



Facultad ciencias económicas y administrativas

Escuela de Auditoría

**Análisis comparativo costo-beneficio de una Central  
Hidroeléctrica versus una Central Termoeléctrica en Chile.**

Tesis para optar al título de contador público auditor y al grado de licenciado en  
sistemas de información financiera y control de gestión

Tesista: Constanza Escarlet Medina Fuentes

Profesor guía: Karime Chahúan

**Valparaíso, Septiembre del 2016**

## **TABLA DE CONTENIDOS**

Resumen Ejecutivo .....	5
Capítulo 1: Marco Teórico .....	6
1. Antecedentes Generales .....	6
2. Sistema Eléctrico en Chile .....	7
2.1 Marco regulatorio e institucional .....	8
2.2 Centrales energéticas .....	9
3. Análisis Costo- Beneficio .....	15
3.1 Antecedentes generales .....	15
3.2 Conceptualización Análisis Costo-Beneficio.....	16
3.3 Análisis de los Costos .....	18
3.2.1 Conceptualización Costos.....	18
3.2.2 Concepto de Costo Marginal .....	18
3.2.3 El costo Marginal en la energía eléctrica.....	19
4. Activo Fijo.....	21
4.1 Concepto de activo fijo.....	21
4.2 Políticas de mantenimiento .....	22
Capitulo 2: Antecedentes de la investigación .....	24
2.1 Problemática Tesis.....	24
2.2 Objetivos .....	25
Objetivo General.....	25
Objetivos Específicos .....	25
3.1 Metodología de la investigación .....	26
Etapa 1: Recopilación de información .....	26
Etapa 2: Sistematización de la información.....	26
Etapa 3: Análisis Documental .....	26
Etapa 4: Técnica de Recolección de datos .....	28
Etapa 5: Criterios de Calidad .....	28
Etapa 6: Tabulación de Resultados .....	29
Etapa 7: Análisis de Resultados .....	29
Etapa 8: Discusión de los Resultados .....	29
Etapa 9: Conclusiones .....	29
Capitulo 3: Análisis de la Información Recogida.....	30

3.1 Proyecto Alto Maipo .....	30
3.1.1 Descripción Proyecto Alto Maipo .....	30
3.1.2 Costos de inversión Alto Maipo .....	32
3.2 Costos centrales termoeléctricos .....	33
3.2.1 Costos de inversión unidades 3 y 4 Ventanas. ....	33
3.2.2 Costos Operacionales Unidades 3 y 4 Ventanas .....	34
3.3 Análisis Resultados Categorización .....	37
3.3.1 Procesos Operativos .....	39
3.3.2 Costos de Mantenimiento .....	40
3.3.3 Principales Beneficios .....	41
3.3.4 Principales Riesgos .....	42
3.4 Análisis desde el punto de vista económico entre ambas centrales .....	43
3.4.1 Comparación Costos de inversión .....	43
3.4.2 Comparación a Través del Costo Marginal .....	44
Capítulo 4: Discusión de resultados y conclusiones .....	46
4.1 Discusión de Resultados .....	46
4.2 Conclusiones .....	48
Bibliografía .....	50
Anexos .....	
Anexo I: Documentos de Análisis .....	
1.1 Costos Operacionales Ventanas 3 (Central Térmica) 2010 .....	
1.2 Costos Operacionales Ventanas 3 (Central Térmica) 2011 .....	
1.3 Costos Operacionales Ventanas 3 (Central Térmica) 2012 .....	
1.3 Costos Operacionales Ventanas 3 y 4 (Central Térmica) 2014 .....	
1.4 Proyecto Alto Maipo, Memoria Anual Aes Gener 2015 .....	
Anexo II: Entrevistas .....	
2.1 Entrevista Berty Luke .....	
2.2 Entrevista Manuel Robledo .....	
2.3 Entrevista Nelson Vásquez .....	
2.4 Entrevista Pedro Febre .....	
2.5 Entrevista Myriam Guzmán .....	



## **Resumen Ejecutivo**

La presente investigación tiene por finalidad analizar de modo comparativo la relación costo-beneficio entre una central hidroeléctrica y una central termoeléctrica actualmente en Chile.

La aplicación de esta relación costo-beneficio busca la determinación de un camino más viable económicamente a nivel empresa, que pretenda relacionar principalmente los costos de inversión entre una central hidroeléctrica y una central termoeléctrica, las cuales generan la misma potencia de energía en MW, pero producen dicha energía en base a recursos diferentes.

Los resultados obtenidos en la presente investigación ayudarán a entender con claridad partes del escenario en que se encuentra una empresa dedicada al rubro de la electricidad, y que tipo de inversión es más viable económicamente.

Para finalizar la investigación y optando por los dos parámetros de conclusión que entrega el análisis expuesto, se realiza la toma de decisión en cuanto a su relación por los costos incurridos y los beneficios obtenidos entre ambas centrales, buscando así la estabilidad en el sector eléctrico, con esto se hace referencia, a los factores que influyen en la disminución de las potencias energéticas, que no sólo repercuten a nivel de sistema, sino que también, a un nivel económico para la empresa que opta por la utilización de este tipo de centrales producidas por el recurso natural del caudal del agua.

# Capítulo 1: Marco Teórico

En la siguiente investigación, se presentan los aspectos generales y específicos que comprenden el centro de la tesis, indagando desde la naturaleza de la energía eléctrica hasta la utilización de un sistema de costo-beneficio para poder realizar un análisis comparativo.

Los aspectos generales de la investigación se centran en la energía a nivel país, como así mismo la caracterización de los tipos de energía, mientras que los aspectos generales se basan en la conceptualización financiera aplicada para el desarrollo de la investigación realizada.

## 1. Antecedentes Generales

En el marco de la energía en Chile, se logran identificar diversas actividades de generación, transmisión y distribución que son llevadas a cabo por diversas empresas del sector privado, reguladas por entes públicos que cumple un rol principalmente fiscalizador, pretendiendo así, definir lineamientos y criterios prudentes para el desarrollo de la energía eléctrica.

Actualmente en Chile existen dos sistemas interconectado principales que abastecen y distribuyen energía a lo largo del país. Estos sistemas funcionan a base de diversas empresas que generan energía aportando a los sistemas ciertas cantidades de MW según los requerimientos de las zonas, los climas, los consumos, entre otros.

El aspecto principal de la investigación es la realización de un análisis de tipo comparativo de dos proyectos energéticos, uno como futura fuente de energía del país y otro como central eléctrica actualmente en funcionamiento, para poder así, determinar qué proyecto genera más beneficios económicos en relación a sus costos.

Para ello se presenta un análisis que determinará qué proyecto maximiza el valor de la empresa, en base a sus costos y considerando diversos riesgos que presenta cada proyecto energético según sus características.

## 2. Sistema Eléctrico en Chile

Cuando se habla sobre un sistema eléctrico, es necesario tener claro que se hace referencia a un conjunto de instalaciones de diversas centrales eléctricas generadoras, transportadoras y distribuidoras de energía eléctrica, en base diferentes recursos naturales. (Comisión Nacional de energía, 2015)

Actualmente en Chile se cuenta con cuatro sistemas eléctricos interconectados que cumplen la función de transportar y distribuir la energía a todos los rincones del país, en las cuales cuenta con aportes de diferentes empresas que trabajan generando dicha energía. Uno de los sistemas interconectados principales en el país, es el sistema interconectado Central (SIC) el cual se extiende entre las localidades de Taltal y Chiloé con un 69,01% de la capacidad instalada en el país, esta abastece a más del 90% de la población. En este sistema participan gran cantidad de empresas generadoras de energía, sin embargo, es un mercado altamente concentrado, este concepto hace referencia a que son pocas las empresas que compiten entre sí, pero bastante grandes (M. Velásquez, 2006). Hoy en día las centrales termoeléctricas en base a carbón se han convertido en la tecnología de desarrollo, representando una parte mayoritaria del crecimiento generador de los últimos años (Central Energía, 2015). Otro gran sistema que es fuertemente participe en nuestro país es el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) el cual cubre el territorio comprendido entre Arica y Antofagasta con un 30.17% de la capacidad instalada en el país en la cual casi un 100% se basa en energía térmica (Central Energía, 2015). Existen dos sistemas muy minoritarios además que complementan la transmisión y distribución de la energía en el país, estos son el Sistema de Aysén y el Sistema de Magallanes abasteciendo la XI y XII región respectivamente.

Hoy en día existe una potencia total instalada para el suministro eléctrico en Chile de 18.182 MW desglosado principalmente en 13.582 MW en el SIC y 4.609 MW en el SING (Anuario 2015, CDEC-SIC y SCDEC-SING).

## **2.1 Marco regulatorio e institucional**

En Chile, las actividades de generación, transmisión y distribución son abarcadas principalmente por el sector privado. El estado participa en este sistema, solo como ente regulador y fiscalizador, tomando así consideración en el resguardo del cumplimiento de leyes, reglamentos y normas técnicas que constituyen el marco regulatorio del sector eléctrico.

**2.1.1 La Comisión Nacional de Energía (CNE):** Es un organismo público y descentralizado, el cual cuenta con patrimonio propio y con una plena capacidad para adquirir y ejercer derechos y obligaciones. La comisión es un organismo encargado de analizar precios, tarifas y normas técnicas a las que deben amoldarse las empresas que contribuyen con la producción, generación, transmisión y distribución de energía, con el objetivo de disponer de un servicio más seguro y de calidad, y que a su vez sea compatible con la operación económica (Comisión Nacional De Energía ,2015)

**2.1.2 Centro de Despacho económico de Carga del Sistema Interconectado Central (CDEC-SIC):** Es un organismo que se encuentra encargado de determinar y coordinar diversas operaciones del conjunto de instalaciones del sistema eléctrico central, incorporando así diversas centrales de tipo generadora, adicionando líneas de transmisión a nivel troncal, sumando subestaciones eléctricas, entre otras. Este organismo permite generar, transportar y distribuir energía eléctrica, de modo que el costo de abastecimiento eléctrico del sistema sea el mínimo posible. El CDEC-SIC está integrado por las empresas propietarias de las instalaciones correspondientes a centrales eléctricas, incluidas las subestaciones primarias de distribución y barras de consumo de usuarios no sometidos a regulación de precios, interconectadas al SIC. (Centro de Despacho Económico de Carga Del sistema Interconectado central, 2015)

**2.1.3 Ministerio de Energía:** Es un órgano superior de colaboración directa con el Presidente de la República en las funciones de Gobierno y administración del sector eléctrico. El objetivo general del ministerio es elaborar y coordinar planes, políticas y normas para obtener un óptimo funcionamiento y desarrollo del sector energético. El sector de la energía abarca todas las actividades de estudio, explotación generación, transmisión, almacenamiento, distribución, consumo, y cualquier otra que concierna a la electricidad, carbón, petróleo, gas y sus derivados; como así también, otras fuentes energéticas. (Ministerio de Energía, 2015)

## **2.2 Centrales energéticas**

En el presente estudio se realizara un análisis en base a dos tipos de centrales generadoras de energía.

### **2.2.1 Centrales Térmicas**

Una central térmica se puede definir como fábricas de energía eléctrica que funcionan en base a diferentes recursos naturales como por ejemplo el carbón, el petróleo, el gas u otros similares derivados de las materias primas anteriormente mencionadas.(www.endesaeduca.cl,2015)

Las centrales termoeléctricas están compuestas por un proceso un poco más complejo en donde no solo se utiliza el combustible necesario para provocar una eficiente combustión, sino que también el componente agua, que es transformado en vapor a una muy alta presión para provocar el movimiento giratorio de una turbina, cuyo eje está conectado a un generador que es el productor de la energía eléctrica la cual es inyectada en Chile a los sistemas interconectados según corresponda cada central.(Colbún, 2015)

Si bien actualmente las centrales termoeléctricas son las más potenciadas en nuestro territorio nacional, se tiene claridad en los riesgo que tiene una generadora de energía de este tipo, pues al tener un componente primario en base a combustibles existen muchos campos que ponen en ajuste a este tipo de centrales, por ejemplo la emisión de gases, el costo de la adquisición de la materia prima al no un país explotador de carbón o petróleo, el daño medioambiental generado, el tratamiento de las aguas, entre otros tantos factores que influyen en el funcionamiento de este tipo de centrales (Aes Gener, 2015).

#### Tipos de Centrales Termoeléctricas

En general, una central típica se compone de: una caldera, donde se produce la combustión; una turbina o motor de calor, que transforma la energía térmica proveniente de la combustión en energía mecánica; y un generador, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. En general, las centrales termoeléctricas se pueden clasificar, según el tipo de combustión, en centrales termoeléctricas de ciclo convencional o ciclo combinado. (Superintendencia del medio ambiente, 2015)

### Centrales de Ciclo convencional:

Son aquellas centrales que obtienen la energía mecánica necesaria para mover el rotor del generador a partir del vapor generado por la caldera. Los combustibles más utilizados por centrales de este tipo en el país son carbón, petróleo y sus derivados (fuel-oil y petcoke) y gas natural. Si bien el proceso de las centrales convencionales es prácticamente el mismo, independiente del combustible utilizado, hay diferencias en el tratamiento previo que se hace al combustible y en el diseño de los quemadores de las calderas. En el caso de las centrales que utilizan combustibles sólidos como el carbón y el petcoke, éstos deben ser triturados o pulverizados antes de ingresar a la caldera. Por su parte, las centrales que utilizan derivados líquidos del petróleo (fueloil y gasoil, también conocido como diésel) requieren calentar y licuar el combustible antes de utilizarlo. En tanto, el gas natural no precisa almacenamiento, ni tratamiento previo, por lo cual es proporcionado directamente a través de gaseoductos. (Superintendencia del medio ambiente, 2015)

Mientras que Endesa define el funcionamiento de las centrales convencionales como el mismo independientemente del combustible que se utilice. Sin embargo, sí hay diferencias en el tratamiento previo que se hace al combustible y del diseño de los quemadores de las calderas de las centrales.

- Centrales de carbón: Donde el combustible debe ser triturado previamente.
- Centrales de fueloil: Donde el combustible se calienta para una utilización más fácil.
- Centrales de gas natural: Que no precisa almacenaje, llegando así directamente por gaseoductos.
- Centrales mixtas: Que pueden utilizar diferentes combustibles, siendo necesarios los tratamientos previos anteriormente citados.

Una vez el combustible está en la caldera, se quema. Esto provoca que se produzca energía calorífica que se utilizará para calentar agua y así transformarla en vapor a una presión muy elevada.

- A partir de este vapor se hace girar una turbina y un alternador para que este produzca electricidad.
- La electricidad generada pasa por un transformador para aumentar su tensión y así transportarla reduciendo las pérdidas por Efecto Joule.

- El vapor que sale de la turbina se envía a un elemento llamado condensador para convertirlo en agua y así retornarlo a la caldera para empezar un nuevo ciclo de producción de vapor.

