

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
VALPARAÍSO – CHILE



## TITULO DE MEMORIA

VICTOR ANDRES ROBERTO GONZALEZ RODRIGUEZ

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO INFORMÁTICO

PROFESOR GUÍA:

Lautaro Guerra

PROFESOR CORREFERENTE:

Cecilia Reyes

MES 2015

“ ”

# Agradecimientos

# Resumen

Palabras Claves:

# Abstract

Keywords:

# Índice de Contenidos

Resumen	IV
Abstract	V
Índice de Contenidos	VI
Índice de Tablas	VII
Índice de Figuras	VIII
Glosario	IX
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Definición del problema . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	1
1.2.1. Objetivo principal . . . . .	1
1.2.2. Objetivos específicos . . . . .	2
1.3. Alcances . . . . .	2
1.4. Estructura del documento . . . . .	3
<b>2. Estado del Arte</b>	<b>4</b>
2.1. Referencia del Sector Energía . . . . .	4
2.1.1. Energía en Chile . . . . .	5
2.1.2. La Eficiencia Energética (EE) en Chile . . . . .	6
2.1.3. Ministerio de Energía . . . . .	6
2.1.4. Innovación y Desarrollo Tecnológico en EE en Chile . . . . .	6
Fundación Chile . . . . .	6
Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) . . . . .	6
2.2. Toma de decisiones Multicriterio y Metodología . . . . .	6
2.2.1. Conceptos . . . . .	6
2.2.2. Metodología AHP . . . . .	6
2.2.3. Metodología ANP . . . . .	6

<b>3. Marco Metodológico</b>	<b>7</b>
3.1. Metodología para el modelamiento e implementación de las soluciones .	7
3.2. Herramientas de Modelamiento . . . . .	7
3.2.1. Herramientas de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) . . . . .	7
3.2.2. Herramientas de Proceso Analítico en Red (ANP) . . . . .	7
<b>4. Modelamiento</b>	<b>8</b>
4.1. Motivación . . . . .	8
4.2. Objetivo de los Modelos . . . . .	8
4.2.1. Ampolletas . . . . .	8
4.2.2. Refrigeradores . . . . .	8
4.2.3. Aire Acondicionado . . . . .	8
4.2.4. Electrodomésticos . . . . .	8
4.2.5. Automóviles . . . . .	8
4.2.6. Televisores . . . . .	8
4.3. Modelos Generados . . . . .	8
4.3.1. Ampolletas . . . . .	8
4.3.2. Refrigeradores . . . . .	8
4.3.3. Aire Acondicionado . . . . .	8
4.3.4. Electrodomésticos . . . . .	8
4.3.5. Automóviles . . . . .	8
4.3.6. Televisores . . . . .	8
<b>5. Análisis Comparativo</b>	<b>9</b>
5.1. Modelos Finales . . . . .	9
5.1.1. Ampolletas . . . . .	9
5.1.2. Refrigeradores . . . . .	9
5.1.3. Aire Acondicionado . . . . .	9
5.1.4. Electrodomésticos . . . . .	9
5.1.5. Automóviles . . . . .	9
5.1.6. Televisores . . . . .	9
5.2. Evaluación y Análisis de los Criterios . . . . .	9
5.3. Análisis y Conclusiones . . . . .	9
<b>6. Conclusiones</b>	<b>10</b>
6.1. Conclusiones Generales . . . . .	10
6.2. Conclusiones Específicas . . . . .	10
6.3. Trabajo Futuro . . . . .	10

# Índice de Tablas



# Índice de Figuras

# Glosario

<b>MWh</b>	MegaWatt-Hora / MegaVatio-Hora - Unidad de medida para el consumo energético.
<b>PyME</b>	Pequeñas y Medianas Empresas.

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Definición del problema

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo principal

El presente trabajo busca estudiar, proponer y comparar modelos de selección de los productos más eficientes del mercado, desarrollado por Tipten International Group (TIG), la Superintendencia de Energía y Combustibles del Gobierno de Chile (SEC) y Fundación Chile (FCh), el cual utiliza distintos criterios para cada categoría de producto que describen la eficiencia energética de ellos. Para esto se recopilará y analizará la información relevante en el área de eficiencia energética de productos domésticos, lo cual será realizado mediante un trabajo colaborativo con expertos en el área de la energía y eficiencia.

