



PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO
Análisis de Alternativas para el Proyecto

Preparado por:



B	30.06.12	Revisión y Aprobación Cliente	Ximena Espoz	Marcela Bocchetto	Pablo Daud	Patricia Alvarado
0	18.07.12	Revisión y Aprobación Cliente	Ximena Espoz	Marcela Bocchetto	Pablo Daud	Patricia Alvarado
1	06.09.12	Revisión y Aprobación Cliente	Ximena Espoz		Pablo Daud	Patricia Alvarado
2	27.05.13	Revisión y Aprobación Cliente	Ximena Espoz		Pablo Daud	Patricia Alvarado
REV.	FECHA	EMITIDO PARA	PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ	APROBÓ AES Gener

 	COD. AES Gener N°	2
	COD. DAES N° 103 INF4	

Contenido

Antecedentes Generales	3
Análisis de situación “sin Proyecto”	4
Análisis económico de fuentes de energía alternativas.	5
Análisis Situación Alternativa al PHAM	9
Cronología de Alternativas Analizadas	11
Metodología de análisis de alternativas	26
Determinación de los criterios de evaluación.	28
Criterios técnicos y económicos.....	29
Criterios ambientales	31
Criterios sociales y de contexto.....	33
Alternativas para Central Alfalfal II.....	34
Resumen de Alternativas para Central Alfalfal II.....	45
Alternativas para Central Las Lajas.....	50
Resumen de Alternativas para Central Las Lajas.....	55
Descripción de la Alternativa Seleccionada	61
Alternativas de Trazado para la Nueva Línea de Transmisión	69
Referencias	80

Antecedentes Generales

El Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (en adelante, PHAM o Proyecto) consiste en un complejo hidroeléctrico compuesto por dos centrales de pasada dispuestas hidráulicamente en serie: la Central Alfalfal II y la 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 un sistema de transmisión que se conectará a los sistemas existentes de 110 y 20 kV de propiedad de AES Gener..

El Proyecto fue aprobado por las autoridades ambientales chilenas el año 2009 a través de la Resolución Exenta N° 256, de fecha 30 de marzo de 2009, de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana (en adelante, RCA256), sobre la base de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental presentado con fecha 29 de mayo de 2008 al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

El Proyecto tiene su justificación por el aumento progresivo de la demanda de energía eléctrica en el país. En este sentido, el Proyecto permitirá incorporar al SIC un promedio de 2.500 GWh al año, teniendo además la ventaja de localizarse muy próximo al centro de mayor consumo del Sistema. De esta manera, el PHAM permitirá desplazar la operación de nuevas centrales térmicas.

El aprovechamiento hidroeléctrico de los recursos de la cuenca del río Maipo por AES Gener y las empresas generadoras que la antecedieron, ha tenido una larga historia, aportando al Sistema Interconectado Central desde la década de los años 1920. Es así como en la primera mitad del siglo pasado se construyeron las centrales El Volcán, Queltehue y Maitenes, y en 1991 se puso en operación la central Alfalfal, con 160 MW de potencia, que utiliza las aguas del río Olivares y de la cuenca alta del río Colorado.

Respecto de nuevos desarrollos que permitan aprovechar el atractivo potencial hidroeléctrico existente en las cuencas altas del Maipo, desde la década de los 80 se han estudiado distintas alternativas, todas ellas con ciertas características similares, las que se basan principalmente en captar recursos hídricos de los ríos El Volcán y El Yeso y trasvasarlos a la cuenca intermedia del río Colorado¹, mediante conducciones en túnel. La generación se produce a través de una central de alta caída en la zona intermedia del río Colorado. Luego, estos caudales, sumados a los que descarga la central Alfalfal y los que aportan la cuenca intermedia

¹ Cabe señalar que los recursos hídricos antes descritos se ubican en la alta cordillera, todos afluentes al río Maipo en distintos puntos, en una trayectoria de 37 km aproximadamente (Confluencia Río Volcán – Río Maipo y Río Colorado – Río Maipo)

del río Colorado y algunas cuencas menores, se generan en la Central Las Lajas, también ubicada en la cuenca intermedia del río Colorado, para finalmente ser conducidos mediante túnel hacia el río Maipo..

En el análisis de alternativas de las distintas configuraciones, se fueron incorporando criterios técnicos, ambientales y económicos, como también los aportes de las comunidades locales y de la ciudadanía en general, que surgieron, tanto en procesos formales como informales de participación pública. Cabe señalar, al respecto, que el primer esbozo de proyecto data del año 1990.

El presente informe detalla las alternativas que han sido analizadas en el transcurso del desarrollo conceptual y de ingeniería del proyecto, previas a definir la configuración final aprobada y en ejecución; además, desarrolla los criterios que fueron utilizados para el análisis de alternativas, describiendo la metodología empleada y cómo dichos criterios han sido incorporados efectivamente durante el diseño, desarrollo del Proyecto y durante el período de estudio de sus alternativas.

Cabe recordar que el Análisis de Alternativas² permite comparar sistemáticamente las alternativas compatibles con el emplazamiento, la tecnología, el diseño y la operación del Proyecto—incluida la situación "sin Proyecto"—, en términos de sus posibles efectos ambientales; la factibilidad de mitigar los impactos; los costos de capital y costos de operación; su conveniencia atendiendo a las condiciones del lugar, y las necesidades institucionales, de capacitación y de seguimiento. El objetivo, según lo señala la CFI, es demostrar a través de este análisis, que la alternativa finalmente adoptada se hace cargo de los potenciales efectos sobre la salud humana y el medio ambiente, tomando en consideración los estándares que en esta materia han sido definidos por la Corporación. De esta forma, para cada una de las alternativas, se analizaron los principales efectos ambientales teniendo en consideración la factibilidad del Proyecto, desde las distintas perspectivas, de manera de lograr una visión integral, una mayor comprensión de las condiciones y potenciales condiciones de impacto y de riesgo de la alternativa seleccionada y, finalmente, un proyecto sostenible en el tiempo.

Análisis de situación “sin Proyecto”

Previo al análisis particular del PHAM y con el fin de contextualizar la situación sin Proyecto, se presenta un breve análisis económico de fuentes de energía alternativas.

² Definición según la Corporación Financiera Internacional (CFI o International Finance Corporation -IFC), OP 4.01, Octubre 1998.

Análisis económico de fuentes de energía alternativas.

Frente al desafío de lograr un desarrollo sustentable del sector eléctrico, tomando en consideración la necesidad de abastecer una demanda creciente de energía así como de mantener precios competitivos de este, se generó una instancia multidisciplinaria denominada Comité Asesor para el Desarrollo Eléctrico (CADE), que ha analizado esta problemática, entregando información y elementos de discusión para el desarrollo de la Política Energética vigente en Chile. Así, en noviembre de 2011 se entregó el Informe Final de esta Comisión, el que presenta una amplia visión respecto de la proyección y factibilidad del desarrollo de fuentes de energía alternativa, y en específico, de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC). El presente capítulo transcribe algunas de sus análisis y conclusiones, en tanto permiten ilustrar de manera simple e independiente las proyecciones a nivel país para las ERNC. Para conocer detalles del Informe y los participantes del CADE, es posible obtener una copia a través del sitio web Ministerio de Energía de Chile <http://www.minenergia.cl/documentos/estudios/informe-de-la-comision-asesora-para-el.html>.

En el contexto general se debe destacar que los precios actuales de la electricidad le restan competitividad a nuestra economía. El análisis de la competitividad del mercado eléctrico y de las condiciones para lograr mejores precios de la electricidad constituye un elemento central en el desarrollo de Políticas, pero también para los Proyectos, en concordancia con lograr competitividad a nivel de los distintos mercados e inversiones en Chile y en el mundo.

En efecto, para alcanzar la eficiencia económica se busca privilegiar el desarrollo de mercados libres y competitivos en generación y comercialización, sin planificación centralizada y con una regulación de los segmentos de transmisión y distribución que pretende reflejar los costos medios de largo plazo de estas actividades, con una planificación de la expansión de la transmisión troncal en función de los emprendimientos de generación decididos o posibles.

En este sentido, cada una de las fuentes de energía debe responder, en su mérito, a este principio general, siendo el rol del Estado corregir imperfecciones o distorsiones dadas por la concentración de la oferta energética, y a su vez, cumplir con los acuerdos que se han adoptado como país frente a desafíos globales tales como adoptar medidas para minimizar el efecto del Cambio Climático.

Cabe indicar que, históricamente, los principales recursos utilizados para la producción de electricidad en Chile han sido la hidroelectricidad, el carbón, el gas natural y el petróleo. De éstos, sólo la hidroelectricidad es una fuente local, mientras los demás recursos son importados. La crisis de suministro de gas argentino llevó a remplazar inicialmente este combustible por petróleo y gas natural licuado (GNL), y en los años posteriores a la construcción de centrales a carbón y de algunas centrales hidroeléctricas de tamaño medio. A partir de 2007, año en que se aprobó la Ley N°20.257 para el fomento de las ERNC, se ha

producido un desarrollo creciente de proyectos eólicos, minicentrales hidroeléctricas y centrales en base a biomasa.

Para proyectar la inclusión de las ERNC en la matriz energética, la Comisión antes mencionada realizó una serie de estudios de casos, sobre la base de la demanda proyectada. Detalles de estos estudios pueden ser revisados en dicho Informe.

Estos estudios concluyen que, en términos de costos de generación, sin incluir los costos de transmisión ni ambientales, las opciones de menor costo son la hidroelectricidad, la biomasa y la generación a carbón. En relación a los costos de la geotermia, éstos dependerán de las características de los sitios actualmente en evaluación; mientras que los costos de la energía eólica siguen dependiendo fuertemente de las características del recurso, y por lo tanto, de los factores de planta que puedan alcanzarse.

Cabe señalar que para la elaboración de los estudios, se definieron escenarios, partiendo de un escenario base que se define usando el concepto de BAU (del inglés Business As Usual), que busca representar el desarrollo eléctrico según la política vigente para el horizonte de análisis 2012- 2030. Luego, este escenario BAU se combina con diferentes tipos de instrumentos orientados a la promoción de las ERNC, restricción a la emisión de CO₂ o restricción en el uso de algún tipo de tecnología, en particular como por ejemplo la energía nuclear.

El escenario BAU considera que las exigencias de incorporación de ERNC se realizan con la actual Ley 20.257, la cual dispone que al año 2024 se incorpore un 10% de ERNC en la matriz de energía eléctrica. De esta forma, el análisis de la CADE definió dos posibles escenarios BAU, los que se diferencian por las expectativas de tasas de desarrollo anual de proyectos ERNC, los que a su vez se sustentan en potenciales y características del recurso recopilado desde diversas fuentes nacionales y del ritmo al cual estas tecnologías pueden ser desplegadas por limitaciones de la velocidad de desarrollo de los proyectos y de la capacidad empresarial para emprenderlos. En este sentido, se distingue un escenario conservador y otro optimista de tasas de penetración anual de las ERNC. A modo de ejemplo, a partir del año 2021, el escenario conservador contempla un máximo de 100MW anuales de integración de geotermia, mientras que el escenario optimista define 135MW como máximo por año de esta tecnología.

Por otra parte, se analizaron dos políticas de ERNC: una correspondiente a la implementación de un 20/20 con el esquema de la Ley 20.257, que implicaría que al año 2020 se alcance un 20% de ERNC (Escenario TC2020 del Estudio), y otra correspondiente a implementar un 20/20 tomando en cuenta cuotas por tecnología, con el siguiente detalle: 20% solar, 30% eólica y el resto optimizado según costo (Escenario TCCuotas del Estudio). En todos los escenarios se respeta la disponibilidad total de recursos energéticos ERNC por tipo de tecnología de acuerdo a la mejor información que se tiene con respecto a la disponibilidad de estos recursos.

En relación con una política de limitación de emisiones de CO₂ en la generación eléctrica, tanto para el SING como para el SIC, se analizó un escenario con impuesto a las emisiones a todo el parque de generación térmica por un monto de 20 dólares por tonelada de CO₂ (Escenario TCImpCO₂).

Dependiendo del escenario BAU considerado (pesimista, conservador, optimista), los cálculos presentados en el Informe indican que la penetración de la ERNC puede variar entre un 12% y un 20% al año 2024. Por este motivo, el CADE consideró razonable recomendar modificar los porcentajes de la ley actual para llegar al 15% el 2024. A su vez, no recomienda aumentar dicho porcentaje ya que ello podría forzar la introducción de proyectos no competitivos e incrementar el costo del suministro eléctrico.

En el Punto 3.3 del citado Informe, se detallan los resultados del Estudio, mientras que en 3.4 se entregan Conclusiones y Recomendaciones (al igual que en el Anexo 3 del Informe). Al respecto, para el caso de las distintas fuentes energéticas, entre otras, se menciona lo siguiente:

- Las tecnologías de generación hidroeléctricas de gran escala, geotermia y minihidroeléctrica se presentan como las dominantes en el SIC. Consecuentemente, resulta crítico generar evidencia respecto de sus potenciales y tasas de penetración, conjugando este análisis con un estudio sobre los impactos ambientales de las mismas.
- El orden de dominancia según resultados serían: Geotermia, Hidro-Minhidro, Biomasa, Carbón, Nuclear, Eólico, GNL – Fuel Oil - Solar.
- La rentabilidad observada de los proyectos hidroeléctricos en todos los escenarios estudiados se encuentra entre el 14% y el 22%, lo que muestra que se trata de una tecnología rentable que no se desarrolla a la tasa de penetración económica de la misma debido a restricciones en el ritmo de desarrollo de proyectos.
- Limitar el desarrollo de proyectos hidroeléctricos aumenta el costo entre un 7,0% y 7,5% y aumenta las emisiones entre un 37% y 39% dependiendo de la tasa de penetración de ERNC.
- Según los análisis, para los casos BAU estudiados, el 10% de penetración de ERNC debiera cumplirse antes del plazo establecido por la Ley 20.257. Sin embargo el 20/20 se podría alcanzar en torno al año 2025, balanceando el efecto en ambos sistemas. Asimismo, se aprecia que el costo de forzar el 20/20 con el mismo esquema de ley actual, desde el punto de vista de una planificación centralizada es bajo.
- El simple retraso de un año del calendario de inversiones se traduce en alza de más 20% del precio, elemento que puede llegar a ser el más relevante como impacto en costo y precios.
- Cabe destacar la sensibilidad de los escenarios sobre las emisiones en el sistema. Ejemplo de ello es la estimación de demanda alta en el SING (se traduce en incorporación de energía nuclear) y la limitación de desarrollo de proyectos hidroeléctricos en el SIC.

De lo anteriormente concluido, es posible observar que, en relación a un análisis de rentabilidad frente a distintos escenarios, los proyectos de generación hídrica son una opción factible, necesaria y rentable en comparación con otras fuentes de energía.

Por otro lado, cabe destacar que la legislación vigente establece que las tarifas deben representar los costos reales de generación, transmisión y de distribución de electricidad asociados a una operación eficiente, de modo de entregar las señales adecuadas tanto a las empresas como a los consumidores, a objeto de obtener un óptimo desarrollo de los sistemas eléctricos.

Uno de los criterios sobre el cual se basa el Sistema Eléctrico es la libertad de precios en aquellos segmentos donde se observan condiciones de competencia. Así para suministros a usuarios finales cuya potencia conectada es inferior o igual a 2.000 kW, son considerados sectores donde las características del mercado son de monopolio natural y por lo tanto, la Ley establece que están afectos a regulación de precios; es decir, para los usuarios pertenecientes al segmento "hogares" no le es posible distinguir ni negociar el tipo de energía eléctrica proveniente del SIC con el cual se están abasteciendo. Alternativamente, para suministros a usuarios finales cuya potencia conectada superior a 2.000 kW, la Ley dispone la libertad de precios, suponiéndoles capacidad negociadora y la posibilidad de proveerse de electricidad de otras formas, tales como la autogeneración o el suministro directo desde empresas generadoras. Al primer grupo de clientes se denomina cliente regulado y al segundo se denomina cliente libre, aunque aquellos clientes que posean una potencia conectada superior a 500 kW pueden elegir a cual régimen adscribirse (libre o regulado).

En los sistemas eléctricos cuyo tamaño es superior a 1.500 kW en capacidad instalada de generación, la Ley distingue dos niveles de precios sujetos a fijación:

Precios a nivel de generación-transporte, denominados "Precios de Nudo" y definidos para todas las subestaciones de generación-transporte desde las cuales se efectúe el suministro. Los precios de nudo tendrán dos componentes: precio de la energía y precio de la potencia de punta;

Precios a nivel de distribución. Estos precios se determinan sobre la base de la suma del precio de nudo, establecido en el punto de conexión con las instalaciones de distribución, un valor agregado por concepto de distribución y un cargo único o peaje por concepto del uso del sistema de transmisión troncal.

Mientras los generadores pueden comercializar su energía y potencia en alguno de los siguientes mercados:

- Mercado de grandes consumidores, a precio libremente acordado;
- Mercado de las empresas distribuidoras, a Precio de Nudo, tratándose de electricidad destinada a clientes de precio regulado; y

- El Centro de Despacho Económico de Carga del respectivo sistema (CDEC), a costo marginal horario.

De esta forma, el precio que las empresas distribuidoras pueden cobrar a usuarios ubicados en su zona de distribución, por efectuar el servicio de distribución de electricidad, está dado por:

Precio a usuario final = Precio de Nudo + Valor Agregado de Distribución + Cargo Único por uso del Sistema Troncal

Ahora bien, en la determinación del precio del nudo, los costos de los distintos tipos de combustible, la configuración de la matriz energética y la entrada en funcionamiento de los distintos proyectos eléctricos, entre otras materias, juegan un rol importante en la ecuación y en el precio definitivo, y en este sentido, una matriz energética donde los costos asociados al tipo de generación sean más “baratos”, sí tienen una incidencia en el costo final de los consumidores regulados.

En efecto, tal como se puede revisar en los Informes Técnicos sobre Fijación de Precios del Nudo que emite la Comisión Nacional de Energía, en conformidad a lo estipulado en el DFL N°4 de 2006 del Ministerio de Minería y el Decreto Supremo N° 327 (Reglamento Eléctrico), el valor regulado se calcula sobre la base del precio de los combustibles en centrales térmicas, las estadísticas hidrológicas y los stock en los embalses, incidiendo en el cálculo del Precio de Nudo (ver, por ejemplo, Apartado 5 de Informe Técnico Definitivo sobre Fijación de Precios de Nudo de Abril de 2012 para el SIC, disponible en <http://www.cne.cl>).

Análisis Situación Alternativa al PHAM

Los criterios empleados en la determinación de la situación “sin Proyecto” dicen relación con la alternativa de inyectar al Sistema Interconectado Central, SIC, una Potencia total de 531 MW (Alfalfal II 264 MW / Las Lajas 267 MW), Energía anual esperada de 2.465 Gwh/año (equivalente al 50% del consumo actual domiciliario de la Región Metropolitana y al 35% del consumo actual de los hogares del SIC) de manera eficiente y con seguridad en el suministro, a través de otro tipo de generación.

Según el Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, al año 2020, se proyecta en nuestro país tasas de crecimiento del consumo eléctrico en torno al 6 a 7%, lo que significa cerca de 100 mil GWh de demanda total de energía eléctrica a dicho año, lo que requerirá aumentar la oferta, sólo en dicho período, en más de 8.000 MW en nuevos proyectos de generación. El siguiente gráfico, elaborado por el mismo Ministerio muestra esta situación:

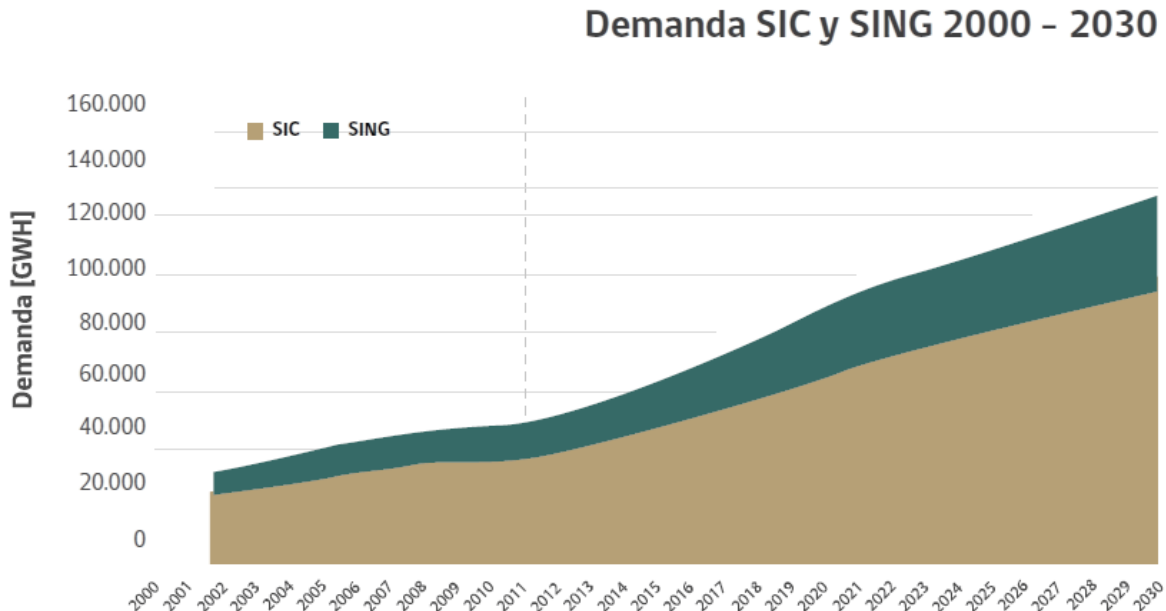


Figura 1. Demanda Proyectada de electricidad (en GWh) .

Fuente: Ministerio de Energía, 2012.

Por su parte, el precio de la energía se ha visto impactado por el abrupto cambio de las condiciones de suministro del gas argentino y el aumento de los costos de inversión, lo que hace que en Chile se tengan los precios de electricidad más altos de Latinoamérica, superiores incluso al promedio de los países miembros de la OECD.

