroeléctricas Alfalfal I, Maitenes, Queltehues y Volcán.
- Línea de Alta Tensión Queltehues – Maitenes – Florida y subestaciones asociadas (S/E Queltehues, S/E Maitenes, S/E La Laja, S/E Florida).
- Línea de Alta Tensión Alfalfal – Los Almendros y S/E Alfalfal.
- Central Hidroeléctrica Guayacán (Energía Coyanco S.A.).
- Actividades de extracción y procesamiento de minerales no metálicos.
- Embalse El Yeso (Aguas Andinas).
- Acueducto Laguna Negra.

Asimismo, fueron identificados los siguientes proyectos que podrían desarrollarse en el futuro, ya sea porque cuentan con autorización ambiental, porque se encuentran en tramitación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental chileno – SEIA - o, eventualmente, se planifique ingresar a dicho Sistema. Estas actividades fueron, a su vez, clasificadas en Ciertas y Razonablemente Previsibles, según sea la probabilidad de ejecución. No se identificaron proyectos ‘hipotéticos’ que hayan sido anunciados informalmente y para los cuales se considera una alta incertidumbre en su ejecución.

Proyectos Ciertos:

- Proyecto Mejoramiento Ruta G-25, sector puente el Yeso – El Volcán, cuyo titular es el Ministerio de Obras Públicas (MOP), aprobado ambientalmente mediante la Resolución Exenta N°467/2012 de la Comisión de Evaluación de la Región Metropolitana, de fecha 25 de octubre de 2012.
- 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.

Si bien el convenio entre Aguas Andinas S.A. y AES Gener S.A. con motivo del PHAM considera el traspaso eventual de hasta 2,5 m³/s desde obras de Aguas Andinas a obras del PHAM, las que serían retornadas al río Maipo o al río Colorado aguas arriba de la bocatoma Independiente, esta situación no se consideró como un proyecto adicional porque dicho

caudal forma parte ya sea de la situación actual, como parte del uso de los Derechos de Aguas Andinas que son conducidos por el Acueduto Laguna Negra existente, o de los derechos de agua que AES Gener posee en el río Yeso y que forman parte del PHAM¹⁵, por lo que han sido considerados en los análisis realizados como parte de dicho proyecto. Es decir, bajo ninguna situación dicho traspaso de agua de 2,5 m³/s corresponde a un caudal adicional que dejará de ser conducido por el cauce natural del río Yeso.

Proyectos Razonablemente Previsibles:

- Proyecto Exploración Minera Los Piches, aprobado ambientalmente mediante la Resolución Exenta N°282/2012 de la Comisión de Evaluación de la Región Metropolitana de Santiago, de fecha 25 de junio de 2012.
- 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 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.
- Proyecto Hidroeléctrico El Canelo, ingresado a tramitación ambiental con fecha 29 de junio de 2012, actualmente en calificación.

Cabe señalar que las únicas actividades mineras futuras identificadas corresponden a proyectos de exploración minera, no de explotación. Estos últimos requieren de mayor certeza y plazo de análisis y autorizaciones previas antes de poder considerarse como proyectos de explotación minera en este análisis. Por lo tanto, no se considera probable el desarrollo de proyectos mineros, diferentes a los identificados destinados a exploración, durante la etapa de construcción del PHAM.

Este estudio tampoco consideró como un proyecto previsible la incorporación en el PHAM de un caudal adicional de 2,75 m³/s, en virtud de la adquisición por parte de AES Gener en julio de 2011, de un derecho de aprovechamiento de aguas en el río Volcán¹⁶, por las siguientes razones:

- La adquisición comercial de estos derechos no constituye un proyecto en sí, y a la fecha la posibilidad de su uso no presenta un proyecto propiamente tal, no posee ingeniería, entre otras carencias, y se encuentra en un nivel de desarrollo lejos de poder ser presentado al SEIA, el cual constituyó el criterio básico en este EEA para identificar aquellos proyectos futuros razonablemente previsibles (ver Capítulo 4).

¹⁵ Ver Tabla Tabla 2.3.4 del Capítulo 2 del EIA del PHAM.

¹⁶ Res D.G.A. N°186 de 9 de junio de 2006, por un total de 4,3 m³/s.

- Los derechos adquiridos poseen tanto su punto de captación como de restitución en el río Volcán, lo que impide usarlos en el PHAM sin obtener previamente una modificación¹⁷ de dichos derechos por parte de la Dirección General de Aguas; es decir, su factibilidad está sujeta a factores administrativos, técnicos, económicos y estratégicos que requieren desarrollo y que, en definitiva, podrán delinear sus características. Sin estas definiciones, no es posible incluir en el EEA el uso de estos derechos por parte del PHAM.
- La gestión administrativa mencionada en el punto anterior puede derivar en modificaciones del derecho propiamente tal (por ejemplo, en el caudal del derecho, su caudal ecológico o en otras condiciones adicionales para hacer uso del aprovechamiento), por lo que aún no existe la información necesaria para realizar una evaluación ambiental adecuada.

Una vez AES Gener decida incorporar estos derechos al PHAM deberá, además de desarrollar la ingeniería asociada y los trámites administrativos (entre ellos, someter el PHAM nuevamente al SEIA), evaluar los impactos acumulativos en los CVE de manera de informar a los interesados (entre ellos los bancos acreedores) sobre cambios en la configuración que se indica en este y otros documentos actualmente en revisión.

La Figura N° 14 presenta un diagrama unifilar de la cuenca alta del río Maipo después de la construcción del PHAM, que muestra la configuración de los principales ríos de la cuenca y la influencia de los diferentes proyectos existentes en conjunto con el PHAM y los proyectos futuros razonablemente previsibles que afectan la hidrología superficial.

Las principales características de cada uno de estos proyectos y actividades se presentan a continuación, en las Tablas N° 5, N° 6, N° 7 y N° 8, los cuales se agrupan por tipo de proyecto. La ubicación de todos estos proyectos en el área de influencia del PHAM se presenta en la Lámina N° 2.

¹⁷ Solicitud de traslado de punto restitución para parte de los caudales constituidos, con un máximo de 2,75 m³/s, al río Maipo en el punto de descarga de central Las Lajas, publicada en el Diario Oficial de fecha 3 de Julio de 2012.

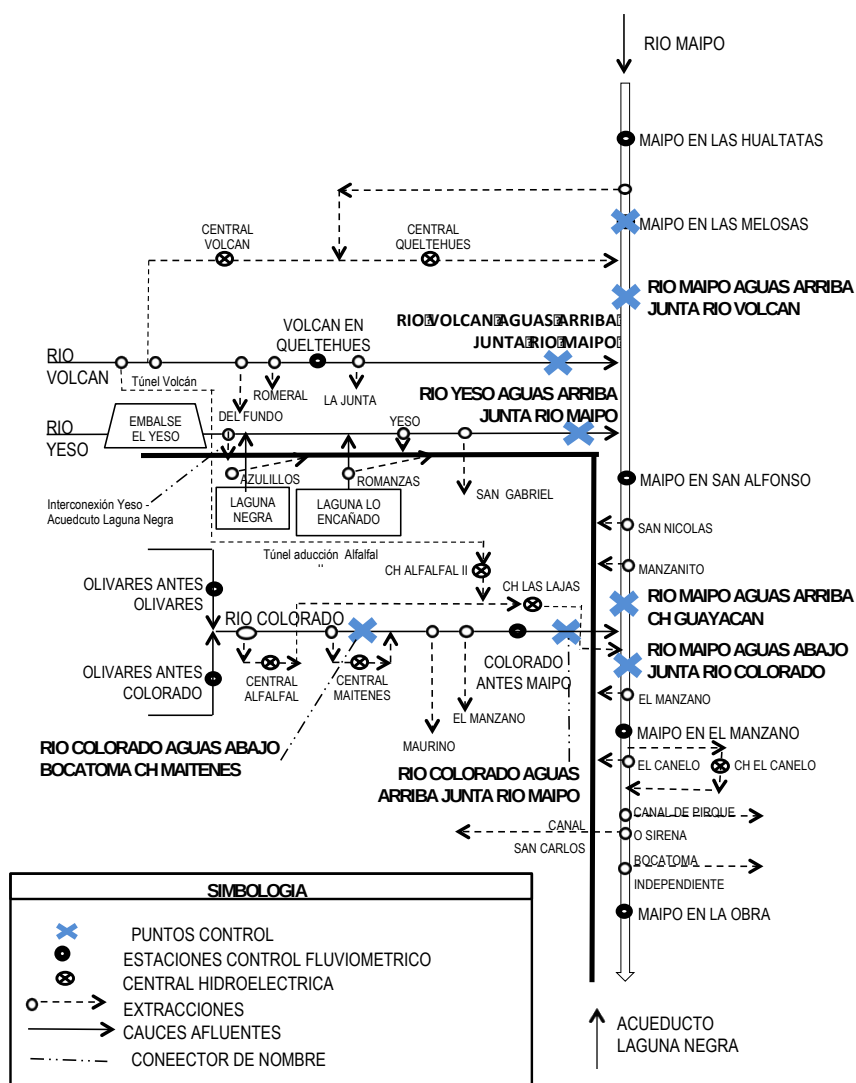


Figura 14: Diagrama unifilar de cuenca alta del río Maipo después de construcción del PHAM

Tabla N° 5: Detalles de proyectos hidroeléctricos existentes y futuros de AES Gener S.A.

Característica	CH Maitenes	CH Queltehues	CH Volcán	CH Alfalfal	CH Alfalfal II	CH Las Lajas
Año puesta en servicio	1923	1928	1949	1991	2017 (*)	2017 (*)
Potencia (MW)	30,8	48,9	13,0	178,0	264	267
Caudal de diseño (m³/s)	10	27,6	9,0	30,0	27,0	65,0
Altura de caída (m)	180	210	178	700	1.146	485
Tipo turbina	Francis	Pelton	Pelton	Pelton	Pelton	Pelton
Unidades	5	3	1	2	2	2

(*) Año estimado de puesta en servicio.

Tabla N° 6: Detalles de proyectos hidroeléctricos de Energía Coyanco S.A.

Característica	CH Guayacán	CH El Canelo
Año puesta en servicio	2010	2016 o posterior
Potencia (MW)	10,4	16,0
Caudal de diseño (m³/s)	36	42
Altura de caída (m)	33,5	46
Tipo turbina	Francis	Francis
Unidades	4	2

Tabla N° 7: Detalles de proyectos de transmisión eléctrica de AES Gener S.A.

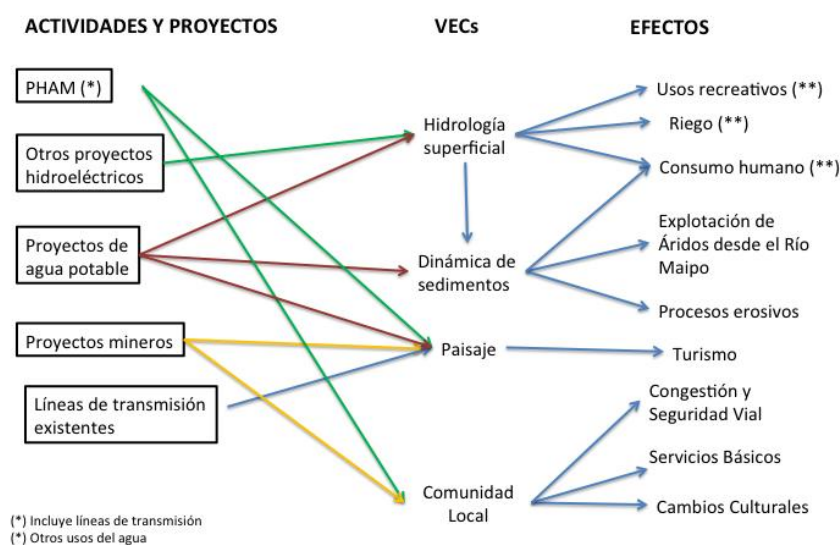
Característica	Queltehues - La Laja	Maitenes-Florida	Maitenes - Alfalfal	Alfalfal II- Alfalfal	Alfalfal - Los Almendros	S/E Maitenes-S/E Alfalfal	Central Alfalfal II-S/E Alfalfal
Potencia (kV)	110	110	110	220	220	110	220
Longitud	35,6	31,3	7,6	9,5	43,4	9,5	7,6
Circuitos	Doble	Doble	Simple	Doble	Doble	Doble	Doble

Tabla N° 8: Detalles de proyectos de agua potable

Característica	Acueducto Laguna Negra	Conexión Yeso – Acueducto LN	Embalse El Yeso
Año puesta en servicio	1917	2013 o posterior	1967
Caudal máximo (m3/s)	4,0	4,0	n/a
Longitud (km)	60,3	4,6	n/a
Volumen (m3)	n/a	n/a	250.000.000

7.2 Interacciones acumulativas entre proyectos y actividades y los CVEs

Una vez identificados los proyectos potenciales de causar efectos acumulativos 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 o acción 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 esta identificación se presenta en la Tabla N° 9 y se presenta gráficamente en las Figuras N° 15 y N° 16, para las etapas de construcción y operación del PHAM respectivamente.


Figura N° 15: Diagrama de efectos acumulativos, etapa de construcción del PHAM

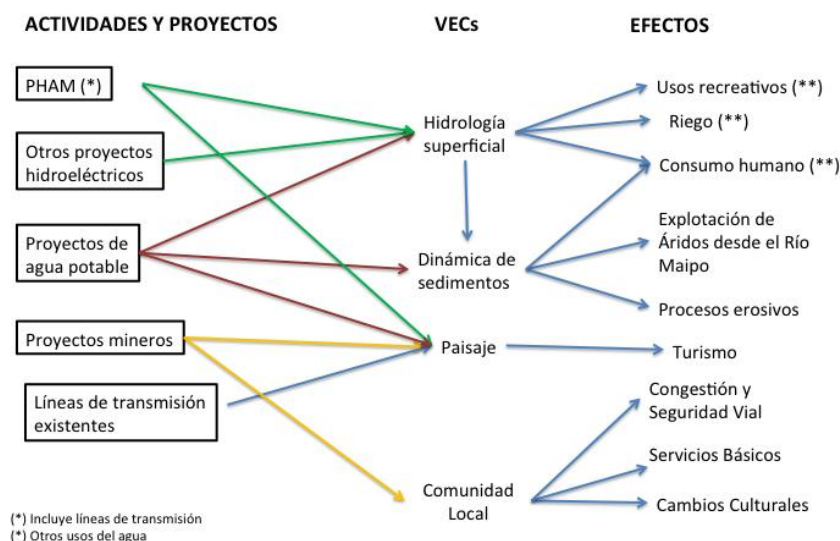


Figura Nº 16: Diagrama de efectos acumulativos, etapa de operación del PHAM

La Tabla Nº 9 presenta el resultado de la aplicación de la metodología descrita en la Sección Nº 4, y el análisis de los efectos acumulativos para cada tipo de efecto, organizados en líneas de la Tabla. De esa manera, por ejemplo, al analizar los efectos acumulativos sobre los usos del agua, la primera pregunta que se responde es sobre la ocurrencia de ese tipo de efectos, ya sea directos o indirectos, como consecuencia de la ejecución del PHAM.