Luego, se construirán modelos con el objetivo de encontrar los productos más eficientes para cada categoría, para mejorar y promover el consumo sustentable en los hogares chilenos mediante el impulso de políticas sociales y medioambientales impulsadas por la SEC y el Ministerio de Energía, utilizando metodologías multicriterio, para mejorar y apoyar la selección de los productos de manera estratégica, escogiendo el modelo que satisfaga de mejor manera el objetivo propuesto, para finalmente comparar y dar a conocer las importantes diferencias entre los modelos.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Familiarizarse con los conceptos y lineamientos de la eficiencia energética impulsadas por el Ministerio de Energía y de la Superintendencia de Energía y Combustibles.
- Comprender e identificar los criterios utilizados para categorizar los productos más eficientes, utilizando las propuestas realizadas por los actores involucrados en el proyecto.
- Identificar y analizar los principales métodos de decisión multicriterio discretos, y determinar el que permita resolver de mejor forma el objetivo propuesto.
- Utilizar la metodología AHP, o Proceso Analítico Jerárquico, para diseñar un modelo jerárquico, cuyo objetivo sea identificar los productos más eficientes del mercado.
- Utilizar la metodología ANP, o Proceso Analítico en Red, para diseñar un modelo en red, cuyo objetivo sea identificar los productos más eficientes del mercado.
- Evaluar y comparar los modelos generados, escogiendo el que mejor resuelva la problemática, entregando una herramienta que apoye y establezca un modelo confiable para poder seleccionar los productos más eficientes del mercado.
- Dar a conocer las diferencias conceptuales entre los modelos, y esclarecer las ventajas y desventajas de cada uno para cada caso en especial.

### **1.3. Alcances**

Los modelos desarrollados se validarán mediante la retroalimentación de expertos en el área de la eficiencia energética y sustentabilidad, y se realizará una comparación entre los resultados, con el fin de identificar los modelos que se ajusten más a los

lineamientos políticos y sociales que se busca establecer con la selección de los productos más eficientes.

## **1.4. Estructura del documento**

# Capítulo 2

## Estado del Arte

En este capítulo se dará a conocer el estado actual de la cartera energética de Chile, en la cual se encuentra trabajando el gobierno de Chile en conjunto con distintas agencias gubernamentales y no-gubernamentales, específicamente en el área de la Eficiencia Energética. En conjunto con esto, se dará a conocer las distintas metodologías de los procesos de toma de decisiones multicriterio que se utilizan en la actualidad.

### 2.1. Referencia del Sector Energía

El sector de energía es estratégico y fundamental para el funcionamiento de nuestra sociedad y la vida de las personas. La energía es una fuente necesaria para el uso de artefactos eléctricos, de calefacción y cocina, así como también para el transporte y el funcionamiento del sector productivo.

El contexto mundial y nacional de las tres últimas décadas es radicalmente distinto del escenario que se proyecta para los próximos treinta años. Los hidrocarburos (carbón, petróleo y gas) se presentaban hasta hace unos años como una fuente de energía abundante, barata y respuesta preferente a los desafíos que el desarrollo económico mundial requería. Sin embargo, la creciente urbanización mundial y la irrupción de nuevos países como grandes consumidores de energía, probablemente implicará un panorama

más complejo de escasez y alta competencia por el uso de algunos combustibles, mayor volatilidad y altos precios de la energía. Las emisiones de contaminantes locales y globales de los hidrocarburos son una razón adicional para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y buscar nuevas fuentes energéticas propias, más limpias y a precios accesibles

### **2.1.1. Energía en Chile**

Chile importa el 60 % de su energía primaria (Balance Nacional de Energía BNE 2012), por lo que somos un país subordinado a la inestabilidad y volatilidad de los precios en los mercados internacionales y las restricciones de abastecimiento que se produzcan por fenómenos políticos, climáticos o de mercado.

Los últimos diez años en Chile han estado marcados por el corte de gas natural desde Argentina, severos y largos períodos de sequía, dificultades en el otorgamiento de permisos ambientales, insuficiente entrada de proyectos y de nuevas empresas en el área de generación y escasa inversión en infraestructura en ese mismo segmento y también en transmisión eléctrica. Todo ello ha contribuido a sostener a lo largo de la última década condiciones de estrechez de oferta de suministro eléctrico, con altos costos marginales y precios a cliente final que reflejan un desarrollo ineficiente del sistema, lo que se ha agravado en los últimos años.