#### Centrales de Ciclo Combinado:

La superintendencia de medio ambiente en Chile, las define como aquellas centrales donde se genera electricidad mediante la utilización conjunta de una turbina a gas y una turbina a vapor. El objetivo de utilizar estas dos tecnologías en conjunto es aumentar la eficiencia de la instalación. Adicionalmente, estos sistemas tienen una serie de ventajas, en comparación a un sistema de ciclo convencional, tales como flexibilidad operacional, menores emisiones atmosféricas, menor consumo de agua de refrigeración y ahorro de energía, entre otras.

En relación con el proceso, este sistema requiere de un compresor, cuya función es inyectar aire a presión tanto para la combustión del gas, como para refrigerar componentes. De este modo, el aire comprimido a alta presión es enviado a la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible. Posteriormente, los gases de combustión son conducidos a la turbina de gas donde se expansionan y su energía calorífica se transforma en energía mecánica, la cual es aprovechada por el generador para producir energía eléctrica. En tanto, los gases que salen de la turbina de gas son conducidos a una caldera de recuperación de calor para producir vapor, el cual es utilizado por una turbina de vapor que funciona como un ciclo convencional agua-vapor, es decir, el vapor que se condensa a la salida de esta turbina es recuperado y conducido a la caldera para producir vapor nuevamente. En general, ambos tipos de turbinas (gas y vapor) se acoplan a un mismo eje, de manera que utilizan un mismo generador eléctrico. Además, los sistemas de ciclo combinado permiten alimentar una turbina de vapor por medio del funcionamiento de múltiples turbinas de gas (entre una a cuatro). (SMA, 2015)

Por otro lado Endesa, en su enciclopedia web, define a la central térmica de ciclo combinado como aquella donde se genera electricidad mediante la utilización conjunta de dos turbinas:

- Un turbogruppo de gas
- Un turbogruppo de vapor

Es decir, para la transformación de la energía del combustible en electricidad se superponen dos ciclos:

- **El ciclo de Brayton** (turbina de gas): toma el aire directamente de la atmósfera y se somete a un calentamiento y compresión para aprovecharlo como energía mecánica o eléctrica.
- **El ciclo de Rankine** (turbina de vapor): donde se relaciona el consumo de calor con la producción de trabajo o creación de energía a partir de vapor de agua

Las características principales de las centrales térmicas de ciclo combinado son:

- **Flexibilidad.** La central puede operar a plena carga o cargas parciales, hasta un mínimo de aproximadamente el 45% de la potencia máxima.
- **Eficiencia elevada.** El ciclo combinado proporciona mayor eficiencia por un margen más amplio de potencias.
- **Sus emisiones son más bajas** que en las centrales térmicas convencionales.
- **Coste de inversión bajo** por MW instalado.
- **Periodos de construcción cortos.**
- **Menor superficie por MW instalado** si lo comparamos con las centrales termoeléctricas convencionales(lo que reduce el impacto visual).
- **Bajo consumo de agua de refrigeración.**
- **Ahorro energético** en forma de combustible

En primer lugar el aire es comprimido a alta presión en el compresor, pasando a la cámara de combustión donde se mezcla con el combustible.

A continuación, los gases de combustión pasan por la turbina de gas donde se expansionan y su energía calorífica se transforma en energía mecánica, transmitiéndolo al eje.

Los gases que salen de la turbina de gas se llevan a una caldera de recuperación de calor para producir vapor, a partir de este momento tenemos un ciclo agua-vapor convencional. A la salida de la turbina el vapor se condensa (transformándose nuevamente en agua) y vuelve a la caldera para empezar un nuevo ciclo de producción de vapor.

Actualmente la tendencia es acoplar la turbina de gas y la turbina de vapor a un mismo eje, de manera que accionan conjuntamente un mismo generador eléctrico. (Endesa, 2015)

### **2.2.2 Centrales Hidráulicas**

Es una central energética capaz de generar energía en base al agua, pudiendo ser así de dos tipos, como central de embalse y central de pasada. (Endesa Educa, 2015)

Una central hidráulica a través de embalse tiene la capacidad de acumular agua permitiendo así almacenar energía en forma de agua para ser utilizada en el momento más propicio que se pueda determinar y así lograr generar electricidad. (Aes Gener, 2015)

Ahora bien, una central de pasada genera electricidad desviando de manera directa una fracción del caudal en una turbina y restituye así el flujo que sigue a continuación, por ende este tipo de central no tiene la capacidad de almacenamiento de agua para generar futuras energías. (Ministerio de energía, 2015)

Este tipo de central energética genera energía de forma más limpia que una central térmica, puesto que no genera combustión en base a diferentes componentes como el carbón o el petróleo, sino que más bien solo utiliza el movimiento del agua para la generación de energía sustentable y confiable. (Aes Gener, 2015)

Endesa, indica que los principales componentes de una central hidráulica radican en:

- La presa: Que se encarga de contener el agua de un río y almacenarla en un embalse.
- Rebosaderos: Elementos que permiten liberar parte del agua que es retenida sin que pase por la sala de máquinas.
- Destruidores de energía: Que se utilizan para evitar que la energía que posee el agua que cae desde los salientes de una presa de gran altura produzcan, al chocar contra el suelo, grandes erosiones en el terreno. Básicamente encontramos dos tipos de destructores de energía:
  - Los dientes o prismas de cemento, que provocan un aumento de la turbulencia y de los remolinos.

- Los deflectores de salto de esquí, que disipan la energía haciendo aumentar la fricción del agua con el aire y a través del choque con el colchón de agua que encuentra a su caída.
- Sala de máquinas: Construcción donde se sitúan las máquinas (turbinas, alternadores...) y elementos de regulación y control de la central.
- Turbina: Elementos que transforman en energía mecánica la energía cinética de una corriente de agua.
- Alternador: Tipo de generador eléctrico destinado a transformar la energía mecánica en eléctrica.
- Conducciones: La alimentación del agua a las turbinas se hace a través de un sistema complejo de canalizaciones.

En el caso de los canales, se pueden realizar excavando el terreno o de forma artificial mediante estructuras de hormigón. Su construcción está siempre condicionada a las condiciones geográficas. Por eso, la mejor solución es construir un túnel de carga, aunque el coste de inversión sea más elevado.

La parte final del recorrido del agua desde la cámara de carga hasta las turbinas se realiza a través de una tubería forzada. Para la construcción de estas tuberías se utiliza acero para saltos de agua de hasta 2000m y hormigón para saltos de agua de 500m.

- Válvulas, dispositivos que permiten controlar y regular la circulación del agua por las tuberías.
- Chimeneas de equilibrio: son unos pozos de presión de las turbinas que se utilizan para evitar el llamado “golpe de ariete”, que se produce cuando hay un cambio repentino de presión debido a la apertura o cierre rápido de las válvulas en una instalación hidráulica.

### **3. Análisis Costo- Beneficio**

#### **3.1 Antecedentes generales**

En la vida cotidiana, las personas viven motivados por concretar ciertas ideas que surgen a partir de la mente de cada individuo, estas ideas traídas por uno u otro motivo y anhelo personal, siempre buscando algo más allá de lo que se tiene. Es este el punto en que una idea puede convertirse en un proyecto, esto quiere decir, cuando se lleva un simple ideal a la realidad con el fin de concretarse en un determinado tiempo. Para ello no solo es necesario el surgimiento de la idea, sino que también la voluntad y disposición que se tienen antes las situaciones de construcción de algo.

Cuando se logra hacer de una idea un proyecto es el punto en que se necesita evaluar dicha situación para ver que tan viable es llevar la idea a realidad. Como menciona Alvarez Polich la metodología usada por los tratadistas ha sido descomponer primero el todo en partes relevantes, para después integrarlas en la evaluación final que es básicamente financiera, pues se refiere al comportamiento de los flujos de fondos asociados a la inversión inicial y su financiamiento.

Lo anteriormente mencionado, pretende hacer entender que una evaluación es algo complejo que debe ser dividido en partes para lograr entender la naturaleza de cada componente y así lograr evaluar un todo, desde el punto de vista financiero en cuanto a una primera inversión y al hecho de cómo seguir financiando algo que parte de una simple idea.

Existen diversos métodos para poder evaluar un proyecto, en este caso en particular se realiza a través de un análisis comparativo de los costos incurridos en un proyecto versus los beneficios económicos esperados, o bien, obtenidos a partir del desarrollo operativo de la empresa. El principal propósito de una evaluación económica es promover el uso más eficiente de los recursos que posee la empresa, así lo menciona V. Zarate en su artículo sobre evaluaciones económicas: conceptos básicos y clasificaciones.

## **3.2 Conceptualización Análisis Costo-Beneficio**

### **3.2.1 Concepto**

Para la identificación de los costos y beneficios del proyecto que son pertinentes para la evaluación, es necesario definir una situación base o situación sin proyecto; la comparación de lo que sucede con proyecto versus lo que hubiera sucedido sin proyecto, definirá los costos y beneficios pertinentes del mismo (Fortaine, 1984)

En base a lo definido anteriormente es que se realiza una evaluación global de tipo privada y social.

La evaluación privada, tiene dos enfoques, la evaluación económica que asume que asume que todo el proyecto se lleva a cabo con capital propio, por lo tanto no toma en cuenta el problema financiero, y por otro lado una evaluación de tipo financiera en donde el capital propio viene de fuentes externas.

En cuanto a la evaluación social que se realiza los beneficios como los costos se valoran a precios de cuenta, esto quiere decir que interesa el flujo de recursos reales de los bienes y servicios utilizados y producidos por el proyecto. Este tipo de evaluación hace mención a que los costos y beneficios sociales generados podrían ser diferentes de los contemplados en una evaluación privada de tipo económica. En esta evaluación quien afronta los costos puede variar entre tres posibilidades: el individuo, el gobierno local o la sociedad en su conjunto (Rossi, 1979)

Según se estipula en el Glosario de términos económicos y financieros de la superintendencia de bancos e instituciones financieras de Chile, un análisis costo beneficio, es un procedimiento para formular y evaluar programas o proyectos, consistentes en la comparación de costos y beneficios, con el propósito de que estos últimos excedan a los primeros, pudiendo ser de tipo monetario o social, directo o indirecto. Así también lo define como un instrumento para formular y evaluar proyectos, enfocándose en los costos y beneficios de un plan, cuantificando ambos en términos monetarios y sociales, directos o indirectos, con el propósito de que los beneficios sean mayores a los costos. Los métodos que se usan con mayor frecuencia en este tipo de análisis son: La tasa de rentabilidad interna, el valor neto y actual y el análisis de costo-eficiencia.

### **3.2.2 Etapas de un Análisis Costo- Beneficio**

Según la división de Planificación, estudios e inversión Mideplan en su informe preparado en el año 2012, los proyectos que requieran un análisis de costo-beneficio, pasan por diversos procesos y fases antes de tomar la decisión de invertir en un proyecto. Entre ellos se encuentra:

- a) Idea del proyecto: Corresponde a una primera aproximación al problema, necesidad u oportunidad y a su resolución. En esta etapa se definen las políticas sectoriales en las cuales se trabajará, las necesidades para la creación del proyecto, las potenciales utilización de recursos, entre otros.
- b) Estudio del Perfil: En esta etapa se plantean las alternativas básicas de implementación del proyecto y se analiza su viabilidad técnica, efectuándose también una primera estimación de costos y beneficios (efectividad del proyecto), mediante la comparación de las alternativas.
- c) Análisis de pre factibilidad: Se estudian con mayor detalle las alternativas viables para la concreción del proyecto, recabándose los datos para su análisis. Es por ello, que en esta etapa se descartan las alternativas no factibles, se selecciona aquella alternativa que es técnica y económicamente mejor y se pasa a la etapa de factibilidad o diseño.
- d) Etapa de factibilidad o diseño: Aquí comienza el proceso de inversión y su aspecto central es el desarrollo de los detalles de la ejecución, considerando las fases de obras, de acuerdo al cronograma.
- e) Ejecución: En esta etapa del proceso la asignación de los insumos previstos para conseguir los productos programados en cada una de las fases de la obra, de acuerdo al cronograma y al camino crítico elaborados en la factibilidad.
- f) Operación: Comienza cuando la obra física ya ha concluido, de manera parcial o total, permitiendo la obtención de productos finales en función de cuya generación fue concebida.

### **3.3 Análisis de los Costos**

El objetivo de poder analizar los costos es lograr identificar y listar los rubros asociados al proyecto, de acuerdo a diversos componentes que puedes ir desde los profesionales al mantenimiento que serán prestados por este, con el fin de poder estimar los costos asociados a un determinado proyecto.( AGESIC, 2010)

#### **3.2.1 Conceptualización Costos**

Se entiende por costo, la medida y valoración del consumo realizado o previsto en la aplicación racional de los factores, para la obtención de un producto, trabajo o servicio. (Rocafort y Ferrer, 2010).

Cuando se habla de medida y valoración del consumo Rocafort y Ferrer mencionan que esto implica tanto el conocimiento de la utilización productiva de los factores en sus correspondientes unidades físicas, como el empleo de determinados criterios para valorar los anteriores consumos o aplicaciones de recursos productivos. Luego cuando se menciona el consumo realizado o previsto, se determina que solos e condurarán como coste aquellos consumos o aplicaciones de factores relacionados o vinculados con la actividad productiva de la empresa, los cuales de alguna manera, incrementaran el valor de uso o el valor de cambio de los bienes en el contexto de un mercado competitivo y racional.

#### **3.2.2 Concepto de Costo Marginal**

El costo marginal se define como el cambio en el costo total originado por la elaboración de una unidad adicional de producción (CDEC-SIC,2015)

El costo marginal es un concepto fundamental en la teoría microeconómica, debido a que se utiliza para determinar la cantidad de producción de las empresas y los precios de los productos. Por ende dicho costo depende de la tecnología utilizada en la producción y de los precios de los insumos y factores de producción. (Anzil, 2008)

### **3.2.3 El costo Marginal en la energía eléctrica.**

El costo marginal es el precio de utilizar en la valorización de transferencias de energía entre empresas generadoras. Su unidad de cálculo es efectuada en dólares por Megawatt por hora (US\$/MWh). ([www.cdesic.cl](http://www.cdesic.cl), 2015)

Para realizar el cálculo de estas cifras, es necesario considerar:

- a) Normativas DFL4 y DS 291/2007
- b) Políticas de operación determinadas por la DO
- c) Operación Real de centrales generadoras y líneas de transmisión
- d) Condiciones especiales de operación y limitaciones en las instalaciones.

El CDESIC determina en su artículo 5, sobre los costos marginales reales que la dirección de operación debe utilizar la siguiente información que resulta de la operación real:

- a) Los costos variables de las centrales térmicas y los costos de oportunidad del agua contenidos en la Política de Operación vigente al momento de realizar el despacho real correspondiente.
- b) Factores de penalización utilizados en la elaboración de la Política de Operación vigente al momento de realizar el despacho real correspondiente.
- c) Condiciones especiales de operación de los embalses vigentes, de acuerdo a lo establecido en el procedimiento de condiciones especiales de operación de embalses respectivo que norme estas operaciones.
- d) Limitaciones de las instalaciones de generación y transporte que tuvo en consideración el Centro de Despacho y Control (CDC) para realizar la operación en tiempo real.
- e) Movimientos de centrales solicitados por el CDC de acuerdo a la definición establecida en el Artículo 3 del presente procedimiento.
- f) Costo de falla informado por la Dirección de Operación en la Política de operación vigente.
- g) Profundidad y duración de fallas ocurridas según Procedimiento para la Aplicación del Costo de Falla en la Determinación de los Costos Marginales del Sistema.