En caso que sí se ocasionara ese tipo de efectos, posteriormente se revisó el estado actual de dichos efectos como consecuencia de proyectos existentes en la cuenca, los cuales se agrupan en proyectos hidroeléctricos y sus líneas de transmisión, y en proyectos de agua potable para la ciudad de Santiago.

Posteriormente, se analizaron las influencias que pudieran generar efectos sobre el mismo componente (en este caso, agua) por parte de otros proyectos futuros razonablemente previsibles. Los proyectos analizados en la Tabla Nº 9 corresponden a la Conexión Yeso-Acueducto Laguna Negra, proyectos de exploración minera y la Central Hidroeléctrica El Canelo de San José.

A continuación, se analizó la influencia potencial del cambio climático sobre el tipo de efecto en revisión, por cuanto se ha considerado que este fenómeno es el principal factor natural que pudiera generar efectos acumulativos en conjunto con el PHAM sobre los CVEs identificados.

Luego, en la siguiente columna, se realizó un análisis de agregación de los efectos individuales de cada una de las columnas anteriores, obteniéndose de esta manera el efecto acumulativo sobre dicho tipo de efecto.

Finalmente, en la última columna, se realizó un análisis de significancia sobre la base de la magnitud, frecuencia de ocurrencia, duración y extensión geográfica de los efectos identificados.

Evaluación de Efectos Acumulativos

Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

Tabla No 8: Matriz de Evaluación de Efectos Acumulativos

Tipo de efecto	¿Se producen cambios directos e indirectos por el Proyecto?	Estado actual de la influencia de proyectos pasados		Influencias externas presentes y futuras razonablemente predecibles			Cambio Climático	¿potenciales efectos acumulativos?	(Significativo) / + o -?	
		Centrales Hidroeléctricas y sus Líneas de Transmisión	Proyectos de Agua Potable (Embalse El Yeso y otros)	Conexión Yeso- Acueducto Laguna Negra	Proyectos de Exploración Mineras	Central Hidroeléctrica El Canelo San José				
Usos del Agua - a) Consumo humano	Si. Traspaso de agua desde ríos Volcán, Yeso y Colorado hacia el río Maipo en Sector Las Lajas, con un máximo total de 65 m³/s en época de deshielos. Esto disminuirá el caudal en algunos tramos de los ríos Yeso, Volcán, Maipo, Colorado). El total de tramos afectados por el proyecto es de 145 km, de los cuales 123 ya se encuentran afectados por otros proyectos. En promedio, el efecto sobre el caudal será de un 24%, y en el caso particular del río Maipo, el efecto promedio será de un 13%. Más detalles en Sección 7.3.3) del Informe (tramos de ríos afectados, caudales por tramo, etc).	Actualmente las centrales hidroeléctricas afectan tramos de los ríos Maipo, Volcán y Colorado, con una afectación total de aproximadamente 62 kilómetros de ríos, y un caudal total máximo de 105 m³/s. Las centrales fueron construidas entre 1933 (CH Mahuene) y 2010 (CH Guayacán). El efecto sobre los caudales es, en promedio, de un 27% sobre los ríos afectados. Sólo la CH Guayacán tiene efectos sobre actividades recreativas al afectar los caudales del tramo de río utilizado para la práctica de rafting. Más detalles en Sección 7.3 a) del Informe.	Los principales proyectos de agua potable que afectan los usos del agua en la cuenca corresponden al Embalse El Yeso (1987) y el Acueducto Laguna Negra (1917). El Embalse tiene la capacidad de almacenar 250 millones de m³, afectando significativamente la hidrología del río Yeso y del río Maipo aguas abajo de la confluencia con este río.	Este proyecto tendrá la posibilidad de conducir hasta 4 m³/s de agua desde el río Yeso para uso consuntivo de agua potable.	N/A	Uso de hasta 42 m³/s de agua desde el río Maipo, la cual será restituida 4,8 km aguas abajo de su captación. No se esperan impactos sobre actividades recreativas porque la central se ubica aguas abajo del tramo de río utilizado para la práctica de rafting. Más detalles en Sección 7.1 del Informe.	Para el período 2010-2070 se estima una disminución de los caudales de entre un 3% y un 8% en la cuenca del río Maipo (UNITEC, 2013).	No, porque el proyecto no afecta las principales captaciones de riego, ubicadas aguas abajo de la retribución, y se han adoptado todas las medidas para asegurar que ningún regante será afectado durante la operación del PHAM.	(-) No significativo: Se considera que los efectos acumulativos sobre el uso del agua para consumo humano no serán significativos, porque se han adoptado las medidas necesarias para asegurar que la disponibilidad de agua para consumo humano no va a ser afectada durante la operación del PHAM. Existe un convenio con Aguas Andinas, empresa sanitaria con instalaciones en el sector, que le otorga prioridad al abastecimiento humano que a la generación hidroeléctrica.	
Usos del Agua - b) Riego									N/A	
Usos del Agua - c) Usos recreacionales								Si. El Proyecto agrava afectación a los ríos en 21 km y en 24% de sus caudales promedios. Se prevén efectos acumulativos sobre los usos recreacionales en el sector del Río Maipo que es utilizado para el rafting, en conjunto con los proyectos de agua potable y el cambio climático.	(-) No significativo: Se considera que los efectos acumulativos sobre el uso del agua para usos recreacionales no serán significativos, porque la magnitud de afectación es poco significativa en dos aspectos: en términos de longitudes de tramos de ríos afectados, esta se incrementa en 8%; y en términos de caudales, se afecta un promedio de 24% de los caudales, pero manteniendo caudales suficientes para la ejecución de actividades recreativas tales como la práctica de rafting en el río Maipo.	
Explotación de Áridos desde el río Maipo	No está claro hasta que se determinen, durante el estudio sedimentológico avanzado actualmente en desarrollo, los efectos que tienen las disminuciones de caudal sobre las tasas efectivas de transporte de sedimentos.	Las centrales hidroeléctricas existentes disminuyen, en promedio, hasta 35% los caudales en ciertos tramos de ríos, afectando localmente la dinámica de sedimentos en dichos tramos. Su efecto sobre la explotación de áridos dependerá también de la ubicación de los lugares donde se realice esta explotación. Estos efectos se estudiarán durante el estudio sedimentológico avanzado, actualmente en desarrollo.	El principal efecto sobre la dinámica de sedimentos lo ejerce el embalse El Yeso, el cual constituye un sedimentario que reduce los sólidos transportados por el río Yeso.	Por cuanto este proyecto tendrá la posibilidad de reducir el caudal de agua que escurre actualmente por el río Yeso (hasta 4 m³/s), también podría afectar indirectamente la dinámica de sedimentos de la cuenca. No obstante, considerando que esta obra se ubicará inmediatamente aguas abajo del Embalse, y que se operará sólo durante emergencias, se espera que el efecto sobre los sedimentos no cambie significativamente con respecto al efecto que ya introduce el embalse.	Se espera que los proyectos de exploración tengan efectos poco significativos sobre la dinámica de sedimentos.	La operación de la CH El Canelo tiene el potencial de afectar indirectamente la dinámica de sedimentos por cuanto disminuirá el caudal en un tramo de aproximadamente 5 km del río Maipo. Los estudios presentados indican que no se alterará el equilibrio sedimentológico del cauce.	No es claro. Considerando que los caudales de los ríos de la cuenca del Maipo pueden reducir su caudal promedio entre un 3% y un 8% en el período 2010-2070, el transporte de sedimentos más significativamente está asociado con los mayores caudales y crecidas, las cuales no necesariamente se verán reducidas. Estudios disponibles a la fecha han determinado que "el cambio en la carga de sedimentos (por el PHAM) no será significativo", y que será incluso menor al efecto de la CH Guayacán. El monitoreo de caudales permitirá identificar eventuales efectos del cambio dinámico sobre la extracción de áridos.	Si. El proyecto afectará la dinámica de sedimentos de la cuenca alta del río Maipo, la cual también ha sido afectada por proyectos anteriores y será afectada por proyectos futuros. Especial atención merecen las extracciones de áridos desde el cauce del río Maipo en el sector de La Obra. Los efectos finales acumulativos son difíciles de cuantificar, porque las extracciones de áridos no son focalizadas adecuadamente.	No está claro. El estudio sedimentológico avanzado, actualmente en desarrollo, propondrá un plan de monitoreo y seguimiento para la gestión adaptativa de medidas a tomar en caso de efectos no previstos del PHAM sobre el régimen sedimentológico del río Maipo que pudiesen afectar la explotación de áridos. Los detalles del Plan de Gestión Adaptativa se presentan en la Sección 8.3 del Informe.	
Procesos Erosivos	No está claro. El estudio sedimentológico avanzado, actualmente en desarrollo, analiza los procesos erosivos de los cauces aguas abajo de las obras proyectadas, incluyendo las socavaciones locales y la degradación del lecho por interrupción del suministro de sedimentos desde aguas arriba e incremento de la capacidad de transporte de sedimentos por aumento de los caudales en la descarga de las Lajas.	Los resultados preliminares del estudio sedimentológico avanzado, actualmente en elaboración, determinan que existen efectos puntuales de socavación y degradación del lecho en torno a las descargas.	No existe evidencia de un efecto de las actividades de agua potable sobre procesos erosivos en la cuenca alta del río Maipo.	Esta obra no contempla una descarga sobre el río Yeso, por lo que no tendrá la capacidad de generar procesos erosivos.	N/A	Considerando que esta central posee su punto de restitución aguas arriba de las actividades de extracción de áridos, y que no existe ninguna obra de infraestructura en el tramo de río afectado, no se prevé un efecto sobre los procesos erosivos.	N/A	No está claro. Este tema requiere de mayores estudios, pues existen actividades que podrían favorecer la erosión mientras que otras podrían reducirla.	No está claro. El estudio sedimentológico avanzado, actualmente en desarrollo, aportará antecedentes sobre los fenómenos de socavación local y degradación que permitirán proponer un plan de monitoreo y seguimiento para la gestión adaptativa de medidas a tomar en caso de observar efectos no previstos del PHAM sobre los procesos erosivos del cauce del río Maipo, así como los principales afluentes de su hoya alta.	
Turismo	Si. De manera indirecta, el PHAM afectará al turismo durante su etapa de construcción, como consecuencia del efecto sobre la congestión y seguridad vial, y durante su operación, producto del efecto sobre el paisaje de las líneas de transmisión.	El principal impacto indirecto de las centrales y líneas existentes lo constituye el impacto sobre el paisaje.	El principal impacto sobre el turismo de las obras de agua potable es consecuencia del Embalse El Yeso, el cual constituye un atractivo turístico.	Este proyecto puede generar impactos indirectos sobre el turismo durante su etapa de construcción, producto de un aumento de tráfico vehicular sobre la Ruta G-25.	Este proyecto puede generar impactos indirectos sobre el turismo durante su etapa de construcción, producto de un aumento de tráfico vehicular sobre la Ruta G-25.	Este proyecto puede generar impactos indirectos sobre el turismo en la cuenca alta del río Maipo. No obstante, es posible esperar que el aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones estimadas permitan ampliar el área potencial de uso turístico de la cuenca. Favoreciendo el aumento de temperaturas generará menores eventos de bajas temperaturas, los que afectan la seguridad en la ruta G-25 durante la temporada de invierno. Por lo tanto, se espera que el cambio climático mejore la seguridad vial durante el invierno, sin afectar significativamente la construcción de este proyecto.	Si. Los efectos indirectos del PHAM sobre el turismo se podrían sumar a los efectos indirectos de otros proyectos, en especial sobre la congestión durante las etapas de construcción. Adicionalmente, las torres de alta tensión adicionales del PHAM se sumarán a las existentes, con su respectivo efecto sobre el paisaje.	(-) No significativo: El impacto sobre el paisaje producto de las torres de alta tensión no se considera significativo, y el impacto indirecto sobre el turismo producto de los efectos sobre la congestión vehicular deberían no ser significativos producto de la aplicación de medidas de mitigación (mantenimiento en las rutas G-25 y G-455) y gestión adaptativa adecuadas.		
Congestión y Seguridad Vial	Si. Durante la etapa de construcción del PHAM, el mayor flujo de vehículos tendrá efectos sobre la congestión y seguridad vial en el área de influencia del proyecto. Estos efectos serán mitigados mediante un mantenimiento en las rutas G-25 y G-455.	La operación de centrales y líneas de transmisión no generan efectos significativos sobre la congestión y seguridad vial.	Las actividades asociadas a la provisión de agua potable no generan efectos significativos sobre la congestión y seguridad vial.	Se espera que durante la etapa de construcción de este proyecto se afecte la congestión y seguridad vial en el Ruta G-25	Se espera que durante la etapa de construcción de este proyecto se afecte la congestión y seguridad vial en el Ruta G-25	Se espera que durante la etapa de construcción de este proyecto se afecte la congestión y seguridad vial en el Ruta G-25	Se espera que durante la etapa de construcción de este proyecto se afecte la congestión y seguridad vial en el Ruta G-25	Un aumento de temperaturas generará menores eventos de bajas temperaturas, los que afectan la seguridad en la ruta G-25 durante la temporada de invierno. Por lo tanto, se espera que el cambio climático mejore la seguridad vial durante el invierno, sin afectar significativamente la construcción de este proyecto.	Si. Los efectos sobre la congestión del PHAM y de otros proyectos, durante sus respectivas etapas de operación, podrían acumularse.	(-) No significativo: Las medidas de mitigación establecidas al PHAM, sumadas a la gestión adaptativa coordinada con las autoridades de vialidad, permiten calificar este potencial efecto acumulativo como poco significativo.
Servicios Básicos	El PHAM no hace cargo de proveer servicios de alojamiento, transporte, saneamiento y atención de salud a sus trabajadores durante la etapa de construcción, por lo que no se prevé un impacto significativo sobre este componente.	La operación de centrales y líneas de transmisión no generan efectos significativos sobre los servicios básicos.	Las actividades asociadas a la provisión de agua potable no generan efectos significativos sobre los servicios básicos.	El proyecto se hace cargo de la provisión de todos los servicios básicos durante su etapa de construcción, por lo que no se prevén impactos significativos sobre este componente adicionales a aquellos sobre la congestión vial.	El proyecto se hace cargo de la provisión de todos los servicios básicos durante su etapa de construcción, por lo que no se prevén impactos significativos sobre este componente adicionales a aquellos sobre la congestión vial.	Estos proyectos podrían tener un efecto sobre algunos de los servicios básicos, pero el abastecimiento de agua potable desde la cuenca del Maipo no se verá en riesgo por efectos del Cambio Climático, pues se espera que su demanda aumente de 14 m³/s a 18 m³/s, caudal que no se pondrá en riesgo por el cambio climático.	No. El PHAM no afectará la provisión de servicios básicos en el área de influencia.	N/A: No se prevé la ocurrencia de este efecto acumulativo		
Cambios Culturales	No. Los trabajadores que participarán en la etapa de construcción del PHAM provendrán mayoritariamente de Santiago, ciudad que se ubica a menos de 50 km del área del proyecto; población que representa la mayor fuente de visitas a San José de Maipo regularmente (más del 80%).	La operación de centrales y líneas de transmisión no han generado cambios culturales en el área de influencia del proyecto	Las actividades asociadas a la provisión de agua potable no han generado cambios culturales en el área de influencia del proyecto	No se prevé la ocurrencia de cambios culturales producto de la ejecución de este proyecto.	No se prevé la ocurrencia de cambios culturales producto de la ejecución de este proyecto.	No se prevé la ocurrencia de cambios culturales producto de la ejecución de este proyecto.	No se prevé que el cambio climático ocasione cambios culturales más allá de lo correspondiente a una adaptación a los nuevos patrones de precipitaciones, cobertura vegetal y caudales.	No. No se prevé que ninguno de los proyectos considerados provoque cambios culturales en el área de influencia del proyecto.	N/A: No se prevé la ocurrencia de este efecto acumulativo	