En la actualidad, la matriz energética está compuesta por un 3% de participación de energías renovables no convencionales (ERNC), 34% de hidroelectricidad y 63% de generación térmica. Dada las características del PHAM, en cuanto a su aporte al SIC, la alternativa de no realizarlo, dada la demanda de electricidad actual y proyectada, solo es reemplazable a través de la generación térmica.

Si bien ambos tipos de generación, térmica e hidroeléctrica, forman parte importante de la matriz energética y se proyecta que crezcan sostenidamente, se reconocen fortalezas del PHAM que permiten concluir que la situación “sin Proyecto”, respecto de la implementación de un Proyecto Térmico, tendría un impacto mayor, debido principalmente a:

- El PHAM aporta a la seguridad eléctrica y a la independencia de combustibles fósiles. Con costos de operación despreciables respecto de generación térmica.
- Dada la cercanía a los centros de consumo, se requiere menor necesidad de construcción de tendido eléctrico. Cabe señalar que es altamente complejo proyectar desarrollos termoeléctricos en la Región Metropolitana.
- Menor impacto en cambio climático (su operación no genera emisiones).
- Bajo impacto visual en tanto la mayor parte de su desarrollo es subterráneo.

- Mayor rentabilidad en el largo plazo. Los flujos presentan la característica de fuertes inversiones en los primeros períodos derivados de la construcción, para luego entrar en régimen de beneficios crecientes y luego de beneficios constantes.
- Contribuye al uso óptimo de los recursos hídricos de la cuenca del río Maipo, puesto que en la situación sin proyecto, corresponde a energía potencial que se desaprovecha.

Las características señaladas no pretenden desconocer el importante aporte de las centrales térmicas a la matriz energética del país, solo corresponden a la comparación específica con el PHAM. En conclusión la condición “sin Proyecto” se ve desmejorada significativamente.

Cronología de Alternativas Analizadas

La concepción de los proyectos hidroeléctricos en la cuenca superior del Maipo se proyectó, desde sus inicios, como un aprovechamiento integral de los recursos disponibles en la hoya superior del río Maipo, racionalizando el uso del agua entre los distintos usuarios, y aprovechándola en la forma más eficiente posible. La primera configuración de mayor detalle del Proyecto data del año 1990; desde entonces -y hasta la actualidad-, han participado en su diseño equipos multidisciplinarios de las áreas de la ingeniería y de especialidades tales como geología, mecánica de suelos, hidrología, biodiversidad, estudios sociales y ambientales, entre otros, lo que ha permitido revisar y considerar desde distintos enfoques las alternativas que se fueron planteando y que en definitiva permitió detallar la configuración actual del Proyecto.

El siguiente listado corresponde a las alternativas analizadas a través de los años:

- a) Alternativa 1: Estudio de Prefactibilidad Complejo Hidroeléctrico Alfalfal II – Las Lajas. Gerencia de Ingeniería y Obras. División Construcción e Ingeniería. CHILGENER. Junio 1990. (ver Figura N°1)
- b) Alternativa 2: Expansión Hidroeléctrica del SIC: Central Alfalfal II, Central Nueva Maitenes, Central Las Lajas. CHILGENER. 1994. (ver Figura N°2)
- c) Alternativa 3: Estudio de Factibilidad. Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo. Arcadis. Abril, 2006. Este Estudio analizó la configuración más rentable, priorizando la configuración de las centrales Alfalfal II y Las Lajas dispuestas en serie, descartando la Central Nueva Maitenes. (ver Figura N°3)
- d) Alternativa 4: Configuración de Proyecto descrito en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, presentado al SEIA en junio de 2007, desistido por la empresa en mayo de 2008. Cabe mencionar que este desistimiento fue una decisión de AES Gener en virtud de nuevas adecuaciones al proyecto producto de la incorporación de requerimientos de la comunidad local en cuanto a la ubicación de

algunas de sus obras (las que se detallan más adelante). De esta forma, para efectos de contar con un proceso aprobatorio lo más transparente desde sus inicios, se tomó la decisión de ingresar nuevamente al SEIA, permitiendo que el proceso de Participación Ciudadana formal (aquel que es parte de la evaluación ambiental en el SEIA) contara con la descripción del proyecto actualizada. (ver Figura N°4)

- e) Alternativa 5: Configuración de Proyecto descrito en el EIA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, presentado al SEIA en mayo de 2008. Aprobado ambientalmente en marzo de 2009. (ver Figura N°5)

Las alternativas listadas tienen un factor común que corresponde a un esquema básico de proyecto; es decir, captar recursos hídricos de los ríos El Volcán y El Yeso aproximadamente a la cota 2.500 msnm y trasvasarlos a la cuenca intermedia del río Colorado, mediante conducciones en túnel, para posteriormente ser generados en la hoya intermedia del río Colorado a través de centrales que aprovechan los recursos mencionados más aquellos del río Colorado y los restituyen al río Maipo. Este diseño básico está dado por las características hídricas, geológicas y geomorfológicas existentes, las que explican el potencial hidroeléctrico de la zona.

De esta forma, las alternativas analizadas buscaron, en lo principal, optimizar la configuración del proyecto base con la incorporación sustentable de los recursos existentes; la mejor ubicación de las distintas obras requeridas, tanto principales como complementarias, de modo de minimizar impactos; definir el tipo de obras más adecuado; definir el método constructivo, etc., a la luz de las opciones técnicas-económicas factibles, los antecedentes sobre potenciales impactos ambientales y tomando en consideración las expectativas e inquietudes de la comunidad.

En los capítulos siguientes se expondrán los detalles de las alternativas listadas tanto para la Central Alfalfal II como para la Central Las Lajas.

Para una mejor comprensión de las obras y sus partes, para cada alternativa analizada, se presentan a continuación las tablas 1 y 2; la primera detalla la información comparada respecto de la Central Alfalfal II y la segunda, respecto de Central Las Lajas.

Figura N°1. Alternativa PHAM 1 (año 1990)

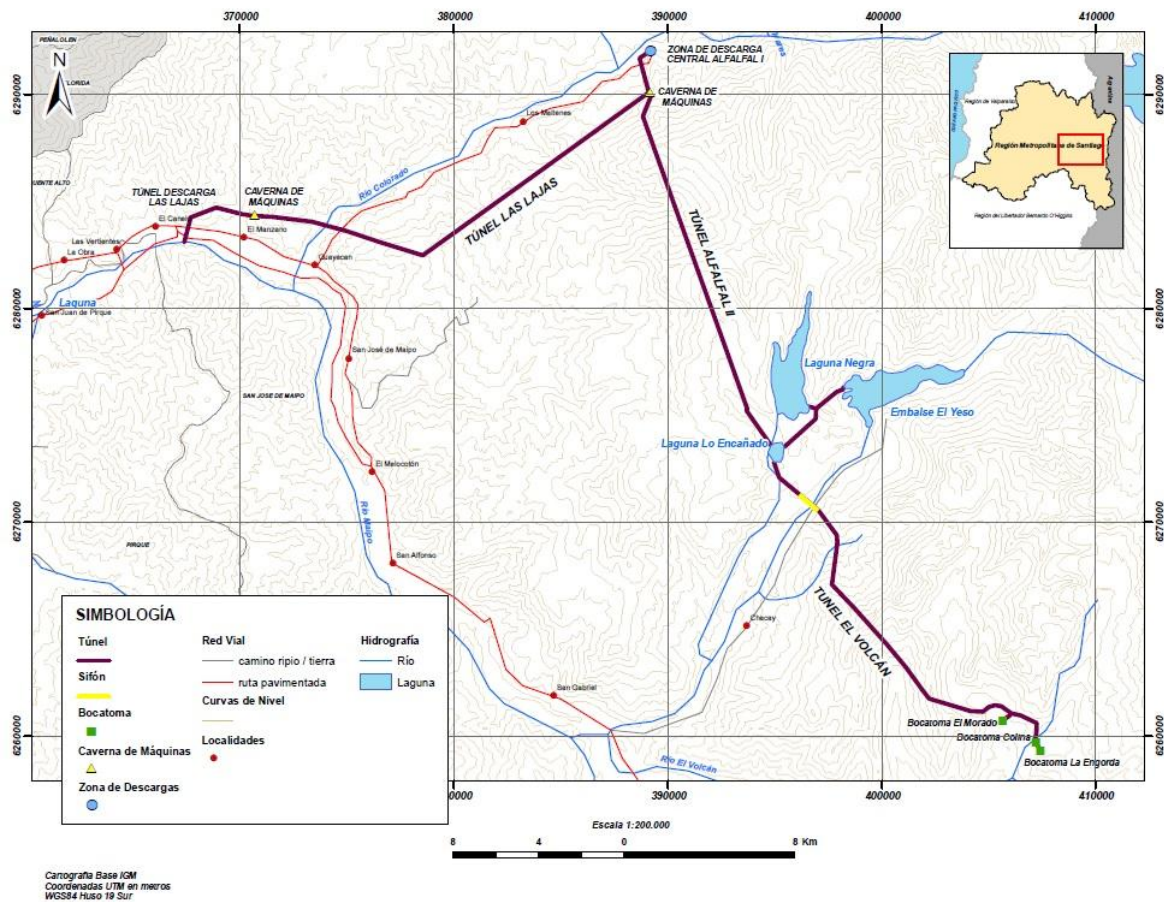


Figura N°2. Alternativa PHAM 2 (año 1994)

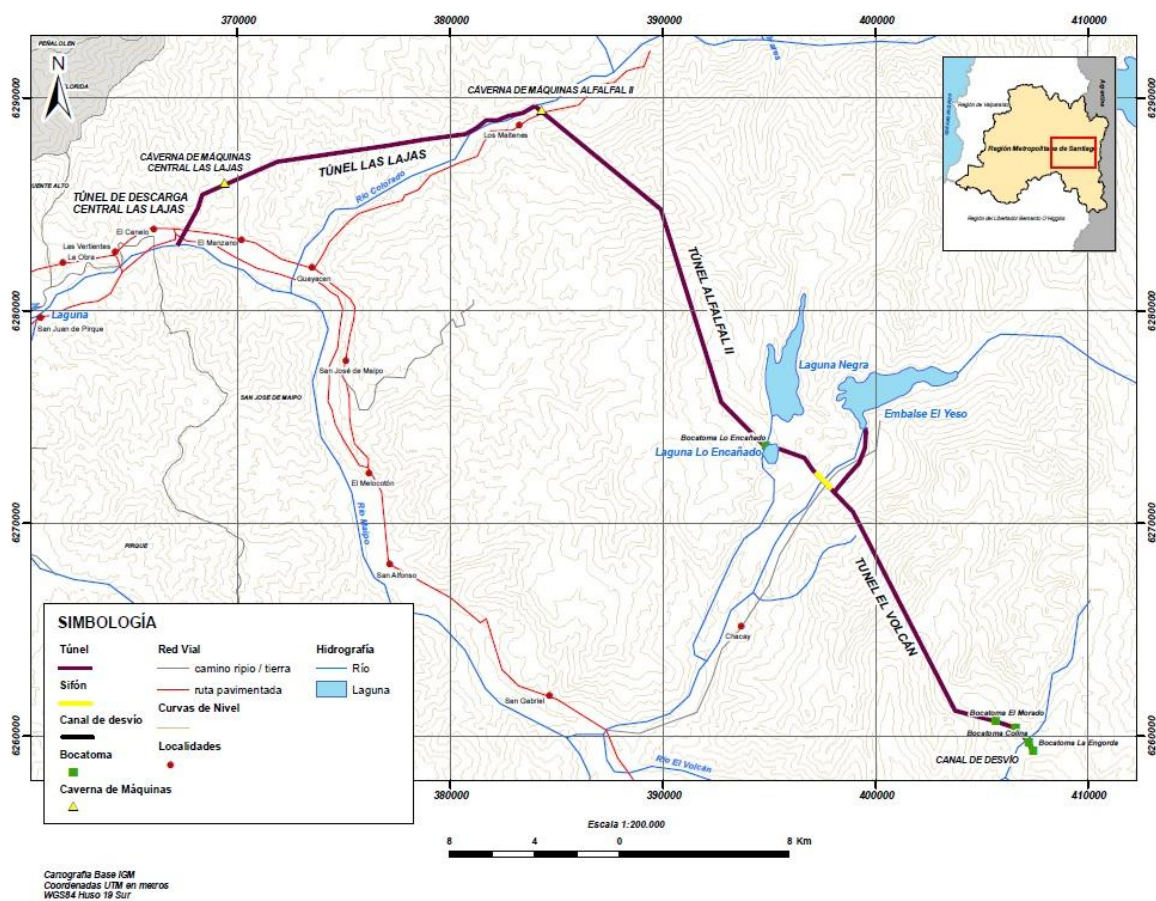


Figura N°3. Alternativa PHAM 3 (año 2006)

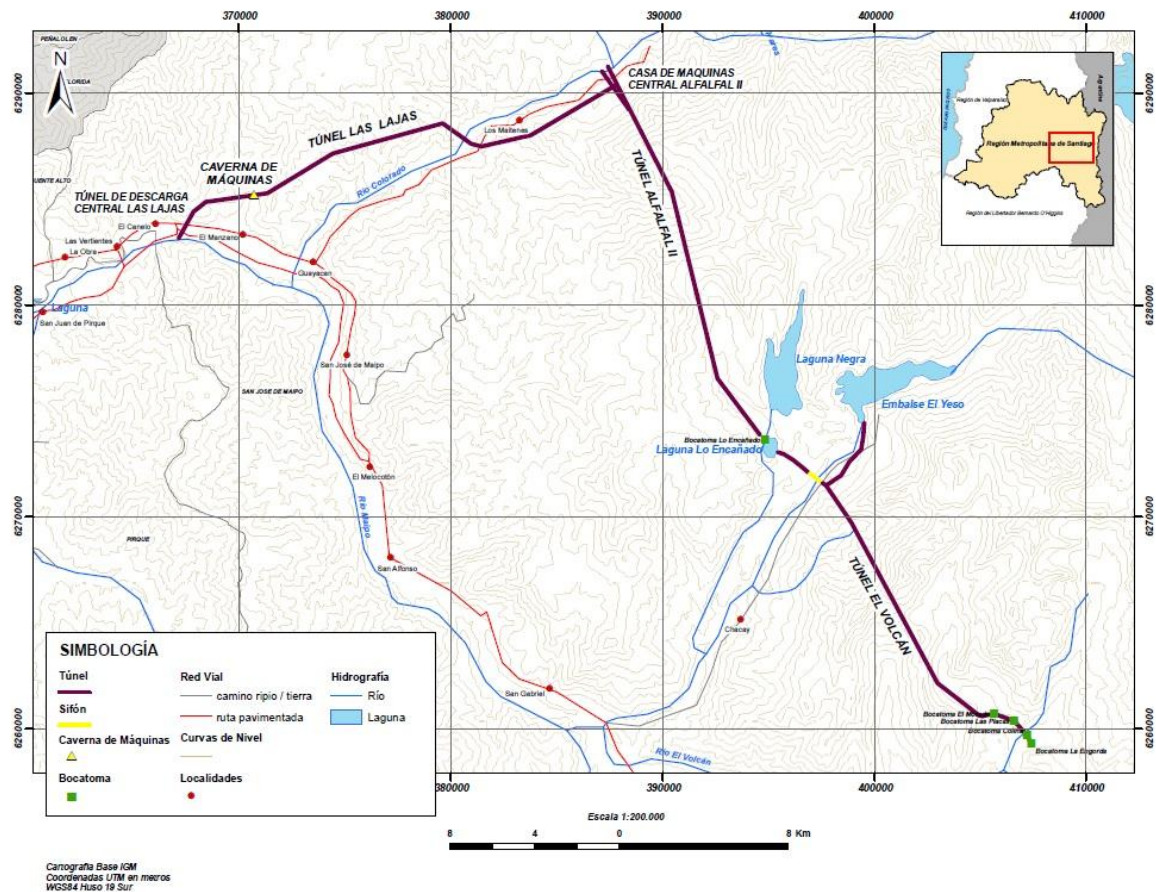


Figura N°4. Alternativa PHAM 4 (año 2007)

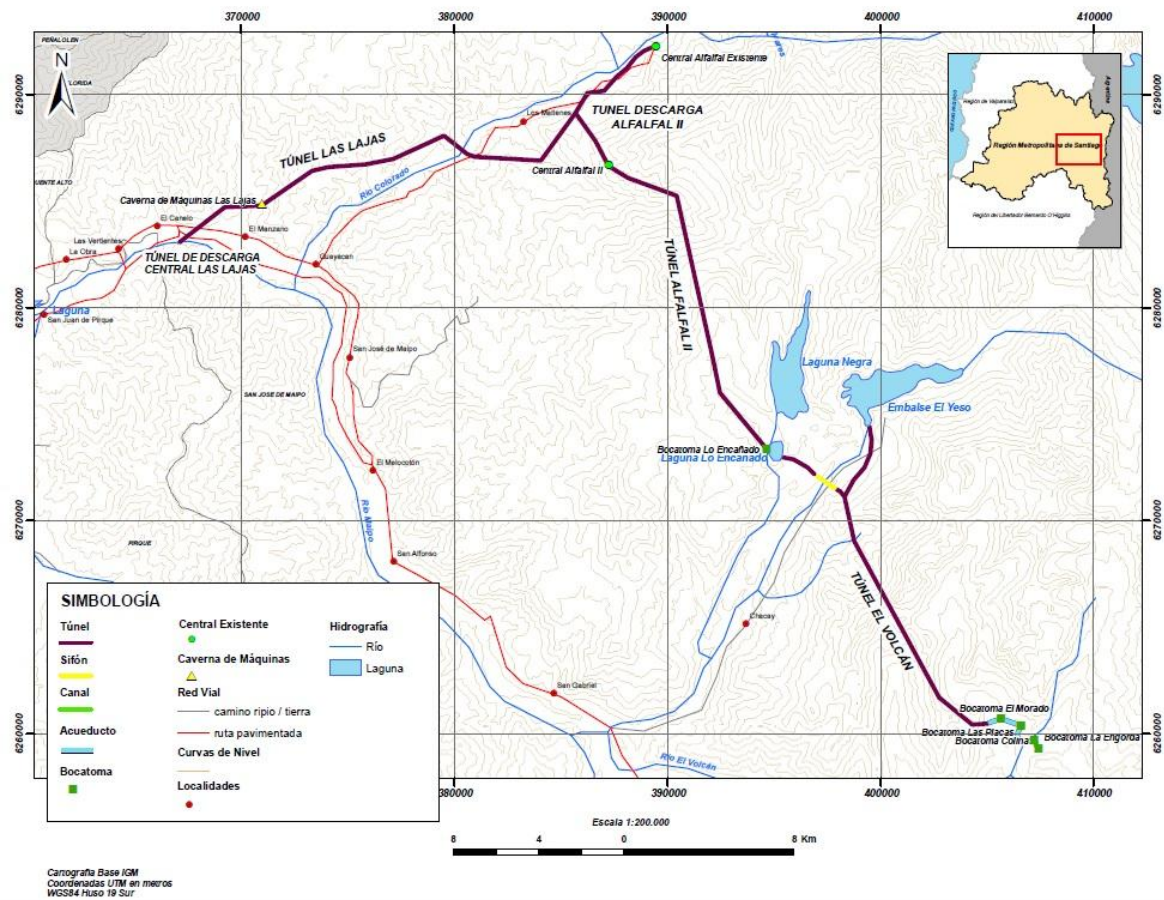


Figura N°5. Alternativa PHAM 5 (año 2008)

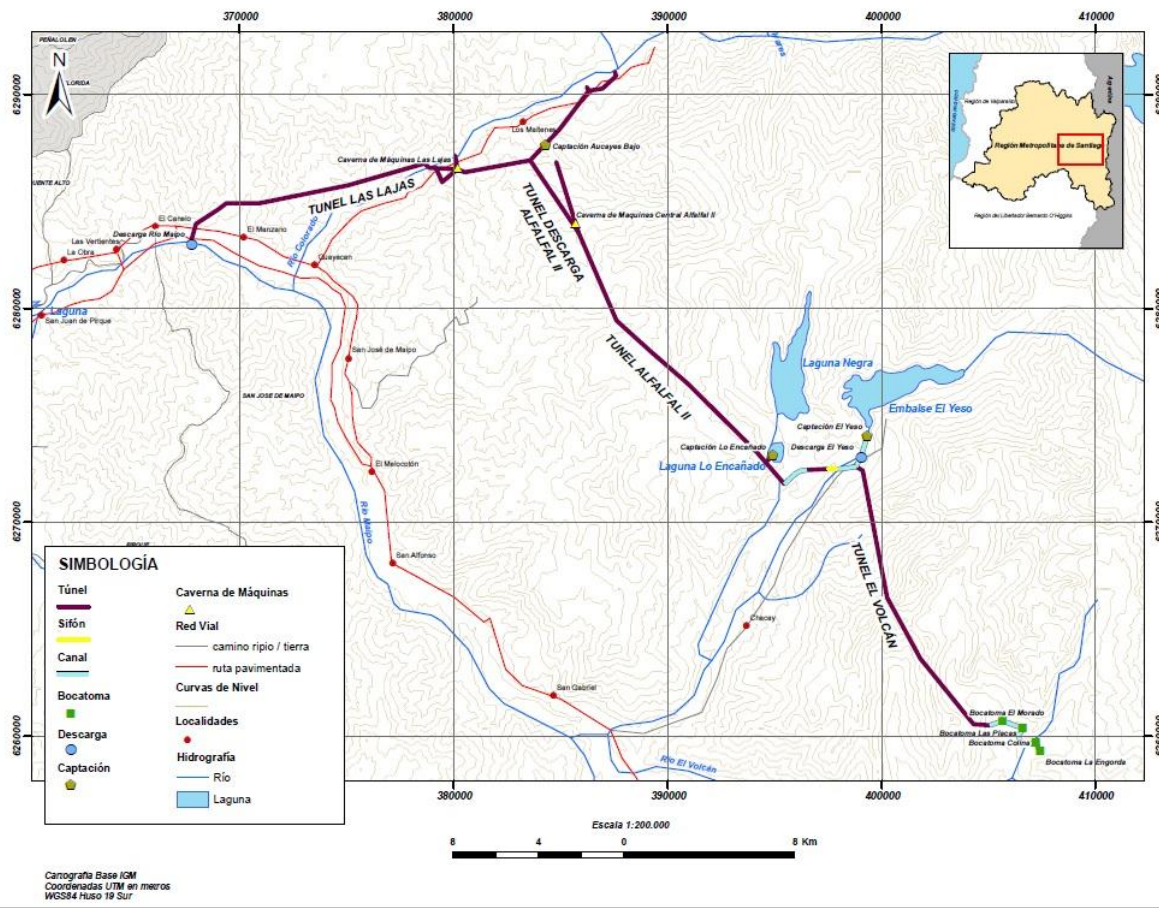


Tabla 1. Descripción de Alternativas para Central Alfalfal II

	Bocatomas y Acueducto El Volcán	Túnel El Volcán	Obras de Captación y Conducción desde río Yeso	Sifón El Yeso	Entrega Túnel Volcán y Aducción Túnel Alfalfal II	Túnel Alfalfal II	Túnel de Descarga Alfalfal II	Estanque de Contrapunta
Alternativa 1	Captación de recursos provenientes de los esteros Colina y La Engorda y del Estero El Morado, ambos afluentes del Río Volcán, mediante dos bocatomas de alta montaña.	Dos túneles en presión de 17 km en total que conduce los recursos captados hasta la Laguna Lo Encañado. Capta a su paso los recursos del Cajón las Cortaderas (con bocatoma alta montaña).	Túnel que conduce aguas desde Embalse El Yeso - Laguna Negra y conecta con Laguna Lo Encañado	Obra de Cruce del Río el Yeso de 2.000 m de longitud conecta Túnel Volcán y Laguna Lo Encañado.	Contempla las siguientes obras y configuraciones: -Túnel Lo Encañado que conecta aguas desde Río Yeso a Laguna Lo Encañado. -Peralte de Laguna Lo Encañado a través de construcción de presa de aproximadamente 70 m para que alcance el mismo nivel del Embalse el Yeso y el de la Laguna Negra. -Conexión de las lagunas antes mencionada con Laguna Lo Encañado (esto habría permitido aumentar la capacidad del Embalse El Yeso en alrededor de 100 millones de m3, pero habría disminuido el nivel de la Laguna Negra, restituyendo su aporte luego de generar en la Central Las Lajas).	Túnel de presión de 14.200 metros de largo que se desarrolla entre la Laguna Lo Encañado y la Caverna de máquinas ubicada en el margen izquierdo del Río Colorado, frente a la Central Alfalfal.	De 1.700 m. Corresponde al inicio de la aducción de la Central Las Lajas.	No contemplaba estanque de contrapunta. Chimenea de equilibrio de 600 m de largo.

