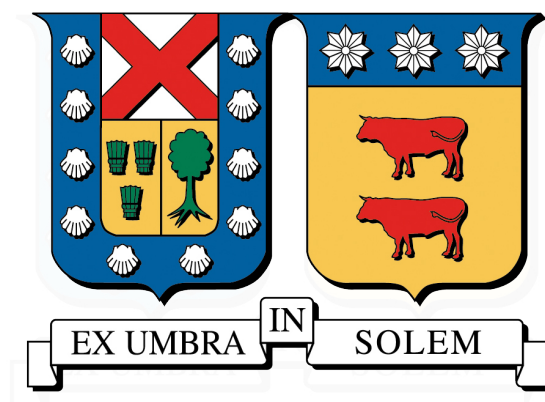


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS  
SANTIAGO - CHILE



**ESTRATEGIA ENERGÉTICA LOCAL DE VILLA ALEMANA  
PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS MEDIANTE ANÁLISIS  
MULTICRITERIO**

**MARIANO OSVALDO GALEOTTI**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA : SRA. MARÍA PILAR GÁRATE  
PROFESOR CORREFERENTE : SR. FRANCISCO DALL'ORSO

MAYO 2017

# Índice de Contenidos

<b>1. Resumen Ejecutivo</b>	<b>1</b>
<b>2. Problema de Investigación</b>	<b>3</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>5</b>
3.1. Objetivo General	5
3.2. Objetivos Específicos	5
<b>4. Marco Teórico</b>	<b>6</b>
4.1. Situación Energética	6
4.1.1. A Nivel Mundial	6
4.1.1.1. Sustentabilidad y Eficiencia Energética en el Mundo	9
4.1.2. En Chile	16
4.1.2.1. Sustentabilidad y eficiencia energética en Chile	18
4.1.2.2. Política Energética Nacional	19
4.2. Estrategia Energética Local	25
4.2.1. Proceso de elaboración de una EEL	26
4.3. Análisis Multicriterio	32
4.3.1. Participación e involucramiento de los actores	34
4.3.2. Métodos de Comparación	36
4.3.3. Método Analytic Hierarchy Process (AHP)	37
4.3.3.1. Principio de construcción de jerarquías	38
4.3.3.2. Principio establecimiento de prioridades	39
4.3.3.3. Principio de consistencia lógica	43
4.3.4. Procedimiento para el análisis jerárquico en el método AHP	45
4.3.4.1. Definición del problema	45
4.3.4.2. Definición de actores	45
4.3.4.3. Identificación de las alternativas factibles	45
4.3.4.4. Construcción del modelo jerárquico	45
4.3.4.5. Ingreso de los juicios	45
4.3.4.6. Síntesis de los resultados	46
4.3.4.7. Validación de la decisión	46
4.4. Comuna de Villa Alemana	46
4.4.1. Características Generales de la Comuna	46

<b>5. Aplicación Análisis Multicriterio en EEL de Villa Alemana</b>	<b>50</b>
5.1. Formulación del modelo	50
5.1.1. Definición del problema	50
5.1.2. Definición de actores	51
5.1.3. Cartera de proyectos a priorizar	53
5.1.4. Identificación y definición de criterios	54
5.1.4.1. Descripción de los criterios	54
5.1.4.2. Descripción de los subcriterios	55
5.1.5. Árbol jerárquico	58
5.2. Evaluación del modelo	59
5.2.1. Información para evaluar el modelo	59
5.2.2. Asignación de peso a los criterios	61
5.2.2.1. Ponderación de los criterios	67
5.2.3. Evaluación de los proyectos de la cartera	69
5.2.3.1. Asignación de notas a los proyectos	70
5.2.3.2. Priorización de los proyectos	73
<b>6. Conclusiones</b>	<b>74</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>77</b>
<b>A. Anexos</b>	<b>79</b>
A.1. Información sobre los proyectos	79
A.1.1. Programa Eficiencia Energética	79
A.1.2. Programa Educación Energética	84
A.1.3. Programa Energía Compatible con el Medio Ambiente	89
A.2. Encuestas	94
A.2.1. Encuesta ponderación de criterios	94
A.2.2. Encuesta priorización de proyectos	97
A.3. Ponderación de Criterios con Expert Choice	103
A.4. Evaluación de Proyectos	107