7.3 Efectos acumulativos esperados sobre los CVEs

A continuación se presenta el resultado del análisis realizado, cuya metodología se detalló en la Sección 4, el cual se organiza en función a la contribución a los potenciales efectos acumulativos que pueden tener las actividades del PHAM sobre los CVEs seleccionados, sean estos efectos directos o indirectos (ver Figuras N° 13 y N° 14).

a) Reducción de caudales en los cursos superficiales de agua

Los principales usos del agua existentes en la cuenca corresponden a los siguientes:

- Agua potable por empresa sanitaria Aguas Andinas.
- Generación hidroeléctrica por centrales del Complejo Cordillera, de AES Gener, y por centrales de empresa Coyanco S.A. (central existente Guayacán y futura El Canelo).
- Agua para uso de riego, por distintos canalistas con bocatomas en el área de influencia del PHAM.
- Usos recreativos para rafting en un tramo del río Maipo entre las localidades de San Gabriel y Guayacán.

Un detalle de todos los usuarios de agua de la cuenca, incluyendo usuarios actuales y potenciales, se presenta en las Tablas 1-1 y 1-2 a continuación, extraídas del informe de la consultora internacional Arcadis N° 4031-0000-MA-INF-001_F “TEMA 1: Identificación y evaluación de impactos potenciales sobre usos y usuarios del agua”, de junio de 2013 (Arcadis, 2013a).

Tabla 1.1: Usos y Usuarios con Derechos de Agua Constituidos en los Ríos Maipo, Colorado, Yeso y Volcán

ID#	Tipo# Actividad#	# Derecho# Agua# # # Uso# Ejercicio#		Estatus# del# Uso#	# Ubicación# del# Uso# # UTM# WGS84# 9H# # Norte# Este#		Localidad# Sector#	Cauce#	Caudal# de# acuerdo# a# Derecho# (l/s)#	Caudal# mensual# mínimo# (Q85%)# disponible# en# operación# del# PHAM# (l/s)#	Caudal# mensual# mínimo# (Q85%)# disponible# en# operación# del# PHAM# cambio# climático# #	Calendario# Estacional# del# Uso#	Usuario# Dueño# del# Derecho# de# Agua#
1"	Generación"	No"Consuntivo"	Permanente"y" Eventual"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.278.257"	374.293"	San"José"de" Maipo"	Río"Maipo"	33.000,0" (2.300"÷"30.700)"	34.100"	30.800"	Permanente"	Bocatoma"Central"Guayacán"
2"	Riego" / Generación"	Consuntivo"	Permanente"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.282.134"	363.393"	Las"Vertientes"	Río"Maipo"	35.000"	"	"	Permanente"	Bocatoma"Canal"San"Carlos"
3"	Riego"	Consuntivo"	Permanente"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.283.576"	366.718"	El"Canelo"	Río"Maipo"	13.000"	"	"	Permanente"	Bocatoma"Canal"La"Sirena"
4"	Agua"Potable"	Consuntivo"	Permanente"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.282.048"	363.445"	Las"Vertientes"	Río"Maipo"	22.000"	"	"	Permanente"	Bocatoma"Independiente"Agua"Andinas"
5"	Riego"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.285.481"	377.131"	Los"Maitenes"	Río"Colorado"	406,6"	3.200"	2.900"	Permanente"	Canal"Maurino"
6"	Riego"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.284.809"	375.497"	Los"Maitenes"	Río"Colorado"	400"	3.300"	3.000"	Permanente"	Canal"El"Manzano"
7"	Riego"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.257.731"	392.647"	El"Volcán"	Río"Volcán"	250"	5.200"	5.300"	Permanente"	Rafael"Alvarez"C."["Raúl"Covarrubias"D."["Hilda" Fajardo"C."["Canal"Volcán")"
8"	S/"	Consuntivo"	Eventual"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.256.931"	401.747"	Baños"Morales"	Vertiente"Central"	86"	"	"	Eventual"	Juan"A."Barras"Torres"
9"	S/"	Consuntivo"	Eventual"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.257.031"	403.197"	Baños"Morales"	Vertiente"Agua"Negras"	81"	"	"	Eventual"	Udo"Von"Plate"Harries"["Armi"Von"Plate" Harries"
10"	S/"	Consuntivo"	Eventual"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.257.031"	403.197"	Baños"Morales"	Vertiente"Agua"Negras"	50"	"	"	Eventual"	Junta"De"Vecinos"Nº"16"Villa"Del"Valle"
11"	S/"	Consuntivo"	Eventual"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.256.931"	401.747"	Baños"Morales"	Vertiente"Central"	50"	"	"	Eventual"	Junta"De"Vecinos"Nº"16"Villa"Del"Valle"
12"	Riego"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.260.385"	388.612"	El"Yeso"	Río"Yeso"	32,3"	1.400"	1.200"	Permanente"	Canal"San"Gabriel"
13"	S/"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.256.583"	400.806"	Baños"Morales"	Río"Volcán"	20"	4.400"	4.400"	Permanente"	Daniel"Quiroga"Y"Otro"
14"	S/"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.255.981"	402.147"	Lo"Valdés"	Estero"Lo"Valdés"	19"	"	"	Permanente"	Congregación"del"Verbo"Divino"
15"	S/"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.255.981"	402.147"	Lo"Valdés"	Estero"Lo"Valdés"	18,9"	"	"	Permanente"	Club"Alemán"Andino"
16"	S/"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.255.981"	402.147"	Lo"Valdés"	Estero"Lo"Valdés"	10"	"	"	Permanente"	José"Lobos"Ulloa"
17"	S/"	Consuntivo"	Eventual"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.256.829"	401.498"	Baños"Morales"	Vertiente"El" Morado"	2"	"	"	Eventual"	Junta"De"Vecinos"Nº"16"Villa"Del"Valle"
18"	En"desuso" hace 10" años"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.261.065"	390.454"	El"Yeso"	Río"Yeso"	1,6"	1.300"	1.100"	Permanente"	Canal"Los"Piuches"
19"	S/"	S/"	S/"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.283.122"	368.518"	El"Manzano"	Río"Maipo"	200#	25.800"	23.600"	S/"	Bocatoma"Canal"Cauquino"
20"	Generación"	No"Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.256.425"	399.223"	El"Volcán"	Río"Volcán"	7.500"	["	["	Permanente"	Bocatoma"Central"Volcán"["GENER"
21"	Riego"	S/"	S/"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.257.646"	393.504"	El"Volcán"	Río"Volcán"	59#	5.200"	5.200"	S/"	Bocatoma"Del"Fundo"
22"	Riego"	S/"	S/"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.258.151"	390.042"	El"Volcán"	Río"Volcán"	45,6#	5.300"	5.400"	S/"	Bocatoma"Junta"del"Fundo"
23"	Riego"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.281.605"	361.760"	La"Obra"	Río"Maipo"	4.830"	"	"	Permanente"	Bocatoma"Eyzaguirre"
24"	Generación"	No"Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.279.399"	357.938"	La"Puntilla"	Río"Maipo"	8.000"	"	"	Permanente"	Bocatoma"Central"Los"Bajos"
25"	Generación"	No"Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.277.039"	352.035"	Pirque"	Río"Maipo"	9.000"	"	"	Permanente"	Captación"Central"CAEMSA"
26"	Agua" Potable" / Riego"	Consuntivo"	Permanente"y" Continuo"	Derecho"de"Uso" Legal"	6.276.177"	348.467"	Pirque"	Río"Maipo"	1.900"	"	"	Permanente"	Bt."Huidobro"Y"Bt."Asociación"Canales"de" Maipo."
No ta: [# En"color"Verde"se"Indican"los"usuarios" cuyos" usos" de" las" aguas" no" presentan" interferencia" con" los" del" PHAM, "por" ubicarse" en" esteros" a"fluentes" a" los" cauces" intervenidos" por" el" Proyecto" y" los" ubicados" a" agua" abajo" de" la" descarga" Las" Lajas." En"color"rojo"se"Indican" las" bocatomas" de" la" Asociación" de" Canalistas" del" Maipo" y" empresas" generadoras" ubicadas" entre" 5" km" hasta" 26" km" a" agua" abajo" de" la" descarga" del" PHAM." La"ubicación" geográfica" de" todos" los" usuarios" incluidos" en" esta" Tabla" se" presentan" en" la" Figura" 4031[0000][MA][FIG[001"Rev"E"del"Anexo"A1.#													

Tabla 1.2: Usos y Usuarios que no Requieren Derechos de Agua en los Ríos Maipo, Colorado, Yeso y Volcán

ID#	Tipo de Actividad#	Localidad#Sector#	Requerimientos de Caudal# (l/s)#	Calendario Estacional de Uso#	Usuario#Dueño#Derecho#Agua#Actividad#
1"	Extracción"Áridos"	El"Toyo"(Río"Maipo)"	N/A"	S/I"	Procesadora"de"Áridos"S.A."
2"	Extracción"Áridos"	San"José"de"Maipo"(Río"Maipo)"	N/A"	S/I"	Áridos"Mauricio"González"
3"	Extracción"Áridos"	Guayacán"(Río"Maipo)"	N/A"	S/I"	El"Toyo"Minerales"Ltda."
4"	Turismo/"Navegación**"	San"Alfonso"(Río"Maipo)"	17.100"l"32.700 ²ⁿ "	Anual." Período"de"alta"demanda:" Primavera["Verano."	Operador"Turístico"de"rafting"Valle"de"Montañas"
5"	Turismo/"Navegación**"	San"Alfonso"(Río"Maipo)"	17.100"l"32.700 ²ⁿ "		Operador"Turístico"de"rafting"Cascada"de"Las"Ánimas"
6"	Turismo/"Navegación**"	San"Alfonso"(Río"Maipo)"	17.100"l"32.700 ²ⁿ "		Operador"Turístico"de"rafting"Isoterma"
7"	Turismo/"Navegación**"	El"Melocotón"(Río"Maipo)"	17.100"l"32.700 ²ⁿ "		Operador"Turístico"de"rafting"Aventuras"Cajón"del"Maipo"
8"	Turismo/"Navegación**"	El"Toyo"(Río"Maipo)"	17.100"l"32.700 ²ⁿ "		Operador"Turístico"de"rafting"Hacienda"Los"Castaños"
9"	Turismo/"Navegación**"	San"José"de"Maipo"(Río"Maipo)"	17.100"l"32.700 ²ⁿ "		Operador"Turístico"de"rafting"Maipo"Explora"
10"	Turismo/"Navegación**"	San"José"de"Maipo"(Río"Maipo)"	17.100"l"32.700 ²ⁿ "		Operador"Turístico"de"rafting"Chile"Rafting"
11"	Turismo/"Navegación**"	"Río"Maipo"	17.100"l"32.700 ²ⁿ "		Operador"Turístico"de"rafting"Canopy"Rafting"
12"	Turismo/"Navegación**"	"Río"Maipo"	17.100"l"32.700 ²ⁿ "		Operador"Turístico"de"rafting"Ruta"Vertical"
13"	Turismo/"Recreación"	San"Gabriel"(Río"Yeso)"	N/A"	Verano"	Baños"
14"	Turismo/"Recreación"	El"Colorado"(Río"Maipo)"	N/A"	S/I"	Turismo"y"recreación"
15"	Turismo/"Recreación"	El"Manzano"(Río"Maipo)"	N/A"	S/I"	Turismo"y"recreación"
16"	Turismo/"Recreación"	El"Melocotón"(Pozas"Azules)"	N/A"	Verano"	Baños"
17"	Turismo/"Recreación"	Río"Yeso"	N/A"	S/I"	Turismo"y"recreación"

Nota: En"color"Verde"se"Indican"los"usuarios" cuyos"usos"de"las"aguas"no"presentan"Interferencia"con"los"del"PHAM,"por"ubicarse"en"esteros" afluentes" a"los"cauces"Intervenidos"por"el"Proyecto"y"los"ubicados"aguas"abajo"de"la"descarga"Las"Lajas."

[La"ubicación"geográfica"de"todos"los"usuarios"Incluidos"en"esta"Tabla"se"presentan"en"la"Figura"4031[0000[MA[FIG[002[Rev"D"del"Anexo"A1."

De"acuerdo" a"los"requerimientos"mínimos"l" máximos"Indicados"en"la"Tabla"6.4"Incluida"en"el"Punto"1.5"del"presente"documento."

Tal como se explicó en la Sección 6.4, los usos de agua en la cuenca alta del río Maipo han sufrido afectaciones por parte de proyectos de inversión desde el año 1917.

Los principales proyectos de agua potable que afectan los usos del agua en la cuenca corresponden al Embalse El Yeso, en operación desde 1967, y el Acueducto Laguna Negra, desde 1917. El Embalse El Yeso tiene la capacidad de almacenar 250 millones de m³, mientras que el acueducto Laguna Negra tiene capacidad para transportar hasta 4 m³/s de agua desde la cuenca del río Yeso para usos de agua potable en la ciudad de Santiago. Asimismo, el proyecto de agua potable futuro razonablemente previsible denominado ‘Conexión Yeso Acueducto Laguna Negra’ también tiene la posibilidad de conducir hasta 4 m³/s de agua desde el río Yeso, para uso consuntivo de agua potable. Todos estos proyectos afectan la hidrología del río Yeso y del río Maipo aguas abajo de la confluencia con este río.