	Bocatomas y Acueducto El Volcán	Túnel El Volcán	Obras de Captación y Conducción desde río Yeso	Sifón El Yeso	Entrega Túnel Volcán y Aducción Túnel Alfalfal II	Túnel Alfalfal II	Túnel de Descarga Alfalfal II	Estanque de Contrapunta
Alternativa 2	Contempla 3 bocatomas de alta montaña para los recursos de Estero Colina, Quebrada Las Placas y Cajón de Morado más un canal de desvío de recursos desde el Estero La Engorda al estero Colina.	Un Túnel en presión de 14 km de largo que se desarrolla desde el Cajón del Morado hasta el río Yeso. Incorpora recursos del Cajón Las Cortaderas (con bocatoma alta montaña).	Contempla las siguientes obras: -Obra de desviación de aguas de Laguna Negra: obras de toma, canal de conducción y obra de caída al estero Manzanito aguas abajo de la presa Lo Encañado. -Conexión descarga embalse Yeso - entrega al embalse Lo Encañado.	Tubería de acero de 1 km que conecta Túnel Volcán con canal de aducción Yeso - Lo Encañado	Peralte de Laguna Lo Encañado con presa de 33 m de altura y 190 m de longitud de coronamiento. Obra de toma de túnel Alfalfal II mediante una bocatoma profunda ubicada en la laguna Lo Encañado	Túnel de presión de 16.000 metros de largo que se desarrolla entre la Laguna Lo Encañado y la Caverna de máquinas, que cambia de ubicación hacia el macizo donde se encuentra ubicada la cámara de carga de la Central Maitenes, permitiendo entregar las aguas turbinadas a la cámara de carga de esta central, sin que ella tuviera que detenerse a propósito de la construcción de la Central Alfalfal II. Durante el desarrollo de esta alternativa, existía la posibilidad de diseñar una tercera central denominada Nueva Maitenes, previo a la aducción de Central Las Lajas, proyecto que no fue desarrollado. La ubicación de la caverna de máquinas de Alfalfal II se entiende, además, para aprovechar sus caudales para la Central Nueva Maitenes	Túnel de escurrimiento libre de 2.700 m de largo.	Estanque de contrapunta de 270.000 m ³ de capacidad máxima, ubicado aguas debajo de la Central Maitenes, en la ribera izquierda del río Colorado.

	Bocatomas y Acueducto El Volcán	Túnel El Volcán	Obras de Captación y Conducción desde río Yeso	Sifón El Yeso	Entrega Túnel Volcán y Aducción Túnel Alfalfal II	Túnel Alfalfal II	Túnel de Descarga Alfalfal II	Estanque de Contrapunta
Alternativa 3	Captación de aguas de la hoya superior del río Volcán a una cota superior a los 2.500 m.s.n.m., mediante cuatro que en total llegan a aportar 11 m³/s. Corresponden a tres bocatomas de alta montaña que captan las aguas de los esteros Colina (6 m³/s), Las Placas (1 m³/s), y El Morado (4 m³/s) más el dren La Engorda (1 m³/s), todos afluentes del río El Volcán.	Túnel de 13,6 km, hasta el punto de conexión con el túnel El Yeso. Ingresan las aguas captadas en el estero Cortaderas a través de un pique vertical de 114 m de largo revestido en tubería de acero en el km 11,9 del túnel. Antes de cruzar el río Yeso recibe el aporte de la descarga del embalse El Yeso (15 m³/seg). Conecta con Laguna Lo Encañado.	Túnel desde el embalse El Yeso hasta un pique vertical que lo conecta con el túnel Volcán.	En la conjunción de ambos túneles, se inicia el sifón EL Yeso de 1370 m de longitud, que desagua en un canal abovedado. Este sifón se proyectó en tubería de acero.	Esta alternativa involucra las siguientes obras: - Conducción a Laguna lo Encañado: canal abovedado de 2,9 km de longitud que recibe las aguas que entrega el sifón El Yeso y las lleva hasta la laguna Lo Encañado. - Laguna Lo Encañado: permite la regulación horaria de los caudales que ingresa a la central Alfalfal II. Requiere peraltado de la Laguna Lo Encañado mediante un pequeño muro de 2,5 m de alto y 300 m de largo. - Captación Lo Encañado: bocatoma de hormigón armado para 27 m³/s sumergida, que capta los recursos de la Laguna Lo Encañado para entregar al túnel Alfalfal II y llevarlos a la central.	Las aguas captadas en Laguna Lo Encañado son conducidas en presión por el túnel Alfalfal II de 16,0 km, hasta la chimenea de equilibrio e inicio de la tubería forzada antes de la casa de máquinas de la central. La casa de máquinas de la Central Alfalfal II se ha proyectado en caverna al este del estero Aucayes y posee un túnel de descarga de 2 km de longitud y 45 m² de sección, que conduce las aguas a la cámara de carga de la Central Las Lajas, o alternativamente, al estanque de contrapunta.	A la salida de la tubería forzada se inicia el túnel de descarga de Alfalfal II con 2,4 km de largo y 45,5 m² de sección. A él se accede directamente desde camino existente.	Se emplaza entre el camino existente a la central Alfalfal y el río Colorado, y se contempla excavado en tierra con un volumen de 518.000 m³ en una superficie aproximada de 12 ha

	Bocatomas y Acueducto El Volcán	Túnel El Volcán	Obras de Captación y Conducción desde río Yeso	Sifón El Yeso	Entrega Túnel Volcán y Aducción Túnel Alfalfal II	Túnel Alfalfal II	Túnel de Descarga Alfalfal II	Estanque de Contrapunta
Alternativa 4	Captación de aguas mediante 4 bocatomas del tipo alta montaña, en los esteros de La Engorda (1 m ³ /s), Colina (5 m ³ /s), Las Placas (1 m ³ /s) y El Morado (4 m ³ /s).	Túnel Volcán conduce recursos hasta el valle del río Yeso. En su recorrido recibe el aporte de 1 m ³ /s, proveniente de la Quebrada Cortaderas. 14 km de longitud.	En la descarga del embalse Yeso, se captará un caudal máximo de 15 m ³ /s, el que a su vez será conducido a través de un canal y túnel hasta conectarse con el túnel El Volcán.	El caudal total será conducido por medio de un sifón bajo el río Yeso (tubería de acero). Se modificó el trazado proyectado con el fin de evitar: a) Cruzar el camino del Inca en sector no intervenido b) Intervenir sitios arqueológicos reconocidos en la literatura y en el levantamiento de la línea de base	Desde Sifón, se conectará a un corto túnel y un canal hasta la laguna Lo Encañado. Esta laguna servirá como cámara de carga y regulación horaria de la Central Alfalfal II. Desde la laguna Lo Encañado se captará, mediante una bocatoma profunda, un caudal máximo de 27 m ³ /s, que incluyen además de las aguas provenientes del Volcán y Yeso aproximadamente 2 m ³ /s provenientes de la hoya afluente a la laguna.	El caudal será conducido mediante un túnel en presión hasta el pique inclinado de la Central Alfalfal II. Luego del pique en presión, se construirá la caverna que alojará los equipos de generación. La caverna de máquinas se ubica al este del estero Aucayes .y durante el proceso de tramitación del EIA se reubica al oeste del estero	El túnel de descarga de Alfalfal II conduce las aguas hasta el túnel de aducción de la Central Las Lajas. El túnel de descarga de Alfalfal II también podrá descargar las aguas de esta central al río Colorado en caso de que la Central Las Lajas se encuentre fuera de servicio, a través de un vertedero de seguridad ubicado a la entrada de la cámara de carga de la Central Las Lajas	El estanque, localizado al poniente de la actual central Alfalfal I, tendrá una capacidad total de 425.000 m ³ . Este estanque operará como cámara de carga de la central Las Lajas.

	Bocatomas y Acueducto El Volcán	Túnel El Volcán	Obras de Captación y Conducción desde río Yeso	Sifón El Yeso	Entrega Túnel Volcán y Aducción Túnel Alfalfal II	Túnel Alfalfal II	Túnel de Descarga Alfalfal II	Estanque de Contrapunta
Alternativa 5	El sistema Alto Volcán de la Central Alfalfal II comprende un conjunto de 4 bocatomas destinadas a captar las aguas de la cuenca alta del Río Volcán, en particular, de los esteros La Engorda, Colina, Las Placas y El Morado. Las aguas captadas por las bocatomas se conducen por acueductos. El primer tramo, que conduce las aguas desde La Engorda hasta el estero Colina, y el segundo, que conduce las aguas captadas por los esteros La Engorda y Colina al cual se le suman las aguas captadas en el estero Las Placas. Después de cruzar en sifón el estero El Morado, se le suman las aguas del estero del mismo nombre, para descargar en un desarenador común. Las aguas desarenadas se conducen finalmente hacia el túnel El Volcán.	El túnel Volcán recoge las aguas captadas en la zona alta del Río Volcán y las conduce hasta el valle del Río Yeso. Este túnel, de 14 km de longitud, se inicia a una cota de aproximada de 2.500 m.s.n.m y finaliza en el punto de conexión con el pozo de toma a la cota 2.480 m.s.n.m en el sector de El Yeso. Se elimina captación desde Quebrada Las Cortaderas.	Bocatoma El Yeso: La bocatoma El Yeso se ubica unos 700 m aguas abajo del embalse El Yeso, y su objetivo es captar el aporte del Río Yeso para conducirlo al sistema de la Central Alfalfal II.	Tubería de acero de 5000 m. Se desarrolla desde el pozo de toma hasta la entrada al túnel de aducción Alfalfal II	Desde Pozo de toma (ubicado a la salida del túnel Volcán, que reúne el caudal conducido con el proveniente del río Yeso) se conducen agua hacia Túnel Alfalfal II.	Túnel en presión de 13,6 km de largo hasta la zona de caída de la Central Alfalfal II. La casa de máquinas está instalada en una caverna excavada en el macizo rocoso en un sector ubicado hacia el oeste del estero Aucayes, en el valle del río Colorado. La Cámara de carga de la Central Alfalfal II otorga estabilidad al sistema hidráulico de la Central y constituye la cámara de expansión de la chimenea de equilibrio. Está ubicada en el sector Alto Aucayes unos 2 km hacia el oeste de dicho estero, a una altura de 2450 msnm. La cámara de carga, cuyo volumen total es de 48.100 m³, irá completamente excavada en roca. La alimentación de la cámara de carga se efectuará mediante la conexión al túnel Alfalfal II que conducirá las aguas provenientes de la captación Río Yeso y túnel Volcán II.	El túnel de descarga de la Central Alfalfal II tiene una longitud de aproximadamente 2,5 Km. y entrega su caudal al túnel de aducción a la Central Las Lajas. El caudal generado por la Central Alfalfal II puede direccionarse hacia la casa de máquinas de la Central Las Lajas, o bien, hacia la cámara de carga de esta última, ubicado en la orilla derecha del Río Colorado, en ambos casos vía el túnel antes mencionado. En operación normal, la Central Alfalfal II descargará sus aguas al túnel Las Lajas mediante el túnel de descarga. En situaciones de emergencia o de interrupción de la operación de la Central Las Lajas las aguas podrán ser descargadas al Río Colorado a través de la Cámara de Carga de la Central Las Lajas mediante una obra de entrega dotada de elementos de disipación de energía y protecciones adecuadas del lecho y riberas del Río.	Corresponde a la cámara de carga de Central Las Lajas, la cual funciona, además, como estanque de contrapunta de la Central Alfalfal II. A este estanque, ubicado en la ribera derecha del Río Colorado, afluyen las aguas provenientes de la Central Alfalfal, lo que se realiza mediante una obra de empalme al canal de evacuación de ésta. El volumen útil del estanque es de 300.000 m3 desarrollado en una superficie de 75.000 m².

Tabla 2. Descripción de Alternativas para Central Las Lajas

	Conducción Alfalfal a Túnel Las Lajas	Cruce río Colorado	Túnel Las Lajas	Central Las Lajas	Túnel de Descarga Las Lajas	Estanque de Contrapunta Las Lajas
Alternativa 1	Se inicia en descarga Alfalfal II en la cota 1.325 m.s.n.m.	no especifica	Se inicia en la descarga de Alfalfal II, en un túnel en presión de 15,4 m de largo. La caverna de máquinas se emplaza en el macizo rocoso de la ribera izquierda del río Colorado, a aproximadamente 5 km de la confluencia con el río Maipo.		Túnel acueducto de descarga al río Maipo de 9,8 km, que cruza el río Colorado y el estero El Manzano de forma subterránea. Descarga en sector Las Lajas (ribera derecha del río Maipo, aguas abajo de su confluencia con el estero El Manzano).	no contempla
Alternativa 2	Considera recursos provenientes de centrales Alfalfal I, Alfalfal II y Nueva Maitenes (central que recogía recursos provenientes de la hoya intermedia del río Colorado, provenientes a su vez de la Central Maitenes existente, y de aguas del estero Aucayes).	En forma previa contempla una cámara de carga de 10.000 m ³ . Sifón Las Lajas cruza bajo el río Colorado en ribera derecha río. Es de 180 m de largo.	Túnel en presión de 9,9 m de largo, desarrollándose a la cota 1.100 m s.n.m, entre la ribera derecha del río Colorado y el valle del estero El Manzano. Termina en un pique vertical que lo conecta a la caverna de máquinas, la que se ubica considerando un techo mínimo de roca, lejanía de zonas de fallas, entre otras a unos 700 m del eje del estero El Manzano.		Túnel en acueducto cruzando bajo el lecho del estero El Manzano hasta aflorar al río Maipo frente a la subestación Las Lajas.	Estanque de 270.000 m ³ de capacidad, ubicado en planicie entre las quebradas El Toro y El Canelo en la ribera derecha del río Maipo.

	Conducción Alfalfal a Túnel Las Lajas	Cruce río Colorado	Túnel Las Lajas	Central Las Lajas	Túnel de Descarga Las Lajas	Estanque de Contrapunta Las Lajas
Alternativa 3	Conducción a superficie libre en canal de 2,4 km de largo que conduce las aguas captadas en el canal de descarga de la central Alfalfal hasta el estanque de contrapunta de la central Alfalfal II, a su vez, cámara de carga de la Central Las Lajas.	Cruce del río Colorado mediante un sifón de 152 m en tubería de acero. El sifón se contempla enterrado bajo el lecho del río y cubierto con un enrocado de protección.	Túnel Las Lajas de 22,2 km largo, en donde son conducidas las aguas en presión, hasta la chimenea de equilibrio e inicio de la tubería forzada antes de la casa de máquinas de la central Las Lajas	Ubicada al interior del macizo rocoso del Manzano, entre los ríos Colorado y estero El Manzano	La descarga de la central y restitución de las aguas del río Maipo se realiza mediante un túnel de 4 km, el que en su tramo final se convierte en canal, entregando al río (cota 817 m.s.n.m.)	Se emplaza en la ribera norte del Río Maipo a la salida del túnel de descarga de la central Las Lajas con un volumen útil de 425.000 m³ y una superficie aproximada de 14 ha.
Alternativa 4	La aducción al túnel Las Lajas previo a su conexión con el túnel Alfalfal II, transportará un caudal de 38 m³/s correspondiente a las aguas de la descarga de la Central Alfalfal I y de la captación de la Central Maitenes junto con los aportes del estero Quempo (1 m³/s). Las aguas de Alfalfal I y las del estero Quempo descargarán a un estanque que operará como cámara de carga de la central Las Lajas y/o estanque de contrapunta para la central Alfalfal II en caso de que esta última opere en punta. El túnel de aducción de la central Las Lajas, recibirá además los aportes de la Quebrada Aucayes (2 m³/s).	Cruce en túnel bajo el río Colorado.	El túnel Las Lajas, de 20 km de longitud aproximadamente, se inicia en la obra de conexión con el sifón del Río Colorado. En su trayecto, este túnel cruza el Río Colorado bajo su lecho.	La central Las Lajas es proyectada en caverna y equipada con dos turbinas, con un caudal de 65 m³/s y una caída bruta de 454 m. Su ubicación es la misma de la Alternativa 3.	La descarga del caudal generado por esta central, será directamente al río Maipo a una cota aproximada de 820 m.s.n.m, a través de un túnel que cruzará unos 100 m bajo el estero El Manzano.	No considera.

	Conducción Alfalfal a Túnel Las Lajas	Cruce río Colorado	Túnel Las Lajas	Central Las Lajas	Túnel de Descarga Las Lajas	Estanque de Contrapunta Las Lajas
Alternativa 5	Conduce las aguas generadas de las Centrales Alfalfal I, además de los aportes de la cuenca intermedia del Río Colorado ubicada entre las bocatomas de la Central Alfalfal (Colorado y Olivares) y la actual bocatoma de la Central Maitenes. Las aguas derivadas desde el Canal 1 (existente) de la Central Maitenes, son conducidas por un canal y desarenadas en una obra ubicada en la ribera izquierda del Río Colorado. Se excluye la captación de recursos desde el Estero Quempo.	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 sifón.	Túnel de escurrimiento en presión. El túnel Las Lajas recibe el aporte proveniente del túnel de descarga de la Central Alfalfal II; además, este túnel, que recibe en su recorrido el aporte del estero Aucayes, posee una chimenea de equilibrio y termina en un pique de presión que alimenta las turbinas. La cámara de carga de la Central Las Lajas, otorga estabilidad al sistema hidráulico de esta Central y adicionalmente permite actuar como estanque de contrapunta, restituyendo el régimen natural del Río Maipo/Colorado cuando la Central Alfalfal II opere en punta. El agua es captada desde esta cámara mediante un ducto de hormigón que conduce las aguas hasta el túnel de aducción de la Central Las Lajas (sifón Colorado). Se emplaza junto a la ribera derecha del Río Colorado, en parte excavado y en parte desarrollado mediante muros de tierra. El volumen útil del estanque es de 300.000 m³ desarrollado en una superficie de 75.000 m². Se ha contemplado la instalación de una membrana impermeabilizante en toda la superficie del estanque, un piso de hormigón en el fondo así como también obras para el vaciado y seguridad.	Se modifica la ubicación de la casa de máquinas, desplazándose hacia la ribera izquierda del Río Colorado (sector estero El Sauce) en una caverna excavada en el macizo rocoso.	El túnel de descarga de la Central Las Lajas descarga sus aguas directamente en el Río Maipo. Tiene una longitud de 13,3 km y una sección herradura de 35 m², con escurrimiento a pelo libre (excavado en roca).	No considera.

Metodología de análisis de alternativas

El análisis de alternativas para los proyectos hidroeléctricos en la cuenca alta del río Maipo data del año 1990, elaborándose una serie de estudios que responden a las complejidades propias del emplazamiento en alta montaña. Como elemento básico, cada alternativa requiere de estudios de Energía y Potencia (instalada y firme), basados en los recursos de agua aprovechables (Estudios Hidrológicos), las alturas de caída disponibles y las pérdidas de carga. Le sigue a dicho análisis la evaluación económica a nivel de prefactibilidad.