- h) Barras en las que existe condición de racionamiento determinadas por la Dirección de Operación siguiendo el Procedimiento para la Aplicación del Costo de Falla en la Determinación de los Costos Marginales del Sistema.

## **4. Activo Fijo**

### **4.1 Concepto de activo fijo**

El activo fijo tangible está constituido por los bienes físicos o materiales, amortizables o no que se han adquirido para dedicarlos a la explotación de la empresa. De ahí que también se les denomine bienes de uso, entre ellos, se encuentran los terrenos, las construcciones dedicadas al giro de la empresa, la maquinaria, los vehículos, el mobiliario, las instalaciones, etc. (Vargas, 2004)

Livingstone usa un concepto mas amplio de activo fijo al señalar:

Clasificación de activo fijo: las construcciones y los equipos una subclase de los activos fijos. Los activos fijos consisten en activos de larga vida y que no están destinados para la venta en la explotación normal de la empresa. Los activos fijos son generalmente clasificados como tangibles e intangibles. Los activos fijos tangibles se caracterizan por su existencia física, ellos incluyen terrenos, activos agotables, mejoras de propiedades, construcciones y equipos. Los activos fijos intangibles carecen de sustancia física, ellos incluyen rubros tales como patentes, derechos de propiedad intelectual, costos de organización y derecho de llave.

Karrenbrock y simons, emplea el término activo fijo:

Se ha llegado a la conclusión de que estos términos pueden tomarse en sentido más amplio para aplicarlos a todas las partidas que no sean de activo circulante incluyendo inversiones, intangibles y cargos diferidos.

El activo fijo intangible está integrado por los recursos inmateriales que han sido adquiridos o creados para coadyuvar a la explotación económica principal y que forman parte del valor potencial de una empresa en marcha. A manera de ejemplo se puede mencionar los siguientes costos de organización y puesta en marcha, derecho de llave, marcas de fábrica, concesiones, etc. (Vargas, 2004)

La NIC 16 la define como inmovilizado material aquel activo tangible que:

- (a) posee una entidad para su uso en la producción o suministro de bienes y servicios, para arrendarlos a terceros o para propósitos administrativos; y
- (b) se esperan usar durante más de un ejercicio.

## **4.2 Políticas de mantenimiento**

### **4.2.1 Concepto**

Todas las operaciones destinadas a conservar dichos bienes en condiciones normales de uso o funcionamiento que lógicamente demandan el incurrir en determinados costos, constituyen lo que se conoce con el nombre de mantenimiento. (Vargas, 2004)

### **4.2.2 Tipos de Políticas**

Grimaldi-Simonds en su texto de seguridad industrial define 4 tipos de políticas de mantenimiento que las empresas mantienen para el correcto funcionamiento de sus activos fijos.

- a) Mantenimiento Correctivo: tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas de corrección de errores.
- b) Mantenimiento preventivo: Este mantenimiento también es denominado «mantenimiento planificado», tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

- c) Mantenimiento Predictivo: Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado.
- d) Mantenimiento Proactivo: Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben ser conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

## **Capítulo 2: Antecedentes de la investigación**

### **2.1 Problemática Tesis**

El sector eléctrico en Chile es un área que surge a partir de una necesidad básica que mueve todo tipo de sistemas y grupos sociales proviniendo desde un individuo hasta el funcionamiento de diversas industrias a nivel mundial, identificando así diversas actividades de generación, transmisión y distribución de energía para poder satisfacer dicha necesidad. Es así como se descubre un tipo de acuerdo explicado en un artículo sobre el tema “relación constante e invariable entre el consumo energético bruto y el producto interno bruto” (Kraft y Kraft, 1978) es así como se puede asociar y poner en el escenario de trabajo el consumo eléctrico con los costo directos a la generación y distribución de la energía a nivel país, un tema hoy en día bastante comentado en base a las diversas formas de generar este recurso necesario para el desarrollo de un país.

En la actualidad se puede reflejar un gran déficit energético, en donde es necesario abastecer los dos sistemas principales de conexión que unen la larga franja llamado Chile, denominados SIC y SING, sistema interconectado central y sistema interconectado del norte grande, además de sistemas menores en Aisén y Magallanes, para ello se utilizan diversas fuentes energéticas que aportan cantidades de MW necesarios para un óptimo funcionamiento, es aquí donde se encuentran centrales termoeléctricas, centros hidroeléctricas, centrales eólicas, centrales fotovoltaicas, entre otros tipos de fuente y recurso energético.

Cuando se logra indagar en cada tipo de fuente de energía es cuando se debe analizar el costo que genera obtener cierta cantidad de MW de potencia por central energética y su forma de aportar a dichos sistemas interconectados para abastecer la demanda de los usuarios en todo momento a lo largo del país, como también poder abastecer al sector industrial en base a la minería.

El propósito de la investigación es lograr un análisis costo-beneficio para una futura obtención de los recursos energéticos, basada principalmente en los costos asociados a una central hidroeléctrica versus una central termoeléctrica.

## **2.2 Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar de forma comparativa la relación costo-beneficio de una central hidroeléctrica versus una central termoeléctrica que abastecen el SIC y SING actualmente en Chile.

### **Objetivos Específicos**

1. Describir proyecto Alto Maipo, Aes Gener como futura fuente energética.
2. Contrastar la central termoeléctrica Unidad 3 y Unidad 4 de Ventanas, Aes Gener actualmente en funcionamiento e indagar el costo de seguir generando energía en base al carbón.
3. Comparar desde el punto económico ambos tipos de sistemas energéticos en base al proyecto alto Maipo y la central termoeléctrica Ventanas que abastecen al SIC y SING.

### **3.1 Metodología de la investigación**

La propuesta metodológica obedece a un estudio cuantitativo, con alcance correlacional en donde se reúnen los antecedentes necesarios con respecto a la energía en Chile y principalmente se evalúan dos tipos de centrales energéticas con la misma cantidad de potencia medida en MW, con el fin de realizar una evaluación costo-beneficio de ambos proyectos y determinar en qué tipo de central es mejor invertir.

#### **Etapa 1: Recopilación de información**

En esta etapa la recopilación de información se basará principalmente en:

- ✓ Bibliografía: Principalmente en libros basados en la evaluación de proyectos, específicamente en la deseabilidad financiera, para poder determinar los flujos esperados en base a una inversión inicial.
- ✓ Páginas Web: Estas se asocian principalmente a información técnica de la materia como por ejemplo, investigación como tipos de centrales eléctricas, sistemas interconectados, instituciones reguladoras de la electricidad en Chile.

#### **Etapa 2: Sistematización de la información**

Los criterios de orden que mejor definen la investigación del tema son:

- ✓ Generalidades de la energía
- ✓ Sistema energético en Chile
- ✓ Tipos de Centrales eléctricas
- ✓ Análisis económico

#### **Etapa 3: Análisis Documental**

El análisis documental será realizado a través de un método analítico, en donde se revisaran diversos documentos necesarios para el desarrollo de una evaluación de proyectos, tales como:

- ✓ Estados Financieros de la empresa desde el año 2010 al 2015
- ✓ Presupuestos de los costos operativos de la Unidad 3 y Unidad 4 de Ventanas desde el año 2010 al 2015.
- ✓ Costos de inversión denominado proyecto de Activo fijo CAPEX GCL50/2001.96.001 correspondiente a la creación de la unidad 3 de Ventanas, central de tipo Termoeléctrica.
- ✓ Costos de inversión denominado proyecto de Activo fijo CAPEX GCL53/1001.98.001 correspondiente a la creación de la unidad 4 de Ventanas, central de tipo Termoeléctrica.
- ✓ Costos de inversión denominado proyecto de Activo fijo CAPEX GCL55/1000.12.001 correspondiente a la creación del proyecto Alto Maipo, central de tipo Hidroeléctrica.
- ✓ Adicional a ello, se analizará la teoría que sustenta la investigación, en este caso se revisarán libros fundados en el análisis económico, basado en la relación costo-beneficio.

La investigación se focalizara principalmente en la comparación de dos centrales eléctricas de la misma potencia, en base a diferentes recursos naturales, centrándose en sus costos y la deseabilidad particular de cada proyecto y así determinar que opción es más efectiva para la empresa.

1. En primera instancia se revisará en detalle los costos de inversión de cada central energética. Esta información se extraerá de los proyectos denominados Capex, que se encuentran en el centro documental de las centrales, los cuales corresponden a diversos proyectos de propiedad, planta y equipo, que tiene la empresa.
2. Luego se analizarán los costos operativos de la central termoeléctrica para determinar su proyección en el tiempo. Esta información se extraerá del presupuesto anual de cada central, recopilado en la visita a la empresa y verificada la información en las entrevistas efectuadas. Además a ello los costos variables de operación se extraerán de diversos presupuestos Capex y Opex que contenga la empresa y que involucre movimientos específicos operacionales de Central Ventanas Unidad 3 y Unidad 4.

3. A través de entrevistas se verificará la información entregada por la empresa, y además se indagará en estudios que tenga la empresa, sobre las centrales ya instaladas y la central Alto Maipo por ejecutarse.
4. Para finalizar se compararan ambas centrales y se determinará la mejor opción para la empresa en base a sus costos y beneficios.

#### **Etapa 4: Técnica de Recolección de datos**

En esta etapa de la investigación se realizará una recolección de datos a través de un análisis documental obtenido por las diferentes jefaturas de la empresa, comprobando así la veracidad de los datos utilizados.

Adicional a ello, se realizará una serie de entrevistas a las siguientes personas:

1. Myriam Guzmán. Analista Control de Gestión Central Ventanas.
2. Pedro Febre. Subgerente Centrales Cordillera
3. Nelson Vásquez. Departamento Mantenimiento Centrales Cordillera.
4. Manuel Robledo. Jefe Operaciones Centrales Ventanas
5. Berty Luke. Jefe área entrenamiento Ventanas.

#### **Etapa 5: Criterios de Calidad**

- Credibilidad: Corresponde a la revisión de la entrevista por parte del entrevistado para que le realice las correcciones necesarias y las valide.
- Confirmabilidad: Se demostrará al integrar a los sujetos que conforman la investigación.
- Fiabilidad: Se dará a conocer que la investigación ha sido realizada para obtener el grado de contador público y/o auditor.
- Transferibilidad: Se presentará al describir el contexto de a investigación, con las situaciones y la particularidad de los actores.

## **Etapa 6: Tabulación de Resultados**

En base al análisis documental y las entrevistas realizadas se determinarán las siguientes categorías y Sub-Categorías.

<b>Categorías</b>	<b>Sub-Categoría</b>
Centrales Térmicas	Procesos operativos
	Costos Operativos
	Costos Mantenimiento
	Beneficios
	Riesgos
Centrales Hidráulicas	Procesos operativos
	Costos Mantenimiento
	Beneficios
	Riesgos

## **Etapa 7: Análisis de Resultados**

A partir de los resultados obtenidos en el análisis documental y en la entrevista realizada.

## **Etapa 8: Discusión de los Resultados**

Cuando se plantea esta etapa se enfoca principalmente en el análisis comparativo de los resultados obtenidos en base al análisis documental y las entrevistas realizadas y la teoría que sustenta la investigación especificada principalmente en el marco teórico.

## **Etapa 9: Conclusiones**

Principalmente corresponde a presentación de los resultados finales de la investigación, considerando los resultados obtenidos en el análisis documental y en la discusión de resultados, en función a cada objetivo planteado en la investigación.

## Capítulo 3: Análisis de la Información Recogida

### 3.1 Proyecto Alto Maipo

#### 3.1.1 Descripción Proyecto Alto Maipo

Al intentar descubrir una fuente de recursos naturales que puede generar energía para un país, se comienza a explorar diversas alternativas, descubriendo en ello, que Chile es un país rico de materias prima para su explotación.

Uno de los recursos más importantes con los que se cuenta es el agua, fuente que recorre todo nuestro largo de país, de mar a cordillera, puesto que no sólo se cuenta con nuestras costas, sino que también con nuestra agua proveniente de la cordillera y del deshielo, generando así caudales de ríos, que son una rica fuente de energía.

Uno de los proyectos más importantes en la actualidad para el país, es Alto Maipo, un proyecto ubicado en la comuna de San José de Maipo que está compuesto por dos unidades de tipo hidráulica, que generan en su conjunto 531 MW de potencia.

Este proyecto contempla la construcción de la central Alfalfa II (264 MW) y Las Lajas (267 MW), además de 67 kilómetros de túnel a una profundidad promedio de 800 metros entre el sector alto del río Volcán y el sector de Las Lajas ([www.altomaipo.cl](http://www.altomaipo.cl)).

Es un proyecto con un 90% Subterráneo, teniendo un impacto en el paisaje, flora y fauna. La función es generar energía, devolviendo el 100% del agua que utiliza y enviar la potencia al Sistema Interconectado Central del país, implementando sólo 17 Km de líneas de transmisión, para poder minimizar el impacto del proyecto en el medio.

Alto Maipo comenzó sus obras principales, en diciembre de 2013, considerándose una inversión aproximada de US\$2.050 millones, financiada a través de créditos por hasta US\$1.17 millones, y con aportes de capital de AES Gener y AMSA, en proporción a sus respectivas participaciones ([www.altomaipo.cl](http://www.altomaipo.cl)).

Los principales contratos para proveer los equipos de generación y construcción de las obras subterráneas fueron firmados con tres contratistas internacionales de primer nivel en 2012. En la construcción de las principales obras civiles y túneles participan la firma austríaca Strabag SpA, con su filial chilena de Austria Strabag AG, y Constructora Nuevo Maipo SpA (CNM), consorcio de la empresa alemana Hochtief A.G. y la empresa italiana CMC Di Ravenna. Por su parte, las filiales en Brasil y Chile de la firma alemana

Voith Hydro tienen a su cargo el suministro y montaje del equipamiento electromecánico de las centrales. Cabe señalar que para las obras subterráneas fueron seleccionados dos contratistas con el objeto de mitigar los riesgos e iniciar obras de construcción de manera simultánea en distintos frentes. (Memoria 2015 Aes Gener, 2015)

**Cuadro N°1: Características Básicas Proyecto Alto maipo**

	unidades	Alfalfal II	Las Lajas
Potencia instalada	MW	264	267
Caudal de diseño	m³/s	27	65
Caudal promedio anual turbinado	m³/s	13,4	34,2
		50%	53%
Altura neta de caída	m	1.150	486
Longitud de túneles	km	39	28
Energía promedio anual generada	GWh/año	1.184	1.281
Sistema de transmisión	220-110 kV	9 km	8 km



Proyecto Alto Maipo © Todos los derechos reservados

Fuente: Aes Gener, [www.altomaipo.cl](http://www.altomaipo.cl)

Este proyecto, actualmente en construcción, propone un inicio de operaciones en el año 2018, por ende ya se encuentra en la etapa de construcción avanzada, tanto en sus etapas subterráneas como en la parte de superficie en la que se trabaja.