Adicionalmente, las cinco centrales hidroeléctricas existentes tienen efectos en tramos de los ríos Maipo, Volcán y Colorado, con un alcance de 62 kilómetros de ríos, y un caudal total máximo de 105 m³/s. Las centrales fueron construidas entre el año 1923 (CH Maitenes) y el 2010 (CH Guayacán). El efecto sobre los caudales es, en promedio, de un 27% sobre los tramos de ríos afectados. Sólo la CH Guayacán tiene efectos sobre actividades recreativas, al disminuir los caudales del tramo de río utilizado para la práctica de rafting.

Con respecto a los efectos de las centrales futuras razonablemente previsibles sobre los caudales, la Central hidroeléctrica El Canelo de San José utilizará hasta 42 m³/s de agua desde el río Maipo, la cual será restituida 4,8 Km aguas abajo de su captación. En este caso no se esperan impactos sobre actividades recreativas porque la central se ubica aguas abajo del tramo de río utilizado para la práctica de rafting.

Los resultados preliminares del estudio sobre el efecto del cambio climático en la cuenca del río Maipo, “Cambio Climático y su impacto en la disponibilidad de recursos hídricos del Proyecto Alto Maipo”, realizado por la Fundación para la Transferencia Tecnológica (UNTEC), estiman que, para el período 2010-2070, los caudales de los ríos de la cuenca del Maipo disminuirán sus caudales entre un 3% y un 8% en promedio. Este efecto, sumado a una mayor demanda de agua potable, la cual se estima que aumentará desde los 14 m³/s actuales a unos 18 m³/s (CEPAL, 2012), podría requerir de una gestión o manejo adaptativo entre todos los usuarios de la cuenca en conjunto con las autoridades sectoriales y ambientales.

Las principales bocatomas de riego se ubican aguas abajo de la descarga del proyecto, y sólo algunas, que alimentan canales pequeños, se encuentran en los tramos de ríos directamente afectados, para las cuales se han establecido medidas de mitigación y compensación adecuadas, en adición a los acuerdos a los que pueda llegar AES Gener de manera directa con dichas asociaciones de regantes.

Al realizar un análisis similar al presentado en la Sección 6.4.(a), incluyendo el efecto del PHAM sobre la hidrología superficial, tanto en términos de tramos de ríos intervenidos como de caudales, es posible concluir que respecto del efecto incremental del PHAM, medido en

longitud de tramos intervenidos, corresponde a 21 km (de 124 km a 145 km), mientras que su efecto sobre los caudales promedios (medido en los ocho puntos de control) se puede estimar una disminución de 24%. La Tablas N° 10 y N° 11 presentan mayores detalles de estos resultados.

Tabla N° 10: Efectos del PHAM sobre la longitud de tramos afectados en su hidrología

Río	Longitud total(km)	Proyectos actuales que lo afectan	Distancia afectada por proyectos actuales (km)	Distancia afectada con PHAM en operación (km)	Porción del río afectada por proyectos actuales (%)	Porción del río afectado con PHAM en operación (%)	Efecto incremental del PHAM (%)
Maipo	108,7	CH Queltehue/Volc. CH Guayacán Embalse el Yeso Acueducto laguna negra CH Maitenes CH Alfalfal	48,8	51,8	44,9	47,7	2,8
Volcán	42,6	CH Volcán	14,0	22,3	32,9	52,3	19,4
Yeso	46,6	Embalse el Yeso Acueducto laguna negra	29,0	29,0	62,2	62,2	0,0
Colorado	56	CH Maitenes CH Alfalfal	31,8	41,6	48,5	63,4	14,9
Total	254,1	Todos	123,6	144,7	46,9	54,9	8,0

Tabla N° 11: Efectos del PHAM sobre los caudales de los ríos (promedios anuales, m³/s; valores entre paréntesis indican proyectos que los afectan)

Punto de Control	Escenario A: anterior a 1917	Escenario B: 1965	Escenario C: 2012	Escenario D: con operación de PHAM	Efecto adicional del PHAM (diferencia con escenario C como % sobre escenario A)	Comentarios
I, Río Maipo en Las Melosas	40,9 (-)	24,4 (3)	24,4 (3)	24,4 (3)	0%	No existe efecto del PHAM
II, Río Maipo aguas arriba de junta con río Volcán	43,8 (-)	51,8 (3, 4)	51,8 (3, 4)	50,6 (3, 4, 9)	-3%	Efecto menor del PHAM por efecto sobre CH Volcán
III, Río Volcán aguas arriba de junta con río Maipo	16,5 (6)	8,5 (4, 6)	8,5 (4, 6)	5,1 (4, 6, 9)	-21%	Efecto del PHAM por reducción de caudales en río Volcán
IV, Río Yeso aguas arriba de junta con río Maipo	13,0 (6)	11,1 (1, 5, 6)	10,8 (1, 5, 6)	4,0 (1, 5, 6, 9)	-52%	Efecto del PHAM por reducción de caudales en río Yeso
V, Río Maipo aguas abajo de bocatoma CH Guayacán	87,2 (6)	85,2 (1, 3, 4, 5, 6)	63,7 (1, 3, 4, 5, 6, 8)	54,6 (1, 3, 4, 5, 6, 8, 9)	-10%	Efecto menor en río Maipo por operación del PHAM
VI, Río Colorado aguas abajo de bocatoma Maitenes	27,5 (-)	17,3 (2)	10,8 (2, 7)	5,6 (2, 9)	-19%	Efecto del PHAM por reducción de caudales en río Colorado
VII, Río Colorado aguas arriba de junta con río Maipo	32,4 (6)	32,1 (2, 6)	32,1 (2, 6, 7)	12,2 (2, 6, 7, 9)	- 61%	Efecto del PHAM por reducción de caudales en río Colorado
VIII, Río Maipo aguas abajo de junta con río Colorado	119,6 (6)	117,3 (1, 2, 3, 4, 5, 6)	117,5 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)	82,6 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)	- 29%	Efecto global del PHAM sobre río Maipo

Donde los proyectos indicados corresponden a los siguientes: 1- Embalse el Yeso; 2- CH Maitenes; 3- CH Queltehues; 4- CH Volcán; 5- Acueducto Laguna Negra; 6- Bocatomas de riego; 7- CH Alfalfal; 8- CH Guayacán; y 9- PHAM

Cabe señalar que esta disminución se verificará tanto en tramos del río que ya se encuentran afectados en su caudal como en otros en que no lo está, o lo están de manera muy reducida. Respecto de la afectación de tramos ya comprometidos, se estima que el efecto del PHAM será

menor en tanto el río, en esos tramos, ya se han ajustado a las condiciones de stress, sin afectar el caudal ecológico definido. En los tramos sin afectación o con afectación leve, se estima que el efecto del PHAM no será diferente al que actualmente presentan los ríos de la cuenca, a propósito de los proyectos existentes.

Es importante indicar que la afectación hidrológica antes señalada se verifica en los tramos del río que posee menor valor ecológico (ecosistema que sustenta); en consecuencia, su efecto se circunscribe solo a la disminución de caudal sin efectos sobre la biodiversidad, tal como se explicó en las Secciones 5.1.b) y 6.3.a).

Por otra parte, y sin perjuicio que es responsabilidad de la Dirección General de Aguas el asegurar la no sobre-adjudicación de derechos de aprovechamiento de aguas, de manera de garantizar que cada titular pueda ejercer sus derechos legalmente constituidos, en términos administrativos, el PHAM se comprometió formalmente 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.

Los principales efectos acumulativos del PHAM sobre los CVEs identificados se observarán en el río Maipo, en conjunto con los proyectos de agua potable y el cambio climático.

Como puede observarse de los antecedentes presentados, actualmente existen otros usuarios del recurso agua de la cuenca que presentan una afectación sobre la hidrología superficial, verificándose que el efecto incremental del PHAM resulta del orden de la afectación existente por otros proyectos en relación a los caudales, y muy inferior a la afectación actual en términos de tramos de río afectados.

En cuanto a la evaluación de la significancia de estos efectos incrementales, a continuación se analizan los efectos acumulativos para cada uno de los usos del agua identificados:

- a) Agua potable: el efecto acumulativo del PHAM sobre los caudales y tramos de ríos afectados en la cuenca alta del río Maipo, incluyendo los proyectos futuros razonablemente previsibles, no afectará el abastecimiento de agua para fines de consumo humano por parte de la empresa Aguas Andinas, pues la principal obra de captación para el suministro de agua potable de Santiago se ubica aguas debajo de la descarga de CH Las Lajas (5,9 km). Adicionalmente, AES Gener posee un acuerdo con dicha empresa sanitaria que garantiza el abastecimiento de agua potable durante la operación del PHAM. Por lo tanto este efecto se considera poco significativo.

- b) Riego: este potencial efecto sobre los regantes dio lugar a diversas consultas durante el proceso de evaluación ambiental, las que fueron respondidas en las Adendas 1 y 2 (preguntas 1.6, 1.10, 1.11, 4.4 y 4.6 de Adenda 1, entre otras), así como en el documento con respuestas a las observaciones de la comunidad. Las respuestas a dichas consultas permitieron acreditar que el diseño del Proyecto, junto a sus medidas de mitigación y compensación, garantizan la disponibilidad de agua de todas las partes interesadas de la cuenca, incluyendo las sub-cuencas de los ríos Volcán, Yeso y Colorado. Un resultado concreto de estas gestiones lo representa el Convenio firmado entre AES Gener y la Comunidad de Aguas Canal El Manzano, de la sub-cuenca del río Colorado, con el objetivo de asegurar la construcción y mantenimiento de las obras de captación necesarias para asegurar el abastecimiento de dicho canal en todo momento durante la etapa de operación del PHAM. Dicho acuerdo se adjunta en el Anexo 2 del presente informe.

Por lo anterior, sumado al compromiso formal de AES Gener indicado anteriormente en cuanto 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, se considera que el efecto acumulativo del PHAM sobre el riego, incluyendo los proyectos futuros razonablemente previsibles, será poco significativo.

- c) Usos recreacionales: considerando que el río Maipo posee usos recreacionales para los cuales los usuarios no requieren de derechos de agua, principalmente asociados al descenso del río entre las localidades de San Gabriel y Guayacán en kayak y rafting, a continuación se analizará la significancia del efecto acumulativo del PHAM, en conjunto con los proyectos pasados y futuros razonablemente previsibles, sobre esta actividad.

En primer lugar, se estima que la reducción de los caudales en el río Maipo en el tramo de interés no será significativa, pues los caudales ecológicos evaluados para las áreas de importancia ambiental para este componente se encuentran cubiertos por los caudales aprobados y, en consecuencia, por la operación del PHAM esta actividad recreativa no se verá afectada. En efecto, la operación del PHAM se suma a los efectos que tienen los proyectos hidroeléctricos Guayacán y de agua potable Acueducto Laguna Negra, Embalse El Yeso e Interconexión Yeso Acueducto Laguna Negra y, en particular, sobre las actividades de rafting y kayak, las que se desarrollan preferentemente en el río Maipo entre San Gabriel y Guayacán. El estudio de caudal ecológico concluyó que, si bien hay reducción de caudales, los caudales ecológicos evaluados para las áreas de importancia ambiental se encuentran cubiertos por los caudales propuestos.

Para realizar este análisis, adjuntado como Anexo 17 a la Adenda 1, la empresa contrató a la consultora Centro de Ecología Aplicada (CEA), expertos en el cálculo de caudales ecológicos, cuyo Estudio “Estimación del Caudal Ecológico del PHAM” tuvo por objetivo identificar las áreas de importancia ambiental (AIA) en cada uno de los ríos o esteros que estén afectos a reducción de caudales por la operación del Proyecto, identificar las secciones críticas de control y evaluación de las zonas AIA para determinar el caudal mínimo que debe pasar por estas zonas para asegurar un impacto no significativo sobre la restricción máxima impuesta por las AIA (biota acuática, actividad antrópica, calidad del agua o los efectos sobre el paisaje). Por lo tanto, la información disponible permite concluir que la futura operación del PHAM sobre los caudales de los cursos superficiales de agua no generarán efectos acumulativos relevantes sobre otros usuarios del agua, tales como centrales hidroeléctricas, proyectos de agua potable, usuarios de riego, las actividades turísticas y recreativas en el río Maipo, que se desarrollan en la zona comprendida entre San Gabriel y Guayacán.

El informe anterior sobre Caudal Ecológico (entregado junto con anterior versión de este documento) fue posteriormente revisado por un experto independiente, el Dr. Juan Manuel Díez Hernández, profesor de la Universidad de Valladolid, España, quien emitió el informe “Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, Chile, Estudio de Caudal Ecológico”, de diciembre de 2012. En lo principal, el Dr. Díez concluyó que el esquema general realizado por la consultora CEA fue adecuado, y se aplicaron criterios técnicos lógicos para determinar el caudal ecológico. En cuanto a los usos antrópicos, en particular, el experto independiente señala que *“[e]l criterio seguido por CEA me parece muy apropiado, imponiendo para la práctica del kayak/rafting una anchura mínima en el cauce de 12 m con profundidad no menor a 60 cm. Es una restricción conservadora dentro de las propuestas por investigadores...”*.

A mayor abundamiento, se revisaron los resultados del estudio de APRISA con las estimaciones de caudales mensuales para las últimas 45 hidrologías (1965 a 2009) para los casos previo y posterior al PHAM (Tablas 1-a a 3-e del estudio). De la revisión anterior se pudo concluir que el mes con menores caudales en la zona de rafting del río Maipo fue mayo de 1997, caso para el que se puede estimar, usando supuestos conservadores, un caudal en caso de operación del PHAM de 14,1 m³/s. Considerando como referencia el caudal de 11 m³/s señalado por las agencias como un caudal usado actualmente para desarrollar esta actividad, es posible concluir que el menor caudal estimado durante la operación del PHAM es aproximadamente un 30% mayor al usado durante la presente temporada para la realización de esta actividad recreativa, el cual es usado para estos efectos como una referencia y no constituye un caudal un mínimo. La misma serie de caudales permite estimar que, sin PHAM, aproximadamente el 2% de meses tendrá caudales por debajo de 17,1 m³/s, caudal

establecido en el estudio de caudal ecológico del PHAM¹⁸ como requerimiento adecuado para la práctica de estas actividades recreativas, cantidad que aumentará a aproximadamente el 3% con la operación del PHAM.

Cabe señalar que no se han registrado usos recreacionales en los ríos Volcán, Yeso y Colorado, por lo cual no fueron incorporados en este análisis.

Todo lo anterior permite calificar este efecto acumulativo de la disminución del caudal del río Maipo en el tramo San Gabriel-Guayacán sobre las actividades recreativas como no significativo.