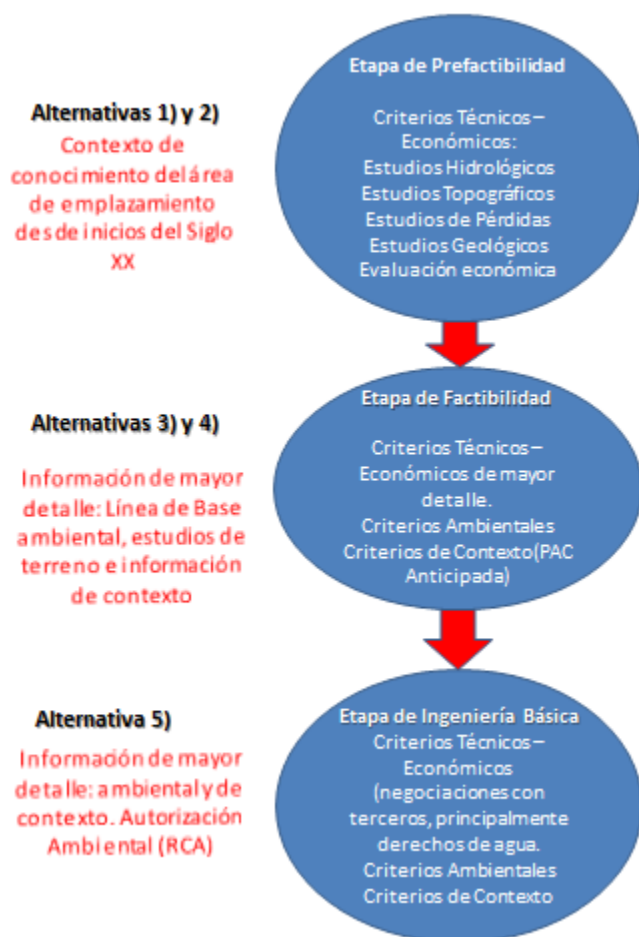
Lo anterior requiere ser moderado en función de las características geológicas que definen la ubicación y tipo de proyectos desde un punto de vista constructivo y de riesgo. Esto último es de suma importancia ya que la zona se caracteriza por estar constituido por distintos tipos geológicos lo que define la factibilidad de ubicación de las obras.

Una vez verificada la prefactibilidad técnico - económica (nivel conceptual), se incorporaron criterios ambientales, incluido la forma de cómo afectaba la viabilidad del Proyecto al definir caudales ecológicos más restrictivos (mayores a los definidos por la Dirección General de Agua para cada derecho de aprovechamiento); la situación de los componentes ambientales en los lugares de emplazamiento de las obras (existencia de formaciones vegetales de relevancia, fauna con algún nivel de protección, sitios arqueológicos, lugares con alto valor ambiental, entre otros) y la existencia de restricciones o condiciones de tipo normativo o indicativo respecto de la ubicación de las obras.

El análisis detallado de cada uno de estos criterios respecto de cada obra en particular, permitió ajustar el diseño inicial propuesto, recomendándose realizar adecuaciones conforme se avanzara en la etapa de ingeniería básica.

Por su parte, en forma simultánea a los avances de la ingeniería, se integraron las expectativas, preocupaciones y consideraciones aportadas por la comunidad. Cabe señalar que en las primeras alternativas no se convocaron reuniones con la comunidad u otras partes interesadas, en tanto se trataba de esquemas de proyecto muy preliminares; sin embargo, se debe destacar que en dicha etapa efectivamente se incorporaron en el diseño original elementos provenientes de las percepciones y preocupaciones de la comunidad, toda vez que AES Gener, dadas sus operaciones que datan de varias décadas en la zona, ha mantenido una extensa trayectoria de involucramiento con las comunidades y conoce las condiciones y/o consideraciones locales. En efecto, cabe señalar que las centrales existentes en la zona de propiedad de AES Gener, datan del siglo pasado (la Central Maitenes entró en servicio el 16 de marzo de 1923; la Central Hidroeléctrica Queltehues el año 1928 y la Central Volcán lo hizo el año 1940).

De esta forma, la metodología utilizada tuvo una lógica en el tiempo e incorporó criterios de mayor detalle en la medida que se avanzó con la definición del Proyecto, siempre desde un punto de vista integral. El siguiente esquema grafica el análisis empleado en la práctica:



Esquema 1. Etapas de desarrollo del Proyecto e incorporación de criterios de evaluación.

Con relación a los criterios utilizados, éstos se agrupan en cuatro tipos: técnicos, económicos, ambientales y de contexto (relativo a las partes interesadas y al contexto local y regional donde se emplazan). Como se explica más adelante, para cada uno de ellos se definieron los más relevantes, los cuales fueron modelando las distintas alternativas respecto de sus posibles efectos ambientales y la factibilidad de mitigar los impactos, hasta concluir con la opción final, aprobada formalmente por las autoridades, la que, por cierto, ha tenido ajustes en función de detalles en el desarrollo de la ingeniería, los aportes de las autoridades y de la comunidad.

Determinación de los criterios de evaluación.

La determinación de criterios y su priorización tienen directa relación con las condiciones sitio específicas existentes para cada proyecto y obra en particular. Esto significa que, dependiendo de las características de cada una de las obras, se debe considerar su interacción con el medio y con las comunidades, a fin de definir alternativas, viables desde un punto de vista técnico económico, que se adecuen a esas particularidades. Para que ello ocurra de manera oportuna, se requiere que los equipos desarrolladores de los proyectos trabajen de manera contemporánea y coordinada entre todas las disciplinas, cuestión que se verificó durante el diseño del Proyecto, en las distintas etapas.

En las etapas posteriores, se incorporaron criterios de mayor detalle, en especial los de contexto, en la medida que se conocieron con más precisión las expectativas e inquietudes de la comunidad, sobre un proyecto factible desde un punto de vista técnico.

Esto último es de suma relevancia ya que, tal como se indicó en el capítulo anterior, la metodología de análisis de alternativas requiere de contar con la factibilidad técnica y económica, a lo menos a nivel de prefactibilidad del Proyecto, dadas las complejidades de la zona: condición de alta montaña, situación de diversidad de tipos geológicos, factibilidad de derechos de aguas, condiciones ecológicas de las subcuencas involucradas, etc., de manera de trabajar con las comunidades con información lo más detallada posible, en un marco realista y responsable respecto de la búsqueda de adecuaciones al Proyecto.

Como se expone más adelante, este trabajo con la comunidad se realizó de manera anticipada a lo exigido por la legislación nacional, inclusive en etapas anteriores de factibilidad del Proyecto. En este sentido, se identificó que las preocupaciones eran factibles de abordar a través del diseño del proyecto y sus mitigaciones, descartando su inviabilidad.

Así, los distintos criterios que se fueron incorporando cuentan con consenso por parte de los interesados. En el caso de los criterios ambientales, corresponden a los que son consultados y analizados comúnmente por los servicios públicos competentes en cada materia ambiental – formalmente aplicados en el proceso de evaluación de impacto ambiental establecido por la Ley 19.300, SEIA- y respecto de los de contexto, resultan de la relación con las comunidades locales y con aquellos grupos o personas interesadas, tanto en los procesos formales como informales de participación pública.

Cabe mencionar que a través del proceso decisorio interno participó, junto con los niveles gerenciales de la empresa y del Proyecto, el equipo de ingeniería interno de AES Gener, equipos de ingeniería externo; equipo ambiental de AES Gener más asesores externos, asesores legales, expertos en comunicación con comunidades, entre otros especialistas. Para ello, el Proyecto realizó con una serie de talleres internos, jornadas de planificación y otro tipo de reuniones que permitieron integrar en las decisiones los conocimientos de cada equipo.

Detalle de las distintas actividades se incluyen en el documento sobre Consultation and Disclosure Report, que forma parte de la información que se entrega para su análisis.

A continuación se detallan los criterios empleados, detallando aquellos de orden técnico, económico, ambientales y de contexto.

Criterios técnicos y económicos

Criterios técnicos

Los criterios técnicos incluyen análisis de las siguientes variables:

- **Hidrología:** en los estudios hidrológicos se determinó los caudales medios mensuales en régimen natural y de disponibilidad real, considerando las obras existentes de todos los puntos de captación de agua necesarios para el PHAM.
- **Geología y Geotecnia:** se analizó la geología del área del proyecto. Cabe señalar que en el área de desarrollo de las centrales afloran rocas estratificadas de origen sedimentario, volcano sedimentario y volcánico y rocas intrusivas, las que se encuentran cubiertas de suelo de diversa índole; es decir, una gran diversidad de tipos geológicos. Además, se evaluó detalladamente la situación sísmica (Ambiente sismotectónico, Sismicidad histórica, Análisis probabilístico, Análisis determinístico, entre otros) y el Riesgo de avalanchas y flujos detríticos.

Como se indicó, los aspectos técnicos y económicos definen la viabilidad preliminar de los proyectos hidroeléctricos, en especial aquellos emplazados en alta montaña. Así, la hidrología y los aspectos geológicos y geotécnicos, los cuales incorporaron la experiencia acumulada durante el diseño y construcción de la Central Alfalfal I actualmente en operación desde el año 1991, definieron los siguientes criterios técnicos del PHAM:

Criterios de diseño hidráulico: pérdidas de carga, hidráulica de canales, túneles y tuberías de presión, sifones, canoas, cruce de quebradas, canales, disipadores de energía, compuertas, y el aprovechamiento eficiente para los recursos. Se realizan modelaciones, incluyendo las matrices de generación, y la diferencia en la potencia firme al incluir, por ejemplo, estanques de contrapunta.

Criterios de construcción túneles y ventanas de acceso: Optimizaciones de trazado, diseño de portales, clasificación de los tipos de roca, definición de tipo de roca excavación para túneles, estimación de tipos de sostenimientos para túneles y accesibilidad priorizando la menor intervención superficial, entre otros.

Criterios de diseño construcción caminos de acceso: definición del porcentaje de roca y criterios geométricos en la estimación de caminos, estándares de acuerdo con la normativa del país (Manual de Carreteras).

De esta forma, se definió la configuración del Proyecto y sus alternativas: el tipo de equipamiento, de obras y su disposición (altura de caídas, ubicación de casa de máquinas, requerimientos de estanques de contrapunta, tipo de chimeneas de equilibrio, etc.), de la factibilidad de la construcción de las distintas obras (túneles, caminos, cavernas), entre otros. Contemporáneamente, se analizó su factibilidad económica, a la que se fue agregando mayor nivel de detalle en la medida que se definieron las obras y sus requerimientos en la ingeniería básica.

Criterios económicos

Para cada alternativa se definió su factibilidad económica y su rentabilidad. En la medida que se avanzó con definiciones del proyecto, se realizaron análisis de inversión de mayor detalle; sin embargo, la factibilidad económica fue posible de verificar en cada una de las alternativas analizadas. Es destacable que, desde la primera alternativa, se reconoce la rentabilidad del PHAM, observándose que el avance en los estudios y toma de decisiones estuvo más bien dado por el escenario de generación termoeléctrica asociado a la factibilidad de gas natural proveniente de Argentina en los años 90.

En el caso de las alternativas de mayor precisión en cuanto a sus obras, en la evaluación económica de detalle y para los distintos análisis de sensibilidad, se utilizaron diversos parámetros que se agruparon en:

- **Técnicos:** que incluyen para cada alternativa su potencia firme, su potencia instalada, el factor de planta, las pérdidas de transmisión, el año de ingreso a operaciones, entre otros.
- **Evaluación financiera:** en ella se verifica la tasa de descuento, el porcentaje de endeudamiento, la tasa de interés y plazo de la deuda, amortización, pago de dividendos, horizonte de la evaluación, tasa de impuesto a la renta.
- **Costos:** incluye operación y mantenimiento, Administración y Ventas, CDEC, IVA, Tasa anual de depreciación tributaria y financiera, operación y mantenimiento de equipamiento.
- **Producción de energía:** analiza los volúmenes de energía mensuales producidos por cada central.
- **Venta de energía por contrato:** muestra el volumen de venta mensual de energía para contratos particulares.
- **Precios de venta:** incluye precios estimados de venta de energía y potencia.
- **Inversiones:** se incluye los costos de capital de cada central, los costos de las adquisiciones de terrenos y servidumbres, costos de estudios y de la ingeniería, “procurement”, de la administración de la construcción e inversión.

Criterios ambientales

En los primeros análisis y configuraciones del esquema hidroeléctrico, se incluyó la hidrología y la geología como factores fundamentales en la factibilidad del Proyecto. Una vez que se contó con alternativas más viables desde el punto de vista técnico y económico, los criterios ambientales moderaron el análisis de factibilidad y las alternativas posibles.

Se consideran los componentes ambientales utilizados en los procesos de evaluación de impacto ambiental de proyectos de inversión, según lo establece la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y el D.S. N° 95/2001, Minseges, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), considerándose los siguientes componentes y sus características asociadas:

- Medio físico,
- Medio humano,
- Medio construido,
- El uso de los elementos del medio ambiente comprendidos en el área de influencia del proyecto,
- Los elementos naturales y artificiales que componen el patrimonio histórico, arqueológico, antropológico, paleontológico, religioso y, en general, los que componen el patrimonio cultural,
- El paisaje,
- Las áreas donde puedan generarse contingencias sobre la población y/o el medio ambiente, entre otros.
- Las consideraciones más relevantes respecto a la normativa ambiental aplicable al Proyecto.

Cabe señalar que la profundidad y detalle de lo que se tuvo a la vista respecto de estos componentes durante las distintas etapas y evolución de la configuración e ingeniería del Proyecto fue de menor a mayor profundidad.

Así, ya a nivel de factibilidad, fueron identificados y caracterizados los aspectos ambientales más relevantes, permitiendo luego realizar la evaluación de impacto. Entre ellos, se destaca:

- Hidrología y Limnología: el PHAM involucra el aprovechamiento de recursos de las cuencas del río Volcán, El Yeso y Colorado, en las que se posee derechos de aprovechamiento de aguas vigentes, todos ellos son afluentes al río Maipo
- Calidad de las Aguas: la cuenca alta del río Maipo presenta características variables de las calidades de sus aguas dependiendo del estero o subcuenca de que se trate. Destacada en este sentido el sistema de lagunas El Yeso – La Negra – Lo Encañado con aguas de alta

calidad que constituyen la principal fuente de abastecimiento para producción de agua potable del Gran Santiago.

- Declaratorias Específicas de Uso del Suelo: El área de estudio se inserta dentro de la comuna de San José de Maipo, incluida en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) que establece una zonificación de Área de Preservación Ecológica. De igual manera, establece un Área de Protección Ecológica con Desarrollo Controlado, en tanto se conserven las características del entorno natural. También destacan las Declaratorias y Ordenanzas Municipales de la comuna de San José de Maipo relacionadas con zona de interés turístico.

En las primeras alternativas, la evaluación de impacto se realizó sobre la base de aquellos componentes que evidentemente pudieran verse afectados por el Proyecto, permitiendo ir descartando configuraciones que presentaran impactos significativos de difícil mitigación o que se definiera *a priori* que no tendrían factibilidad ni aceptación. En la medida que se obtuvo mayor información de terreno y mayor detalle respecto de la ingeniería del Proyecto, se verificó una evaluación de impacto ambiental de mayor profundidad.

De esta forma, se fueron identificando impactos ambientales, los que se tuvieron a la vista en la medida que se avanzó con la ingeniería del PHAM. Según componente ambiental, los impactos identificados corresponden a los siguientes:

Componente	Identificación del Impacto	Observación
Social, Económico e Infraestructura	Mejora en el suministro eléctrico	La satisfacción de crecientes demanda de energía eléctrica y la minimización de la dependencia energética de países extranjeros.
	Incremento en la oferta de empleo, comercio local	La generación de empleo minimizará la cesantía local y regional, diversificando además la actividad comercial.
	Alteraciones en vías locales	La Ruta G-25 entre Puente Alto y San José de Maipo presenta una creciente afluencia de vehículos.
Aguas Superficiales	Disminución del caudal superficial en río Colorado entre captación Alfalfa y descarga Central Las Lajas	Impacto permanente durante la operación del Proyecto.
Aguas Subterráneas	Probable disminución del nivel y caudales del agua subterránea aguas abajo de secciones de ríos y esteros desde donde se captará agua.	La recarga de acuíferos desde cursos superficiales pudiese verse afectada. Eventualmente algunas captaciones de aguas subterráneas a lo largo de los ríos intervenidos pudiesen verse afectadas por los descensos del nivel y caudales del agua subterránea.
Calidad del Aire	Alteraciones de la calidad del aire por emisiones de material particulado y gases de combustión por movimientos de tierra, vehículos y maquinarias.	Se controla con medidas de mitigación durante la construcción.
Niveles de Ruido	Aumento de Nivel de Ruido en lugares habitados cercanos a la nueva ruta G-25 en sector Las Lajas	Se controla con medidas de mitigación durante la construcción.
Vegetación,	Pérdida de cobertura vegetal	La superficie a intervenir será menor

Componente	Identificación del Impacto	Observación
Flora y Fauna	en sector Central Las Lajas y Obras asociadas.	considerando que la mayor parte de la obra es de tipo subterránea. Presencia de matorral y bosque nativo de tipo esclerófilo en este sector. Formación vegetal de importancia ecosistémica y de reducida distribución en la actualidad.
	Pérdida de cobertura vegetal por construcción de caminos de acceso a faenas.	Debido a requerimientos de caminos nuevos.
Paisaje y Estética	Inserción de elementos antrópicos en la configuración del paisaje natural y semi natural existente.	Principalmente caminos ya que la mayoría de las obras son subterráneas. Impacto permanente.

Con mayor nivel de información de terreno, cuestión que se verifica con mayor detalle en las alternativas asociadas a los estudios de impacto ambiental, se pueden observar modificaciones en los trazados y ubicación de las obras del Proyecto que permiten mitigar o bien evitar impactos identificados, según se describe en el análisis de alternativas por central.

La alternativa finalmente aprobada formalmente por la autoridad incluye medidas de manejo y gestión ambiental que tienen como objetivo minimizar, reparar y/o compensar los efectos adversos del PHAM.

Criterios sociales y de contexto

Durante el análisis de las distintas alternativas del PHAM y en la medida que se tuvo mayor certeza respecto de la configuración y tipo de obras, se fue avanzando en la difusión y sociabilización del Proyecto con la comunidad, autoridades y otros actores involucrados o interesados. Lo anterior, en el marco de establecer conversaciones y acuerdos factibles y responsables. De esta manera, se pudo recoger los aspectos de mayor preocupación de los distintos grupos de interés de la comunidad, representados por diversas autoridades y miembros del ámbito local de la comuna.

Las preocupaciones centrales que se recogieron y que fueron modelando las alternativas corresponden a las siguientes:

- Afectación de derechos de agua de terceros
- Control de contratistas
- Localización de las líneas de alta tensión
- Localización de marinas
- Efectos de las tronaduras

- Molestias por tránsito de camiones
- Molestias de la subestación eléctrica.
- Efectos sobre las veranadas y arrieros.
- Afectación de vegas.
- Disponibilidad de aguas en estero Aucayes
- Impacto ambiental de la construcción de caminos
- Respeto de los derechos de la empresa sanitaria Aguas Andinas
- Efectos sobre sitios arqueológicos
- Disminución de caudales e interferencias
- Efectos sobre bocatomas de terceros
- Efectos sobre actividades recreativas y turísticas

Las alternativas fueron incorporando estas preocupaciones en mayor o menor medida (algunas de ellas preocupaciones “históricas”). En algunos casos implicaron cambios en el diseño del PHAM; en otros, la adopción de medidas de control, de mitigación o compensación, según fuera el caso. Durante la descripción de los cambios que se definieron para cada alternativa y para cada una de las centrales, que se detalla en los siguientes capítulos, se podrá comprender cómo las anteriores preocupaciones fueron modificando las alternativas a través del tiempo.

A continuación se detallarán los análisis que se realizaron para cada una de las centrales: Alfalfal II y Las Lajas.

Alternativas para Central Alfalfal II

De la Tabla 1 anterior es posible visualizar la forma en que la Central Alfalfal II fue modificada a través del tiempo, lo que responde a la aplicación a los criterios descritos y a la disposición de un mayor nivel de información. Las principales adecuaciones se deben principalmente a criterios de tipo técnico (factibilidad de recursos hídricos, geológicos), ambiental (caudal ecológico, sitios arqueológicos, valor ambiental del lugar de emplazamiento de obras, entre otros) y de contexto (preocupación respecto de caudales ecológicos y sitios de veranadas, principalmente).

A continuación se describirán los principales elementos (obras y partes principales del Proyecto) que se fueron modificando en las distintas alternativas, junto a los criterios aplicados que las configuraron.

Alternativa Alfalfal II 1

Esta alternativa corresponde al nivel de diseño más preliminar del Proyecto (año 1990), sobre la base de información principalmente de gabinete. Conceptualmente, busca maximizar el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles, pero teniendo en cuenta las condiciones locales que pudieran afectar la factibilidad del proyecto desde el punto de vista de la ingeniería (particularmente los tipos geológicos y cómo ellos podrían definir su configuración). Respecto de la aplicación de criterios ambientales, cabe señalar que sólo a finales de la década de los 90 comenzó a operar el SEIA; previo a ello, los temas ambientales y sociales tenían un escaso desarrollo. No obstante, los mismos profesionales que elaboraron esta configuración inicial, conocían en detalle las características de la zona, en tanto se encontraban a cargo de la construcción de la Central Alfalfal I.

Destaca que esta alternativa proponía una intervención importante en el Valle del Río Yeso, las que implicaban en lo principal:

- Peraltar la Laguna Lo Encañado a través de construcción de presa (70 m de altura aproximadamente) para que alcanzara el mismo nivel del Embalse El Yeso y el de la Laguna Negra.
- Conexión de las lagunas antes mencionada con Laguna Lo Encañado (esto habría permitido aumentar la capacidad del Embalse El Yeso en alrededor de 100 millones de m³, pero habría disminuido el nivel de la Laguna Negra, restituyendo su aporte luego de generar en la Central Las Lajas).

Cabe señalar que estas obras habrían implicado una extensa área de intervención, compleja desde el punto de vista de su factibilidad técnica, pero más aun desde lo ambiental y de contexto (embalse El Yeso y Laguna Negra abastecen el sistema de agua potable para la ciudad de Santiago).

Con relación a las captaciones en el valle del río Volcán y su conducción hacia el valle del río Yeso, esta alternativa incorporaba recursos del estero Las Cortaderas, además de la captación desde los esteros Colina, La Engorda y El Morado.

Las aguas del Túnel Volcán confluían a la Laguna Lo Encañado (que se encontraba interconectada, como se explicó, con la Laguna Negra y el Embalse el Yeso), desde la que se conducían las aguas al Túnel Alfalfal II, situándose la caverna de máquinas en el margen izquierdo del Río Colorado, frente a la Central Alfalfal.