Para reducir el impacto ambiental y subsanar el impacto de infraestructura, es que se propone la creación de un área de revegetación y reforestación del ambiente, logrando así preservar las especies vegetales que han sido impactadas por las obras, siendo así una medida anticipada de mitigación.

En cuanto a la fauna nativa, se aplicará métodos de ahuyentamiento de forma natural para su migración y en caso posterior, se relocizará a las especies en lugares seguros y de fácil adaptación.

### 3.1.2 Costos de inversión Alto Maipo

Al realizar la investigación del proyecto Alto Maipo, fue necesario indagar los costos en que se incurre para la creación de una central de energía hidráulica de esta capacidad.

Es por ello, que se analizó un proyecto de capital de Inversión, es donde se cargan todos los costos incurridos como sistema, este proyecto de activo fijo que implicará la construcción completa de la central, mas los costos asociados de forma directa e indirecta al proyecto, tienen en la actualidad un presupuesto de inversión que rodea los 2.050.000.000 millones de dólares, monto que a fines del año 2015 tienen utilizado 1.250.888.286 millones de dólares.

**Cuadro N°2: Inversión Alto Maipo**

Detalle	Monto USD
Total de inversión	2.050.000.000
Presupuesto Anual	1.311.435.585
Utilizado a Diciembre del 2015	1.250.888.286

Fuente: Elaboración Propia

Se puede determinar que en el año 2015 el presupuesto anual en relación al presupuesto total de inversión corresponde a un 64%, lo cual concluye que las obras gruesas de construcción de la propiedad, fueron realizadas principalmente en el año 2015.

A fines del año 2015 se utilizó un 95% del presupuesto anual, y un 61% del presupuesto total, por diversos motivos de atrasos en obras, en consecuencia de temas contingentes que generaron diversas paralizaciones en las obras, retrasando así la puesta en marcha, para el segundo semestre del año 2018 y principios del año 2019.

## 3.2 Costos centrales termoeléctricos

### 3.2.1 Costos de inversión unidades 3 y 4 Ventanas.

Al indagar los costos incurridos de invertir en dos centrales de tipo térmica, fue necesario analizar los proyectos de inversión de la empresa denominados CAPEX, en donde se cargan todos los costos relacionados con el proyecto antes de la puesta en marcha.

Cabe mencionar que la unidad 3 de ventanas comenzó su proyecto en el año 1996, para finalizarlo en el año 2010, año en que fue puesto en marcha y comenzó sus operaciones. La información recopilada data desde ese año, hasta la fecha de su comienzo de operaciones. Esta unidad generadora de energía tiene una potencia promedio de 270 MW de potencia por hora.

Mientras que la unidad 4 de ventanas comenzó como proyecto en el año 1998, para finalizarlo en el 2013 y así comenzar sus operaciones dentro del complejo Costa de Aes Gener. Esta unidad al igual que la unidad 3, genera 270 MW de potencia por hora.

Ambas unidades, se encuentran totalmente operativas y generando en promedio 540 MW de potencia para el sistema interconectado central de Chile.

A continuación se presenta un cuadro resumen con los costos de inversión total de cada unidad y en total del proyecto termoeléctrico.

**Cuadro N°3: Inversión Unidad 3 y 4 Central Termoeléctrica Ventanas.**

Detalle	Monto USD
Inversión Total V3	402.042.245
Inversión Total V4	420.356.587
Total Inversión Central Termoelect	822.398.832

Fuente: Elaboración Propia

Al analizar la información recopilada, se puede determinar que los costos se centran principalmente en materiales para la construcción del activo fijo, y a la vez, gastos asociados a la obra, como seguros de obra, remuneraciones de trabajadores tanto de la empresa, como subcontratos, gastos indirectos a la obra, entre otros.

Estos costos de inversión permiten dimensionar el valor de la creación de una central de tipo térmica, en base a carbón, ya que si bien es mucho más económica que una central de otro tipo al momento de generar la inversión como empresa, es necesario realizar los estudios pertinentes para saber el beneficio económico que genera.

### 3.2.2 Costos Operacionales Unidades 3 y 4 Ventanas.

Como fue mencionado con anterioridad, en el año 2010 comienza sus funciones operacionales la unidad 3 de Ventanas generando 270 MW, los cuales se suman en el año 2013 a los 270 MW de potencia de la unidad 4 de Ventanas, pertenecientes al complejo costa.

Se presenta a continuación tres cuadros resúmenes con los costos operacionales de las centrales térmicas, en donde al analizar la información recopilada, se divide en tres áreas principalmente.

**Cuadro N°4: Cuadro de Costos Operacionales unidad 3 Ventanas**

Unidad	Área	2010	2011	2012	2013	2014
Ventanas 3	Administración	409.254	553.599	402.158	395.208	589.675
	Operaciones	4.093.719	4.145.267	4.983.955	4.853.851	3.458.975
	Mantenimiento	2.170.979	3.816.031	3.201.079	5.109.859	8.598.776
	<b>Total</b>	<b>6.673.952</b>	<b>8.514.897</b>	<b>8.587.192</b>	<b>10.358.919</b>	<b>12.647.426</b>

Fuente: Elaboración Propia

Al momento de presentar, es posible dilucidar que los primeros años de funcionamiento de la unidad los costos operacionales son los que tienen mayor aumento, puesto que al ser una unidad nueva no necesita grandes mantenimientos, pero desde el tercer año de funcionamiento los costos de mantención aumentan considerablemente y por cada año que pasa más costosos de vuelven.

**Cuadro N°5: Cuadro de Costos Operacionales unidad 4 Ventanas**

Unidad	Área	2010	2011	2012	2013	2014
Ventanas 4	Administración	-	-	-	348.470	548.966
	Operaciones	-	-	-	2.293.125	3.579.856
	Mantenimiento	-	-	-	3.884.823	5.214.668
	<b>Total</b>	-	-	-	<b>6.526.418</b>	<b>9.343.490</b>

Fuente: Elaboración Propia

Similar a la unidad 3 de ventanas, la unidad 4 del complejo costa, tiene sus mayores costos en las funciones de operaciones y mantenimiento, los cuales entre aumentan los años operativos, aumentan considerablemente los costos sobretodo del mantenimiento.

**Cuadro N°6: Cuadro de Costos Operacionales unidad 3-4 Ventanas**

Área	2010	2011	2012	2013	2014	Totales
Administración	409.254	553.599	402.158	743.678	1.138.641	<b>3.247.331</b>
Operaciones	4.093.719	4.145.267	4.983.955	7.146.976	7.038.831	<b>27.408.748</b>
Mantenimiento	2.170.979	3.816.031	3.201.079	8.994.682	13.813.444	<b>31.996.215</b>
<b>Totales</b>	<b>6.673.952</b>	<b>8.514.897</b>	<b>8.587.192</b>	<b>16.885.337</b>	<b>21.990.916</b>	<b>62.652.294</b>

Fuente: Elaboración Propia

Este cuadro resumen de ambas unidades operativas, presenta como los costos de mantenimiento de las unidades sobre el tercer año de funcionamiento, aumentan sus costos de mantenimiento superando así los costos de las funciones operacionales.

**Grafico N°1: Costos área Operaciones y Mantenimiento V3-V4 Ventanas**



Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En el gráfico presente, se muestra como los costos de mantenimiento pasado el tercer año de funcionamiento de las unidades, aumenta considerablemente superando así los costos de operaciones de ambas unidades, llegando así a determinar que el mantener unidades térmicas conllevan a un gran gasto en mantenimiento.

### **3.3 Análisis Resultados Categorización**

Para poder indagar más allá de las centrales generadoras de energía de tipo hidráulica y térmica, se realizaron diversas entrevistas al personal que desempeñan funciones en estas unidades, logrando así categorizar sus respuestas para poder realizar un análisis de forma más profunda.

**Cuadro n°7: Categorización entrevistas realizadas.**

Categorías	Sub categorías	Sub-Sub categorías
Centrales Termoelectricas	Procesos operativos	Sistema agua circulación
		Calentamiento Caldera
		Calentamiento Turbina
		Suministro de combustible
		Manejo de residuos
		Sistema control de emisiones
	Costos Operativos	Control de producción y químicos de aguas
		Materiales Varios
		Remuneraciones
	Costos Mantenimiento	Contratos de servicios
		Caldera y auxiliares
		Turbina
	Frecuentes Mantenimiento	Contratos de servicios
		Mantenimientos menores
	Adquisición Carbón	Mantenimientos Mayores
		Sub-bituminosos
		Bituminosos
		Procedencia
	Beneficios	Costos
		Rápida construcción
		Generación Estable
No depende de condiciones climáticas		
Riesgos	Suministro de combustible principal seguro	
	Altas temperaturas	
	Altas presiones	
	Caídas alto nivel	
Centrales Hidroeléctricas	Procesos Operativos	Enfermedades profesionales
		Utilización Agua
		Utilización energía mecánica
	Costos Mantenimiento	Equipos de transmisión
		Reparación Componentes Hidráulicos por desgaste
		Contacto con agua- Oxidación
		Velocidad Turbina
		Costos muy bajos
	Frecuentes Mantenimiento	Sedimentos por tipo de agua
		Annual- Depende del caudal del rio
	Beneficios	Energía limpia y económica
Bajo costo de producción		
Riesgos	Sequia	
	Medidas diseñadas en etapa de ingeniería	

Al realizar un contraste de las categorías en base a las entrevistas realizadas, y la información vista tanto en terreno como al momento de investigar por centrales, se puede determinar las siguientes aristas.

### 3.3.1 Procesos Operativos

Cuadro n°8: Procesos Operativos

Centrales Termoeléctricas	Centrales Hidroeléctricas
<b>Procesos Operativos</b>	
Sistema agua circulación	Utilización Agua
Calentamiento Caldera	Utilización energía mecánica
Calentamiento Turbina	Equipos de transmisión
Suministro de combustible	
Manejo de residuos	
Sistema control de emisiones	
Control de producción y químicos de aguas	

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los procesos operativos se puede dilucidar notoriamente que las centrales termoeléctricas tienen procesos más largos y complejos, puesto que tienen más elementos al momento de poner la puesta en marcha, lo cual genera procesos más largos destacándose como principales el calentamiento de la caldera, el proceso de circulación de agua, la cual debe ser desmineralizada, el sistema del manejo del carbón y a su vez el manejo de residuos como la pirita, la escoria, el proceso de emisiones de gases, entre otros. Es por ello que al entrevistar al área de control de gestión y gasto presupuestario, fue indiscutible que los costos operativos en una central de tipo térmica eran mayores en comparación a una central hidroeléctrica, ya que el proceso es más corto y sólo requiere de la caída del agua y la utilización de energía mecánica para hacer funcionar la turbina y así el generador. Por ende en cuanto a procesos y costos operativos, se puede definir que son mayores en cuanto a tiempo y costos, los procesos de las centrales termoeléctricas.

### 3.3.2 Costos de Mantenimiento

Cuadro n°9: Costos de mantenimiento

Centrales Termoeléctricas	Centrales Hidroeléctricas
<b>Costos Mantenimiento</b>	
Caldera y auxiliares	Reparación Componentes Hidráulicos por desgaste
Turbina	Contacto con agua- Oxidación
Contratos de servicios	Velocidad Turbina
	Costos muy bajos
	Sedimentos por tipo de agua

Fuente: Elaboración Propia

En este caso también fue notorio un alto costo en el mantenimiento de las unidades generadoras, puesto en una central de tipo térmica necesita mantenciones de tipo anual, las cuales son muy costosas y fueron reflejadas en los costos operativos de las unidades 3 y 4 de ventanas, estas mantenciones mayores son a la caldera y al proceso operativo en general, en donde necesite cambios importantes de repuestos, en cuando al funcionamiento de la turbina, está debe realizarse cada 5 a 6 años, en donde se demora mucho tiempo en desarmar y volver a armar la turbina en forma completa para poder maximizar su uso en el futuro. Ahora bien en el presupuesto, fue muy claro visualizar que los servicios de contratista para mantenimiento son muy altos, ya que en centrales de tipo térmica, se necesita una gran cantidad de personal para poder operar todos los rincones y procesos de la unidad generadora de energía.

En cuanto a los costos de mantenimiento de una central hidráulica son mucho menores, ya que es mantener la parte estructura principalmente por los tipos de fierros que utilizan, en constante limpia, por los residuos que trae el agua, y que afectan en un proceso de oxidación los materiales que contiene la unidad generadora.

En cuanto a costos de mantenimiento se puede definir que son de menor impacto los mantenimientos de las centrales hidráulicas

### 3.3.3 Principales Beneficios

Cuadro n°10: Principales Beneficios

Centrales Termoeléctricas	Centrales Hidroeléctricas
<b>Beneficios</b>	
Rápida construcción	Energía limpia y económica
Generación Estable	Bajo costo de producción
No depende de condiciones climáticas	
Suministro de combustible principal seguro	

Fuente: Elaboración Propia

Este punto es uno de los más importantes puesto que el contraste que pretende realizar la siguiente investigación se centra en la relación Costo-Beneficio. Una central de tipo térmica, tiene un proceso de construcción mucho más rápido que uno de tipo hidráulica, y la generación es más estable puesto que no produce riesgos a las condiciones climáticas, por ejemplo, sequía extrema en un país, en donde las centrales hidráulicas no funcionan en su 100%. En cuanto a tipo de energía, una central hidráulica es mucho más limpia con el medio ambiente, puesto que sólo utiliza el recurso agua, mientras que una térmica necesita petróleo o gas para comenzar su funcionamiento y luego se centra en el uso del carbón, el cual contamina tanto a nivel de gases como de residuos, por las toneladas de desechos diarios que genera.

En cuanto a los costos de producción y mantenimiento, son mucho más bajos a nivel de central hidráulica que térmica, puesto que es un proceso más corto que en una central en base a carbón. Dentro de los criterios se considera con mayores beneficios las centrales hidráulicas, puesto que se obtiene más en sus procesos operativos.

### 3.3.4 Principales Riesgos

Cuadro n°11: Principales Riesgos

Centrales Termoeléctricas	Centrales Hidroeléctricas
<b>Riesgos</b>	
Altas temperaturas	Sequia
Altas presiones	Medidas diseñadas en etapa de ingeniería
Caídas alto nivel	
Enfermedades profesionales	

Fuente: Elaboración Propia

En una central térmica existen más riesgos asociados principalmente a la infraestructura y personal en terreno, a esto se refiere la investigación, con situaciones asociadas a las altas temperaturas en la caldera, lo cual genera un peligro inminente al momento de operar las centrales, al igual que las altas presiones que se manejan en las turbinas, la altura en los terrenos, ya que la caldera es muy grande, se trabaja sobre grandes alturas, siendo un valor principal de la empresa, la seguridad del trabajador.

Mientras que en una central hidroeléctrica los riesgos se asocian principalmente a temas ambientales, como las condiciones climáticas en ciertos periodos, en donde si existe sequia y los caudales de ríos tienen muy poca potencia para funcionar y así hacer funcionar la turbina. También se puede ver reflejado el riesgo en los diseños de canales de transmisión en donde se debe forestar muchos terrenos, para poder transmitir la energía generada en el sistema interconectado central, lo cual genera un riesgo hacia la población y hacia la flora y fauna de nuestro país.