En resumen, es posible concluir que los efectos acumulativos sobre los usos del agua de la cuenca no son significativos, pues los otros usuarios del agua no verán afectados el ejercicio de sus actividades pese a la entrada en operación del PHAM, en tanto los derechos utilizados para la generación hidroeléctrica corresponden a derechos 'no consuntivos'; es decir, el agua es devuelta a los cauces de la cuenca luego de su uso para generación. Adicionalmente, cabe señalar que, en lo principal, no existe una afectación por cuanto los derechos de aprovechamiento de aguas de cada proyecto de generación hidroeléctrica son otorgados por la Dirección General de Aguas, agencia gubernamental a cargo de asegurar que no existan conflictos entre los distintos usuarios que poseen derechos de aguas en una misma cuenca.

b) Potencial reducción de la capacidad de transporte de sedimentos en el sistema y sus consiguientes efectos sobre la infraestructura y de la actividad económica asociada a la explotación de áridos

La reducción de caudal en ciertos tramos de río y esteros afluentes al río Maipo podría provocar un efecto en el régimen de arrastre de sedimentos. Este impacto pudiera tener efectos sobre las actividades comerciales de extracción de áridos desde el lecho del río Maipo que existen en el sector de La Obra, aguas abajo de la restitución del caudal del PHAM en el sector de Las Lajas, y/o sobre la infraestructura contruida en los tramos afectados de los cauces de los ríos Volcán, Yeso, Colorado y Maipo. La magnitud y significancia de estos potenciales efectos se describe a continuación.

Como se indicó anteriormente, las centrales hidroeléctricas existentes disminuyen, en promedio, hasta 35% los caudales en ciertos tramos de ríos, afectando indirectamente la dinámica de sedimentos en dichos tramos. No obstante, a la fecha no se ha observado un efecto cuantitativo producto de esta actividad, pues las crecidas en períodos de alto caudal tienden a compensar este efecto menor. En efecto, durante los 20 años de operación de la CH Alfalfal I no se han observado impactos medibles sobre la dinámica de sedimentos en el río Colorado. Las instalaciones de la CH Alfalfal I incorporan estructuras para el manejo de los

¹⁸ Estudio realizado por el Centro de Ecología Aplicada en el marco de la Adenda 1 del EIA del Proyecto (CEA, 2008), que estableció un caudal mínimo requerido de 17,1 m³/s para disponer de un ancho de sección de 12 m y con una profundidad en el río Maipo no menor a 60 cm.

sedimentos, las cuales retienen y devuelven los sedimentos al sistema, los que luego son transportados aguas abajo por el caudal del río, especialmente durante la temporada de altos caudales. Este mismo sistema será utilizado en el PHAM, por lo que tampoco se espera la ocurrencia de impactos en la dinámica de sedimentos como consecuencia de la operación de este proyecto.

En cuanto a las centrales futuras, la operación de la CH El Canelo tiene el potencial de afectar indirectamente la dinámica de sedimentos por cuanto disminuye el caudal en un tramo de aproximadamente 5 km del río Maipo. No obstante, los estudios presentados indican que no se alterará el equilibrio sedimentológico del cauce.

De los proyectos de agua potable existentes, el principal efecto sobre la dinámica de sedimentos lo ejerce el embalse El Yeso, el cual constituye un sedimentador que reduce los sólidos transportados por el río Yeso. En cuanto a la conexión Yeso Acueducto Laguna Negra, dicho proyecto podrá reducir el caudal de agua que escurre actualmente por el río Yeso, por lo que también podría afectar indirectamente la dinámica de sedimentos de la cuenca. No obstante, considerando que esta obra se ubicaría inmediatamente aguas abajo del embalse, se espera que el efecto sobre los sedimentos no cambie significativamente con respecto al efecto que ya introduce el embalse.

Con respecto a los proyectos de exploración minera, se espera que tengan efectos poco significativos sobre la dinámica de sedimentos, por cuanto su magnitud es menor y no afectan la hidrología superficial ni la carga de sedimentos de los ríos de la cuenca.

Considerando que los caudales de los ríos de la cuenca del Maipo pueden reducir su caudal entre un 3% y un 8% en el período 2010-2070, el efecto del cambio climático también puede tener un impacto indirecto sobre la dinámica de sedimentos, aunque su magnitud es relativamente menor pues, como se mencionó en la sección anterior sobre hidrología superficial, la exigencia de dejar pasar caudales ecológicos fijos implica que menores caudales (por ejemplo, como posible consecuencia en la hidrología debido al avance en el fenómeno global definido como cambio climático) afectarán la generación del PHAM pero no afectarán significativamente los caudales de los ríos durante la etapa de operación del proyecto.

En resumen, el PHAM tendría la potencialidad de afectar la dinámica de sedimentos de la cuenca alta del río Maipo, la cual también ha sido afectada por proyectos anteriores y será afectada por proyectos futuros. Especial atención merecen las extracciones de áridos desde el cauce del río Maipo en el sector de La Obra, aguas abajo del área de influencia del PHAM.

No obstante lo anterior, a continuación se presenta la evaluación de la significancia para los dos efectos identificados previamente; es decir, la extracción de áridos y eventual afectación a la infraestructura existente.

- a) Efectos sobre la extracción de áridos: a la fecha se han realizado varios estudios sobre los potenciales efectos de la operación del PHAM sobre la extracción de áridos desde

el cauce del río Maipo, de los cuales a continuación se presentan los principales resultados y conclusiones.

El primer estudio fue realizado por la Universidad de Chile y adjuntado en el Anexo 20 del EIA. 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 que de su operación 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 anterior, 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 disponibilidad efectiva de sedimentos del río.

Posteriormente, la consultora APR Ingeniería S.A. realizó un estudio específico para establecer, entre otras cosas, los efectos acumulativos del PHAM y de la central Guayacán sobre el régimen sedimentológico del río Maipo, mediante la cuantificación de los cambios que experimentan las tasas potenciales o capacidades de arrastre a lo largo del cauce.

Las conclusiones de dicho estudio establecieron que la Central Guayacán genera una reducción de la capacidad de arrastre de sedimentos del río mayor que la que produciría la futura puesta en operación del PHAM. Desde el punto de vista hidrológico, la operación de la Central Guayacán introduce una variación local importante en los caudales del río Maipo que afecta su régimen de transporte de sólidos, principalmente en el tramo de unos 4 km del cauce entre su bocatoma y su descarga, esta última ubicada en el río Maipo 1,7 km aguas arriba de la confluencia con el río Colorado. Además de lo anterior, se aprecia que existe una alternancia de tramos en lo que se verifican procesos de degradación y depositación, lo cual indica que los sectores en estudio del río Maipo presentan una estabilidad morfológica que no es alterada por las reducciones de que introducen la central Guayacán ni el PHAM.

Adicionalmente, y como se mencionó anteriormente, otro estudio que verificó los efectos de la CH Alfalfal I sobre el cauce del río Colorado en los últimos 20 años confirmó que las medidas de mitigación implementadas; esto es, la total restitución al cauce de los sedimentos retenidos en los desripiadores y sedimentadores, ha tenido como consecuencia la ausencia de impactos medibles sobre la dinámica de sedimentos en el río Colorado.

Por otra parte, en virtud de los compromisos originados por la RCA del PHAM, actualmente se encuentra en desarrollo un tercer estudio sobre la dinámica de sedimentos en el río Maipo, el cual está siendo desarrollado por el experto Sr. Luis Ayala, y se denomina “Estudio Sedimentológico Avanzado del Río Maipo”; tiene por

objetivo central precisar posibles efectos, medidas y obras de mitigación que podrían ser necesarias para contrarrestar aquellos efectos no previstos. Se estima que los resultados de este estudio estarán disponibles a mediados de 2013.

En síntesis, la información disponible permite calificar este potencial efecto del PHAM sobre la extracción de áridos desde el río Maipo como poco significativo, sin perjuicio que la empresa se encuentra desarrollando un completo programa de monitoreo que permite identificar posible impactos ambientales no previstos y definir eventuales medidas y obras de mitigación y/o compensación y seguimiento adicionales a las ya previstas en los estudios de impacto ambiental del Proyecto. Para ello se deberá caracterizar en forma completa la situación base sedimentológica de la situación 'sin Proyecto' de los cauces involucrados. Lo anterior también forma parte del alcance del estudio sedimentológico avanzado que está en desarrollo.

- b) Efectos sobre la infraestructura existente: el catastro realizado por Arcadis (2013 b) identificó la siguiente infraestructura localizada en los tramos de ríos potencialmente afectados en su dinámica de sedimentos por el PHAM, agregando un tramo de cinco kilómetros aguas abajo de la descarga del PHAM en Las Lajas:
- a. Diez puentes: uno peatonal sobre el río Maipo, uno ferroviario sobre el río Colorado, y ocho rodoviaros sobre los ríos Volcán (2), Colorado (2), Yeso (1) y Maipo (3);
 - b. Seis instalaciones para extracción de áridos: todas entre el sector de San Alfonso y La Obra;
 - c. 17 bocatomas: cinco de estas bocatomas se encuentran aguas abajo de la restitución del PHAM en Las Lajas, cuatro bocatomas corresponden a AES Gener y las restantes ocho bocatomas corresponden a obras menores de riego, las que no son afectadas por PHAM o existen acuerdos bilaterales de compensación.
 - d. Tres descargas: Dos de ellas corresponden a las centrales de AES Gener Alfalfal y Maitenes, y la otra corresponde a una descarga asociada a una extracción de áridos en el río Maipo.
 - e. Un atrevieso: Atravesio del Acueducto Laguna Negra, de Aguas Andinas, sobre el río Colorado cerca de su confluencia con el río Maipo.

Este inventario incluye ubicación, condiciones actuales, fotografías, imágenes de Google Earth, diagramas, propietarios y usuarios de cada una de las obras, información que es sistematizada en fichas.

En virtud de la información disponible, junto con las medidas de mitigación ya incorporadas al PHAM, así como a sus medidas de seguimiento, y monitoreo asociadas

a la dinámica de sedimentos, se estima que el efecto adicional del Proyecto sobre la infraestructura existente en los cauces afectados en sus caudales será poco significativo.

Adicionalmente, para el manejo de estos efectos, la autoridad ambiental ha requerido una gestión adaptativa, que permita tomar medidas en caso que se verifiquen efectos no previstos durante la evaluación ambiental del PHAM. Estas medidas fueron aprobadas entendiendo que las estimaciones sedimentológicas manejan niveles variables de certidumbre, los que adicionalmente se cruzan en el río Maipo con elementos naturales y artificiales. Los detalles del Plan de Gestión Adaptativa se presentan en la Sección 8.3.

Por todo lo anterior, se estima que la contribución de la operación del PHAM sobre el transporte de sedimentos en el río Maipo será de baja significancia. No obstante lo anterior, este efecto será permanentemente monitoreado y, en función de los resultados de los estudios y monitoreos en desarrollo, se podrán profundizar, de ser necesario, las medidas anteriormente descritas.

c) Eventual erosión de los cauces fluviales

La degradación o erosión de un cauce es un proceso que ocurre en un lecho fluvial cuando, a partir de una sección determinada, la alimentación de sedimentos hacia aguas abajo se ve interrumpida, manteniéndose la capacidad de arrastre de la corriente. Como consecuencia del desbalance entre esta capacidad de arrastre insatisfecha por la interrupción del flujo de material sólido desde aguas arriba, se produce una erosión paulatina del cauce. Este proceso puede tardar años o décadas en estabilizarse, según las características del cauce y la hidrología del río, y puede comprometer varios kilómetros de un cauce.

Los efectos del PHAM y de los otros proyectos de la cuenca, tanto presentes como futuros, sobre los procesos erosivos están íntimamente relacionados con los efectos sobre la dinámica de sedimentos analizada anteriormente.

En efecto, al igual que para la dinámica de sedimentos, la cual puede ser afectada indirectamente como consecuencia de las disminuciones de caudal en algunos tramos de los ríos de la cuenca durante la etapa de operación del PHAM, el efecto avanzado sobre los procesos erosivos, según se desprende de los estudios realizados a la fecha, en el tramo de afectación del PHAM sobre el río Maipo, indica que dicho cauce disminuirá levemente su tasa de arrastre, sin generar situaciones de degradación del lecho.

En cuanto al efecto histórico que han tenido los proyectos existentes sobre la erosión de los cauces intervenidos, a la fecha no existe evidencia de un efecto de la operación de las centrales existentes o de los proyectos de agua potable sobre procesos erosivos en la cuenca alta del río Maipo.

De los proyectos futuros, asimismo, no se prevé que alguno de ellos pueda generar efectos sobre la erosión de los cauces. Sólo la futura CH El Canelo podría generar erosión en el tramo

inmediatamente aguas abajo de su punto de restitución, pero considerando que éste se ubica aguas arriba de las actividades de extracción de áridos, y que no existe ninguna obra de infraestructura en el tramo de río afectado, de ocurrir erosión, esta no causaría ningún impacto al no existir obras de infraestructura (i.e bocatomas) en dicho tramo

No obstante, los estudios avanzados en desarrollo permitirán cuantificar el eventual efecto específico sobre los procesos erosivos y, de existir, se podrá implementar una gestión adaptativa que permita tomar medidas en caso que se verifiquen efectos no previstos durante la evaluación ambiental del PHAM. La misma gestión adaptativa de los efectos asociados a la dinámica de sedimentos que fue analizada anteriormente (principalmente la realización del estudio avanzado y la ejecución de un monitoreo y seguimiento), aprobadas durante el proceso de evaluación ambiental del Proyecto y actualmente en desarrollo, permitirán gestionar adecuadamente los procesos erosivos en el río Maipo. Los detalles del Plan de Gestión Adaptativa se presentan en la Sección 8.3.

d) Potencial reducción de las visitas turísticas

El PHAM puede generar efectos sobre la actividad turística, tanto durante su etapa de construcción como durante la operación. Durante su etapa de construcción, el PHAM afectará esta actividad de manera indirecta, como consecuencia del efecto sobre el incremento por el uso de la vialidad, y durante su operación, producto del efecto sobre el paisaje de las líneas de transmisión y del efecto en los usos recreativos del río Maipo de la disminución de caudales en este río, efecto que ya fue analizado en la Sección 7.3.a del presente informe.

En cuanto a los efectos de los proyectos de generación eléctrica existentes, el principal impacto indirecto de las centrales y líneas existentes lo constituye el impacto sobre el paisaje, tanto de sus instalaciones como de sus líneas de transmisión. Como se mencionó en la Sección 6, algunas de estas centrales fueron construidas en la década de 1920, por lo que sus efectos sobre el paisaje ya se encuentran asimilados como una condición que forma parte del paisaje propio del sector. Por lo tanto, el uso de gran parte de las mismas líneas de transmisión por parte del PHAM permite evitar nuevos efectos sobre este componente ambiental.

En cuanto a los proyectos de agua potable, su principal efecto sobre el turismo es consecuencia del Embalse El Yeso, el cual interviene de manera significativa el paisaje, de manera positiva, y constituye en sí un atractivo turístico.