Si bien esta configuración requería de mayor información de terreno para definir su factibilidad y costos asociados, la evaluación económica indicó su rentabilidad e incluso recomendó iniciar desde ya la adquisición de derechos de agua, las negociaciones con organismos involucrados (EMOS en ese entonces y otros particulares) y realizar los estudios básicos. Respecto de las consideraciones técnicas, reconoce los riesgos asociados a las complejidades geológicas, aunque siempre se planteó su diseño en un formato subterráneo.

Alternativa Alfalfal II 2

Esta alternativa incorporó, en lo principal, criterios técnicos y ambientales, modificando el diseño de interconexión de cuerpos de agua. Lo anterior por cuanto la calidad del agua de la Laguna Negra difiere de manera importante respecto de las del Embalse El Yeso y la Laguna Lo Encañado, siendo las primeras de mejor calidad, cuestión de relevancia para su uso para el consumo humano (agua potable). Adicionalmente, se reconoce el riesgo de intervenir la Laguna Negra desde un punto de vista geotécnico y ambiental al extraer 100 MM m³ con su consecuente disminución de nivel a una reserva de agua con una escasa capacidad de recarga.

De esta manera, las obras en el Valle del Río Yeso se modifican, contemplando lo siguiente:

- Obra de desviación de aguas de Laguna Negra: obras de toma, canal de conducción y obra de caída al estero Manzanito, aguas abajo de la presa Lo Encañado.
- Conexión descarga Embalse El Yeso - entrega al Embalse Lo Encañado (reduciendo su presa a 33 m de altura y 190 m de longitud de coronamiento).

Por su parte, se analizó la rentabilidad del Proyecto con y sin aducción desde los afluentes al río Volcán, además de verificar la conveniencia de alternativa con y sin estanque de contrapunta (inicialmente de 270.000 m³). La evaluación económica arrojó que la rentabilidad estaba dada con las alternativas con aducción desde el río Volcán y con estanque de contrapunta. Los resultados económicos indicaron una buena rentabilidad, al igual que la alternativa 1.

Respecto de la ubicación de la caverna de máquinas, se cambia al interior del macizo donde está la cámara de carga de la Central Maitenes. Lo anterior, atendiendo criterios técnicos ya que con ello era posible entregar recursos a Central Nueva Maitenes, alternativa a Central Las Lajas, la que posteriormente se descartó (su análisis se desarrolla en el Capítulo asociado a Análisis de Alternativas de Las Lajas b)).

Finalmente, la alternativa Alfalfal II 2 señala la necesidad de revisar el diseño y ubicación del pique de presión que conecta la chimenea de equilibrio con la caverna de máquinas debido, principalmente, a criterios técnicos (antecedentes geológicos).

Alternativa Alfalfal II 3

Esta Alternativa es la resultante de los estudios de factibilidad (2005), los que permitieron incorporar información de terreno (técnicos, ambientales y de aspectos sociales) al diseño inicial. Como cuestión principal, cabe señalar que el estudio de factibilidad integra criterios técnicos, ambientales y económicos. La conclusión de este estudio indica que:

- El escenario o configuración de aprovechamiento que resultó más atractivo desde un punto de vista económico y de rentabilidad es la combinación de las centrales en serie, Alfalfal II y Las Lajas, con una potencia nominal total de 531 MW.
- Los análisis de sensibilidad efectuados a los indicadores económicos, producto de potenciales riesgos propios del proyecto, muestran que estos indicadores varían dentro de rangos acotados y son confiables para tomar decisiones.
- El análisis de los aspectos ambientales efectuado revisó la factibilidad del Proyecto, aunque reconoce la necesidad de abordar algunos temas y aspectos de forma temprana, de manera de conseguir soluciones satisfactorias para las partes. Estos aspectos se refieren a la existencia de áreas con distintos niveles de protección en o cercanos al Proyecto. Cada una de las situaciones fueron revisadas, en su mérito, incluyendo el análisis legal ambiental. Se concluyó que ninguno de estos escenarios imposibilitaban la ejecución del PHAM, pero si requerían de ser compartidas con los organismos correspondientes:
 - Emplazamiento del proyecto en el área de Preservación Ecológica. Al respecto, posteriormente se realizaron reuniones con la autoridad sectorial (SEREMI de Vivienda y Urbanismo Metropolitana) de manera de explicar el PHAM y su no interferencia con los objetivos de preservación ecológica del área.
 - Monumento Natural El Morado y la presencia de Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad: acercamientos con CONAMA y CONAF, para exponer los temas del proyecto relacionados con las áreas de importancia ecológica.
 - Monumento Natural El Morado: se recomendó alejar acciones de proyecto del tipo superficial fuera de los límites establecidos para esta área protegida, en particular, lo relacionado con instalación de faenas, botaderos de materiales y marinas, camiones, etc.
 - Respecto a la declaratoria de Zona de Interés Turístico a toda la comuna de San José de Maipo: reuniones con interesados (organismos o particulares privados relacionados con la actividad turística), informando sobre las características del Proyecto y las medidas que ha considerado para minimizar impactos en este aspecto.

De esta forma, el PHAM contempla para esta alternativa, las siguientes definiciones:

Obra de captación en Valle Río Volcán: se reconoce el valor ambiental de las veranadas asociadas, recomendando adecuar las obras de toma de agua de manera de minimizar la intervención de las vegas (captaciones ubicadas lo más aguas abajo posible, minimizando afectar su drenaje natural).

Obras de entrega desde Túnel Volcán y entrega a Túnel Alfalfal II: involucra las siguientes obras:

- **Conducción a Laguna lo Encañado:** canal abovedado de 2,9 km de longitud que recibe las aguas que entrega el sifón El Yeso y las lleva hasta la laguna Lo Encañado.
- **Laguna Lo Encañado:** permitiendo la regulación horaria de los caudales de ingreso a la Central Alfalfal II. El peraltado de la Laguna Lo Encañado se proyecta con una menor intervención (muro de 2,5 m de alto y 300 m de largo de coronamiento)
- **Captación Lo Encañado:** bocatoma de hormigón armado para 27 m³/s sumergida, que capta los recursos de la Laguna Lo Encañado para entregar al túnel Alfalfal II y llevarlos a la central.

Por su parte, el estanque de contrapunta aumentaba su capacidad de manera significativa debido a criterios de diseño (técnico), contemplándose su ubicación entre el camino existente a la Central Alfalfal I y el río Colorado, excavado en tierra y con un volumen de 518.000 m³, en una superficie aproximada de 12 ha.

Esta alternativa no profundiza en la descripción de las obras y actividades asociadas a la construcción de ellas, pero sí entrega criterios respecto de su ubicación y gestión ambiental, principalmente asociados a campamentos, depósitos de marinas, ubicación de potenciales sitios con valor arqueológico, etc.

Alternativa Alfalfal II 4

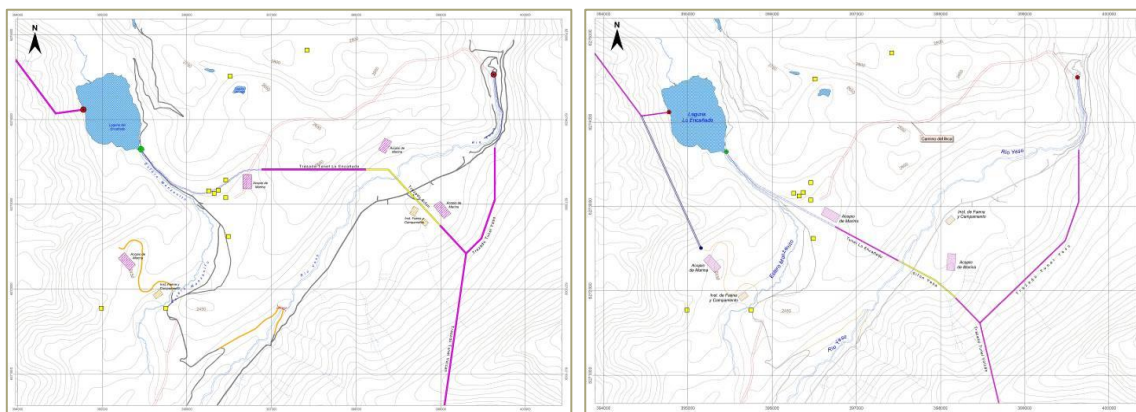
Esta Alternativa incluye en su diseño, criterios ambientales y de contexto con información de terreno, lo que permitió avanzar en la ingeniería básica, definiendo una descripción de Proyecto para el EIA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, presentado al SEIA en junio de 2007.

La principal diferencia que presenta esta alternativa es que el diseño final no considera embalse en el sector de Lo Encañado, aunque se continúa utilizando la Laguna Lo Encañado como cámara de carga y regulación horaria de la Central Alfalfal II. La decisión de descartar el peralte de la Laguna se realizó en atención a la sensibilidad ambiental del área (distintos

niveles de protección en el área de emplazamiento del PHAM, atractivo paisajístico, valor ambiental del área, entre otras).

Por su parte, los estudios de línea de base permitieron conocer con mayor detalle las características de las distintas áreas de emplazamiento de las obras principales y complementarias, definiendo como criterios ambientales de relevancia la presencia de vegas y veranadas y la existencia de elementos del patrimonio cultural. Debido a ello, se reconocen las siguientes adecuaciones a obras y trazados:

- Captaciones de alta montaña ubicadas en veranadas y vegas: si bien este aspecto fue considerado en la alternativa anterior, con información de terreno fue posible mejorar aún más su diseño, minimizando su intervención y la afectación de la vegetación asociada. La adecuación de las obras permiten el escurrimiento superficial y sub superficial de las aguas que irrigan la capa vegetal de matorral andino.
- Cambio en el trazado para el cruce del Río Yeso: en terreno, se identificó la existencia de un tramo del Camino del Inca³. Inicialmente, el trazado para el cruce del río Yeso se desarrollaba interviniendo la misma planicie que es atravesada en sentido Noreste/Suroeste por un ramal del Camino del Inca. Si bien el sitio presenta intervenciones producto de la construcción de un acueducto, actualmente en desuso, se adaptaron las obras para evitar su intervención y alejarse de sitios arqueológicos reconocidos en el área.



³ Según el EIA del 2007, corresponde a un camino o ramal del *capac ñam* localizado entre los ríos El Yeso y el Estero Manzanito, que comunicaba las dos vertientes andinas en tiempos prehispánicos y coloniales, con una extensión total de aproximadamente 4 Km. El camino presenta un despeje simple de material, arena o roca, hacia sus extremos, presentando un ancho entre 0,5 m y 3 m. Destaca su rectitud, orientación y mantención de la cota, lo que le otorga rasgos característicos de la red vial Inca. No se observaron rasgos asociados, a no ser la denominada instalación incaica de Laguna del Indio, localizada aproximadamente 1,5 km. al Nororiente del área del Proyecto.

Figuras 2 y 3. Cambio de trazado de obras asociada a cruce río Yeso en atención a hallazgo (Ramal de Camino del Inca). Modificación del Proyecto en virtud de la Preservación y protección del patrimonio cultural.

Por su parte, la eliminación del peralte de la Laguna Lo Encañado definió un cambio en el estanque de contrapunta, el que se dispuso al poniente de la actual central Alfalfal I, con una capacidad total de 425.000 m³. El diseño de este estanque opera como cámara de carga de la central Las Lajas.

Debido a consideraciones del tipo técnico, fue necesario cambiar la ubicación de la caverna de máquinas de la Central Alfalfal II en una caverna excavada en el macizo rocoso en un sector ubicado hacia el oeste del estero Aucayes, en el valle del río Colorado.

Alternativa Alfalfal II 5

Esta alternativa fue la incorporada al EIA sometido durante el 2008 a evaluación ambiental, el que corresponde al proyecto autorizado a través de la RCA 256. En ella se introducen modificaciones respecto del diseño de la Alternativa 4 anterior relacionadas con:

Sistema Alto Volcán: en la conducción hacia el Yeso, se elimina la incorporación de recursos desde el Cajón Las Cortaderas a objeto de contribuir a la mantención del caudal ecológico de la zona del río Yeso identificada como de importancia ambiental (AIA) en el estudio de caudales ecológicos desarrollado para el proyecto (Anexo 17 del EIA).

Obras en Valle del Río Yeso: la principal diferencia es la eliminación de la Laguna Lo Encañado como parte del PHAM. Si bien en la alternativa anterior se había descartado su peralte, su intervención continuaba siendo un elemento complejo.

Cabe señalar que la incorporación de la Laguna Lo Encañado correspondió a un elemento que desde el inicio del Proyecto (ver descripción de Alternativa 1) estuvo incluido como parte de él. Inicialmente, y sólo en consideración a sus virtudes hidráulicas, se propuso interconectarla con la Laguna Negra y el Embalse el Yeso, cuestión que fue descartada en el desarrollo de la Alternativa 2. Posteriormente, fue incorporada como cámara de carga, analizándose diversas alternativas de volumen acumulado adaptando su diseño para reducir su intervención, en la medida que se tuvo mayor información de terreno. En efecto, ya en las alternativas 3 y 4, la altura del muro para peraltarla se fue reduciendo, como también otras obras de intervención. Durante la tramitación ambiental de la Alternativa 4 se resaltó por parte de la comunidad el valor paisajístico de la Laguna Lo Encañado, por lo que en definitiva, se decidió no intervenirla.

De esta forma, en el análisis de la Alternativa 5, en conjunto con los criterios ambientales evaluado por los especialistas, los criterios de contexto permitieron comprender la

valorización que otorga la comunidad, y con ello, atender las legítimas inquietudes existentes. Cabe indicar que esta alternativa pudo incluir estos asuntos luego de contar con un proceso de participación ciudadana temprana y el correspondiente al contemplado en la participación ciudadana formal, en el marco de la presentación del EIA anterior (2007) al SEIA.

De esta forma, al no contar con la Laguna como cámara de carga, fue necesario incorporar una Cámara de carga para la Central Alfalfal II, de manera de otorgar estabilidad al sistema hidráulico de la Central. A la vez, constituye la cámara de expansión de la chimenea de equilibrio. La Cámara de carga está ubicada en el sector Alto Aucayes, unos 2 km hacia el oeste de dicho estero, a una altura de 2450 msnm. La cámara de carga, cuyo volumen total es de 48.100 m³, irá completamente excavada en roca.

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

Por su parte, se sostuvieron diversas reuniones con representantes de organismos públicos con competencia ambiental relacionadas con el proyecto, instituciones y organismos del ámbito local, las cuales constan en el EIA presentado.

Las principales inquietudes que fueron recogidas por el Proyecto corresponden a:

- Ubicación del proyecto en un Área de Preservación Ecológica definida por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS). En este sentido, fue necesario demostrar que el proyecto, se ajusta a la planificación territorial vigente y cumple con los requisitos indicados en el PRMS.
- La localización de sitios de acopio de marinas tal que no afecte las cuencas hidrográficas.
- Afectación de especies protegidas de flora y fauna: ejecución de planes de rescate y traslado bajo la supervisión técnica de profesionales calificados e implementación de un plan de seguimiento ambiental que asegurará la supervivencia de las especies.
- Asegurar las características de humedad y continuidad del drenaje en el sector de vegas: mencionado anteriormente.
- No Afectación del Monumento Natural El Morado: el túnel El Volcán cruzará a una profundidad del orden de 600 metros, y no considera ventanas, caminos u otras instalaciones que puedan afectar esta área bajo protección.
- Privilegiar empleo mano de obra local: contratación de mano de obra local durante la construcción del Proyecto.

De la misma forma, el Proyecto recogió las inquietudes de la comunidad en forma paralela a la formulación del EIA, a través de una serie de acercamientos a la comunidad local interesada

en el Proyecto. Estas sesiones consistieron en asambleas abiertas, reuniones y entrevistas, de las cuales se recogieron las inquietudes planteadas por la comunidad (ver Anexo 44 del EIA del 2008)

Las principales inquietudes de las comunidades locales y sus implicancias en el Proyecto corresponden a:

- **Riesgo de avalanchas:** El proyecto incorporó como criterio de localización de obras e instalaciones, la probabilidad de riesgos de avalancha, como condición esencial de su diseño.
- **Afectación del Turismo:** Si bien no se contempla su afectación, el PHAM contempla medidas de compensación favorables al desarrollo turístico.
- **Afectación de derechos de agua de terceros y necesidad de caudales ecológicos:** corresponde a un elemento de cumplimiento de la legislación.
- **Control de contratistas:** se requiere un estricto control contractual de cumplimiento de exigencias ambientales a los subcontratistas.
- **Localización de marinas:** corresponde a 14 sitios de acopio. Su localización definitiva considerará el distanciamiento a población o viviendas destinadas a habitación permanente o provisoria, zonas de bajo impacto visual, adosada a elevaciones naturales, zonas de bajo valor edafológico y alejados de los cauces de agua.
- **Efectos de las tronaduras:** no se prevén efectos significativos.
- **Molestias por tránsito de camiones:** el proyecto contempla una serie de medidas de mitigación de emisiones al aire y de efectos sobre la vialidad, asociados al tránsito de camiones.
- **Impacto visual subestación eléctrica:** el proyecto contempla una serie de medidas de mitigación del impacto visual por la presencia de la S/E (diseño de una subestación encapsulada).
- **Pérdida de animales por robo y atropellos:** se dispondrán de cláusulas especiales en los contratos con Contratistas y la obligación de mantener una coordinación con los ganaderos y arrieros.
- **Efectos sobre las veranadas y arrieros:** además de las medidas de diseño, el PHAM considera el monitoreo ambiental en estas formaciones.
- **Disponibilidad de aguas en el estero Aucayes:** definido por los derechos de terceros y los caudales ecológicos validados por la Autoridad.

- Impacto ambiental de la construcción de caminos: definición de medidas de control ambiental para las componentes aire, ruido, suelo, flora y fauna asociadas al trazado y construcción de caminos.
- Efectos sobre sitios arqueológicos: se contemplan medidas de acción en caso que durante los trabajos de construcción se detecte un hallazgo de esta naturaleza.
- Disminución de caudales e interferencia con otras actividades: cuestión que fuera revisada y consultada por la autoridad durante la tramitación del EIA, llegando a la conclusión de la no alteración significativa de estos elementos del medio ambiente.
- Afectación de bocatomas de terceros: el PHAM contempla adecuaciones a las captaciones de terceros en caso que éstas, presenten un desmedro en su funcionalidad en situación con proyecto.

Cabe mencionar que posterior a la aprobación ambiental se han realizado una serie de ajustes menores en atención a preocupaciones de la comunidad y de la autoridad. Entre ellas, cabe mencionar la consulta respecto de los efectos en los ríos frente a la salida brusca de servicio de las centrales (cada una por separado, o bien ambas, en caso de una caída del SIC - Blackout), lo que implicó realizar una serie de estudios, incorporar dispositivos de control e instrumentación, implementación de un Sistema de Comunicaciones y definir reglas de operación, tal que:

- a) Se mantenga la continuidad del caudal del río Maipo aguas abajo de la obra de descarga, y
- b) Evitar “golpes de agua” en el río Maipo aguas abajo de la obra de descarga.

Para el caso de la Central Alfalfal II, al encontrarse ésta operando a plena carga y detenerse bruscamente, se cortará instantáneamente el aporte de $27 \text{ m}^3/\text{s}$ que hará ésta a la central Las Lajas, con lo cual ésta última quedaría abastecida únicamente por el caudal total de $38 \text{ m}^3/\text{s}$ que le transferirá la central Alfalfal I ($30 \text{ m}^3/\text{s}$) conjuntamente con la bocatoma Maitenes ($8 \text{ m}^3/\text{s}$).

Por su parte, el caudal de $27 \text{ m}^3/\text{s}$ que deja de pasar por la central Alfalfal II y que proviene de las aducciones El Yeso y El Volcán, se verterá al cauce del río Yeso, escurriendo hasta llegar al Maipo y continuar luego por este río hasta la descarga de la central Las Lajas, tardando 5,1 horas el inicio de la onda y 5,7 horas el peak de la misma, en recorrer la distancia entre el vertedero de El Yeso y la mencionada descarga. De acuerdo con los estudios realizados, la onda de aumento de caudal se moverá a una velocidad promedio de 3 m/s , valor de similar magnitud al del régimen natural en este tipo de ríos. El caudal descargado al cauce del Yeso aumentará en forma progresiva, hasta alcanzar su valor de régimen de $27 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para suplir el caudal no aportado por la central Alfalfal II, la central Las Lajas dispondrá del volumen de 300.000 m^3 acumulado en el estanque de su cámara de carga y del volumen de

270.000 m³ habilitado al interior del túnel de descarga, mediante compuertas a su salida. Se dispondrá entonces de un volumen total de regulación de 570.000 m³, el que se podrá emplear en regularizar el flujo del río Maipo aguas abajo de la descarga de la central Las Lajas durante el tiempo que tardará en llegar a este lugar el caudal faltante de 27 m³ que aportaba Alfalfal II.

En consecuencia, en caso de detención de la central Alfalfal II, será posible mantener durante todo el período del fenómeno transitorio la invariabilidad del caudal del río Maipo aguas abajo de la descarga de la central Las Lajas.

En el caso de un Blackout, es decir, al detenerse ambas centrales simultáneamente, se iniciará la descarga de los caudales que estaban siendo generados, a través de los vertederos ubicados en los ríos Yeso y Colorado.

En el mismo instante anterior, la central Las Lajas iniciará su operación en modo de by-pass, entregando hasta el 50% del caudal de diseño de esta central (65 m³/s) mediante el uso de los deflectores de chorro, y ocupando los volúmenes acumulados tanto en la cámara de Carga como en el túnel de descarga, de acuerdo con la secuencia de operación que se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla 4. Secuencia de Operación de centrales frente a Blackout.