### 3.4 Análisis desde el punto de vista económico entre ambas centrales

#### 3.4.1 Comparación Costos de inversión

Es importante poder realizar una comparación de tipo económica en cuanto a los costos de inversión a los que incurre la empresa en relación a cada central generadora de energía eléctrica, cabe destacar, que las centrales de tipo térmica, son centrales terminadas, mientras que la central de tipo hidráulica está en proceso de construcción, pero de igual forma se realiza un comparativo en cuanto a costos a fines del año 2015 y presupuesto de la propiedad.

**Cuadro n°12: Comparación Costos de inversión real a diciembre 2015**

Central	Costos de inversión Reales
Ventanas 3 y Ventanas 4	822.398.832
Alto Maipo	1.250.888.286
Diferencia	428.489.454

Fuente: Elaboración Propia

En relación a los costos de inversión se puede ver con claridad que de manera real una central de tipo hidroeléctrica de la misma capacidad de una termoeléctrica, a la fecha de diciembre del 2015 tiene un costo de un 52% más que la térmica, lo cual nos indica que sus costos son mucho más elevados ya sea por su infraestructura, o su capacidad de almacenaje o bien por su maquinaria interna.

Aun así existe un porcentaje aún no considerado, ya que las obras aún no finalizan, si presentamos el escenario de forma presupuestada a la finalización de la obra, se refleja de la siguiente manera.

**Cuadro n°13: Comparación de Costos de inversión Presupuestada**

Central	Costos de inversión Reales
Ventanas 3 y Ventanas 4	822.398.832
Alto Maipo	2.050.000.000
Diferencia	1.227.601.168

Fuente: Elaboración Propia

En esta situación se presenta a la central hidráulica con un 150% más costosa que la central térmica, lo cual es una cifra bastante alta, si se ve del punto de vista de recuperación, esta inversión tarda más años en ser recuperada, generando así pérdidas en los primeros años de funcionamiento para la empresa, hasta poder estabilizarse y comenzar a generar utilidad, una vez recuperada la inversión inicial.

### 3.4.2 Comparación a Través del Costo Marginal

Para analizar el costo marginal fue necesario indagar sus cifras desde el año 2010 en donde la central de ventanas 3 fue puesta en funcionamiento, es por ello que el centro de despacho económico de carga del sistema interconectado central, en sus estudios y registros anuales, presenta a través de informes la información que presentamos a continuación, la cual es analizada previamente.

**Cuadro n°14: Costos marginales promedios anuales, desde el año 2010 al 2015.**

Año	Costo Marginal en USD
Año 2010	220
Año 2011	172
Año 2012	182
Año 2013	169
Año 2014	142
Año 2015	134

Fuente: Elaboración Propia

Este cuadro señala en valor pagado a la empresa, por la generación de energía aportarte al sistema interconectado central, este costo marginal es en dólares y se paga potencia de mega watts por hora de funcionamiento.

Se refleja en la información analizada, que a través de los años el costo marginal va en reducción, lo que no es bueno para una empresa con este tipo de inversión, ya que los costos por la propiedad van en aumento y la retribución va disminuyendo, pero estos valores dependen de diversos factores económicos a nivel mundial como a nivel nacional.

Se realizo un análisis de la central térmica en investigación, desde el año 2010 al 2014, años en que han funcionado las centrales, en base a los costos asociados.

**Cuadro n°15: Venta promedio centrales térmicas V3-V4**

<b>AÑO</b>	<b>Potencia en MW/H</b>	<b>Venta Promedio</b>
Año 2010	270	513.216.000
Año 2011	270	401.241.600
Año 2012	270	424.569.600
Año 2013	540	788.486.400
Año 2014	540	662.515.200
		<b>2.790.028.800</b>

Fuente: Elaboración Propia

La venta presentada, es calculada en base a los MW de potencia generada por hora, pero son montos calculados en forma anual, para poder estimar la venta promedio anual.

En cuanto a la central de tipo hidráulica, solo se realiza un supuesto, basado en el costo marginal promedio y si dicha central se encontrara en funcionamiento en el año 2015. (caso hipotético).

**Cuadro n°16: Venta promedio Alto Maipo (caso supuesto)**

<b>Año</b>	<b>Potencia en MW/H</b>	<b>Venta Promedio</b>
2015	531	779.168.160

Fuente: Elaboración Propia

De ser un caso verídico, se podría reflejar que la venta promedio es muy similar a la de los últimos años de una central térmica, puesto que las capacidades son muy parecidas, pero bien cabe destacar que una central de tipo hidráulica depende mucho del factor clima anual y del terreno en donde fue construida, puedo que si bien funciona todo el año, esta no funciona a su capacidad máxima en épocas de sequia y o bien dicho en épocas primaveras y de verano, en donde el torrente de lluvia y la corriente de los ríos, se reduce en más del 50%.

## **Capítulo 4: Discusión de resultados y conclusiones**

### **4.1 Discusión de Resultados**

La investigación tuvo como objetivo principal realizar una comparación entre costo beneficio de una central hidráulica con una central térmica que generan la misma potencia en MW de energía.

Ambas centrales analizadas pertenecen a la empresa Aes Gener S.A, la cual es la tercera empresa a nivel país con mayor cantidad de energía aportada a los sistemas interconectados del país.

En un principio de la investigación y como se estableció en la metodología a utilizar, se buscaba determinar qué proyecto era más deseable financieramente, a través de parámetros e indicadores potenciales, los cuales no determinarían matemáticamente, el mejor resultado. En el transcurso de la investigación, todo fue más simple ya que una central que encuentra actualmente en funcionamiento, mientras que la otra es sólo un proyecto en construcción, lo cual dificulta el análisis para determinación de flujos futuros. Por ende parte de la metodología fue cambiada, y se decidió realizar una comparación a través de costo- beneficio.

Esta relación costo- beneficio fue determinada por proyectos de inversión de las tres centrales a analizar, las cuales dieron pies, para determinar que central sería más costosa en construcción e inversión, con la información recopilada a través del análisis documental, se logro determinar los costos presupuestados y a la vez los costos reales de inversión de ambas centrales.

Luego fue necesario analizar los costos operacionales de las dos centrales en funcionamiento, esto quiere decir, los costos de las centrales térmicas, para así poder cumplir con el objetivo específico dos de la investigación, el cual menciona que se debe saber el costo de continuar generando energía en base al carbón.

Para finalizar se recopiló la información obtenida vía entrevistas a diversas áreas de las unidades en investigación, para así poder indagar sobre costos y sobre beneficios principales, además de indagar en forma más simplificada sobre los costos marginales de la electricidad, la cual da pie para poder calcular un beneficio de tipo económico para la empresa.

Por ende se puede determinar que al contrastar la teoría utilizada para la investigación con el análisis de la documentación requerida, se cumple en a totalidad lo estipulado en la metodología de la investigación, ya que como fue planeada, el análisis fue realizado en forma total y concluyente.

## 4.2 Conclusiones

Con la finalidad de cumplir el propósito de la presente investigación se presentan a continuación las diversas conclusiones a las cuales se ha logrado llegar en base a una ardua investigación y análisis, dando respuesta así a cada objetivo planteado.

Es importante mencionar que las conclusiones a las que se llegó, tendrán dos parámetros: uno de tipo económico y otro por medio de entrevistas.

En lo referente a los costos de inversión una vez analizado cada proyecto de inversión, en este caso, proyecto Alto Maipo, Unidad 3 y Unidad 4 de ventanas Complejo Costa, se llega a los resultados finales en donde se determina que el proyecto Alto Maipo, es 150% más costoso que dos centrales de tipo térmica, que generan la misma cantidad de MW, lo cual se debe principalmente a la infraestructura que conlleva una central energética de este tipo, ya que no solo es la propiedad como tal, sino que también es los terrenos utilizados, la maquinaria interna que forma parte de esta propiedad, entre otros recursos. Por ende se concluye que en cuanto a costos de inversión, para la empresa es conveniente invertir en centrales de tipo térmica, por su bajo costo de propiedad, planta y equipo.

Para responder al segundo objetivo, en relación a cuánto cuesta seguir operando y obteniendo energía a través de centrales térmicas, el análisis de los costos operacionales en relación al último año de funcionamiento analizado, corresponde a un 5% anual en forma creciente de la inversión total de las mismas centrales térmicas, cabe recordar que una central térmica, cuenta con la compra constante de carbón, el cual debe ser exportado, ya que en la actualidad los carbones extraídos de Chile, no son tan bituminosos para generar un correcto funcionamiento de las calderas, es por ello que se deben adquirir toneladas provenientes del extranjero, los cuales se encuentran detallados en el presupuesto anual de cada central, con sus costos mensuales y detallados. Por ende se concluye en este objetivo que es conveniente seguir obteniendo energía en base a una central de tipo térmica, a pesar de que sus costos operativos y principalmente de mantenimiento, estén en aumento con el pasar de los años.

En cuanto a los beneficios esperados por ambos tipo de centrales, se concluye que las centrales de tipo térmica, si bien generan energía con menores riesgos principalmente asociados al clima, tienen un alto riesgo por temperaturas y por emisiones, lo que genera a la población del país, menor seguridad ambiental. Mientras que una

central hidráulica, si bien genera un alto impacto de infraestructura, una vez que está puesta en marcha, la utilización de recursos para su mantenimiento y correcto funcionamiento, no sólo es más económica, sino que es menos riesgosa, ya que es una energía limpia, fuera de utilización de combustibles, por ende la emisión de gases es nula, es sólo la utilización de aguas, las cuales son devuelta a su caudal para continuar su proceso natural.

Para poder obtener una conclusión es que se determinó que debe ser en base a dos parámetros, mencionados anteriormente, uno de tipo económico, en donde se determina que una central de tipo hidráulica cuesta un 150% más sus costos operacionales y principalmente sus costos de mantenimiento son bajos en comparación a una central de tipo térmica, la cual tiene costos operacionales en crecimiento. Pero a la vez, se puede determinar que la central de tipo hidráulica no funciona en forma constante todo el año, por temas de condiciones climáticas, esto quiere decir, por las diversas y a veces escasas lluvias que existen en los lugares lo cual hace que las potencias de mega watts por hora sean más bajas, generando menores ingresos diarios que se ven reflejados en las ventas de energía anuales. Por ende económicamente hablando es preferente tener una central con costos de mantención un poco más altos, pero que generan energía constante y segura para todo el año, siendo así menos riesgosa económicamente.

Ahora bien en cuanto a la conclusión determinada a través de las entrevistas, se puede definir que una central de tipo hidráulica genera una energía mucho más limpia, con procesos operativos mucho más simples, la cual no necesita de combustibles y menos de recursos traídos desde el extranjero, ya que el recurso utilizado es el agua y solo se obtiene del país a través de las aguas lluvias, y de los deshielos de la cordillera. Mientras que por otro lado tenemos una central que genera emisión de gases contaminantes, a la cual se debe traer tipos de carbones del extranjero, y utiliza procesos operativos mucho más complejos. Por ende en cuanto a beneficios de tipo más social para la empresa, es importante tener en funcionamiento centrales hidráulicas con energía más renovable y mucho más limpia.

## Bibliografía

- ✓ Aes Gener, Sistema eléctrico. <https://www.aesgener.cl/Paginas/Sistema-Elctrico-en-Chile.aspx>
- ✓ Anuario 2011, CDEC-SIC y SCDEC-SING. <http://www.cdecsic.cl/informes-y-documentos/auditorias/>
- ✓ Anzil F, Economía Social, www.zona económica.com, 2008.
- ✓ Carlos A. Polich (1995). Evaluación financiera de Proyectos, Una metodología. Ediciones universitarias de Valparaíso.
- ✓ Centrales de energía. Tipos de centrales. <http://www.centralenergia.cl/centrales/mapa-centrales-operacion/>
- ✓ Capex Proyecto GCL50/2001.96.001 Ventanas 3
- ✓ Capex Proyecto GCL53/1001.98.001 Ventanas 4
- ✓ Capex Proyecto GCL55/1000.12.001 Alto Maipo
- ✓ Comisión Nacional de energía. Institucionalidad. <http://www.cne.cl/institucional/quienes-somos>
- ✓ Costo marginal CDEC-SIC, <http://www.cdecsic.cl/informes-y-documentos/fichas/costo-marginal>
- ✓ Endesa Educa. Tipos de centrales energéticas. [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-termicas-convencionales](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-termicas-convencionales).
- ✓ Fortaine E., Evaluación Social de proyectos, Pearson, 1984
- ✓ Grimaldi.simonds.(1985). La seguridad industrial, su administración. Mexico, Alfaomega.
- ✓ Glosario Energetico, Energía Abierta, Gobierno de Chile, <http://energiaabierta.cne.cl/visualizaciones/glosario-energetico/>
- ✓ Ingrid S.; Leornado W. (2009). Evaluación técnica y económica de una central termoeléctrica en la región de los ríos.
- ✓ Informe de Gestión, Aes Gener, Complejo Costa, 2010
- ✓ Informe de Gestión, Aes Gener, Complejo Costa, 2011
- ✓ Informe de Gestión, Aes Gener, Complejo Costa, 2012
- ✓ Informe de Gestión, Aes Gener, Complejo Costa, 2013
- ✓ Informe de Gestión, Aes Gener, Complejo Costa, 2014
- ✓ Mario F. Triola (2008). *Estadística* (décima edición). Pearson Educación

- ✓ Memorial Anual Aes Gener 2010
- ✓ Memoria Anual Aes Gener 2011
- ✓ Memoria Anual Aes Gener 2012
- ✓ Memoria Anual Aes Gener 2013
- ✓ Memoria Anual Aes Gener 2014
- ✓ Memoria Anual Aes Gener 2015
- ✓ Ministerio de energía. Funciones e historia.  
<http://www.minenergia.cl/ministerio/ministro.html>
- ✓ Nassir S. Chain (2001). Evaluación de Proyectos de inversión en la empresa. Preason Educación
- ✓ Revista Energetica de Chile, <http://www.revistaei.cl/reportajes/generacion-termoelectrica-carbon-clave-en-la-matriz-energetica/>
- ✓ Rocafort A. y Ferrer V., Contabilidad de Costes, Profit Editorial, 2010.
- ✓ Rossi, P. and Freeman, H. Evaluación de Proyectos. Sage Publ., 1979
- ✓ Superintendencia del medio ambiente, Gobierno de Chile,  
[www.sma.gob.cl/Termoelectricas](http://www.sma.gob.cl/Termoelectricas)
- ✓ Vargas L., (2004). Contabilidad del Activo Fijo (Sexta Edición). Soelco SA
- ✓ Velasquez M., (2006), Ética en los negocios, conceptos y costos, Sexta Edición Pearson, México.
- ✓ Zona económica, Costo Marginal, <http://www.zonaeconomica.com/costo-marginal>