Los efectos indirectos sobre el turismo durante la construcción del PHAM, en particular vinculados al aumento de tráfico vehicular sobre la Ruta G-25 con los respectivos efectos sobre la seguridad vial y el estado de los caminos públicos, tienen la posibilidad de sumarse a eventuales efectos de otros proyectos futuros razonablemente previsibles (por ejemplo, proyectos de prospección minera o la interconexión Yeso Acueducto Laguna Negra), en caso que aquellos se desarrollen de manera simultánea al PHAM. No obstante lo anterior, se debe considerar el efecto positivo que se obtendrá debido a que, como consecuencia de las mejoras

en las rutas G-25 y G-455, se mantendrán habilitadas las vías, en particular durante el invierno.

La información disponible a la fecha sobre los posibles efectos del cambio climático sobre el turismo en la cuenca alta del río Maipo, hace difícil estimar dichos efectos. No obstante, es posible esperar que el aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones estimadas permitan ampliar el área potencial de uso turístico de la cuenca, favoreciéndolo.

La significancia de algunos de estos efectos fueron analizados en la Sección 6.4.2.6 del EIA, concluyéndose que el PHAM, por sí solo, tendrá un efecto poco significativo, pues no interrumpirá en forma directa o indirecta el desarrollo de actividades turísticas y recreativas en la comuna; es decir, no evitará que éstas se realicen en la forma como ocurre en la actualidad o según la tendencia prevista. El único efecto posible lo constituye un cambio en el grado de naturalidad de aquellas áreas inmediatas a los sitios de asentamiento de obras superficiales, siempre que éstas se ubiquen en áreas que reciben visitantes. Esto podría ser percibido por los visitantes en forma desfavorable, aunque no interferirá en modo alguno con la ejecución de actividades, principalmente trekking, escalada y/o montañismo. Esta situación será muy puntual, manifestándose en zonas de alta o media montaña. Este es el caso de las obras en el sector Alto Volcán, ubicadas en la sección inferior de la planicie que ocupa la veranada La Engorda, y que en temporada estival es visitada (o está en la ruta) de montañistas. Conforme a las consideraciones anteriores, este impacto fue calificado negativo de significancia baja.

En relación a la evaluación de significancia del efecto de las líneas de transmisión sobre el paisaje, y a través de éste con un efecto indirecto sobre el turismo y recreación, se considera que dicho efecto es poco significativo por las siguientes razones:

- La magnitud del impacto de las nuevas líneas de transmisión asociadas al PHAM es reducida, pues se construirán sólo 17,1 km de líneas nuevas, pues se aprovecharán 92 km de líneas existentes;
- La localización de las líneas nuevas está alejada de los ejes turísticos, pues se localizan en el cajón del río Colorado, el cual corresponde al sector con menor actividad turística de la cuenca alta del río Maipo; y
- En el sector existen actualmente tendidos eléctricos asociados a las centrales hidroeléctricas existentes, las cuales están internalizadas como parte del paisaje y no han afectado negativamente el turismo a la fecha.

e) Aumento del riesgo de accidentes de tráfico y deterioro de caminos públicos existentes

Cuando se inicie la construcción del PHAM se 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 y disminuir la seguridad de los caminos públicos en el área de influencia. Este movimiento de vehículos estará relacionado principalmente con el transporte de insumos y equipos hacia las

instalaciones de faenas, transporte de material de excavación hacia los sitios de acopio y en menor grado el transporte de personal hacia los frentes de trabajo.

El área de influencia para este efecto fue definida para el PHAM como un conjunto de tramos de vías e intersecciones existentes, que potencialmente serán utilizadas por el Proyecto, las que se presentan en la Lámina 6.

De los proyectos existentes, tanto centrales hidroeléctricas y sus líneas de transmisión como aquellos asociados a la provisión de agua potable para Santiago, su operación no generan efectos significativos sobre el uso de las vías y sobre la seguridad vial.

Por su parte, los proyectos futuros razonablemente previsibles (mejoramiento ruta G-25, proyectos de prospección minera, Central El Canelo y Conexión Yeso Acueducto Laguna Negra), y considerando que el desarrollo de la mayoría de los proyecto de inversión conlleva un efecto sobre el flujo vial, en especial durante su etapa de construcción, es esperable la ocurrencia de efectos acumulativos en conjunto con otros proyectos en caso de desarrollarse de manera simultánea, en especial con aquellos asociados a la exploración y/o desarrollo de actividades mineras y al Proyecto de mejoramiento de la Ruta G-25.

De los anteriores, el principal efecto acumulativo potencial que se vislumbra es el asociado a la construcción simultánea del PHAM y del Proyecto Mejoramiento de Ruta G-25, por cuanto este último contemplará en angostamiento parcial y temporal 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). Este angostamiento consiste en permitir el tránsito en una de las pistas del camino mientras se realizan trabajos en la otra pista, lo cual constituye la práctica habitual de este tipo de mejoramientos viales. Por lo tanto, el tránsito no será interrumpido en ningún momento. Las medidas de mitigación particulares durante estos trabajos, de realizarse de manera conjunta con la etapa de construcción del PHAM, se acordarán con las autoridades de Vialidad correspondientes.

De desarrollarse el PHAM con posterioridad al mejoramiento de la Ruta G-25, este efecto acumulativo no existiría y, por el contrario, el impacto del PHAM tanto sobre el flujo vial como sobre la seguridad vial 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 efecto sobre el flujo vial, en función del avance de cada uno de los Proyectos.

Por otro lado, no se contempla la ocurrencia de un efecto acumulativo producto del tráfico vial sobre actividades turísticas como restaurantes, hoteles, campings, y otros similares por cuanto la mayor demanda por servicios turísticos ocurre los fines de semana y festivos, 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 efecto por este concepto.

No se identifican posibles efectos del cambio climático sobre el uso de la vialidad.

La significancia sobre la congestión y seguridad vial por parte del PHAM y de los otros proyectos futuros razonablemente previsibles, fue evaluada en la Sección 6.4.1.11 del EIA del PHAM, la cual concluyó 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 como negativo y poco significativo. Posteriormente dicho Estudio de Impacto Vial fue actualizado y detallado en Anexo N° 9 del Adenda N° 1 del EIA del PHAM, documento que confirmó los resultados anteriores, concluyendo que los datos utilizados en el Estudio de Impacto Vial poseían holguras suficientes para asegurar que muy rara vez ocurrieran los aportes de flujo del PHAM evaluados en él.

Las medidas de mitigación establecidas al PHAM, sumadas a un monitoreo periódico de los accidentes en la comuna de San José de Maipo y la gestión adaptativa coordinada con las autoridades de vialidad, presentada en más detalle en la Sección N° 8 del presente informe, permiten calificar este potencial efecto acumulativo como poco significativo.

Los datos a la fecha del monitoreo de indicadores sociales del PHAM, en lo referido a la seguridad vial, se presentan en la Tabla N° 12, la cual muestra la cantidad de accidentes ocurridos en el área de influencia del proyecto, identificando la ruta en el que ocurrió cada uno. Este monitoreo, actualizado trimestralmente, permitirá hacer un adecuado seguimiento a los eventuales efectos del PHAM, así como eventuales efectos acumulativos con otros proyectos, y entregar retroalimentación al Plan de Manejo Adaptativo propuesto para gestionar este aspecto.

Tabla N° 12: Lugar de ocurrencia de accidentess de tránsito en San José de Maipo, 2010 - 2012

Lugar del accidente	2010		2011		2012	
	Número	%	Número	%	Número	%
Ruta G 25	22	84,6	16	69,6	28	73,7
San José de Maipo	1	3,8	5	21,7	5	13,2
Ruta G 421	2	7,7	1	4,3	2	5,3
Ruta G 345	1	3,8	1	4,3	0	0,0
Ruta G 455	0	0,0	0	0,0	1	2,6
Ruta G 355	0	0,0	0	0,0	2	5,3
Total	26	100,0	23	100,0	38	100,0

Fuente: Seguimiento Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, Programa de Monitoreo de Indicadores Sociales, Cuatro Trimestre 2012, FDC Ciencia Social Aplicada.

f) Incremento en la demanda por servicios básicos en comunidades locales

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 de contratación de 2.500 empleos, distribuidos en los diferentes frentes de trabajo. 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 (ver Lámina N°4), y puede generar efectos sobre los servicios básicos de la comuna (saneamiento, provisión de bienes y servicios, salud, etc.). Esto no ocurrirá durante la etapa de operación del PHAM, puesto que el requerimiento de mano de obra durante esa etapa será mínimo, sin la capacidad de afectar la provisión de servicios básicos comunales.

La operación de proyectos existentes (centrales de generación, líneas de transmisión y proyectos de agua potable), no generará efectos significativos sobre los servicios básicos, pues la cantidad de mano de obra requerida para su operación es muy reducida en comparación con el requerimiento de personal durante la etapa de construcción de los proyectos.

Los proyectos futuros razonablemente previsibles que pudieran coincidir en su etapa de construcción con el PHAM podrían tener un efecto sobre algunos de los servicios básicos por períodos breves de tiempo. 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 efecto acumulativo 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 es importante poner en contexto la magnitud del PHAM en términos de su impacto sobre esta componente ambiental: de todos los proyectos futuros analizados como potencialmente adicionales, el que más demanda de mano de obra generaría es la Interconexión Yeso Acueducto Laguna Negra, con una demanda de 122 trabajadores (6% del PHAM), seguido de la Línea de Alta Tensión Maitenes Alfalfal (115 trabajadores). Esos proyectos, además, los más probable es que se ejecuten de manera conjunta con el PHAM. Los otros proyectos están todos por debajo de las 20 personas.

Para minimizar este efecto sobre los servicios básicos durante la etapa de construcción, el PHAM se hace cargo de proveer servicios de alojamiento, transporte, saneamiento y atención de salud a sus trabajadores durante la etapa de construcción. Preliminarmente se prevé un total de 5 campamentos (ver Lámina N°4), 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.

Por otro lado, de conformidad con la legislación chilena, los servicios asistenciales de salud deben ser provistos por las mutualidades de las empresas que realicen las actividades de construcción, tanto para el PHAM por para los otros eventuales proyectos de inversión, por lo que no se ejercerá una demanda sobre los servicios locales.

Con respecto al efecto del cambio climático sobre los servicios básicos, el estudio de la CEPAL (2012) establece que el principal servicio que pudiese verse afectado lo constituye la provisión de agua potable. Al respecto, dicho estudio concluye que el abastecimiento de agua potable desde la cuenca del Maipo no se verá en riesgo por efectos del Cambio Climático, pues se espera que su demanda aumente de 14 m³/s a 18 m³/s, caudal que no se pondrá en riesgo por el cambio climático. Adicionalmente, este eventual efecto ocurrirá durante la etapa de operación del PHAM, donde no existe riesgo de generar efectos acumulativos sobre este servicio básico.

De esta forma, las medidas tomadas por el PHAM permiten hacerse cargo adecuadamente de la provisión de servicios para los trabajadores durante la etapa de construcción, por lo que no se espera que ocurran efectos sobre los servicios básicos de San José de Maipo. Asimismo, otros proyectos de inversión también consideran proveer sus propios servicios básicos (por ejemplo, la conexión Yeso Acueducto Laguna Negra dispondrá agua potable y alcantarillado en el campamento).

La evaluación de significancia, según la magnitud de los efectos de los proyectos presentes y futuros razonablemente previsibles sobre los servicios básicos descrita precedentemente será muy baja, tanto por la implementación de medidas de mitigación por parte de los proyectos de gran y mediana magnitud (PHAM y Conexión Yeso Acueducto Laguna Negra) como por la baja magnitud de los otros eventuales proyectos (del orden de 20 trabajadores).

Finalmente, cabe señalar que el PHAM considera la ejecución de un Programa de Monitoreo de Indicadores Sociales durante la etapa de construcción, el cual permitirá servir como programa de gestión adaptativo para adecuar las medidas descritas o implementar medidas complementarias adicionales. Este Programa de Monitoreo se aplicará en todas las localidades del área de influencia del PHAM, tendrá una frecuencia semestral y tendrá una metodología en base a encuestas y a entrevistas semi estructuradas.

g) Perturbación de comunidades locales como consecuencia de trabajadores inmigrantes

El mismo requerimiento de mano de obra analizado en el punto anterior y que pudieran generar efectos sobre los servicios básicos, pudiera tener efectos sobre la cultura local de la comuna de San José de Maipo. No obstante, considerando que esta comuna se encuentra dentro de la Región Metropolitana de Santiago, y que los trabajadores que participarán en la etapa de construcción del PHAM provendrán mayoritariamente de Santiago, ciudad que se ubica a menos de 50 km del área del proyecto, la incorporación de mano de obra local en la construcción se estima que no alterará la estructura laboral actual.

Tal como se indicó en la Sección 6.4.d), en el área de influencia del Proyecto la población posee una cultura bastante homogénea, producto de la alta vinculación con la capital del país, Santiago. No existen comunidades indígenas en el área, ni otros grupos potencialmente vulnerables desde el punto de vista cultural.

Los estudios realizados en el EIA del PHAM mostraron 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, por lo que su empleo en la construcción del PHAM y/o en otros proyectos de inversión mantendrá la cultura local inalterada.

Por otra parte, en relación a los trabajadores que provengan de Santiago, cabe señalar que dicha población representa la mayor fuente de visitas a San José de Maipo regularmente (más del 80%), ciudad con la cual existe un constante contacto, por lo que tampoco se esperan cambios culturales por ese motivo.

Adicionalmente, es posible indicar que la operación de las centrales hidroeléctricas y líneas de transmisión existentes, así como de los proyectos de agua potable, no han generado cambios culturales en el área de influencia del PHAM.

Tampoco se prevé que el cambio climático ocasione cambios culturales más allá de lo correspondiente a una adaptación a los nuevos patrones de precipitaciones, cobertura vegetal y caudales.

Por lo tanto, no se prevé la ocurrencia de cambios culturales producto de la ejecución del PHAM, ni de manera acumulativa con otros proyectos de inversión futuros razonablemente previsibles.

h) Cambio Climático

Si bien las autoridades no incluyeron consultas sobre los potenciales efectos que el cambio climático pudiera tener sobre las obras o actividades del Proyecto, durante la participación ciudadana se recibieron varias preguntas que consultaban sobre la evaluación de impactos en función de un escenario de calentamiento global (por ejemplo, observaciones N°s 30, 410 y 435), las que fueron respondidas en función de los estudios hidrológicos ya realizados y aquellos que se encuentran en desarrollo, los cuales permitirán adecuarse a los desafíos que implique la adaptación a la situación futura de un clima más caluroso. Estas respuestas fueron aceptadas por la autoridad, por lo que se considera que el impacto asociado al cambio climático fue adecuadamente evaluado por el titular del Proyecto durante el proceso de calificación ambiental.