				Alfalfal II		Las Lajas				En río Maipo m3/s	Comentarios
Tiempo min	Tiempo horas	C.Carga m3	Tunel Desc. m3	Q Yeso + Vocan (m3/s)		Q Col (m3/s)		Central m3/s	Descarga m3/s		
				Rio	Captacion	Rio en Capt.	Captacion				
-1		300.000	270.000	0,0	27,0	0,0	38,0	65,0	65,0	65	
0	0,0	300.000	270.000	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	blackout
15	0,3	275.700	240.750	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	
30	0,5	251.400	211.500	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	
45	0,8	227.100	182.250	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	
60	1,0	202.800	153.000	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	
75	1,3	178.500	123.750	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	
90	1,5	154.200	94.500	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	
105	1,8	129.900	65.250	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	
120	2,0	105.600	36.000	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	
135	2,3	81.300	6.750	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	65,0	65	
150	2,5	57.000	6.750	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	32,5	32,5	
165	2,8	32.700	6.750	27,0	0,0	32,5	5,5	32,5	32,5	32,5	Llega Onda Col.
174	2,9	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	Peak Onda Col.
175	2,9	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	
195	3,3	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	
210	3,5	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	
225	3,8	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	
240	4,0	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	
255	4,3	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	
270	4,5	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	
285	4,8	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	
300	5,0	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	
305	5,1	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	Llega Onda Yeso
342	5,7	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	32,5	32,5	65	Peak Onda Yeso
343	5,7	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	0,0	0,0	65	
360	6	32.700	6.750	27,0	0,0	5,5	32,5	0,0	0,0	65	

Por último, cabe mencionar que la recuperación de los volúmenes de reserva se efectuará utilizando un esquema de operación inversa al descrito, de modo que la entrega de caudales al río Maipo se efectuará cuando los caudales en éste comiencen a disminuir, producto de la

demora en que el efecto de reiniciar su captación en las bocatomas se haga evidente en el punto de restitución al río Maipo. El principio para esta operación es exactamente el mismo, esto es, no alterar el régimen del río Maipo en los puntos de captación de los usuarios de aguas abajo.

De esta forma, tal como se indicó inicialmente, de manera posterior a la aprobación ambiental, y una vez definida la configuración de la Alternativa 5 como la definitiva, se realizaron una serie de ajustes al PHAM, algunos debido a criterios técnicos y otros en atención a lo solicitado por las autoridades, que no correspondieron a modificaciones de consideración para efectos del SEIA. Entre ellos se destaca, la reducción de volumen de la cámara de carga Alfalfal II, reubicación de Bocatoma La Engorda, Eliminación de Pozo de Toma y el cambio de la cota de turbina.

Resumen de Alternativas para Central Alfalfal II

La Tabla 5 siguiente, resume el análisis de alternativas según los distintos criterios utilizados para cada una de ellas:

Tabla 5. Análisis comparado de criterios utilizados en las distintas Alternativas para la Central Alfalfal II.

	Análisis Criterios Técnicos	Análisis Criterios Económicos	Análisis Criterios Ambientales	Análisis Criterios de Contexto (comunidad, ciudadanía en general)
Alternativa Alfalfal II 1	Conforme a la verificación de aspectos geológicos en terreno, se define un proyecto compuesto por centrales de pasada en serie, en el que la mayoría de sus obras y partes se dispondrían de manera subterránea. Esta alternativa prioriza el diseño según el uso racional de los recursos desde un punto de vista hidráulico y de generación (captación de recursos desde alta montaña en Valle Río Volcán, inclusión de recursos desde cajón Las Cortaderas en conducción hacia Valle río Yeso, interconexión de Embalse El Yeso, Laguna Negra y Laguna Lo Encañado).	Dada la situación de escasez de Gas Natural proveniente desde Argentina y las ventajas comparativas del PHAM (principalmente por su ubicación estratégica de cercanía a los centros de consumo y la seguridad de entrega de suministro eléctrico al SIC, frente a una demanda creciente), se hace factible y atractivo avanzar en el Proyecto. Posteriormente, luego de revisar los criterios económicos específicos (según potencia firme y otras características del proyecto y del mercado), se concluye la conveniencia del PHAM respecto de su rentabilidad. El PHAM se diseñó desde sus inicios como centrales en serie, en el que la rentabilidad estaba dado por el aporte de ambas; en este sentido, no se contemplaron alternativas a la Central Alfalfal II.	Esta alternativa prioriza el diseño según el uso racional de los recursos desde un punto de vista hidráulico y de generación. El proyecto reconoce los principales aspectos ambientales que pueden incidir directamente en su diseño y rentabilidad (geología, factibilidad de recursos, características de alta montaña, etc.).	Existencia de otros proyectos de AES Gener desde inicios del siglo pasado (Complejo Cordillera: centrales Alfalfal I, Maitenes, Queltehues y Volcán, más las líneas y subestaciones asociadas), lo que implica un conocimiento mutuo anterior (comunidades locales y empresa).
Alternativa Alfalfal II 2	Eliminación de interconexión de cuerpos de agua, entre otros, para evitar la intervención de la laguna Negra (riesgos geotécnicos). Cambio de ubicación de la caverna de máquinas (se desplaza al interior del macizo donde está la cámara de carga de la Central Maitenes) de manera de empalmar con la aducción de la central en serie posterior.	Se analizó la rentabilidad del Proyecto con y sin aducción de los afluentes al río Volcán, además de verificar la conveniencia de alternativa con y sin estanque de contrapunta (inicialmente de 270.000 m³). La evaluación económica arrojó que la rentabilidad estaba dada con las alternativas con aducción desde el río Volcán y con estanque de contrapunta. Los resultados económicos indicaron su rentabilidad, al igual que la Alternativa 1	En consideración de la buena calidad del agua de la Laguna Negra respecto de las del Embalse El Yeso y la Laguna Lo Encañado, y su utilización para el consumo humano (agua potable), se decide no intervenir la Laguna Negra, eliminando en el diseño la interconexión de cuerpos de agua.	Los detalles de esta alternativa no fueron sociabilizados en tanto su configuración era aún muy básica.

	Análisis Criterios Técnicos	Análisis Criterios Económicos	Análisis Criterios Ambientales	Análisis Criterios de Contexto (comunidad, ciudadanía en general)
Alternativa Alfalfal II 3	Utiliza criterios técnicos de mayor detalle al contar con estudios básicos e información de terreno. Confirma la factibilidad de proyectar su diseño principalmente de manera subterránea, aprovechando de manera integral los recursos hídricos disponibles pero sobre la base de información de factibilidad de terreno y sus respectivos análisis y estudios.	Los análisis de sensibilidad efectuados a los indicadores económicos, producto de potenciales riesgos propios del proyecto, muestran que estos indicadores varían dentro de rangos acotados y son confiables para tomar decisiones. El escenario o configuración de aprovechamiento que resultó más atractivo desde un punto de vista económico y de rentabilidad es la combinación de las centrales en serie, Alfalfal II y Las Lajas, con una potencia nominal total de 531 MW.	Con la información de terreno fue posible detallar los criterios ambientales, destacando la presencia de áreas con valor ambiental (áreas que cuentan con algún nivel de protección oficial, declaratorias de interés turístico, presencia de vegas y veranadas, identificación de valor ambiental de sector Lo Encañado, etc.). En virtud de ellas, esta alternativa presentó adecuaciones tales como: mejora en obras de captación de alta montaña ubicadas en cuenca del río Volcán y disminución de altura del muro para peralte de Laguna Lo Encañado. Así, el Proyecto no afecta el normal suministro de agua potable a la empresa sanitaria. Se reconoce la sensibilidad respecto de los caudales ecológicos y su potencial restricción adicional, en atención a temas ambientales.	Dada la identificación de áreas con distintos niveles de protección en o cercanos al Proyecto, se analizaron las principales singularidades en la zona de inserción del Proyecto con los organismos correspondientes, de manera de que el Proyecto tomara en consideración las inquietudes que pudieran surgir al respecto.

	Análisis Criterios Técnicos	Análisis Criterios Económicos	Análisis Criterios Ambientales	Análisis Criterios de Contexto (comunidad, ciudadanía en general)
Alternativa Alfalfal II 4	La principal diferencia que presenta esta alternativa es que el diseño final no considera embalse en el sector de Lo Encañado, aunque se continúa utilizando la Laguna Lo Encañado como cámara de carga y regulación horaria de la Central Alfalfal II. La eliminación del peralte de la Laguna Lo Encañado definió un cambio en el estanque de contrapunta, el que se dispuso al poniente de la actual central Alfalfal I, con una capacidad total de 425.000 m³. El diseño de este estanque opera como cámara de carga de la central Las Lajas.	Se mantienen las condiciones de rentabilidad. No se destacan elementos económicos adicionales que hubiesen modificado esta alternativa.	La decisión de descartar el peralte de la Laguna se realizó en atención a la sensibilidad ambiental del área (distintos niveles de protección en el área de emplazamiento del PHAM, atractivo paisajístico, valor ambiental del área, entre otras). Se identificaron elementos del patrimonio cultural, lo que implicó, por ejemplo, el cambio de trazado de obras de cruce de río Yeso para evitar la intervención de ramal del camino del Inca. Respecto del diseño de las captaciones de alta montaña ubicadas en veranadas y vegas, se logró mejorar aún más su diseño, minimizando su intervención y la afectación de la vegetación asociada.	Se realizaron un conjunto de reuniones con los distintos grupos de interés de la comunidad, representados por diversas autoridades y miembros del ámbito local de la comuna. Lo anterior, durante dos fases, una previa al proceso de participación ciudadana formal del EIA sometido a evaluación, y otro, durante el período de 60 días correspondiente a lo regulado por el Reglamento del SEIA. En atención a estas inquietudes, se realizaron una serie de adecuaciones y mejoras al Proyecto.

	Análisis Criterios Técnicos	Análisis Criterios Económicos	Análisis Criterios Ambientales	Análisis Criterios de Contexto (comunidad, ciudadanía en general)
Alternativa Alfalfal II 5	Dado el valor ambiental del sector Lo Encañado (identificado en las prospecciones de terreno y manifestados como de interés por parte de la comunidad), se decide eliminar la conexión con la laguna Lo Encañado. Esto significa una serie de ajustes, donde el principal corresponde a incorporar una Cámara de carga para la Central Alfalfal II, de manera de otorgar estabilidad al sistema hidráulico de la Central. A la vez, constituye la cámara de expansión de la chimenea de equilibrio. La Cámara de carga está ubicada en el sector Alto Aucayes, unos 2 km hacia el oeste de dicho estero, a una altura de 2450 msnm. La cámara de carga, cuyo volumen total es de 48.100 m³, irá completamente excavada en roca.	Se mantienen las condiciones de rentabilidad. No se destacan elementos económicos adicionales que hubiesen modificado esta alternativa.	En conjunto con los criterios ambientales evaluado por los especialistas, los criterios de contexto permitieron comprender la valorización que otorga la comunidad, y con ello, atender las legítimas inquietudes existentes. Cabe indicar que esta alternativa pudo incluir estos asuntos luego de contar con un proceso de participación ciudadana temprana y el correspondiente al contemplado en la participación ciudadana formal, en el marco de la presentación del EIA anterior (2007) al SEIA. Las principales inquietudes y su tratamiento se desarrollan en la descripción de esta alternativa en este capítulo. Se elimina la incorporación de recursos desde el Cajón Las Cortaderas a objeto de contribuir a la mantención del caudal ecológico de la zona del río Yeso identificada como de importancia ambiental (AIA) en el estudio de caudales ecológicos desarrollado para el proyecto (Anexo 17 del EIA). Cabe mencionar que posterior a la aprobación ambiental, se ha continuado recibiendo inquietudes de parte de las autoridades y comunidad, lo que ha implicado ajustes adicionales a la alternativa 5 seleccionada. Se destaca la consulta sobre los efectos en los ríos frente a la salida brusca de servicio de las centrales (cada una por separado, o bien ambas, en caso de una caída del SIC - Blackout). Para ello se definió la incorporación de dispositivos de control e instrumentación, la implementación de un Sistema de Comunicaciones y la definición de reglas de operación, tal que: a) Se mantenga la continuidad del caudal del río Maipo aguas abajo de la obra de descarga, y b) Evitar “golpes de agua” en el río Maipo aguas abajo de la obra de descarga.	

Alternativas para Central Las Lajas

Al igual que para la Central Alfalfal II, la Tabla 2 anterior sintetiza los principales cambios en las obras y pares de la Central Las Lajas, a través de las distintas alternativas analizadas.

Las principales adecuaciones se deben principalmente a criterios de tipo técnico (factibilidad de recursos hídricos, geológicos), ambiental (caudal ecológico, principalmente) y de contexto (ubicación de caverna de máquinas, punto de restitución de los recursos).

A continuación se describirán los principales elementos (obras y partes principales del Proyecto) que se fueron modificando en las distintas alternativas, junto a los criterios aplicados que las configuraron.

Alternativa Las Lajas 1

Esta alternativa, junto con la alternativa 1 de la Central Alfalfal II, corresponde al nivel de diseño más preliminar del Proyecto (año 1990), sobre la base de información principalmente de gabinete. Como se dijo, busca maximizar el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles, pero teniendo en cuenta las condiciones locales que pudieran afectar la factibilidad del proyecto desde el punto de vista de la ingeniería (particularmente los tipos geológicos y cómo ellos podrían definir su configuración).

El esquema general de esta Central corresponde a la conducción de recursos desde la descarga de las centrales Alfalfal I y II, la incorporación de otros recursos hídricos (provenientes de la hoya intermedia del río Colorado, y captados en la bocatoma de la Central Maitenes,) hacia el Túnel Las Lajas, obras para el cruce del río Colorado, el túnel Las Lajas, chimenea de equilibrio, pique de presión, caverna y el túnel de Descarga Las Lajas.

En esta alternativa las obras de conducción de recursos hacia el túnel Las Lajas se inicia en la descarga de la Central Alfalfal II, recolectando recursos desde las descargas de las centrales en operación, para ingresar en un túnel en presión de 15,4 m de largo.

La caverna de máquinas se emplazaba en el macizo rocoso de la ribera izquierda del río Colorado, a aproximadamente 5 km de la confluencia con el río Maipo, cuestión que después fue modificada como se explica posteriormente. El acueducto de descarga al río Maipo es de 9,8 km, cruzando el río Colorado como también el estero El Manzano de forma subterránea. La descarga se produce en sector Las Lajas (ribera derecha del río Maipo, aguas abajo de su confluencia con estero El Manzano. No contempla estanque de contrapunta.

Si bien esta configuración requería de mayor información de terreno para definir su factibilidad y costos asociados, la evaluación económica indicó su rentabilidad e incluso

recomendó iniciar los estudios básicos. Respecto de las consideraciones técnicas, reconoce los riesgos asociados a las complejidades geológicas, aunque siempre se planteó su diseño en un formato subterráneo.

Alternativa Las Lajas 2

Se incorpora mayor información de terreno, mejorando su diseño desde un punto de vista técnico (hidráulico principalmente y con mayor detalle respecto de aspectos geológicos). Considera recursos provenientes de centrales Alfalfal I, Alfalfal II y Nueva Maitenes (central que se estudió como complemento en el PHAM. Recogía recursos provenientes de la hoya intermedia del río Colorado, provenientes a su vez de la Central Maitenes existente y de aguas del estero Aucayes).

Contempla una cámara de carga de 10.000 m³ y el sifón Las Lajas, que cruza bajo el río Colorado en su ribera derecha. El Túnel en presión, de 9,9 m de largo, se desarrollaba entre la ribera derecha del río Colorado y el valle del estero El Manzano. Termina en un pique vertical que lo conectaba a la caverna de máquinas, la que se ubica considerando un techo mínimo de roca, lejanía de zonas de fallas, a unos 700 m del eje del estero El Manzano. El túnel de descarga se contempló en acueducto, cruzando bajo el lecho del estero El Manzano hasta aflorar al río Maipo frente a la subestación Las Lajas. Consideraba un estanque de contrapunta de 270.000 m³ de capacidad, ubicado en planicie entre las quebradas El Toro y El Canelo en la ribera derecha del río Maipo.

La mayor precisión de las obras, permitió evaluar su rentabilidad, la que continúa siendo atractiva al igual que la alternativa inicial, recomendando desarrollar los estudios de factibilidad de la configuración proyectada.

Alternativa Las Lajas 3

Al igual que en el caso de la Alternativa 3 de Alfalfal II, esta Alternativa Las Lajas 3 es la resultante de los estudios de factibilidad (2005), los que permitieron incorporar información de terreno (técnicos, ambientales y de aspectos sociales) al diseño inicial. En este sentido, las definiciones generales descritas para Alfalfal II aplican de la misma forma a Central Las Lajas.

Como resultado de los estudios de factibilidad, se definió que el escenario o configuración de aprovechamiento que resultó más atractivo desde un punto de vista económico y de rentabilidad es la combinación de las centrales en serie; esto es, Centrales Alfalfal II y Central Las Lajas, descartándose la construcción de Central Nueva Maitenes.

Así, se contempla la conducción a superficie libre en canal de 2,4 km de largo de las aguas captadas en el canal de descarga de la central Alfalfal I hasta el estanque de contrapunta de la central Alfalfal II, el que a su vez, opera como cámara de carga de la Central Las Lajas. El cruce del río Colorado se realiza mediante un sifón de 152 m, en tubería de acero. El sifón se desarrolla enterrado bajo el lecho del río y cubierto con un enrocado de protección. Por su parte, el túnel Las Lajas de 22,2 km largo conduce las aguas en presión hasta la chimenea de equilibrio e inicio de la tubería forzada antes de la casa de máquinas de la Central Las Lajas, ubicada al interior del macizo rocoso del Manzano, entre los ríos Colorado y estero El Manzano.

La descarga de la central y restitución de las aguas del río Maipo se realiza mediante un túnel de 4 km, el que en su tramo final se convierte en canal. Se contempla un estanque de contrapunta a la salida del túnel de descarga de la central Las Lajas con un volumen útil de 425.000 m³ y una superficie aproximada de 14 ha. Su ubicación final se prioriza en un área intervenida del Río Maipo.

Alternativa Las Lajas 4

Esta alternativa incluye en su diseño principalmente criterios técnicos, de manera de optimizar el aprovechamiento de los recursos hídricos.

La principal diferencia está dada por la incorporación de los recursos provenientes del estero Quempe (1 m³/s), además los aportes de la Quebrada Aucayes (2 m³/s). No considera Estanque de contrapunta. Este diseño es el que se presentó en la descripción de Proyecto para el EIA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, presentado al SEIA en junio de 2007.

Alternativa Las Lajas 5

Esta alternativa fue la incorporada al EIA sometido durante el 2008 a evaluación ambiental, el que corresponde al proyecto autorizado a través de la RCA 256. En ella se introducen modificaciones respecto del diseño de la alternativa 4 anterior relacionadas con:

- *Cámara de carga:* también opera como estanque de contrapunta para la Central Alfalfal II. Se emplaza junto a la ribera derecha del Río Colorado, en parte excavado y en parte desarrollado mediante muros de tierra. El volumen útil del estanque es de 300.000 m³ (en la alternativa anterior el volumen correspondía a 425.000 m³), desarrollado en una superficie de 75.000 m². Se contempló la instalación de una membrana impermeabilizante en toda la superficie del estanque, un piso de hormigón en el fondo así como también obras para el vaciado y seguridad.

- *Modificación de la ubicación de la casa de máquinas:* se desplaza hacia la ribera izquierda del Río Colorado (sector estero El Sauce) en una caverna excavada en el macizo rocoso. Este cambio de ubicación se realizó en atención a lo solicitado por la comunidad de El Manzano.

En efecto, el Proyecto, en atención a la sensibilidad ambiental del sector El Manzano (esencialmente en su componente social), tuvo que revisar alternativas factibles desde un punto de vista técnico y constructivo, además de nuevos estudios ambientales, para desplazar la ubicación de la caverna de máquinas. De esta forma, sobre la base de los resultados de sondeos y estudios de ingeniería, fue posible evaluar alternativas de relocalización de la casa de máquinas de la central Las Lajas, y consecuentemente de la subestación eléctrica y edificio de control, cuyo emplazamiento se previó inicialmente en el sector El Manzano, así como también la eliminación de la ventana de acceso al túnel ubicada originalmente en este sector, con lo cual se elimina el frente de trabajo y por lo tanto, el flujo vehicular previsto para el mismo.

Todo lo anterior, en respuesta a las inquietudes manifestadas por la comunidad del sector El Manzano, quienes expresaron su disconformidad ante las obras proyectadas en el área, aun cuando éstas cumplieran con las disposiciones legales y normativas vigentes para su construcción y operación.

De esta manera, se solicitó incluir el análisis de alternativas para la ubicación de la casa de máquinas y obras anexas al equipo desarrollador de la Ingeniería Básica del PHAM, tomando en consideración dos criterios:

- 1) **Distanciamiento de centros Poblados:** esto es, considerando como criterio de contexto lo expresado por la comunidad del El Manzano, se solicitó al Consorcio formado por las consultoras CADE-IDEPE, Norconsult y Poch Ingeniería (según consta en minuta de reunión interna de julio de 2007 y en documento sobre Ingeniería Básica desarrollada por el Consorcio de fecha agosto de 2007), ubicar alternativas de emplazamiento tal que se alejara la casa de máquinas y obras anexas de dicha localidad. Lo anterior, dentro de las posibilidades y requerimientos técnicos de este tipo de obras, según se describe en el siguiente criterio aplicado;
- 2) **Criterio técnico:** descrito precedentemente en este documento, en particular respecto de las variables de Geología y Geotecnia, cuestión que durante la Ingeniería Básica del PHAM fue analizada en detalle por el equipo de Ingenieros Geólogos a través de sondeos (se realizaron estudios geosísmicos y geoelectricos), especialmente para el emplazamiento de las obras de Central Las Lajas y, los requerimientos de diseño hidráulico; es decir, cumplir con las alturas de caída y otros que le dan factibilidad técnica al Proyecto.

Así, las adecuaciones descritas implicaron una rectificación de los trazados de los túneles Las Lajas y Alfalfal II y la reubicación de algunas ventanas de acceso, lo cual a su vez, determina la relocalización de ciertos tramos de caminos y de acopios de marina.

- *Túnel de descarga de la Central Las Lajas*: diseñado para descargar aguas directamente en el Río Maipo. Tiene una longitud de 13,3 km y una sección herradura de 35 m², con escurrimiento a pelo libre (excavado en roca).