## Anexos

### Anexo I: Documentos de Análisis

#### 1.1 Costos Operacionales Ventanas 3 (Central Térmica) 2010

Centros de Costos	Acumulado			
	YTD	PPTO	Desviación	%
28050001 Administración V1-V2	4.882.851	3.229.346	1.653.506	51%
28050002 Operación V1-V2	4.694.859	5.691.712	- 996.854	-18%
28050003 Mantención V1-V2	10.693.888	8.965.170	1.728.718	19%
<b>TOTAL VENTANAS</b>	<b>20.271.598</b>	<b>17.886.228</b>	<b>2.385.370</b>	<b>13%</b>
28080001 Administración V3	383.960	409.254	- 25.295	-6%
28080002 Operación V3	3.549.150	4.093.719	- 544.570	-13%
28080003 Mantención V3	1.697.081	2.170.979	- 473.897	-22%
<b>TOTAL NUEVA VENTANAS</b>	<b>5.630.191</b>	<b>6.673.952</b>	<b>- 1.043.762</b>	<b>-16%</b>
28060001 Administración L.Verde	716.647	628.303	88.344	14%
28060002 Operación L.Verde	1.411.611	898.480	513.131	57%
28060003 Mantención L.Verde	206.977	286.682	- 79.705	-28%
<b>TOTAL L.VERDE</b>	<b>2.335.235</b>	<b>1.813.465</b>	<b>521.770</b>	<b>29%</b>
28160001 Administración TG L.Verde	29.083	24.053	5.030	21%
28160002 TG Operación L.Verde	-	23.800	- 23.800	-100%
28160003 TG Mantención L.Verde	3.248	54.431	- 51.184	-94%
<b>TOTAL TG L.VERDE</b>	<b>32.330</b>	<b>102.285</b>	<b>- 69.954</b>	<b>-68%</b>
28070001 Administración Los Vientos	281.429	321.314	- 39.885	-12%
28070002 Operación Los Vientos	1.112.477	1.124.789	- 12.312	-1%
28070003 Mantención Los Vientos	375.146	457.738	- 82.592	-18%
<b>TOTAL L.VIENTOS</b>	<b>1.769.052</b>	<b>1.903.840</b>	<b>- 134.789</b>	<b>-7%</b>
<b>TOTAL COSTA</b>	<b>30.038.406</b>	<b>28.379.771</b>	<b>1.658.635</b>	<b>6%</b>

## 1.2 Costos Operacionales Ventanas 3 (Central Térmica) 2011

Jerarquia	planta	Centro de costo	Cuenta SAP	
	VENTANAS III en Gener	28080001 Ventanas III Administración (en Gener)	6601100020 Gastos Viajes - Transportes Internacionales	3.618
			6608200010 Gastos Eventos (Fiestas, Picnics, etc)	13.025
				<b>16.643</b>
			6108100010 Otros Contratos de Servicios	70.430
				<b>70.430</b>
			6800100010 Administración de Instalaciones	128.427
			6800200010 Administración de Instalaciones - Serv. Aseo	306.140
			6800800010 Administración de Instalaciones - Otros	28.341
				<b>462.908</b>
			6808100010 Fotocopias y Útiles de Escritorio	3.618
				<b>3.618</b>
		<b>Total 28080001 Ventanas III Administración (en Gener)</b>		<b>553.599</b>
		28080002 Ventanas III Operación (en Gener)	5152100010 Materiales Varios - Consumo	580.738
				<b>580.738</b>
			6051100010 Gasto Remuneraciones del personal-Base	1.571.450
			6051200010 Horas Extra	544.766
			6051300010 Bonos en Efectivo	536.629
			6601100010 Transporte Local - Viajes Domesticos	4.200
			6601100020 Gastos Viajes - Transportes Internacionales	16.200
			6601200010 Gastos Viajes - Estadía Nacional	9.000
			6601200020 Gastos Viajes - Estadía Internacional	12.000
			6602100010 Gastos Comidas y Entretenimientos	1.454
				<b>2.695.699</b>
			6104100010 Consultores de Ingenieria	180.000
			6104200010 Consultores Medioambiente	258.397
			6108100010 Otros Contratos de Servicios	234.959
				<b>673.356</b>
			6808100010 Fotocopias y Útiles de Escritorio	19.332
				<b>19.332</b>
			6808200011 Servicios de Transporte	176.142
				<b>176.142</b>
		<b>Total 28080002 Ventanas III Operación (en Gener)</b>		<b>4.145.267</b>
		28080003 Ventanas III Mantenición (en Gener)	5152100010 Materiales Varios - Consumo	653.256
			5152300010 Provisiones no Almacenables-Consumibles	106.632
				<b>759.888</b>
			6104100010 Consultores de Ingenieria	60.000
				<b>60.000</b>
			6106100010 Mantenimiento contratistas	2.996.143
				<b>2.996.143</b>
		<b>Total 28080003 Ventanas III Mantenición (en Gener)</b>		<b>3.816.031</b>
		<b>Total VENTANAS III en Gener</b>		<b>8.514.897</b>
<b>Total Costa</b>				<b>40.154.602</b>
				<b>40.154.602</b>

### 1.3 Costos Operacionales Ventanas 3 (Central Térmica) 2012

Jerarquía planta	Centro de costo	USGAAP	Cuenta SAP	Total 2012
VENTANAS III en Generación	28080001 Ventanas III Administración (en Generación)	01_Salaries, Wages & Benefits	6601100020 Gastos Viajes - Transportes Internacionales	3.496
			6608200010 Gastos Eventos (Fiestas, Picnics, etc)	12.584
		<b>Total 01 Salaries, Wages &amp; Benefits</b>		<b>16.080</b>
		02_Contract & Consulting Services	6108100010 Otros Contratos de Servicios	68.048
		<b>Total 02 Contract &amp; Consulting Services</b>		<b>68.048</b>
		05_Facilities Management Costs	6800100010 Administración de Instalaciones	124.084
			6800200010 Administración de Instalaciones - Serv. Aseo	370.107
			6800800010 Administración de Instalaciones - Otros	27.383
		<b>Total 05 Facilities Management Costs</b>		<b>521.573</b>
		08_Office Supplies	6808100010 Fotocopias y Útiles de Escritorio	3.496
	<b>Total 08 Office Supplies</b>		<b>3.496</b>	
	<b>Total 28080001 Ventanas III Administración (en Generación)</b>		<b>609.197</b>	
	28080002 Ventanas III Operación (en Generación)	0_Chemicals, Utilities & Supplies For Prod	5152100010 Materiales Varios - Consumo	582.785
		<b>Total 0 Chemicals, Utilities &amp; Supplies For Prod</b>		<b>582.785</b>
		01_Salaries, Wages & Benefits	6051100010 Gasto Remuneraciones del personal-Base	1.616.518
			6051200010 Horas Extra	567.515
			6051300010 Bonos en Efectivo	548.581
			6601100010 Transporte Local - Viajes Domesticos	4.200
			6601100020 Gastos Viajes - Transportes Internacionales	20.200
			6601200010 Gastos Viajes - Estadía Nacional	9.000
			6601200020 Gastos Viajes - Estadía Internacional	16.000
			6602100010 Gastos Comidas y Entretenimientos	1.456
		<b>Total 01 Salaries, Wages &amp; Benefits</b>		<b>2.783.470</b>
02_Contract & Consulting Services		6104100010 Consultores de Ingeniería	45.000	
		6104200010 Consultores Medioambiente	272.574	
	6108100010 Otros Contratos de Servicios	235.156		
<b>Total 02 Contract &amp; Consulting Services</b>		<b>552.730</b>		
08_Office Supplies	6808100010 Fotocopias y Útiles de Escritorio	19.340		
<b>Total 08 Office Supplies</b>		<b>19.340</b>		
10_Other Fixed Operating Costs	6808200011 Servicios de Transporte	172.677		
<b>Total 10 Other Fixed Operating Costs</b>		<b>172.677</b>		
<b>Total 28080002 Ventanas III Operación (en Generación)</b>		<b>4.111.002</b>		
28080003 Ventanas III Mantenimiento (en Generación)	0_Chemicals, Utilities & Supplies For Prod	5152100010 Materiales Varios - Consumo	751.703	
		5152300010 Provisiones no Almacenables-Consumibles	112.562	
	<b>Total 0 Chemicals, Utilities &amp; Supplies For Prod</b>		<b>864.265</b>	
	02_Contract & Consulting Services	6104100010 Consultores de Ingeniería	63.600	
	<b>Total 02 Contract &amp; Consulting Services</b>		<b>63.600</b>	
11_Maintenance	6106100010 Mantenimiento contratistas	4.161.314		
<b>Total 11 Maintenance</b>		<b>4.161.314</b>		
<b>Total 28080003 Ventanas III Mantenimiento (en Generación)</b>		<b>5.089.179</b>		
<b>Total VENTANAS III en Generación</b>		<b>9.809.378</b>		
<b>Total Costa</b>		<b>35.097.592</b>		

### 1.3 Costos Operacionales Ventanas 3 y 4 (Central Térmica) 2014

Jerarquia	Centro de costo	SAP	Total 2014
	28400002 Ventanas III Operaci	5151000010 - Gastos de prod. quím.-Otro-Consumo 5152100010 MATERIAL VARIOCONSUM 5152300010 PROV NOALM CONSUMGEN 5172000010 - Gastos medioamb.-Cargos 6104100010 - Gastos por serv. prof. (consultoria)-Ingeniería 6104200010 - Gastos por serv. prof. (consultoria)-Medioamb. 6108100010 - Serv. contratados-O&M 6108300100 - Serv. contratados-Otro-Tercero 6601100015 - Gastos TM&E-Viajes-Transporte-Tarifas aéreas 6601100040 - Gastos TM&E-Viajes-Transporte-Otro 6601200015 - Gastos TM&E-Viajes-Alojamiento-Hotel 6608100025 - Otros gastos no var.-Conferencias-Alquiler de equi 6608200020 - Gastos TM&E-No relac. c/viajes-Internos-Comidas 6808100010 - Otros gastos no var.-Suministros de oficina	299.891 81.017 18.087 460.528 46.000 122.387 942.342 40.512 14.000 12.000 13.000 4.000 7.830 5.801
	<b>Total 28400002 Ventanas III Operaci</b>		<b>2.067.397</b>
	28820002 Campiche Operación	5151000010 - Gastos de prod. quím.-Otro-Consumo 5152100010 MATERIAL VARIOCONSUM 5152300010 PROV NOALM CONSUMGEN 5172000010 - Gastos medioamb.-Cargos 6104100010 - Gastos por serv. prof. (consultoria)-Ingeniería 6104200010 - Gastos por serv. prof. (consultoria)-Medioamb. 6108100010 - Serv. contratados-O&M 6601100015 - Gastos TM&E-Viajes-Transporte-Tarifas aéreas 6601100040 - Gastos TM&E-Viajes-Transporte-Otro 6601200015 - Gastos TM&E-Viajes-Alojamiento-Hotel 6608100025 - Otros gastos no var.-Conferencias-Alquiler de equi 6608200010 - Gastos TM&E-No relac. c/viajes-Internos-Entreten 6608200020 - Gastos TM&E-No relac. c/viajes-Internos-Comidas 6808100010 - Otros gastos no var.-Suministros de oficina	299.455 95.736 18.087 734.152 40.000 103.824 772.796 14.000 20.000 14.000 4.000 2.673 5.009 17.177
	<b>Total 28820002 Campiche Operación</b>		<b>2.140.908</b>
	28820021 Campiche Servicios Generales	6108300100 - Serv. contratados-Otro-Tercero 6800200010 - Servicios contratados - Costos de limpieza	24.326 143.691
	<b>Total 28820021 Campiche Servicios Generales</b>		<b>168.017</b>
	28400021 Ventanas III Servicios Generales	6108300100 - Serv. contratados-Otro-Tercero 6800200010 - Servicios contratados - Costos de limpieza	17.574 234.332
	<b>Total 28400021 Ventanas III Servicios Generales</b>		<b>251.906</b>
	28400023 Ventanas III Vigilancia	6800100010 - Serv. contratados-Serv. de seguridad	73.712
	<b>Total 28400023 Ventanas III Vigilancia</b>		<b>73.712</b>
	28400024 Ventanas III Manejo flota vehiculos	6108300010 - Operating Exp-Vehicle-Contract Serv	184.408
	<b>Total 28400024 Ventanas III Manejo flota vehiculos</b>		<b>184.408</b>
	<b>Total 28820044 Campiche Mantenimiento Eléctrico</b>		<b>396.811</b>
	28820055 Campiche Mantenimiento Mecanico	5152100010 MATERIAL VARIOCONSUM 5152300010 PROV NOALM CONSUMGEN 6104100010 - Gastos por serv. prof. (consultoria)-Ingeniería 6106100010 MANTEN CONTRATISTAS 6108300100 - Serv. contratados-Otro-Tercero 6808100010 - Otros gastos no var.-Suministros de oficina	695.790 102.970 120.000 3.916.154 85.288 8.000
	<b>Total 28820055 Campiche Mantenimiento Mecanico</b>		<b>4.928.203</b>
	28400055 Ventanas III Mantenimiento Mecanico	5152100010 MATERIAL VARIOCONSUM 5152300010 PROV NOALM CONSUMGEN 6104100010 - Gastos por serv. prof. (consultoria)-Ingeniería 6104800100 - Gastos por serv. prof. (consultoria)-Otro-Consultor 6106100010 MANTEN CONTRATISTAS 6108100010 - Serv. contratados-O&M 6808100010 - Otros gastos no var.-Suministros de oficina	533.044 52.744 8.341 2.871.593 85.358 8.719
	<b>Total 28400055 Ventanas III Mantenimiento Mecanico</b>		<b>3.559.800</b>
	28400077 Ventanas III Mantenimiento Inst y Control	5152100010 MATERIAL VARIOCONSUM 5152300010 PROV NOALM CONSUMGEN 6104800100 - Gastos por serv. prof. (consultoria)-Otro-Consultor 6106100010 MANTEN CONTRATISTAS	222.400 96.000 180.114 608.400
	<b>Total 28400077 Ventanas III Mantenimiento Inst y Control</b>		<b>1.106.914</b>
	28400022 Ventanas III Edific e Infraest	6106100010 MANTEN CONTRATISTAS 6108100010 - Serv. contratados-O&M	529.659 47.295
	<b>Total 28400022 Ventanas III Edific e Infraest</b>		<b>576.954</b>
	28820077 Campiche Mantenimiento Inst y Control	5152100010 MATERIAL VARIOCONSUM 5152300010 PROV NOALM CONSUMGEN 6104800100 - Gastos por serv. prof. (consultoria)-Otro-Consultor 6106100010 MANTEN CONTRATISTAS	212.400 93.600 108.000 718.400
	<b>Total 28820077 Campiche Mantenimiento Inst y Control</b>		<b>1.132.400</b>
	28820022 Campiche Edific e Infraest	5152300010 PROV NOALM CONSUMGEN 6106100010 MANTEN CONTRATISTAS 6108100010 - Serv. contratados-O&M	2.730 574.711 34.338
	<b>Total 28820022 Campiche Edific e Infraest</b>		<b>611.779</b>
	<b>Total 28060024 Laguna Verde Manejo flota vehiculos</b>		<b>34.451</b>
	<b>Total Costa</b>		<b>40.547.559</b>
	<b>Total general</b>		<b>40.547.559</b>

## 1.4 Proyecto Alto Maipo, Memoria Anual Aes Gener 2015



### PROYECTO TERMOELÉCTRICO COCHRANE (SING-CHILE)

El proyecto termoeléctrico Cochrane considera la construcción de dos unidades termoeléctricas a carbón de 266 MW brutos cada una y 20 MW de un Sistema de Almacenamiento de Energía (Battery Energy Storage System, BESS), ubicadas al norte de Antofagasta, en la comuna de Mejillones, Región de Antofagasta. El proyecto obtuvo su aprobación ambiental en 2009. La central contempla el uso de tecnología de carbón pulverizado, utilizando carbón bituminoso y sub-bituminoso como combustible e incorpora sistemas de abatimiento para controlar emisiones de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y material particulado.