Sin perjuicio de lo anterior, AES Gener ha continuado desarrollando estudios para comprender mejor los efectos que el cambio climático puede generar en la cuenca alta del río Maipo, cuyos resultados y conclusiones fueron usados para estimar los efectos acumulativos de este fenómeno en conjunto con el PHAM.

A la fecha no existen estimaciones definitivas sobre el impacto que tendrá el cambio climático sobre los caudales de los ríos en la zona central de Chile, pues los modelos climáticos no se encuentran calibrados para esta zona geográfica. No obstante, resultados preliminares prevén una disminución en los caudales de los ríos de la cuenca del Maipo entre 3% y 8% para el período 2010-2070, con una mayor variación inter-anual.

Por lo tanto, de producirse dicho fenómeno y de cumplirse esas predicciones, el cambio climático generará desafíos principalmente en la gestión del agua de la cuenca entre los distintos actores, siendo el PHAM uno de ellos. Ello significará un desafío no sólo en la cuenca del Maipo, sino en el sistema global de derechos de agua en Chile, involucrando por lo tanto a todos los actores del país, públicos y privados.

En cuanto al efecto acumulativo del cambio climático sobre los caudales de los cursos superficiales de la cuenca, y considerando que el PHAM utiliza el agua sólo para la generación hidráulica, sin consumirla, su efecto acumulativo se reduce a la disminución de caudales generada por el cambio climático en la cuenca. Sobre la base de los análisis ya realizados anteriormente, es posible concluir lo siguiente para cada uso del agua:

- **Agua potable:** eventuales disminuciones en los caudales de los ríos de la cuenca del Maipo de entre 3% y 8% no se espera que produzcan efectos sobre el abastecimiento de agua para consumo humano, pues se dispone de obras existentes (i.e. embalse El Yeso) y de proyectos futuros (i.e. interconexión Yeso Acueducto Laguna Negra) que permitirán asegurar el abastecimiento para el consumo humano de manera independiente de la operación del PHAM. Adicionalmente, existe un convenio entre AES Gener y la empresa sanitaria Aguas Andinas que garantiza el abastecimiento de agua potable durante la operación del PHAM¹⁹.
- **Riego:** considerando que la gran mayoría de las bocatomas para riego se ubican aguas abajo de la restitución de las aguas usadas por el PHAM, y que AES Gener posee convenios bilaterales con las dos asociaciones de regantes que captan sus aguas en tramos de ríos afectados por el PHAM, se considera que la eventual disminución en los caudales de los ríos de la cuenca del Maipo de entre 3% y 8% no producirán efectos sobre el abastecimiento de agua para riego de manera acumulativa con el PHAM.
- **Biodiversidad acuática:** el aseguramiento de la disponibilidad de hábitat para las especies de peces fue determinado en función de una altura mínima de agua de 20 cm, condición que estableció los caudales ecológicos mínimos que deben dejarse pasar en cada una de las seis bocatomas del proyecto²⁰. Por lo tanto, una disminución en los

¹⁹ El texto íntegro de dicho convenio se encuentra en el sitio web de Aguas Andinas: <http://www.aguasandinas.cl/la-empresa/destacados>.

²⁰ Los caudales ecológicos establecidos fueron los siguientes: 0,37 m³/s en el Estero Colina; 0,44 m³/s en el Estero Morado; 0,15 m³/s en el estero Engorda; 0,1 m³/s en el Estero Las Placas; 0,66 m³/s en el río Colorado; y 0,46 m³/s en el río Yeso. Más detalles en informe Estudio Caudal Ecológico PHAM, CEA, Octubre 2008, Anexo 17 de la Adenda 1 del EIA.

caudales de los ríos de la cuenca, como eventual consecuencia del cambio climático, afectará el caudal que puede ser captado por PHAM, pero no afectará la biota acuática por cuanto los caudales ecológicos que deben dejarse pasar serán los mismos definidos y a ser monitoreados en línea, los cuales corresponden a valores fijos y que no dependen del caudal total.

- Usos recreacionales: tal como se indicó anteriormente, los caudales mínimos calculados para el tramo del río Maipo usado para rafting, en base a las últimas 45 hidrologías, entregaron un valor mínimo mensual de 14,1 m³/s, un 30% superior al usado para realizar esta actividad. Por lo tanto, una disminución de los caudales entre un 3% y un 8% generada eventualmente por el cambio climático, aun en situación de operación del PHAM, permitirá disponer de caudales adecuados para la práctica recreacional de kayaking y rafting, incluso durante los meses de menor caudal.

Todas las conclusiones anteriores se mantienen iguales para un caso en que los caudales en el río Maipo disminuyan en un 10%, y/o un escenario en que los caudales en el río Colorado disminuyan entre un 15% y un 20%.

Por otro lado, en el caso del PHAM, el impacto del Proyecto sobre el cambio climático 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. Considerando un factor de carbono del SIC de 300 tonCO₂/GWh²¹ 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”*.

²¹ 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.

8. Gestión de los Efectos Acumulativos

8.1 Medidas de mitigación, reparación y/o compensación de los efectos acumulativos ya consideradas por PHAM

Actualmente, el PHAM se encuentra desarrollando varias medidas de manejo y de mitigación de sus efectos ambientales, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Monitoreo en tiempo real de la hidrología en el área de influencia del Proyecto, el cual es reportada en el sitio web de la Dirección General de Aguas;
- Desarrollo de estudios sobre los efectos del cambio climático sobre la cuenca;
- Plan de Seguimiento Ambiental del PHAM, el cual incorpora los siguientes componentes durante las etapas de construcción y operación del PHAM:
 - Monitoreo de uso turístico del río Maipo
 - Programa de monitoreo de Indicadores Sociales
 - Monitoreo de la biodiversidad fluvial y terrestre de la cuenca alta del río Maipo

El PHAM incorporó desde sus inicios 97 medidas en función de sus eventuales impactos sobre los siguientes CVEs: calidad del aire, ruido, vibraciones, modificación temporal de cauces, calidad del agua, vegetación, fauna terrestre, fauna íctica, medio económico y social, interferencia con la actividad turística e impacto vial. A las medidas anteriores se sumaron aquellas resultantes del proceso de evaluación ambiental del Proyecto, las cuales conforman la respuesta a las consultas de las Adendas 1, 2 y 3, la mayoría de las cuales quedaron contenidas en la Resolución de Calificación Ambiental que autorizó el Proyecto.

Dentro de las medidas de mitigación y compensación detalladas en el Capítulo 7 del EIA, existen algunas que corresponden a medidas de manejo o de gestión adaptativas, y que permitirán adecuarse y mitigar eventuales impactos acumulativos, las que se detallan a continuación:

- Para los 8 puntos sensibles en el tráfico producto del impacto vial del Proyecto, se presentará, previo inicio de obras, un “Programa de Trabajo de ejecución de obras” con el fin de reducir los impactos y minimizar la molestia que las actividades del Proyecto pudieran causar a la comunidad. Esto en razón de integrarla al desarrollo del Proyecto, comunicando la ocurrencia de fuentes ruidosas esporádicas (p.e. en el caso de la aplicación de tronaduras en el portal del túnel). El “Programa de Trabajo de ejecución de obras” será mantenido en el lugar del Proyecto, disponible a requerimiento de personal fiscalizador y la comunidad.

- En sectores especialmente sensibles para la fauna, se aplicará, como medida especial, una supervisión en terreno de un especialista en fauna, quien supervisará las obras durante su construcción, tanto al principio de éstas y como durante su desarrollo, con una frecuencia trimestral. En caso que durante esta supervisión se detecte la presencia de especies de interés de conservación, se aplicarán medidas complementarias de traslado u otra según proceda, de acuerdo a la vulnerabilidad de los ejemplares detectados y al tipo de obras de que trate. Los informes de la supervisión experta serán enviados a las Autoridades pertinentes.
- Se realizará un Plan de Monitoreo, Rescate y Relocalización de fauna silvestre, para lo cual el Titular mantendrá una coordinación permanente con el Servicio Agrícola y Ganadero ante la necesidad de realizar capturas de rescate y relocalización de fauna silvestre, considerando aportar los recursos para la atención y mantención de las especies rescatadas.
- Las áreas donde se relocalizarán las especies de fauna serán acordadas entre el Titular del Proyecto y el SAG. Al respecto, el ambiente de liberación será lo más cercano posible al sitio de captura, fuera del área de influencia directa del Proyecto y brindará los recursos adecuados para la alimentación, reproducción y refugio de las especies.
- AES Gener, mediante la Fundación Maitenes (actualmente Fundación AES Gener), asumió el compromiso de hacer un aporte concreto en la educación para la empleabilidad local, asumiendo que constituye un factor determinante para el crecimiento de la comuna y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes en el mediano y largo plazo. Para ello, y para aquellos proyectos que apunten a mejorar la empleabilidad local y/o proyectos de interés social de la comuna contemplados dentro de los programas de la I. Municipalidad de San José de Maipo, AES Gener aportará a la comunidad por intermedio de la Fundación Maitenes 5.800 UF (aproximadamente 270.000 USD) a partir de 2010, por un plazo de 30 años.
- AES Gener, mediante su Fundación Maitenes (actualmente Fundación AES Gener), asumió el compromiso de hacer un aporte concreto en la promoción del turismo. Con ese enfoque, la empresa impulsará el desarrollo de un Programa de Fomento al Turismo y particularmente al Ecoturismo, que aproveche las experiencias de pequeños operadores turísticos, pero sobre todo que capacite, acompañe y financie parcialmente los emprendimientos de gestores locales que se presenten en este ámbito.
- Se mantendrá un caudal ecológico tanto en los ríos y esteros que mantienen a la fecha su caudal en régimen natural, como en aquéllos con caudal regulado, siempre y cuando lo permita la disponibilidad de agua en el cauce. En el primer caso se han incluido los esteros donde se encontraron peces, y aquéllos que no albergan poblaciones de peces dada la altitud en que se encuentran (p.e. esteros Colina, La Engorda, etc.). Esta medida de carácter multipropósito, minimizará el efecto

paisajístico que tendría asociado la reducción de caudal, principalmente en aquellos sectores con mayor accesibilidad visual.

- El emplazamiento de las obras son subterráneas, y aquéllas que intervienen cursos de agua se han emplazado de manera de minimizar la intervención de los cauces.
- Las aguas servidas tratadas serán reutilizadas. La época de los trabajos se planificará para minimizar el impacto en la calidad del agua.
- La gestión de los caudales se basa en el respeto de derechos de agua de terceros y de los caudales ecológicos establecidos por la autoridad. Adicionalmente, el PHAM verificó que los caudales ecológicos permiten el desarrollo de otras actividades de la cuenca (como rafting) en adición a los objetivos de la autoridad al momento de establecer dichos caudales mínimos.
- Se firmó un acuerdo con la Comunidad de Aguas Canal El Manzano. Tal como se explicó en la Sección 7.3.a, AES Gener se comprometió con la directiva del Canal El Manzano a solventar la construcción de las nuevas obras que sean necesarias para asegurar la captación de las aguas que dicha comunidad posee en el río Colorado, como asimismo, hacerse cargo de los costos adicionales de mantenimiento y tramitaciones sectoriales que eventualmente tuviera que incurrir la comunidad como consecuencia de la operación del PHAM.
- Durante la construcción, el PHAM humectará los caminos, implementará medidas para minimizar el polvo de los camiones. Además, compensará sus emisiones atmosféricas en un 150%, mediante el mejoramiento de 43 km de rutas actuales al área del Proyecto.
- En la construcción de aproximadamente el 50% de las obras subterráneas se utilizará maquinaria tunelera que evite el uso de explosivos; se realizarán actividades exploratorias para asegurar la seguridad de las obras, y se realizarán charlas informativas con propietarios de las áreas de protección.
- Se implementará un sistema de señalización que mitigue el impacto vial durante la construcción del PHAM, se establecerán vías preferentes de uso, las que además serán mantenidas en buen estado por el PHAM. El transporte se realizará sólo de lunes a viernes.
- El PHAM estará sometido a la revisión de una Auditoría Ambiental Independiente durante la etapa de construcción del Proyecto, con el objetivo de velar por el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable al Proyecto y la correcta aplicación de implementación de las exigencias del permiso ambiental.
- El PHAM comprometió renunciar a sus derechos legalmente constituidos en el río Volcán, al igual que a los derechos que posee en el río Cortaderas, en la cuenca del río

Yeso, y a los derechos que posee en el río Quempo, en la cuenca del río Colorado, todo ello con el objetivo de garantizar adicionalmente el cumplimiento de los caudales mínimos ecológicos.

- El PHAM comprometió realizar las obras y/o acciones necesarias para asegurar que el agua ingrese a los canales El Manzano y Maurino en todo momento, de acuerdo con los derechos constituidos y a la disponibilidad del río durante toda la vida útil del PHAM. En conformidad con los compromisos asumidos con la directiva del Canal El Manzano, AES Gener se comprometió, en caso de producirse una afección por causa del proyecto, a solventar la construcción de las nuevas obras que sean necesarias para asegurar la captación de las aguas que dicha comunidad posee en el río Colorado conforme a sus derechos legalmente constituidos, como también, hacerse cargo de los costos adicionales de mantenimiento que eventualmente tuviera que incurrir la comunidad como consecuencia de la operación del PHAM. Asimismo, Gener se hará cargo de los gastos que adicionalmente la comunidad tenga frente a la DGA por las tramitaciones respectivas (ver documento de acuerdo en el Anexo N°2).
- En cuanto a su efecto vial, el PHAM incluyó, 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 de caminos durante el periodo invernal
 - 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
 - Colocación de señales camineras
 - Colocación de defensas camineras en sectores en curva, sin visibilidad y con riesgo de caídas de vehículos desde grandes alturas.
 - Riego anual de bischofita efecto matapolvo.
 - Construcción de otras obras menores para mejorar seguridad (badenes, muros, etc)

8.2 Medidas adicionales de mitigación, reparación y/o compensación propuestas

De manera adicional a las medidas listadas precedentemente, en el marco de este estudio se recomienda la implementación de las siguientes medidas:

- Si bien el PHAM ha implementado un sistema de comunicación con las diversas partes interesadas durante la evaluación ambiental del Proyecto, y se comprometió a mantenerlo durante la etapa de construcción, se recomienda mantener también durante la etapa de operación dicho sistema de información, consultas y reclamos con la comunidad y las múltiples partes interesadas del PHAM.
- En el marco del mismo sistema de comunicación con las partes interesadas, se recomienda socializar y dar a conocer este informe de Evaluación de Efectos Acumulativos del PHAM a todas las partes que pudieran tener interés en conocer sus resultados. Asimismo, se considera evaluar el diseño conjunto de la implementación de las medidas de mitigación en conjunto con otras partes relevantes (por ejemplo, autoridades ambientales u otras empresas).
- Se recomienda comenzar el monitoreo de la dinámica de sedimentos a la brevedad, de manera de tener el máximo de información previo a la puesta en operaciones del PHAM. Adicionalmente, se recomienda considerar dentro del área de estudio aquellos sectores desde donde se extrae arena y áridos desde el lecho del río Maipo aguas abajo del PHAM, hasta 10 km aguas abajo de la restitución en Las Lajas.