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

Cabe destacar que la Central Las Lajas se desarrollaba en un área (El Manzano) donde existe una mayor concentración de población. En virtud de ello y luego de haber recogido las inquietudes de la comunidad a través de las alternativas estudiadas, como también la de las autoridades locales y regionales, se adecuaron las medidas de control del Proyecto, principalmente respecto a minimizar los efectos en los flujos viales, en los impactos acústicos durante la construcción, efectos en la calidad del agua durante la construcción de puentes u otras intervenciones de cauces, operación de los campamentos, intervención de vegetación, fauna, etc.

En atención a criterios ambientales, el Proyecto renuncia a la captación de recursos desde el Estero Quempo, cuestión que estuvo siempre contemplada en el PHAM. Lo anterior, en virtud de garantizar el caudal ecológico del río Colorado, flujo que fue definido no solo en función de variables hídricas sino también ambientales y en consideración de otros interesados.

Respecto a inquietudes posteriores a la aprobación ambiental, en la alternativa seleccionada también se incluyeron ajustes (incorporación de dispositivos de control e instrumentación, implementación de un Sistema de Comunicaciones, definición de reglas de operación, etc.) de manera de contrarrestar potenciales efectos en los ríos frente a la salida brusca de servicio de las centrales (cada una por separado, o bien ambas, en caso de una caída del SIC - Blackout), tal que:

- a) Se mantenga la continuidad del caudal del río Maipo aguas abajo de la obra de descarga, y
- b) Evitar “golpes de agua” en el río Maipo aguas abajo de la obra de descarga.

De esta forma, al producirse la salida de servicio de la central Las Lajas, inicialmente el caudal verterá hacia el cauce del río Colorado, a través de un vertedero de seguridad proyectado a la entrada de la cámara de carga. Inmediatamente después, la central Las Lajas iniciará su operación en modo by-pass, dejando pasar por las turbinas un caudal máximo de 32,5 m³/s (50% del caudal de diseño de la central) y dejará de captar los 38 m³/s provenientes de la

descarga de Alfalfal I y de la bocatoma Maitenes. De este modo, haciendo uso de los volúmenes disponibles en la cámara de carga y en el túnel de descarga, de sus deflectores de chorro que permitirán el paso del agua sin generar, la continuidad de flujo en el río Maipo se asegurará siguiendo la secuencia de operación definida para ello.

De esta forma, al igual que para la Central Alfalfal II, tal como se indicó inicialmente, de manera posterior a la aprobación ambiental, y una vez definida la configuración de la Alternativa 5 como la definitiva, se realizaron una serie de ajustes al PHAM, algunos debido a criterios técnicos y otros en atención a lo solicitado por las autoridades, que no correspondieron a modificaciones de consideración para efectos del SEIA. Entre ellos se destaca, el cambio de la cota de turbina, ajustes de la Obra de Descarga al río Maipo y último tramo del trazado del túnel de descarga, aumento de la cámara de expansión de la chimenea de equilibrio de la central Las Lajas, incorporación de estaciones fluviométricas en el río Maipo aguas arriba y abajo de la obra de descarga al río Maipo, sumado al uso de deflectores de chorro durante salidas de servicio de la Central Las Lajas, para el control de las descargas de aguas durante operaciones eventuales.

Resumen de Alternativas para Central Las Lajas

La Tabla 6 siguiente, resume el análisis de alternativas según los distintos criterios utilizados para cada una de ellas:

Tabla 6. Análisis comparado de criterios utilizados en las distintas Alternativas para la Central Las Lajas.

	Análisis Criterios Técnicos	Análisis Criterios Económico	Análisis Criterios Ambientales	Análisis Criterios de Contexto (comunidad, ciudadanía en general)
Alternativa Las Lajas 1	Conforme a la verificación de aspectos geológicos en terreno, se define un proyecto compuesto por centrales de pasada en serie, en el que la mayoría de sus obras y partes se dispondrían de manera subterránea. Esta alternativa prioriza el diseño según el uso racional de los recursos desde un punto de vista hidráulico y de generación.	Dada la situación de escasez de Gas Natural proveniente desde Argentina y las ventajas comparativas del PHAM (principalmente por su ubicación estratégica de cercanía a los centros de consumo y la seguridad de entrega de suministro eléctrico al SIC, frente a una demanda creciente), se hace factible y atractivo avanzar en el Proyecto. Posteriormente, luego de revisar los criterios económicos específicos (según potencia a firme y otras características del proyecto y del mercado), se concluye la conveniencia del PHAM respecto de su rentabilidad. El PHAM se diseñó desde sus inicios como centrales en serie, en el que la rentabilidad estaba dada por el aporte de distintas centrales. Para el caso de la Central Las Lajas, se contempló la conveniencia de incorporar una central adicional denominada Central Nueva Maitenes. El PHAM reconoció su rentabilidad sin considerar esta Central Nueva Maitenes, la que se continuó estudiando, descartándose finalmente en los estudios de factibilidad (Alternativa 3).	Esta alternativa prioriza el diseño según el uso racional de los recursos desde un punto de vista hidráulico y de generación. El proyecto reconoce los principales aspectos ambientales que pueden incidir directamente en su diseño y rentabilidad (geología, factibilidad de recursos, características de alta montaña, etc.).	Existencia de otros proyectos de AES Gener desde inicios del siglo pasado (Complejo Cordillera: centrales Alfalfal I, Maitenes, Queltehues y Volcán, más las líneas y subestaciones asociadas), lo que implica un conocimiento mutuo anterior (comunidades locales y empresa).

	Análisis Criterios Técnicos	Análisis Criterios Económico	Análisis Criterios Ambientales	Análisis Criterios de Contexto (comunidad, ciudadanía en general)
Alternativa Las Lajas 2	Con mayor información de terreno, esta alternativa verifica una mejora en su diseño desde un punto de vista técnico (hidráulico principalmente y con mayor detalle respecto de aspectos geológicos). Considera recursos provenientes de centrales Alfalfal I, Alfalfal II y Nueva Maitenes (central que se estudió como complemento en el PHAM. Recogía recursos provenientes de la hoya intermedia del río Colorado, provenientes a su vez de la Central Maitenes existente y de aguas del estero Aucayes).	La mayor precisión de las obras, permitió evaluar su rentabilidad, la que continúa siendo atractiva al igual que la alternativa inicial, recomendando desarrollar los estudios de factibilidad de la configuración proyectada.	Los criterios ambientales aplicados fueron aquellos relacionados con la incorporación de recursos hídricos, contemplando caudales ecológicos restrictivos. Los aspectos geológicos y de riesgos asociados fueron incorporados para el emplazamiento y diseño de sus obras.	Los detalles de esta alternativa no fueron sociabilizados en tanto su configuración era aun muy básica.

	Análisis Criterios Técnicos	Análisis Criterios Económico	Análisis Criterios Ambientales	Análisis Criterios de Contexto (comunidad, ciudadanía en general)
Alternativa Las Lajas 3	Utiliza criterios técnicos de mayor detalle al contar con estudios básicos e información de terreno. Confirma la factibilidad de proyectar su diseño principalmente de manera subterránea, aprovechando de manera integral los recursos hídricos disponibles pero sobre la base de información de factibilidad de terreno y sus respectivos análisis y estudios.	Como resultado de los estudios de factibilidad, se definió que el escenario o configuración de aprovechamiento que resultó más atractivo desde un punto de vista económico y de rentabilidad es la combinación de las centrales en serie; esto es, Centrales Alfalfal II y Central Las Lajas, descartándose la construcción de Central Nueva Maitenes.	La Central Las Lajas se desarrolla en un área donde existe mayor concentración de población. En consecuencia, los criterios ambientales se valoran no solo en función de su componente técnico sino que también según el valor que le otorgan los distintos interesados, ya sea ellos habiten en el lugar, desarrollen actividades económicas en el entorno, visitantes, turistas, etc. En este sentido, las alternativas estudiadas inician sus ajustes en función de una combinación e interacción de criterios ambientales y de contexto. En esta alternativa, en atención de lo anterior, se priorizó la ubicación del lugar de descarga de la Central Las Lajas en un área intervenida del Río Maipo.	

	Análisis Criterios Técnicos	Análisis Criterios Económico	Análisis Criterios Ambientales	Análisis Criterios de Contexto (comunidad, ciudadanía en general)
Alternativa Las Lajas d)	Incluye en su diseño principalmente criterios técnicos, de manera de optimizar el aprovechamiento de los recursos hídricos. La principal diferencia está dada por la incorporación de los recursos provenientes del estero Quempo (1 m³/s), además los aportes de la Quebrada Aucayes (2 m³/s). No considera Estanque de contrapunta.	Se mantienen las condiciones de rentabilidad. No se destacan elementos económicos adicionales que hubiesen modificado esta alternativa.	Con el input de la participación ciudadana temprana, tanto de autoridades locales, regional como de la comunidad local, el PHAM se fue sensibilizando respecto de otros usos e intereses, identificando las principales inquietudes de manera de incorporar medidas en el diseño y operación del Proyecto. El componente de principal preocupación durante la operación del Proyecto corresponde a la disponibilidad de agua para todos los usos que se verifican en la zona y la mantención de todos los derechos constituidos. El Proyecto se diseña con caudales ecológicos en atención a ello. Otra preocupación tiene relación con los potenciales efectos durante la construcción del PHAM y la consecuente alteración en los flujos viales, potenciales ruidos producto de tronaduras, calidad del agua, emisión de material particulado, etc. Esta alternativa contempla medidas de control que son similares a las presentadas en el EIA de 2008, las que fueron evaluadas por la autoridad, considerándose adecuadas.	

	Análisis Criterios Técnicos	Análisis Criterios Económico	Análisis Criterios Ambientales	Análisis Criterios de Contexto (comunidad, ciudadanía en general)
Alternativa Las Lajas 5	En respuesta a las inquietudes de la Comunidad, se desplazó la casa de máquinas, inicialmente proyectada en la cercanía del sector de El Manzano, hacia la ribera izquierda del Río Colorado en una caverna excavada en el macizo rocoso, en el sector del estero El Sauce. Se analizaron alternativas de emplazamiento para la casa de máquinas y sus obras anexas tomando en consideración el distanciamiento a esta localidad, como también criterios técnicos referidos a precisiones de características geológicas y geotécnicas de la zona y el contar con las alturas de caída y otros aspectos de diseño hidráulico que le dan factibilidad técnica al PHAM. Consecuentemente, se requirió realizar modificaciones respecto del emplazamiento de la subestación eléctrica y edificio de control. También se rectificaron los trazados de los túneles Las Lajas y Alfalfal II y se reubicaron algunas ventanas de acceso, lo cual a su vez, determina la relocalización de ciertos tramos de caminos y de acopios de marina.	Se mantienen las condiciones de rentabilidad. No se destacan elementos económicos adicionales que hubiesen modificado esta alternativa.	La comunidad del sector El Manzano expresó su disconformidad ante las obras proyectadas en el área, aun cuando éstas cumplieran con las disposiciones legales y normativas vigentes para su construcción y operación. Por ello se revisaron alternativas factibles desde un punto de vista técnico y constructivo, además de nuevos estudios ambientales para desplazar la ubicación de la caverna de máquinas. De esta forma, sobre la base de los resultados de sondeos y estudios de ingeniería, fue posible evaluar alternativas de relocalización de la casa de máquinas de la central Las Lajas y sus consecuentes modificaciones al resto de las obras. Destaca la renuncia de captación de recursos desde el estero Quempo, en atención a garantizar el caudal ecológico definido para el río Colorado. Se adecuaron las medidas de control del Proyecto, principalmente respecto a minimizar los efectos en los flujos viales, en los impactos acústicos durante la construcción, efectos en la calidad del agua durante la construcción de puentes u otras intervenciones de cauces, operación de los campamentos, intervención de vegetación, fauna, etc. De igual forma que para la Central Alfalfal II, se consideraron las inquietudes posteriores a la aprobación ambiental, en particular respecto de efectos en los ríos frente a la salida brusca de servicio de las centrales. En esta Central también se incorporaron dispositivos de control e instrumentación, la implementación de un Sistema de Comunicaciones y la definición de reglas de operación, de manera de contrarrestar potenciales efectos en el río Maipo.	

Descripción de la Alternativa Seleccionada

La alternativa seleccionada, que corresponde a la aprobada por la COREMA de la Región Metropolitana (autoridad ambiental) se describe en el Considerando 3 de la Resolución Exenta que aprueba el EIA del PHAM. Literalmente corresponde a:

Central Alfalfal II

La Central Alfalfal II, diseñada para un caudal de $27 \text{ m}^3/\text{s}$, recibe las aguas captadas desde esteros ubicados en la parte alta del Río Volcán, las que se conducen hasta el valle del Río Yeso a través del túnel El Volcán. En el sector alto del Río Volcán, se captará hasta un máximo de $12,8 \text{ m}^3/\text{s}$, por medio de 4 bocatomas que interceptan los diversos brazos de esteros que confluyen y forman la rama norte del Río Volcán, el que a su vez descarga en el Río Maipo. Los cuatro esteros captados son: Engorda, Colina, Las Placas y El Morado. El caudal recolectado se conduce hasta el túnel El Volcán por medio de un acueducto enterrado. Los caudales captados son desripados en los sitios de las bocatomas y desarenados en conjunto, antes de entrar al túnel Volcán. El túnel Volcán recoge las aguas captadas en la zona alta del Río Volcán y las conduce hasta el valle del Río Yeso, donde se recibe el aporte de este último a través de un ducto enterrado que se desarrolla entre la bocatoma ubicada en el Río Yeso y un pozo de toma ubicado a la salida del túnel Volcán que reúne ambos caudales.

Desde el pozo de toma el flujo es conducido hasta el túnel Alfalfal II a través de un conducto en presión, el cual tiene una longitud de 13.600 m., hasta alcanzar el extremo superior del pique en presión. Ligeramente aguas arriba del comienzo del pique, se ubica la chimenea de equilibrio y la Cámara de Carga de esta Central. La altura bruta de caída se estima en 1.146 m.

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

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

Central Las Lajas

La Central Las Lajas está diseñada para un caudal de $65 \text{ m}^3/\text{s}$, recibe las aguas generadas de las Centrales Alfalfal y Alfalfal II, además de los aportes de la cuenca intermedia del Río Colorado ubicada entre las bocatomas de la Central Alfalfal (Colorado y Olivares) y la actual bocatoma de la Central Maitenes. A ello se agregan el aporte de la quebrada Aucayes.

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

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

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

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

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

Obras Superficiales

Las obras superficiales contempladas en el proyecto corresponden a bocatomas, ductos, cámaras de carga, sifones y puentes.

Captaciones

El Proyecto considera la captación de recursos en ocho diferentes puntos de la cuenca alta del Río Maipo.

Central Alfalfal II:

- Cajón Del Morado
- Cajón La Engorda
- Estero Colina
- Quebrada Las Placas
- Río Yeso

Central Las Lajas:

- Canal de descarga Alfalfal
- Río Colorado en Bocatoma Maitenes
- Canal 2 de la Central Maitenes (Rama estero Aucayes)

Sólo cinco puntos de captación requieren la construcción de nuevas bocatoma, aquellas ubicadas en los valles de los Ríos Volcán y Yeso. En el valle del Río Colorado (Central Las Lajas) todas las captaciones se hacen desde obras existentes.

- Cuenca alta del Río Volcán:

El sistema Alto Volcán de la Central Alfalfal II comprende un conjunto de 4 bocatoma destinadas a captar las aguas de la cuenca alta del Río Volcán, en particular, de los esteros La Engorda, Colina, Las Placas y El Morado. Las aguas captadas por las bocatoma se conducen por acueductos. El primer tramo, que conduce las aguas desde La Engorda hasta el estero Colina, y el segundo, que conduce las aguas captadas por los esteros La Engorda y Colina al cual se le suman las aguas captadas en el estero Las Placas. Después de cruzar en sifón el estero El Morado, se le suman las aguas del estero del mismo nombre, para descargar en un desarenador común. Las aguas desarenadas se conducen finalmente hacia el túnel El Volcán.

- Valle del Río Yeso: Bocatoma El Yeso

La bocatoma El Yeso se ubica unos 700 m aguas abajo del embalse El Yeso, y su objetivo es captar el aporte del Río Yeso para conducirlo al sistema de la Central Alfalfal II.

- Valle del Río Colorado: Bocatoma de la Central Maitenes

Corresponde a la bocatoma de la Central Maitenes en el Río Colorado. La bocatoma fue construida en 1923 y reconstruida en 1989, luego del aluvión de 1987.

- Conexión al canal de descarga Alfalfal

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

- Canal 2 de la Central Maitenes:

Este canal actualmente conduce hasta 2 m³/s de las aguas del estero Aucayes desde la bocatoma existente hasta el estanque de carga de la Central Maitenes. El aprovechamiento de estas aguas se efectuará conectando dicho canal con el túnel de aducción de Las Lajas mediante un pique vertical de unos 150 m de profundidad.

Conducciones

El PHAM considera la construcción de diversas conducciones que conectarán las obras de captación con los túneles. En general se trata de ductos de hormigón y tuberías de acero que irán enterrados ocupando plataformas cuyo ancho máximo será de 10 m excavados en terreno natural. El detalle de estas conducciones, es el siguiente:

- Acueducto Engorda-Colina

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

- Acueducto El Volcán

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

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

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

- Conducción Río Yeso

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

- Alimentación cámara de carga Las Lajas

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

- Derivación desde el Canal 1 de la Central Maitenes

La obra de derivación se ubica aproximadamente a unos 400 m aguas abajo de la bocatoma Maitenes; atraviesa el camino que va hacia la Central Alfalfal y alimenta un desarenador

compuesto de dos naves en paralelo, para continuar cruzando el Río Colorado mediante un sifón hasta la Cámara de Carga de Las Lajas.

- Aducción Central Las Lajas

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

Cámaras de Carga

- Central Las Lajas

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

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

- Central Alfalfal II

La Cámara de carga de la Central Alfalfal II otorga estabilidad al sistema hidráulico de la Central y constituye la cámara de expansión de la chimenea de equilibrio. Está ubicada en el sector Alto Aucayes unos 2 km hacia el oeste de dicho estero, a una altura de 2450 msnm. La cámara de carga, cuyo volumen total es de 48.100 m³, irá completamente excavada en roca.

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

Subestación Eléctrica (S/E)

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

Puentes y Obras Menores de Cruce

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

Sifones

El PHAM considera la construcción de 4 sifones que cruzarán el estero El Morado y los Ríos Yeso y Colorado. Las características generales de estos sifones, se indican en la siguiente tabla:

Características Generales de los Sifones:

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

Obras de Descarga

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

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

- Obra de Descarga al Río Colorado

La obra de descarga al Río Colorado se materializa mediante vertedero de hormigón armado que considera disipadores de energía hidráulica diseñados de manera tal que la entrega del agua al curso del Río sea hecha sin producir alteración hidráulica.

- Obra de Descarga al Río Yeso

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

- Obras descarga al Río Maipo

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

Obras Subterráneas

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

- Túneles

El proyecto contempla la construcción de un total de 70 km de túneles de los cuales, aproximadamente, 60 km corresponden a los túneles hidráulicos, y el resto lo constituyen las ventanas de acceso a los túneles principales; los túneles de acceso a las cavernas de máquinas y los respectivos túneles de descarga de ambas Centrales.

Túneles de aducción, acceso y descarga

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

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

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

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

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

Túnel de acceso a la Central Las Lajas: este túnel se desarrolla entre el portal de acceso ubicado en el valle del Río Colorado, a la cota 1.025 m.s.n.m hasta la caverna de máquinas que alojará los equipos de generación de la Central. Tiene una longitud de 2,0 Km. y una sección de 38 m².

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

Túnel de descarga Las Lajas: el túnel de descarga de esta Central tiene una sección de 33 m² y una longitud de 13,54 Km., conduce a flujo libre las aguas generadas por la Central Las Lajas hasta descargarlas al Río Maipo.

Chimeneas de Equilibrio

Las chimeneas de equilibrio, son necesarias para absorber los fenómenos transientes de la operación de las Centrales (tomas y rechazos de carga).

Ambas Centrales contarán con chimeneas de equilibrio, cuyas características específicas serán definidas en la etapa de ingeniería de detalle. En general se trata de piques verticales con un área de expansión en su parte superior, que se conectan a los respectivos túneles de aducción.

- Chimenea Alfalfal II

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

- Chimenea Las Lajas

La chimenea de Las Lajas está ubicada en las coordenadas E: 380.380 N: 6.286.850 y estará compuesta por un pique de comunicación entre el terreno y el cuerpo de la chimenea, el cual será de 5m de diámetro y 152.7 m de altura.

Cavernas de Máquinas

Las casas de máquinas estarán instaladas en sendas cavernas excavadas en el macizo rocoso, ocupando una superficie total de 1500 m², para el caso de la Central Alfalfal II y 1700 m² para Las Lajas.

Al interior de las cavernas de máquinas, se alojará el equipamiento electromecánico compuesto por turbinas tipo Pelton.

Alternativas de Trazado para la Nueva Línea de Transmisión

El sistema de transmisión eléctrica autorizado del PHAM consta de dos líneas de 17,1 km de extensión total, que permitirá conectar al Sistema Interconectado Central (SIC) las centrales Las Lajas y Alfalfal II. Estas líneas corresponden a:

- Línea entre S/E Maitenes y S/E Alfalfal: de un circuito de 110 kV y 7,6 km de longitud.
- Línea entre Central Alfalfal II y S/E Alfalfal: de dos circuitos de 220 kV y 9,5 km de longitud.

Con esta configuración, el Proyecto aprovechará la línea de transmisión existente entre la S/E Alto Maipo y la S/E Maitenes para la conexión de la Central Las Lajas.

Al respecto, se debe indicar que durante las etapas tempranas del diseño del PHAM se analizaron distintas posibilidades de conexión al SIC entre las que se encuentran:

1. Conexión de ambas centrales a la SE Nueva Florida 220 Kv (con y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV existente).
2. Conexión de ambas centrales a la SE Los Almendros 220 Kv (con y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV existente).
3. Conexión simultánea de ambas centrales a la SE Nueva Florida y Los Almendros 220 Kv (con y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV existente).
4. Conexión de ambas centrales vía Central Alfalfal I (con y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV existente).
5. Conexión separada de las centrales. Alfalfal II a Alfalfal y Las Lajas a Florida (con y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV existente).
6. Conexión separada de las centrales a SE Nueva Florida (con y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV existente).
7. Alternativa Vigente. Conexión simultanea de ambas centrales al sistema 110 kV Maitenes y Queltehues con Florida y al sistema 220 kV Alfalfal Los Almendros.