En efecto, los precios de la energía eléctrica han aumentado considerablemente en la última década. En 2006, el suministro eléctrico para el pueblo chileno, comercios y pequeñas empresas (clientes regulados) fue adjudicado a valores promedio de US\$ 65 por MWh; en cambio, la última licitación, realizada en diciembre de 2013 para estos mismos clientes, fue adjudicada al doble del 2006 (valor promedio de US\$ 128 por MWh). Esto ha significado que la cuenta eléctrica que pagan hoy las familias chilenas

es un 20 % superior respecto al año 2010. De mantenerse el escenario de precios adjudicados en 2013, el costo de la electricidad podría subir otro 34 % durante la próxima década.

Asimismo, en los últimos diez años, las industrias (clientes libres) han visto duplicados los precios por sus consumos eléctricos, lo que resta competitividad a nuestra economía e impacta directamente en el crecimiento del PIB. En el año 2013, los precios medios de mercado rondaron en el Sistema Interconectado Central (SIC) los US\$ 112 por MWh y en el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) los US\$ 108 por MWh. La industria chilena está enfrentando uno de los precios más altos de la energía eléctrica en América Latina. En el caso de la minería, el sector enfrenta el segundo precio más alto con respecto a los países mineros a nivel mundial, y el doble con respecto a competidores directos, como Perú.

### **2.1.2. La Eficiencia Energética (EE) en Chile**

### **2.1.3. Ministerio de Energía**

### **2.1.4. Innovación y Desarrollo Tecnológico en EE en Chile**

En el sector de la Eficiencia Energética en Chile, existen actores de carácter público, público/privado y privado, que continuamente realizan proyectos relacionados con la Eficiencia Energética y la Sustentabilidad, los cuales deben mantenerse alineados con los objetivos trazados por el Ministerio de Energía, para así aportar a la meta país y además mantenerse vigente en el mercado chileno.

Este sector se encuentra muy abandonado por el sector empresarial, en donde existen en su mayoría PyMEs que se dedican al desarrollo de aplicaciones específicas para cada requerimiento de la industria. Es por eso que las empresas público/privadas juegan un rol muy importante como gestor y vector de desarrollo de tecnologías, plataformas y



métricas para la Eficiencia Energética y Sustentabilidad, ya que estas empresas reúnen de manera neutral los intereses de la industria junto a los del gobierno.

Por otro lado, los entes reguladores presentes en la realidad chilena, son

**Fundación Chile**

**Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)**

## **2.2. Toma de decisiones Multicriterio y Metodología**

**2.2.1. Conceptos**

**2.2.2. Metodología AHP**

**2.2.3. Metodología ANP**

# Capítulo 3

## Marco Metodológico

- 3.1. Metodología para el modelamiento e implementación de las soluciones
- 3.2. Herramientas de Modelamiento
  - 3.2.1. Herramientas de Proceso Analítico Jerárquico (AHP)
  - 3.2.2. Herramientas de Proceso Analítico en Red (ANP)

# Capítulo 4

## Modelamiento

### 4.1. Motivación

### 4.2. Objetivo de los Modelos

#### 4.2.1. Ampolletas

#### 4.2.2. Refrigeradores

#### 4.2.3. Aire Acondicionado

#### 4.2.4. Electrodomésticos

#### 4.2.5. Automóviles

#### 4.2.6. Televisores

### 4.3. Modelos Generados

#### 4.3.1. Ampolletas

#### 4.3.2. Refrigeradores

#### 4.3.3. Aire Acondicionado

#### 4.3.4. Electrodomésticos

#### 4.3.5. Automóviles

#### 4.3.6. Televisores

# Capítulo 5

## Análisis Comparativo

### 5.1. Modelos Finales

#### 5.1.1. Ampolletas

#### 5.1.2. Refrigeradores

#### 5.1.3. Aire Acondicionado

#### 5.1.4. Electrodomésticos

#### 5.1.5. Automóviles

#### 5.1.6. Televisores

### 5.2. Evaluación y Análisis de los Criterios

### 5.3. Análisis y Conclusiones

# Capítulo 6

## Conclusiones

### 6.1. Conclusiones Generales

### 6.2. Conclusiones Específicas

- item

### 6.3. Trabajo Futuro