Las medidas consideradas para el monitoreo y seguimiento de las variables relevantes de los CVEs analizados se presentan a continuación:

- Durante la construcción, monitoreo mensual de 19 parámetros de calidad del agua 100 m aguas arriba y aguas debajo de cada obra que se construya en el lecho de ríos o esteros. Además, monitoreo en todos los puntos que se descarguen aguas servidas tratadas.
- El PHAM instalará tres nuevas estaciones fluviométricas en: La Engorda, río Volcán y río Yeso, por toda la vida útil del Proyecto, y realizará aforos mensuales durante un año previo y posterior a la operación del Proyecto.
- El Estudio Sedimentológico Avanzado deberá definir un programa de monitoreo de esta variable para ser implementado por el PHAM.
- Se realizará un monitoreo limnológico de la biota acuática aguas debajo de las obras en los ríos Colorado, Yeso y estero Aucayes, con frecuencia bimensual durante los primeros 6 meses de operación, y luego trimestral por un año. Se desarrollarán planes de manejo especiales para la especie *T. Areolatus* y para cualquier otra en estado de conservación detectada.

- Se realizarán inspecciones semanales a los frentes de trabajo para verificar la implementación de las medidas comprometidas relacionadas con las medidas de control de impacto en la calidad del aire.
- Se monitoreará el flujo vehicular en las rutas G-25, G-345, y G-455 durante los tres primeros días hábiles de cada mes, por 6 meses, y luego cada cuatro meses, durante los primeros 3 años de construcción.
- Se implementará un programa de monitoreo de vibraciones en el tramo de túnel que cruza bajo el Monumento Natural El Morado.
- Se realizarán campañas semestrales de medición de indicadores sociales, incluyendo las dimensiones geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y bienestar social básico.

8.3 Gerenciamiento adaptativo de algunos efectos acumulativos

Por la naturaleza de algunos efectos acumulativos, en conjunto con las autoridades ambientales se han acordado gestiones adaptativas de éstos, sobre la base de monitoreos y análisis que permita identificar oportunamente que los CVEs manifiesten un comportamiento distinto al descrito, ocurrencia de eventuales impactos no previstos o variables ambientales o sociales que no evolucionen de acuerdo a lo previsto en el EIA del PHAM.

Los principales efectos acumulativos que serán gestionados de manera adaptativa son los siguientes:

- a) Efectos sobre la congestión y seguridad vial: Por las razones explicada en la Sección 7.3.e), el Proyecto acordó con la Dirección de Vialidad regional un plan de gestión vial adaptativo, que permita adecuarse a las necesidades que se vayan presentando en función de la actividad durante la construcción del PHAM y de otros proyectos en la zona.
- b) Dinámica de sedimentos y procesos erosivos: Por las razones explicada en las Secciones 7.3.a) y 7.3.b), el Proyecto se encuentra desarrollando estudios sedimentológicos avanzados en el río Maipo, los que permitirán ajustar, de ser necesario, las medidas de mitigación y monitoreo propuesta originalmente en el EIA del Proyecto.

Este manejo adaptativo deberá incluir un seguimiento del estado y posible afectación de cada una de las obras de infraestructura identificadas en la Sección 7.3.b y que pudieran ser afectadas por la operación del PHAM, con el objetivo de evaluar potenciales medidas adicionales.

Este Plan se encuentra actualmente en desarrollo y su socialización con las partes interesadas pertinentes, dentro del marco de Sistema de Gestión Social del PHAM, se espera para el segundo semestre de 2013.

- c) Cambio climático: Los cambios que se estima ocurrirán en la cuenca alta del río Maipo durante el período 2010-2070 generarán desafíos a todos los actores de la cuenca, por lo que su gestión requerirá de un manejo adaptativo coordinado entre las empresas usuarias del agua, otros titulares de derechos de agua, otros usuarios y las autoridades. El aporte comprometido por parte del PHAM, en el marco de esta gestión adaptativa, se concreta a través de un monitoreo amplio de los caudales de los principales ríos y esteros de la cuenca, información que será muy importante cuando se requiera tomar medidas de gestión.

El gerenciamiento adaptativo es una herramienta de gestión utilizada exitosamente en muchos países y es aplicable a situaciones donde existe incertidumbre sobre la localización o intensidad de un impacto potencial²². Antes de invertir en costosas medidas de mitigación, un monitoreo continuo puede dar la información necesaria para tomar las medidas de mitigación en el momento en que se necesiten,

8.4 Estrategias de implementación

Organización, funciones y financiamiento

La evaluación de impacto acumulativo se ha realizado considerando los escenarios más desfavorables desde el punto de vista ambiental y, en consecuencia, no se espera desviaciones de lo descrito respecto del comportamiento de los CVEs. No obstante ello, el gerenciamiento adaptativo de algunos efectos acumulativos resulta conveniente para asegurar aún más el adecuado desempeño ambiental del PHAM. Así, La gestión exitosa de estrategias para la implementación de acciones tendientes a manejar los eventuales impactos, requiere de la participación de los interesados; esto es, a través de la difusión de la información que resulte de los monitoreos, de la transparencia con que se realizan los análisis y tomas de decisión y, el conocimiento de los resultados de la aplicación de medidas. Todo lo anterior requiere de la disponibilidad, disposición e interés de cada una de los interesados. Por su parte, el PHAM se compromete a mantener tanto la información recabada a través de monitoreos y estudios como el análisis de ellos, disponibles a través de los canales de comunicación que se han establecido para estos efectos.

²² Ejemplos: monitoreo de la evolución de la población de peces en un embalse antes de decidirse sobre programas pesqueros; monitoreo de avances de la erosión aguas abajo de un embalse en transectos críticos del ríos para determinar la necesidad y ubicación de medidas de control de erosión; seguimiento de la cobertura vegetal en proyectos de carreteras para identificar avances de deforestación en áreas protegidas y la necesidad de medidas adicionales de protección, etc.

Por parte de la administración del Estado, cabe señalar que en diciembre de 2012 entró en funcionamiento de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), servicio público funcionalmente descentralizado, dotado de personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio del Medio Ambiente.

Como institución fiscalizadora en materia ambiental, tiene por objeto ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión; de los Planes de Manejo, y de todos aquellos instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley.

Lo anterior implica que la SMA, en coordinación con los servicios públicos competentes en cada materia ambiental particular, serán los encargados de fiscalizar las obligaciones del PHAM y será con el cual el PHAM deberá coordinarse para efectos de analizar la forma en que se desempeñan las variables monitoreadas y plantear, según sea el caso, ajustes en las medidas que se han descrito largamente para la gestión ambiental del Proyecto.

Durante la construcción y operación del PHAM, se deben enviar periódicamente los Informes de Seguimiento Ambiental a la SMA y a los otros Servicios públicos competentes en cada materia. Adicionalmente, copia de esta información será enviada a la I. Municipalidad de San José y se mantendrá en oficinas del PHAM para su consulta. Estos servicios, y otros que estime necesaria su opinión por parte de la SMA, podrán requerir mayor información o bien solicitar aclaraciones, de manera de verificar que el desempeño ambiental del PHAM ocurre de la forma prevista.

Adicionalmente, según lo defina la SMA en conjunto con los otros órganos fiscalizadores, se realizarán visitas de fiscalización al Proyecto, en las cuales se observa el desarrollo de sus actividades, acciones y desempeño, evidenciándose cualquier desviación.

Las otras partes interesadas pueden acceder a la información tanto de monitoreo, desempeño y fiscalización a través de distintos canales: los definidos por el PHAM y por las autoridades, entre ellas la Municipalidad de San José de Maipo y la SMA, a través del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA). La gestión de sus consultas y observaciones se realizará mediante los mecanismos definidos por la SMA y/o directamente a través de la empresa.

En efecto, por parte del PHAM, en el Sistema de Gestión Social²³ del PHAM, que incluye un Monitoreo de Impacto Social (que ya se inició), se incorpora una estrategia participativa, que

²³ El Sistema de Gestión Social contiene la Estrategia de Divulgación y Consulta, herramienta utilizada para, por una parte proporcionar información actualizada y oportuna y por otra, recibir retroalimentación de las partes impactadas e interesadas en el Proyecto, ya sea

comprende la invitación a los propietarios de predios sujetos a servidumbre y otros interesados. Con esto se busca contar con los mecanismos suficientes para identificar eventuales impactos no previstos en el futuro y definir en consulta con ellos las medidas correctivas.

De acuerdo a lo establecido en la Ley de Bases del Medio Ambiente de Chile, los costos de los monitoreos de componentes ambientales asociados a proyectos de inversión son de responsabilidad del titular del Proyecto; es decir, de AES Gener en el caso del PHAM

A continuación, se detallan brevemente las estrategias definidas para la gestión adaptativa de cada CVE.

a) Efectos sobre la congestión y seguridad vial

En el caso del PHAM, en función del Plan de Seguimiento Ambiental del Proyecto, y considerando aquellos componentes ambientales sobre los cuales se realizará una gestión adaptativa, es posible considerar que, al menos, los siguientes órganos del Estado con competencia en el tema de congestión vehicular y seguridad vial participarán en el seguimiento del PHAM: SMA y Dirección de Vialidad de la Región Metropolitana y Municipalidad de San José de Maipo. Lo anterior, no obstante la funciones permanentes que cumple Carabineros de Chile para resguardar la seguridad de las personas y fiscalizar la Ley de Tránsito.

Se definió un Programa de Monitoreo Vial en la Etapa de Construcción, con una frecuencia semestral, con la siguiente información:

- Resultados de los monitoreos de los flujos en las rutas G-25, G-345, G-421 y G-455, durante los primeros tres días hábiles de cada mes, por un período de seis meses.
- Esta frecuencia bajará a una vez cada cuatro meses durante los siguientes tres años de la construcción del Proyecto, período en donde se generará un mayor aporte de flujo vehicular.

b) Dinámica de sedimentos y procesos erosivos

Los informes de monitoreo asociados a la dinámica de sedimentos y procesos erosivos, corresponden a monitoreos de calidad de agua, en doce puntos de los ríos y esteros afectados por el Proyecto, que se encuentran comprometidos en el permiso ambiental del PHAM, los cuales tienen una frecuencia mensual.

Asimismo, el PHAM deberá medir mensualmente, por un período de al menos 12 meses, el

porque se sienten o por estar directamente afectadas. Ver 4 Estrategia de Divulgación y Consulta del PHAM y 3.7 Mecanismos de Queja.

caudal ecológico en las estaciones fluviométricas a ser construidas por el Proyecto.

Adicionalmente, el permiso ambiental establece el requerimiento del Estudio Sedimentológico Avanzado del Río Maipo, actualmente en desarrollo, y de la corroboración de las estimaciones realizadas durante la tramitación ambiental durante el primer año de la operación del Proyecto.

Todos estos informes deberán ser enviados a la SMA y a la Dirección de Obras Hidráulicas de la Región Metropolitana.

Adicionalmente, el estudio avanzado de sedimentos actualmente en desarrollo ampliará dicho compromiso y propondrá un plan de seguimiento más amplio y que permite entregar la información necesaria para gestionar este efecto de manera más adecuada. Como se señaló anteriormente, este estudio se encuentra en desarrollo y será entregado a las autoridades ambientales correspondientes durante 2013.

c) Cambio climático:

De generarse una eventual menor disponibilidad de agua en la cuenca, se requerirá de la gestión de la Dirección General de Aguas para ajustar los derechos de agua otorgados a esta nueva realidad, lo cual podría ocurrir en las próximas décadas, en caso que la gestión del agua requiera de una acción de este tipo. Ello requeriría de cambios regulatorios en Chile, por lo que constituye un escenario muy particular y difícil de evaluar en la actualidad.

El aporte comprometido por parte del PHAM en el marco de esta gestión adaptativa se concreta a través de un monitoreo amplio de los caudales de los principales ríos y esteros de la cuenca, información que será muy importante cuando se requiera tomar medidas de gestión.

9. 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

APR Ingeniería S.A., 2012, Evaluación de Efectos Acumulativos, Hidrología y Dinámica de Sedimentos, Revisión A, Febrero de 2012.

ARCADIS, 2013a, Informe N° 4031-0000-MA-INF-001_F, “Tema 1: Identificación y Evaluación de Impactos Potenciales sobre Usos y Usuarios del Agua”, junio de 2013.

ARCADIS, 2013b, Informe N° 4031-0000-MA-INF-002_C, “Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, Informe Preliminar – Tema 2: Identificación y Evaluación de Impactos Potenciales en los sedimentos”, enero de 2013.

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.

CEA, 2012, Actualización Línea de Base Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, diciembre 2012.

CEA, 2013a, Actualización Línea de Base Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, Diciembre 2012, abril 2013.

CEA 2013b, Actualización Línea de Base para Validar la Estimación de Caudales Ecológicos y Áreas de Importancia Ambiental, Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, marzo 2013.

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.

CEPAL, 2010, La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2010.

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”.

Díez Hernández, Juan Manuel, Universidad de Valladolid, España, “Experto Independiente, Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, Chile, Estudio de Caudal Ecológico”, 27 de diciembre 2012.

Dirección General de Aguas, Plan Director para la Gestión de Recursos Hídrico Cuenca del río Maipo, Fase II, Mayo de 2008.

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.

FDC Ciencia Social Aplicada, “Programa de Monitoreo Uso Turístico Río Maipo, Informe N°1, Diciembre de 2012 hasta Febrero de 2013”, Marzo de 2013.

Habit, E., Victoriano, P. y Campos, H., 2005, Ecología trófica y aspectos reproductivos de *Trichomycterus areolatus* en ambientes lóticos artificiales, *Revista de Biología Tropical* v.53 n.1-2 San José jun. 2005.

Hegmann, G., C. Cocklin, R. Creasey, S. Dupuis, A. Kennedy, L. Kingsley, W. Ross, H. Spaling and D. Stalker. 1999. Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide. Prepared by AXYS

Environmental Consulting Ltd. and the CEA Working Group for the Canadian Environmental Assessment Agency, Hull, Quebec.

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.

IUCN, IUCN Red List, *Trichomycterus areolatus*, www.iucnredlist.org, accesado el 3 de mayo de 2013.

+MG Medioambiente & Gestión S.A., 2012, Cambio Climático y su impacto en la disponibilidad de recursos hídricos del Proyecto Alto Maipo, Informe de Avance 2, 16 de noviembre de 2012.

Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 2011, Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

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.

UNTEC, 2013, Cambio Climático y su impacto en la disponibilidad de recursos hídricos del Proyecto Alto Maipo, Informe Final, mayo de 2013.