En el análisis de cada alternativa planteada se tomaron en consideración los siguientes criterios:

Técnico: en tanto en el área donde se emplaza el PHAM ya se encuentran operando centrales hidroeléctricas y, en consecuencia, subestaciones y líneas eléctricas asociadas, se tomó en consideración los requerimientos de nuevas líneas, capacidad de líneas existentes,

requerimiento de ampliación o construcción de subestaciones eléctricas, el aprovechamiento de las franjas de servidumbre existentes y, por sobre todo, el cumplimiento de la normativa sectorial, principalmente de los aspectos regulados tendientes a entregar seguridad en el suministro eléctrico.

Económico: para cada alternativa, se analizaron los costos asociados, cuyo monto valorizado en el “Costo Total” corresponde a la suma de la inversión inicial más el costo de las pérdidas actualizadas por transmisión. Así, según los requerimientos técnicos de cada alternativa (longitud, energía a transportar, tipo de circuito, etc.) y las distintas combinaciones posibles para dar servicio al PHAM y a las centrales existentes, el Costo Total de cada alternativa permitió considerar aspectos de eficiencia.

Ambiental: el diseño final del trazado se estableció como resultado de un estudio de las distintas variables de localización de modo de minimizar los impactos, considerando las características naturales del área prevista para el emplazamiento del Proyecto. En consecuencia, el trazado se estableció próximo a la vialidad existente y proyectada (futuro camino de acceso a la Central Alfalfal II), aprovechando fajas de terrenos ya intervenidas, y evitando la habilitación de nuevos accesos para la construcción de las torres.

Social y de Contexto: uno de los aspectos más sensibles de las líneas eléctricas, desde su perspectiva social, corresponde a la necesaria obtención de servidumbres de paso, las cuales “gravan” las franjas de ocupación de los predios o propiedades que las contienen. En este sentido, lo que se busca en la obtención de estas servidumbres de paso es lograr acuerdos voluntarios con los propietarios de los terrenos potencialmente afectados por donde pasarán las nuevas líneas. Así, el análisis de alternativas privilegió el uso de líneas existentes y la menor afectación de predios o propiedades de terceros. En este caso se afecta sólo un predio cuya propiedad es del Fisco, administrada por el Ejército de Chile, y se cuenta con un acuerdo con ambas instituciones.

Aplicando los criterios antes detallados, se arribó a la conclusión que la alternativa propuesta a evaluación por las autoridades, y la que en definitiva se aprobó, corresponde a la que pondera de mejor forma las distintas variables, complementando y sirviendo al PHAM de manera sustentable.

Una vez seleccionada la alternativa, se procedió a la etapa de ingeniería básica, la que cuenta con todos los antecedentes y referencias de terreno para realizar el micro-ruteo. De este modo, los criterios considerados para la localización del Proyecto fueron los siguientes:

- Se privilegiaron las áreas próximas a la vialidad y huellas existentes, así como las áreas ya intervenidas para la ubicación de torres.
- La ubicación de las estructuras se estableció prefiriendo las áreas sin vegetación nativa en categoría de conservación.

En relación a la selección del tipo de torres, se escogió las de tipo reticuladas autosoportantes porque es el tipo de estructura que puede ser llevada a sitios de topografía abrupta con una mínima intervención de terreno, no requieren de tirantes que aumentarían el área de influencia y mayores servidumbres, ni estructuras de grandes volúmenes y peso que requerirían caminos y huellas para vehículos pesados de transporte.

En relación a aspectos constructivos, corresponde señalar que el diseño de las fundaciones para torres nuevas indica mayoritariamente fundaciones de tipo parrilla, lo que permite utilizar el material de la excavación en el mismo relleno, minimizando, en la medida de lo posible, los requerimientos de hormigón para fundaciones.

El método constructivo de las líneas nuevas y ampliación de la S/E Alfalfal, propone acceder a las estructuras utilizando los caminos principales; es decir, Ruta G-345 y futuro camino de acceso a la Central Alfalfal II. Es importante consignar que de no ser posible acceder al sitio contemplado para la construcción de las estructuras mediante las vialidades antes mencionadas, se privilegiará el transporte de las estructuras y otros elementos mediante métodos de tracción animal, empleando las huellas existentes u otros métodos para evitar o minimizar la habilitación de huellas y caminos en el sector.

Durante la construcción y previo al movimiento de tierra para el emplazamiento de las torres de alta tensión, el método constructivo indica:

- el rescate de las especies vegetales, arbustos principalmente, los cuales serán trasplantados en las proximidades de las torres. Esta actividad no afectará a especies nativas en categoría de conservación.
- Se estima un total de 1.300 m³ de material excavado para las fundaciones y malla de tierra de la línea, el cual será reutilizado como relleno en las fundaciones en un 50% aproximadamente; el material sobrante será dispuesto en forma compacta y uniforme en zonas aledañas a las obras, de modo de alterar lo menos posible la forma original del terreno, así como las formaciones vegetacionales allí existentes.
- Una vez ejecutadas las obras de construcción, se limpiarán todos los eventuales residuos y elementos menores que pudieran quedar en los sectores aledaños a las estructuras y frentes de trabajo, y que no hayan sido retirados durante la ejecución de la obra.

Con todo lo anterior, se estima que el Sistema Eléctrico propuesto para dar servicio al PHAM minimiza los impactos ambientales y sociales.

A modo de resumen, la Tabla 7 siguiente detalla los criterios aplicados en la selección de las alternativas analizadas.

Tabla 7. Análisis de los criterios aplicados en Alternativas de Trazado Eléctrico del PHAM

Alternativas evaluadas	Criterios			
	Técnico	Económico	Ambiental	Social-Cultural o de Contexto
1.- Conexión de ambas centrales a la SE Nueva Florida 220 kV (con y sin uso de franja de servidumbre de línea de 110 kV existente).	Esta alternativa, evaluada en el período 2005-2006, se desarrolló sobre la base de los planes de Chilectra de la época, que contemplaban la construcción de una S/E Nueva Florida, aledaña a la actual S/E Florida. La alternativa incluía: - Dos líneas de doble circuito en 220 kV, una entre la Central Alfalfal II y la central Las Lajas, y otra entre Las Lajas y la S/E Nueva Florida. - Dos líneas de 220 kV entre el lugar de apertura de la línea Alto Jahuel Almendros de 220 kV y las cercanías de la actual S/E Florida. La S/E Nueva Florida seccionaría la actual línea de 220 kV Alto	Costo Total: - SFS⁴: MMUS\$ 36 - CFS⁵: MMUS\$ 46 Longitud Tendido Eléctrico 39 km Tipo de circuito: 220 kV Capacidad de transporte (por circuito): Alfalfal II Las Lajas: 275 MVA Las Lajas Florida: 550 MVA En la alternativa "Sin uso de franja de Servidumbre", en tanto el trazado se desarrollaba en áreas altamente pobladas, el costo se asumió como significativamente mayor debido a la obtención de	En esta etapa sólo se efectuó un diagnóstico ambiental general del proyecto (sin estudios de terreno), pudiendo analizar dos aspectos: - Visibilidad de la Línea (afectación del Paisaje). - Porcentaje de nuevas intervenciones respecto de la cantidad total de kilómetros. Sin duda la opción que utilizaba franja existente incidía en un menor porcentaje de intervención de un tramo, pero a su vez, afectaba mayormente a la población residente y sus actividades económicas. No obstante lo anterior, en la evaluación ambiental preliminar realizada, se consideró ambientalmente factible la	El desarrollo de esta alternativa implicaba la intervención de la Cuenca visual en áreas de turismo, lo que habría significado una potencial afectación para esta actividad. Ya sea con o sin reutilización de servidumbre existente, igualmente se tenía que negociar con propietarios, cuestión en la que no se avanzó.

⁴ SFS: costo sin considerar valor asociado a negociaciones de servidumbre de paso.

⁵ CFS: costo incluyendo valor asociado a negociaciones de nuevas servidumbres y/o ampliar existentes.

	Jahuel - Los Almendros. Su construcción, ubicación e inversión de responsabilidad de Gener S.A., serían temas a negociar con Chilectra S.A. Servidumbre reutilizada: 32 km Nueva servidumbre: 2.5 km	nuevas servidumbres. Por otro lado, el uso de las actuales servidumbres con el cambio de tensión a 220 kV requería mayor ancho de franja de servidumbre, con los consiguientes costos asociados.	ejecución del proyecto en el área analizada.	
2.- Conexión de ambas centrales a la SE Los Almendros 220 KV (con y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV existente).	Esta alternativa, evaluada en el período 2005-2006 se desarrolló sobre la base de llegar directamente a la S/E Los Almendros, existente, de 220 kV de Chilectra. La alternativa contemplaba dos líneas de doble circuito en 220 kV, una entre la Central Alfalfal II y la central Las Lajas, y otra entre Las Lajas y la S/E Los Almendros. Servidumbre reutilizada: 29 km Nueva servidumbre: 13 km Esta solución evitaba la apertura de la línea de Chilectra, de 220 kV Alto Jahuel Los Almendros	Costo Total: SFS MMUS\$ 34 CFS: MMUS\$ 45 Longitud Tendido Eléctrico 42 km Tipo de circuito: 220 kV Capacidad de transporte (por circuito): Alfalfal II Las Lajas: 275 MVA Las Lajas Los Almendros: 550 MVA Al igual que en la alternativa anterior, en la opción "Sin uso de Servidumbre" la necesidad de negociar servidumbres podía implicar un mayor costo del	Al igual que en el caso anterior, el diagnóstico ambiental preliminar (sin información específica de terreno) concluyó que el trazado propuesto era factible de realizar. No obstante, desde el punto de vista paisajístico, se debe considerar que la Línea atravesaba el pie de monte del sector oriente de la ciudad de Santiago, donde existen otros tendidos que se integran bien en el paisaje.	Al igual que en el caso anterior, el desarrollo de esta alternativa implicaba la intervención de la Cuenca visual en áreas de turismo, lo que habría significado una potencial afectación para esta actividad. Se destaca que, incluso con la opción utilizando servidumbre otorgada, igualmente se requería de 13 km adicionales de servidumbre, ubicadas en un sector cercano a lugares densamente poblados.

		proyecto, aunque en este caso, incluso mayor que en la opción 1 ya que el tendido era de mayor longitud y la posibilidad de reutilizar servidumbres otorgadas también es menor. De cualquier forma, en el caso de reutilizar servidumbres otorgadas, igualmente era requerimiento volver a negociar con los respectivos propietarios un ancho mayor. Parte de lo que se requería negociar se ubicaba en una longitud de 13 km en el sector oriente de la ciudad de Santiago (para llegar a S/E Los Almendros); sector de mayor plusvalía.		
3.- Conexión simultánea de ambas centrales a la SE Nueva Florida y Los Almendros 220 KV (con y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV	Esta alternativa, evaluada en el período 2005-2006 se desarrolló sobre la base de llegar a la nueva S/E Florida de 220 kV de Chilectra y construir un circuito simple para unir el sistema a la S/E Alfalfal.	Costo Total: SFS MMUS\$ 36 CFS: MMUS\$ 48 Longitud total 44 km Tipo de circuito: 220 kV Capacidad de transporte	Cabe el mismo análisis que para el caso anterior.	Cabe el mismo análisis que para el caso anterior.

existente).	La alternativa contemplaba: Tres líneas de 220 kV, dos de doble circuito, una entre la Central Alfalfal II y la central Las Lajas, y otra entre Las Lajas y la S/E Los Almendros. Además una línea de simple circuito entre Alfalfal II Alfalfal I La S/E Nueva Florida, seccionaría la actual línea de 220 kV Alto Jahuel - Los Almendros. Su construcción, ubicación e inversión de responsabilidad de Gener S.A., serían aspectos a negociar con Chilectra S.A., Servidumbre reutilizada: 32 km Nueva servidumbre: 10 km Desde un punto de vista técnico, esta configuración resulta más compleja.	(por circuito): Alfalfal II Las Lajas:140 MVA Las Lajas Los Almendros: 410 MVA Alfalfal II Alfalfal:140 MVA Al igual que en caso anterior, la incertidumbre de los costos estaban asociados a la necesidad de negociar servidumbres con propietarios.		
4.- Conexión de ambas centrales vía Central Alfalfal I (con y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV	Esta alternativa, evaluada en el período 2005-2006 se desarrolló sobre la base de llegar a la S/E Alfalfal, existente, de 220 kV y construir un segundo doble circuito de 220 kV entre Alfalfal y Los Almendros de Chilectra	Costo Total: SFS MMUS\$ 40 CFS: MMUS\$ 42 Longitud LT 67 km Tipo de circuito: 220 kV	Alternativa de mayor longitud y que requería mayor intervención de trazados sin servidumbre. Igualmente, el trazado propuesto atravesaba el pie de monte del sector oriente de la ciudad de	Corresponde a un trazado sobre áreas densamente pobladas lo que implicaba una negociación más compleja y eventuales

existente).	La alternativa contemplaba: Tres líneas de 220 kV de doble circuito, una entre la Central Alfalfal II y la central Las Lajas, otra entre Alfalfal II, y Alfalfal I y una tercera entre Alfalfal I y Los Almendros. Servidumbre reutilizada: 15 km Nueva servidumbre: 52 km Esta solución evitaba la apertura de la línea de Chilectra, de 220 kV Alto Jahuel Los Almendros. Corresponde a una configuración más compleja que la anterior.	Capacidad de transporte (por circuito): Alfalfal II Las Lajas: 270 MVA Alfalfal II Alfalfal: 550 MVA Alfalfal I Los Almendros 740 MVA Al ser más extensa y requerir nueva servidumbre de 52 km, se asumió que el costo final asociado ascendía considerablemente. Además, requería construir una segunda línea de 220 kV entre Alfalfal y Los Almendros, por zona de alta cordillera y expuesta a fuertes vientos y nieve, lo que corresponde a una dificultad económica y técnica.	Santiago.	mayores oposiciones.
5.- Conexión separada de las centrales. Alfalfal II a Alfalfal y Las Lajas a Florida (con	Esta alternativa, evaluada en el período 2005-2006 se desarrolló sobre la base de llegar en forma separada desde la Central Las Lajas a la S/E Nueva Florida de 220 kV y la central Alfalfal II a la	Costo Total: SFS MMUS\$ 41 CFS: MMUS\$ 48 Longitud Línea de	La posibilidad de reutilizar franjas ya intervenidas en esta alternativa era menor. Se trata de 55 km de faja nueva a habilitar con sus respectivas negociaciones con propietarios.	Como se dijo, esta alternativa requería desarrollarse por sectores poblados, en una longitud de alrededor 45 km. Las

y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV existente).	S/E Alfalfal I, existente, de 220 kV y construir un simple circuito de 220 kV entre Alfalfal y Los Almendros de Chilectra. La alternativa contemplaba: Tres líneas de 220 kV, una de doble circuito entre Central Las Lajas y Florida, una entre la Central Alfalfal II y la Central Alfalfal I, y una tercera, de simple circuito, entre Alfalfal I y S/E Los Almendros La S/E Nueva Florida seccionaría la actual línea de 220 kV Alto Jahuel - Los Almendros. Su construcción, ubicación e inversión de responsabilidad de Gener S.A., serían temas a negociar con Chilectra S.A., Servidumbre reutilizada: 17 km Nueva servidumbre: 55 km	Transmisión 74 km Tipo de circuito: 220 kV Capacidad de transporte (por circuito): Las Lajas N. Florida: 270 MVA Alfalfal II Alfalfal: 280 MVA Alfalfal I Los Almendros 470 MVA Se requería obtener servidumbres en una longitud de 55 km ente Alfalfal II y Los Almendros, lo que implica en costos más elevados para su construcción. Al igual que la anterior, se requería construir una segunda línea de 220 kV entre Alfalfal y Los Almendros, por zona de alta cordillera y expuesta a fuertes vientos y nieve	Parte del trazado nuevo, alrededor de 45 km, se desarrollaba por un área poblada, afectando su entorno.	negociaciones correspondientes se asumieron como complejas por el número de propietarios con el que se debía llegar a acuerdo.
6.- Conexión separada de las centrales a SE Nueva Florida (con	Esta alternativa, evaluada en el período 2005-2006 se desarrolló sobre la base de conectar las centrales en forma separada. La	Costo Total: SFS MMUS\$ 37 CFS: MMUS\$ 48	Esta alternativa planteaba intervenir una longitud menor de franja para servidumbre. Preliminarmente, no se	Se previó que la negociación de 30 km adicionales de servidumbre podría

y sin uso de servidumbre para línea de 110 kV existente).	Central Las Lajas, mediante su línea a la S/E Nueva Florida de 220 kV y la central Alfalfal II separadamente, mediante otra línea a la misma subestación Nueva Florida. La alternativa contemplaba: Dos líneas de 220 kV, una de doble circuito entre Central Las Lajas y Florida, una de un circuito entre la Central Alfalfal II y S/E Florida. La S/E Nueva Florida, seccionaría la actual línea de 220 kV Alto Jahuel - Los Almendros. Su construcción, ubicación e inversión de responsabilidad de Gener S.A., serían temas a negociar con Chilectra S.A., Servidumbre reutilizada: 35 km Nueva servidumbre: 17 km	Longitud LT 54 km Tipo de circuito: 220 kV Capacidad de transporte: Alfalfal II Florida: 280 MVA Las Lajas Florida: 270 MVA Esta alternativa, al ser más corta que las dos anteriores, incidía en menores costos de implementación; sin embargo, alrededor de 30 km entre nueva servidumbres y la que debía renegociarse para implementar el doble circuito, incidía en una incertidumbre respecto del costo total, debido a los necesarios acuerdos con los respectivos propietarios para las servidumbres de paso.	detectaron temas ambientales particulares, a excepción de que los cerca de 30 km requeridos se desarrollan en sectores densamente poblados.	ser compleja ya que correspondía a sectores densamente poblados.
7.- Alternativa Vigente. Conexión simultánea de ambas centrales al sistema 110 kV Maitenes y	Esta alternativa vigente considera conectar las dos centrales al sistema existente, uniéndolos de modo de generar un sistema de transmisión de cuatro circuitos,	Costo total de la alternativa. MMUS\$43 Capacidad de transporte de	Estudio ambiental de las nuevas líneas, aprobado. Impacto ambiental mínimo pues se reutilizan 77 kilómetros de líneas existentes	Requiere de servidumbres solo en 17 kilómetros, todas éstas ubicadas en un solo predio y de

Queltehues con Florida y al sistema 220 kV Alfalfal Los Almendros.	dos en 110 kV a la S/E Florida y dos a la S/E de 220 kV Los Almendros, ambas S/E de propiedad de Chilectra. La alternativa considera la construcción de: Una línea de simple circuito de 110 kV entre la actual S/E Maitenes y la S/E Alfalfal. La capacidad de transmisión de esta línea es de 200 MVA y de una longitud de 7.560 metros. Una línea de doble circuito de 220 kV entre la central Alfalfal II y la S/E Alfalfal de una longitud de 9.433 metros. La construcción de una S/E nueva en 110 kV, encapsulada, para la central Las Lajas. La ampliación de la S/E Alfalfal en tres paños de 220 kV y el montaje de un transformador de 110/220 kV, de 200 MVA, y finalmente, la modificación de las líneas de 110 kV entre la Central Maitenes y la S/E Las Lajas y la línea S/E Las Lajas a S/E La Florida de modo de aumentarles la capacidad de transporte de energía.	las líneas: Alfalfal II Alfalfal 270 MVA Alfalfal Loa Almendros 327 MVA Alfalfal Alto Maipo 238 MVA Alto Maipo Las Lajas 310 MVA Las Lajas Florida 310 MVA Se obtiene un sistema de transmisión de cuatro circuitos (Sistema de 4-1 circuitos frente a emergencias).		propiedad estatal. En el caso de las líneas actuales de 110 kV entre central Maitenes y S/E Florida, sólo se modifican en la capacidad de transporte, el voltaje de transmisión se mantiene, lo que significa utilizar las mismas servidumbres vigentes de esas líneas. Línea Alfalfal Los Almendros no requiere modificaciones, su capacidad actual es suficiente a los nuevos requerimientos de transporte.
---	--	---	--	--

Referencias

En la elaboración del presente documento se revisó información contenida en los siguientes documentos:

- Comité Asesor para el Desarrollo Eléctrico (CADE), *Informe* [en línea]. Noviembre 2011. Disponible en World Wide Web: <http://www.minenergia.cl/documentos/estudios/informe-de-la-comision-asesora-para-el.html>.
- Comisión Nacional de Energía, Gobierno de Chile. *Tarificación Electricidad* [en línea]. Septiembre 2012. Disponible en World Wide Web: <http://www.cne.cl>.
- Comisión Nacional de Energía, Gobierno de Chile. *Fijación de Precios de Nudo Abril de 2012 Sistema Interconectado Central (SIC), Informe Técnico Definitivo*. Abril 2012
- Gerencia de Ingeniería y Obras. División Construcción e Ingeniería CHILGENER. *Estudio de Prefactibilidad Complejo Hidroeléctrico Alfalfal II – Las Lajas*. Junio 1990.
- CHILGENER. *Expansión Hidroeléctrica del SIC: Central Alfalfal II, Central Nueva Maitenes, Central Las Lajas*. 1994.
- Arcadis Geotécnica. *Estudio de Factibilidad. Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo*. Abril, 2006.
- Arcadis Geotécnica. *Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo*. Presentación N° 1. Junio de 2007.
- Arcadis Geotécnica. *Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo*. Presentación N° 2. Mayo de 2007.
- CADE-IDEPE, Norconcult, Poch. *Minuta de Reunión N° CO304-MR-004*. Julio 2007.
- CADE-IDEPE, Norconcult, Poch. *Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo. Ingeniería Básica*. Agosto 2007.