El contrato de construcción EPC ("Engineering, Procurement, Construction") fue firmado durante 2011 con Posco E&C, contratista que anteriormente construyó la central Angamos de similares características, bajo la modalidad de "suma alzada, fecha cierta y llave en mano". Cabe señalar que la Compañía finalizó el proceso de construcción de Angamos a tiempo y de acuerdo al presupuesto. Adicionalmente, el proyecto Cochrane cuenta con contratos de venta de energía de largo plazo con SQM, Quebrada Blanca y Sierra Gorda para la venta de aproximadamente el 100% de la energía generada.

El cierre de financiamiento se concretó en marzo de 2013, bajo la estructura de non-recourse project finance por hasta US\$1.000 millones, equivalente a un 74% de la inversión total. Participaron agencias de crédito a la exportación de Japón y Corea del Sur, así como también instituciones financieras de los países mencionados. Además, se incorporó Mitsubishi Corporation, a través de Diamond Pacific Investment Limitada, en la sociedad Empresa Eléctrica Cochrane SpA con la suscripción del 40% de las acciones de ésta última.

Al 31 de diciembre de 2015, AES Gener había invertido US\$ 1.124 millones en el proyecto Cochrane con un grado de avance en obras del 96%, en tiempo y en presupuesto. Según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA en sus siglas en inglés Occupational Safety and

Health Administration) el proyecto dio cumplimiento del hito de seguridad de trabajo de 5.750 horas hombre sin tiempo perdido. Por su parte, la línea de transmisión Cochrane-Encuentro, construcción a cargo de Sigdo Koppers, presenta un avance en obras del 100%.

Ambas unidades y BESS deberán conectarse al SING durante el año 2016, para hacer frente a la demanda de energía por parte de las grandes mineras del norte del país.

### PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO (SIC-CHILE)

El proyecto hidroeléctrico Alto Maipo considera construir dos centrales de pasada en serie hidráulica en la cuenca del Río Maipo denominadas Alfalfal II (264 MW) y Las Lajas (267 MW), con una potencia total instalada de 531 MW. La aprobación ambiental fue otorgada en 2009 para el proyecto en sí mismo, en 2010 para el sistema de transmisión y en diciembre de 2012 se obtuvo la concesión eléctrica.

Los principales contratos para proveer los equipos de generación y construcción de las obras subterráneas fueron firmados con tres contratistas internacionales de primer nivel en 2012. En la construcción de las principales obras civiles y túneles participan la firma austriaca Strabag SpA, con su filial chilena de Austria Strabag AG, y Constructora Nuevo Maipo SpA (CNM), consorcio de la empresa alemana Hochtief A.G. y la empresa italiana CMC Di Ravenna. Por su parte, las filiales en Brasil y Chile de la firma alemana Voith Hydro tienen a su cargo el suministro y montaje del equipamiento electromecánico de las centrales. Cabe señalar que para las obras subterráneas fueron seleccionados dos contratistas con el objeto de mitigar los riesgos e iniciar obras de construcción de manera simultánea en distintos frentes.

El financiamiento del proyecto fue cerrado en diciembre de 2013 mediante una estructura de non-recourse project finance con un syndicado de instituciones financieras de desarrollo y bancos locales e internacionales por hasta US\$1.217 millones, equivalente a un 60% de la inversión



total. La proporción restante será financiada por AES Gener y la compañía Minera Los Pelambres (filial de Antofagasta Minerals S.A.), la que se incorporó como accionista de Alto Maipo SpA al suscribir el 40% de las acciones de ésta última en julio de 2013. En el acuerdo, AES Gener y Minera Los Pelambres comprometieron los aportes necesarios para continuar con la construcción del proyecto en una proporción de 60% y 40%, respectivamente. Adicionalmente, fue suscrito un contrato de compraventa de energía con Los Pelambres, entre los cuales se contempla el suministro de energía por hasta 110 MW de potencia por un plazo de hasta 20 años para el consumo de sus faenas mineras que se encuentran en operación.

La inversión en Alto Maipo a diciembre de 2015 ascendió a US\$745 millones, con un grado de avance en obras del 24%, lo cual considera ingeniería, abastecimiento de materiales y equipo; así como, trabajos de movilización, la construcción de caminos de acceso, campamentos en los sitios de faenas, obras superficiales y excavaciones de los túneles. Estos últimos, en total, alcanzaron una extensión de nueve kilómetros, en nueve distintos frentes. Desde comienzos de enero de 2016, la tuneladora TBM (Tunnel Boring Machine) de CNM se encuentra trabajando y otras dos TBMs ya se encuentran en terreno siendo ensambladas.

Se dieron las órdenes de proceder a los tres principales contratistas en diciembre de 2013, y se espera inicio de operación de la central entre el segundo semestre de 2018 y el primer semestre de 2019.

Alto Maipo constituye un aporte energético importante para el SIC, mediante el suministro de energía limpia, eficiente y económica, equivalente a 2.200 – 2.300 GWh al año. Adicionalmente, el proyecto tiene bajo impacto ambiental dado que contempla un 90% de obras subterráneas, sin embalse y presenta relevantes ventajas para el SIC asociadas a la seguridad de suministro que brinda su cercanía a la ciudad de Santiago y a los consiguientes ahorros en transmisión de energía eléctrica, que involucran sólo 17 kilómetros de nuevas líneas de transmisión.

#### PROYECTOS INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL DE EMISIÓN, RETROFITTS (SIC Y SING – CHILE)

Con el objetivo de prevenir y controlar las emisiones de material particulado, SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre), NO<sub>x</sub> (óxido de nitrógeno) y mercurio en zonas declaradas y no declaradas saturadas o latentes, el Ministerio del Medio Ambiente estableció el Decreto Supremo 13 de 2011 que establece normas de emisión para centrales termoeléctricas. En 2012, AES Gener inició la instalación de equipos de control de emisiones (retrofits) en cuatro centrales existentes pertenecientes al complejo Ventanas (Unidades I y II) y Norgener (Unidades I y II) construidas entre 1964 y 1997. De igual manera, Guacolda Energía S.A., dio inicio a la instalación de equipos de control de emisiones en sus Unidades I, II y IV en agosto de 2013.

Estos proyectos permitirán reducir las emisiones generadas en las centrales mencionadas y cumplir con los estándares exigidos en Chile para centrales termoeléctricas, con límites en la emisión de partículas y gases producidos por combustibles fósiles, principalmente carbón. Para centrales existentes, incluyendo aquellas en construcción, los límites exigidos para material particulado están siendo exigidos desde fines de 2013, mientras que los nuevos límites de dióxido de azufre, óxido de nitrógeno y mercurio serán exigidos desde mediados de 2016, a excepción de aquellas centrales operando en zonas declaradas saturadas o latentes, en cuyo caso será exigido desde junio de 2015.

Los retrofits de las cuatro unidades del Complejo Ventanas y Norgener se completaron con éxito a mediados del año 2015, cumpliendo con el plazo exigido con la nueva ley de emisiones para centrales en operación en zonas saturadas o latentes. En estas unidades la inversión total ejecutada ascendió a US\$229 millones. Por su parte, los retrofits para las unidades de Guacolda Energía S.A., lograron a fines de diciembre un 97,5% de avance, con una inversión a esa fecha de US\$185 millones, de un total estimado en US\$221,5 millones.

## 1.5 Resumen Memoria anual Aes Gener 2014

**RESUMEN DE AES GENER**

Capacidad de generación actual: **5.082 MW**  
 Capacidad en construcción: **1.256 MW**  
 Participación en cuatro mercados independientes: **SIC y SING en Chile, SIN en Colombia y SADI en Argentina**  
 Portafolio diversificado: **Fuentes de generación, clientes y mercados**  
 Clasificación de riesgo de grado de inversión: **BBB- (Fitch y S&P) y Baa3 (Moody's)**

Resumen Financiero en MUS\$ y al 31 de Diciembre			
	2012	2013	2014
Ganancia Bruta	589.893	536.386	510.079
EBITDA	660.702	623.029	671.215
Ganancia atribuible a los propietarios de la controladora	202.933	201.321	183.651
Activos Totales	5.831.406	6.591.902	6.836.897
Pasivos Corrientes	491.298	892.249	710.849
Pasivos No Corrientes	2.859.087	3.062.687	3.761.689
Participación No Controladoras	3.354	93.610	51.807
Patrimonio atribuible a los propietarios de la controladora	2.477.667	2.543.356	2.312.552
Total Ingresos			
	2012	2013	2014
	2.327.721	2.244.790	2.328.406
EBITDA por Mercado 2014			
SIN	262.931		39,2%
SIC	253.586		37,8%
SING	122.921		18,3%
SADI	31.777		4,7%
<b>Total</b>	<b>671.215</b>		

## RESUMEN FINANCIERO

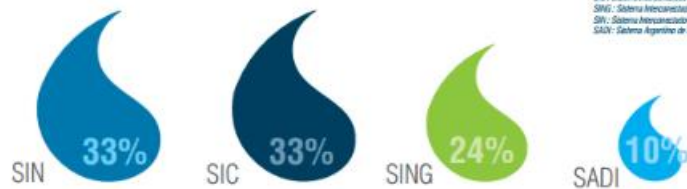
En MUS\$ y al 31 de diciembre

### TOTAL ingresos

2011		2.130.286
2012		2.327.721
2013		2.244.790

MUSS	2011	2012	2013
Ganancia Bruta	687.072	589.892	510.079
EBITDA	737.275	660.702	623.027
Ganancia atribuible a los propietarios de la controladora	326.084	202.933	201.321
Activos Totales	5.829.273	5.831.406	6.591.902
Pasivos Corrientes	514.158	491.298	892.249
Pasivos No Corrientes	2.786.336	2.859.087	3.062.687
Participación no controladoras	109	3.354	93.610
Patrimonio atribuible a los propietarios de la controladora	2.528.670	2.477.667	2.543.356

### EBITDA 2013



SIC - Sistema Interconectado Central  
 SING - Sistema Interconectado Norte-grande  
 SIN - Sistema Interconectado Nacional  
 SADI - Sistema Argentino de Interconexión

## **Anexo II: Entrevistas**

### **2.1 Entrevista Berty Luke**

#### Entrevista Central Termoeléctrica

##### Indicaciones para responder:

- A) Responder bajo la pregunta la mayor cantidad de información de usted desee compartir
- B) Si no maneja algún tema en específico, favor dejar en blanco la pregunta.

##### PREGUNTAS:

1.- Dentro del trabajo que se realiza en una central termoeléctrica, podría usted describir los que considera como principales procesos operativos, que distinguen una central térmica de otras centrales con procesos de generación diferentes por ejemplo hidráulicas, eólicas, solares, etc.

R: Varios son los procesos operativos que en una central termoeléctrica se consideran fundamentales, de los cuales podemos detallar los siguientes:

Sistema agua de circulación, las centrales termoeléctricas requieren de grandes volúmenes de agua para ser utilizada en los procesos de enfriamiento, principalmente el del vapor, el cual, una vez realizado su trabajo en la turbina es recuperado en el condensador y transformado nuevamente en agua la que es retornada nuevamente al circuito.

Otro proceso importantísimo en una central termoeléctrica es el calentamiento de la caldera y la turbina los que deben ser controlados exhaustivamente debido al fenómeno de dilatación de los materiales. En el caso de la turbina este proceso es más relevante aun, ya que las holguras existentes entre la parte fija (estator) que es maciza y la parte móvil (rotor) que es más esbelto son ínfimas y que si no se cuida el proceso de dilatación de los materiales puede llevar a que se produzcan roces severos.

2. Si bien es conocido que los costos de inversión de una central termoeléctrica son menores a las de una central hidroeléctrica, usted podría mencionar en que se centran los costos de mantenimientos de una central en base a carbón, con qué frecuencia se realizan? y con qué frecuencia se generan fallas en el sistema?

R: En una central termoeléctrica los costos por mantenimientos más recurrentes se concentran en la caldera y sus equipos auxiliares, entre ellos se destacan los

pulverizadores de carbón a los que se les efectúa mantención aproximadamente cada tres meses.

Otro de los costos relevantes se presenta en los mantenimientos menores que se realizan anualmente y en los mantenimientos mayores en que se incluye el destape de la turbina el cual se realiza cada cuatro o cinco años.

En lo que respecta a las fallas es difícil precisar su frecuencia ya que el mantenimiento de las unidades apunta a no presentar fallas.

3. En cuanto a la adquisición del carbón, podría usted explicarme con que tipos de carbón se trabaja, si es de origen nacional o extranjero, y si conoce el costo de adquisición de este.

R: Los carbones más utilizados en centrales termoeléctricas son carbones sub-bituminosos y bituminosos aunque en algunas también se utiliza el pet-coke.

En Ventanas las unidades 1 y 2 están diseñadas para quemar carbón principalmente bituminoso en tanto las unidades 3 y 4 están diseñadas para quemar carbón sub-bituminoso.

La mayoría de los carbones es de procedencia extranjera en donde podemos distinguir Colombia, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Canadá. Hoy en día de Chile se puede contar con un carbón sub-bituminoso de Isla Riesco.

El costo de los carbones esta afecto a diferentes factores que inciden en su precio final, algunos de ellos son su poder calorífico, procedencia, volúmenes, transporte y otros.

En nuestro caso se puede considerar al día de hoy un precio promedio entre US\$ 75 y US\$ 80 la tonelada puesta en planta.

4. Según su experiencia, cuales son los principales beneficios de una central termoeléctrica?

R: Son de rápida construcción, nivel de generación estable, suministro de combustible principal seguro

5. Según el diario trabajar, cual es la potencia promedio en las que se encuentran las unidades 3 y 4 de Ventanas?

R: La potencia promedio es de 270 MW

6. Con su experiencia y conocimiento, podría explicarme los principales riesgos que genera una central de carácter termoeléctrica?

R: Los principales riesgos que se encuentran en una central termoeléctrica son:

Altas temperaturas, riesgo de quemaduras, sofocamiento.

Altas presiones, escapes de vapor, riesgo y daños a equipos instalaciones y lesiones a las personas

Energía Eléctrica, riesgo de electrocución, quemaduras

Caídas desde distinto nivel.

Enfermedad profesional, manejo de carbón y cenizas.

7. Desearía realizar algún comentario sobre su experiencia en el trabajo en una central de este tipo?.

R: Es un trabajo de gran responsabilidad que permite un importante desarrollo profesional ya que posee una variedad de disciplinas técnicas que enriquecen los conocimientos.

## 2.2 Entrevista Manuel Robledo

### Entrevista Central Termoeléctrica

Nombre entrevistado: Manuel Robledo Carrasco

Área de trabajo: Operaciones Ventanas 1-2.

### Indicaciones para responder:

- C) Responder bajo la pregunta la mayor cantidad de información de usted desee compartir
- D) Si no maneja algún tema en específico, favor dejar en blanco la pregunta.

### PREGUNTAS:

1.- Dentro del trabajo que se realiza en una central termoeléctrica, podría usted describir los que considera como principales procesos operativos, que distinguen una central térmica de otras centrales con procesos de generación diferentes por ejemplo hidráulicas, eólicas, solares, etc.

R:

- Suministro de combustible (Manejo del carbón, compra de diésel, manejo de CaO, etc)
- Manejo de los residuos (ceniza, RISES, RILES)
- Complejidad de los sistemas de control de emisiones (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, MP)
- Control de producción y químicos de aguas (desmineralización, agua de refrigeración)

2. Si bien es conocido que los costos de inversión de una central termoeléctrica son menores a las de una central hidroeléctrica, usted podría mencionar en que se centran los costos de mantenimientos de una central en base a carbón, con qué frecuencia se realizan? y con qué frecuencia se generan fallas en el sistema?

R:

- Mayor inversión está en la mantención Mayor (1 mes y más) de caldera y Turbina (Over haul), la periodicidad es anual y el over haul de turbina cada 5 años aproximadamente porque depende de las horas de servicio.

3. En cuanto a la adquisición del carbón, podría usted explicarme con que tipos de carbón se trabaja, si es de origen nacional o extranjero, y si conoce el costo de adquisición de este.

R: No es mi área directamente, la compra es internacional y también nacional.

4. Según su experiencia, cuales son los principales beneficios de una central termoeléctrica?.

R:

- Rápida construcción y fácil mantención. Capacidad de reemplazar equipos en forma rápida. No depende directamente de las condiciones hidrológicas (climáticas) para su funcionamiento.

5. Según el diario trabajar, cual es la potencia promedio en las que se encuentran las unidades 3 y 4 de Ventanas?

R: 272 MW Bruta.

6. Con su experiencia y conocimiento, podría explicarme los principales riesgos que genera una central de carácter termoeléctrica?

R:

- Sistema de enfriamiento del generador, utiliza hidrógeno para este fin.
- Alta presión y temperatura del vapor de las calderas.

7. Desearía realizar algún comentario sobre su experiencia en el trabajo en una central de este tipo?.

R:

- Las centrales termoeléctricas a base de carbón presentan un desafío profesional muy relevante, ya que las especialidades de las ingenierías (Electricidad, Química, Mecánica), se combinan para poder operar una planta.

## **2.3 Entrevista Nelson Vásquez**

### Entrevista Central Hidroeléctrica

Nombre entrevistado: Nelson Vásquez Muñoz.

Área de trabajo: Departamento de Mantenimiento, Centrales Cordillera.

Central Hidroeléctrica

#### Indicaciones para responder:

- E) Responder bajo la pregunta la mayor cantidad de información de usted desee compartir.
- F) Si no maneja algún tema en específico, favor dejar en blanco la pregunta.

#### PREGUNTAS

1. Dentro del trabajo que se realiza en una central Hidroeléctrica, podría usted describir los que considera como principales procesos operativos, que distinguen una central Hidráulica de otras centrales con procesos de generación diferentes por ejemplo térmicas, eólicas, solares, etc.

R: Todo proceso de generación de energía eléctrica utiliza una fuente de energía para iniciar sus el proceso de transformación. Es así como la eólica, utiliza el aire como masa para impulsar una turbina que cuenta con perfiles aerodinámicos que permiten transmitir movimiento a un turbogenerador, la solar que utiliza el sol como fuente para alimentar fotoceldas capaces de transformar esa energía lumínica en energía eléctrica o una central termoeléctrica que utiliza la energía química de un combustible para iniciar el proceso de transformaciones energéticas. La diferencia entonces con una Central Hidroeléctrica es que básicamente ésta última aprovecha el recurso hídrico, en una configuración tal que permita utilizar agua como medio en la transformación de energía potencia en cinética y ésta a su vez en energía mecánica, moviendo una turbina la cual posee un eje unido a un generador el cual al girar dentro de un estator genera produce energía eléctrica alterna, previa formación de un campo eléctrico excitado desde una fuente de energía externa.

2. Si bien es conocido que los costos de inversión de una central Hidroeléctrica son mayores a los de una central térmica, usted podría mencionar en que se centran los costos de mantenimiento de una central hidráulica, con qué frecuencia se realizan y que tan frecuente son las fallas en una central de este tipo?

R: Los costos de mantenimiento de una Central Hidroeléctrica están asociados principalmente a la reparación de componentes hidráulicos, sometidos a desgaste. Estos componentes son los que están directamente en contacto con el agua. La severidad del daño producido por el desgaste variará y dependerá de varios factores de diseño como: la concentración de sedimentos, altura de caída, velocidad de la turbina, caudal turbinado, si existen o no recubrimientos en estos componentes, tipo de turbina (Pelton, Francis, Kaplan, Bulbo, etc). La frecuencia de mantenimientos depende de la estrategia de cada empresa y objetivos de disponibilidad y confiabilidad que se fijen. En el caso de la Central en la que trabajo, la mayoría de las turbinas tienen un mantenimiento al año. Su duración es de aproximadamente 30 días y se realiza en momentos en donde el agua disponible en el río no es suficiente para mantener en servicio toda la potencia instalada. Usualmente las Centrales tienen más de una unidad lo que permite en periodos de bajo caudal tener una unidad detenida y la otra en servicio. Esto es aprovechado para realizar los mantenimientos planificados de tipo preventivo.

3. Según su experiencia, cuales son los principales beneficios de una central Hidroeléctrica?

R: Los principales beneficios radican en que constituyen la forma más limpia y económica de generar energía eléctrica, vs todo el resto de alternativas existentes.

4. Según el diario trabajar, cual es la potencia promedio en que podría trabajar la central de Alto Maipo?

R: Las Centrales del proyecto Alto Maipo superarán los 530 MW de potencia instalada. Pero debido a la hidrología se espera que esta potencia sea alcanzada en época de deshielo, es decir entre noviembre y marzo. El resto del año la potencia podría disminuir a la mitad.

5. Con su experiencia y conocimiento, podría explicarme los principales riesgos que genera una central de carácter Hidráulica como es Alto Maipo?

R: Las Centrales del Proyectos Alto Maipo no generan riesgos. El impacto es mínimo durante el proceso de construcción, debido al aumento del tránsito de camiones, maquinarias, excavaciones y construcción propiamente tal. La flora que tendrá que ser removida ya ha sido compensada en relación 10 a 1, es decir por cada arbusto que se retire 10 arbustos de la misma especie serán plantados en el sector.

6. Desearía realizar algún comentario sobre su experiencia en el trabajo en una central de este tipo?

R: Tengo la mejor de las impresiones, me encanta trabajar en una Central Hidroeléctrica. Es un trabajo que demanda un alta preparación técnica y competencias para trabajar en equipos multidisciplinarios. También se requiere alta disponibilidad, lo que muchas veces nos obliga a trabajar sábados, domingos y/o festivos. La constante capacitación y adquisición de experiencias asegura un desarrollo de carrera en el largo plazo

## 2.4 Entrevista Pedro Febre

### Entrevista Central Hidroeléctrica

Nombre entrevistado: Pedro Febre Lazo

Área de trabajo: Subgerente Centrales Cordillera

Central Hidroeléctrica

#### Indicaciones para responder:

- G) Responder bajo la pregunta la mayor cantidad de información de usted desee compartir.
- H) Si no maneja algún tema en específico, favor dejar en blanco la pregunta.

#### PREGUNTAS

1. Dentro del trabajo que se realiza en una central Hidroeléctrica, podría usted describir los que considera como principales procesos operativos, que distinguen una central Hidráulica de otras centrales con procesos de generación diferentes por ejemplo térmicas, eólicas, solares, etc.

R: Todos los equipos de transmisión y electro mecánicos como generador, transformador, sistema excitación, entre otros, son idénticos en ambos procesos. La diferencia está en la forma de impulsar el generador, que para el caso de una central Hidroeléctrica es por medio de una turbina Pelton, Francis o Kaplan. Por lo que el principal proceso que diferencia a los demás procesos, son la canalización del agua para llevarla a la turbina y poder hacer rotar el generador

2. Si bien es conocido que los costos de inversión de una central Hidroeléctrica son mayores a los de una central térmica, usted podría mencionar en que se centran los costos de mantenimiento de una central hidráulica, con qué frecuencia se realizan y que tan frecuente son las fallas en una central de este tipo?

R: Los costos de mantención y la frecuencia de esta mantención de una central hidroeléctrica, dependen mucho de la calidad de agua que turbinan, principalmente influenciada por la cantidad de sedimento que puede transportar el agua. Pero al comparar los costos con los otros procesos de generación, pasan a ser despreciables.

Por ejemplo al comparar una unidad de Ventanas & el costo de una unidad de Alfalfa (similar potencia) , el costo de la central hidroeléctrica es al menos 10 veces menor.

3. Según su experiencia, cuales son los principales beneficios de una central Hidroeléctrica?

R: - El bajo costo de producción (4 US\$/MWh) & los costos de los otros procesos como a carbón que borden los 45 US\$/MWh.

- No se generan residuos, (ceniza, gases calientes, etc)

4. Según el diario trabajar, cual es la potencia promedio en que podría trabajar la central de Alto Maipo?

R: no entiendo la pregunta

5. Con su experiencia y conocimiento, podría explicarme los principales riesgos que genera una central de carácter Hidráulica como es Alto Maipo?

R: no genera ningún riesgo, los pequeños riesgos están mitigados con medidas diseñadas en la etapa de ingeniería

6. Desearía realizar algún comentario sobre su experiencia en el trabajo en una central de este tipo?

R: Se invita a todas las personas a interiorizarse más de los procesos de generación de una central de pasada y descubrir los beneficios que estas tienen como el no impacto ambiental de un proceso térmico. Las centrales de Alto Maipo, buscar canalizar una muy pequeña cantidad de agua (27 m<sup>3</sup>/seg) con una gran caída de 1150 mt, lo que resulta un procesos muy eficiente (poca agua genera gran energía). Lamentablemente, mucha gente no entiende el proceso y cree que el agua de este proceso desaparece y que pone en riesgo el agua potable, lo cual es totalmente falso.

## 2.5 Entrevista Myriam Guzmán

### Entrevista Central Termoeléctrica Control de Gestión

Nombre entrevistado: Myriam Guzmán

Área de trabajo: Control de Gestión Central Ventanas

#### Indicaciones para responder:

- A) Responder bajo la pregunta la mayor cantidad de información de usted desee compartir
- B) Si no maneja algún tema en específico, favor dejar en blanco la pregunta.

#### PREGUNTAS:

1.- Dentro del trabajo que usted realiza en la central termoeléctrica, podría describir los principales costos operativos a los que se ve frecuentada la central, de que manera se mantiene el control de dichos costos?.

R: Dentro de los costos operativos de una central termoeléctrica, el área que implica un mayor presupuesto para trabajar durante un periodo de tiempo, es el área de mantenimiento, el cual se divide principalmente en 3 sub-áreas de ejecución, como son la parte eléctrica, la parte mecánica y por último la parte de instrumentación y control. Cada año estos costos son unos de los más altos operativamente, pero van creciendo en forma continua a medida que pasan los periodos, puesto que e una central de este tipo ( carbón), para tener un mejor funcionamiento deben generarse más tipos de mantenimientos, que sean de forma completa, para poder evitar así, reiteradas fallas y caídas del sistema generador. Ahora en cuanto el control que se tiene de dichos costos, como departamento de control de gestión, es necesario generar informes de control de gestión de tipo mensuales, para controlar las principales desviaciones que ocurren y puedan generar un problema en el presupuesto anual, por ejemplo en caso de fallas, es necesario que cada área involucrada informe los costos incurridos, para así poder absorber el costo del problema que se está generando.

2. Si bien es conocido que los costos de inversión de una central termoeléctrica son menores a las de una central hidroeléctrica, usted podría mencionar en que se centran los costos de mantenimientos de una central en base a carbón, con qué frecuencia se realizan? y con qué frecuencia se generan fallas en el sistema?

R: los costos de mantenimiento de una central termoeléctrica, se centran principalmente en la adquisición y reemplazo de piezas de diferentes unidades de la central, por ejemplo repuestos para calderas, cambios en las turbinas, mantenimientos en los sistemas computacionales de las plantas desaladoras de agua, o bien en los FGD de las unidades, en cuanto a las frecuencias, estas se realizan durante todo el año, pero existen mantenimientos mayores programados para cada unidad, en donde tienen una duración de uno a dos meses, para así poder realizar revisiones a las turbinas y calderas, que son las partes más grandes de las centrales.

Ahora bien las fallas son muy reducidas, porque se está en constante revisión de los sistemas, realizando así los mantenimientos preventivos mencionados anteriormente, los que hacen que el porcentaje de fallas en el año, sea mínimo y no afecte al funcionamiento de la central.

3. En cuanto a la adquisición del carbón, podría usted explicarme con que tipos de carbón se trabaja, si es de origen nacional o extranjero, y si conoce el costo de adquisición de este.

R: Si bien desconozco los tipos de carbón con que se trabaja, ya que no es una especialidad de mi área, sé que es de origen extranjero y muy poco es nacional y los costos de este corresponden a un 30% app del presupuesto anual para las centrales en funcionamiento.

4. Según su experiencia, cuales son los principales beneficios de una central termoeléctrica?, dependiendo del área en que usted trabaja.

R: En el área de control de gestión, podemos tomar como beneficios principalmente de índole económicos, como por ejemplo, la generación constante de energía durante el año, ya que solo cuando se está en mantenimiento su potencia se ve reducida pero en ningún momento dejan de funcionar, por ende viéndolo desde el punto de vista económico y analizando su costo marginal de mercado, este tipo de centrales genera bastante utilidad, ya que su costo de construcción es bastante más bajo que otros tipos de centrales.

5. Según el diario trabajar, cual es la potencia promedio en las que se encuentran las unidades 3 y 4 de Ventanas?

R: 271 mwh de potencia

6. Con su experiencia y conocimiento, podría explicarme los principales riesgos que genera una central de carácter termoeléctrica?

R: Los principales riesgos que podrían generarse en una central de este tipo, son ambientales, pero de índole muy bajo, ya que estamos regulados por varios entes fiscalizadores y las emisiones de partículas que generan las centrales son muy bajas.

7. Desearía realizar algún comentario sobre su experiencia en el trabajo en una central de este tipo?.

R: Creo que es una gran experiencia trabajar en una central termoeléctrica, sobre todo por los procesos que uno pueden ver, tanto desde el punto de vista económico que se centra más en el área que yo trabajo, como desde el punto de vista generador de energía, ya que la energía cada vez es más demanda y es una necesidad básica para todas las personas.