# Índice de Tablas

4.1. Criterios para la evaluación de proyectos en una EEL. . . . .	31
4.2. Métodos de comparación . . . . .	37
4.3. Escala de Saaty . . . . .	40
4.4. Matriz de comparación. . . . .	41
4.5. Índices aleatorios por tamaño de matriz. . . . .	44
4.6. Total de patentes por rubro, Julio 2010. . . . .	47
4.7. Total de patentes por rubro, Julio 2010. . . . .	49
5.1. Organizaciones del Comité Energético Operativo (CEO) . . . . .	52
5.2. Cartera de proyectos EEL Villa Alemana. . . . .	53
5.3. Grupo Ambiental . . . . .	60
5.4. Grupo Social . . . . .	60
5.5. Grupo Municipal . . . . .	60
5.6. Grupo Academia . . . . .	61
5.7. Matriz de juicios criterio Social, Grupo Ambiental. . . . .	62
5.8. Resultados ponderaciones criterios y subcriterios por grupo . . . . .	68
5.9. Promedio ponderaciones de los criterios y subcriterios . . . . .	69
5.10. Ejemplo promedios subcriterios . . . . .	71
5.11. Nota final proyecto, ejemplo. . . . .	71
5.12. Notas finales de los proyectos de la cartera de la EEL. . . . .	72
5.13. Ranking de los proyectos de la cartera . . . . .	73

# Índice de Figuras

4.1. Consumo final de energía en el mundo. . . . .	6
4.2. Matriz energética primaria global en Mtoe. . . . .	7
4.3. Matriz energética de consumo final en Mtoe. . . . .	8
4.4. Expectativa de vida al nacer a nivel mundial. . . . .	9
4.5. Consumo de combustibles fósiles en relación al total. . . . .	11
4.6. Precio anual del barril de petróleo. . . . .	12
4.7. Relación entre Índice de Desarrollo Humano y consumo de electricidad per cápita por países del año 2008. . . . .	14
4.8. PIB por unidad de uso de energía. . . . .	15
4.9. Consumo de energía eléctrica en los estados de EE.UU. en el año 2010 medido en kWh per cápita. . . . .	16
4.10. Consumo final de energía en Chile. . . . .	17
4.11. Matriz energética primaria de Chile en TCal. . . . .	17
4.12. Matriz energética de final de Chile en TCal. . . . .	18
4.13. Diagrama de potencial de energía. . . . .	29
4.14. Ejemplo de identificación de involucrados. . . . .	35
4.15. Jerarquía del problema. . . . .	39
4.16. Proyección de la Densidad Poblacional de la Provincia de Marga-Marga por comuna. . . . .	47
4.17. Comparación entre Villa Alemana y Chile de acuerdo a la población por grupo de edades. . . . .	48
4.18. Índice de Vejez de la comuna de Villa Alemana, últimos años y proyección. . . . .	48
4.19. Logo comuna Villa Alemana. . . . .	49
5.1. Árbol jerárquico del modelo. . . . .	58
5.2. Ejemplo tabla respuesta de la encuesta ponderación de criterios. . . . .	61
5.3. Modelo multicriterio en Expert Choice a utilizar. . . . .	62
5.4. Ponderación del criterio Social, grupo Ambiental. . . . .	66
5.5. Resultados ponderaciones criterios y subcriterios, grupo Ambiental. . . . .	66
5.6. Hoja de respuesta, Encuesta Priorización de Proyectos. . . . .	70
5.7. Respuestas ingresadas a la tabla en la Hoja de Cálculo Excel. . . . .	71

# 1 | Resumen Ejecutivo

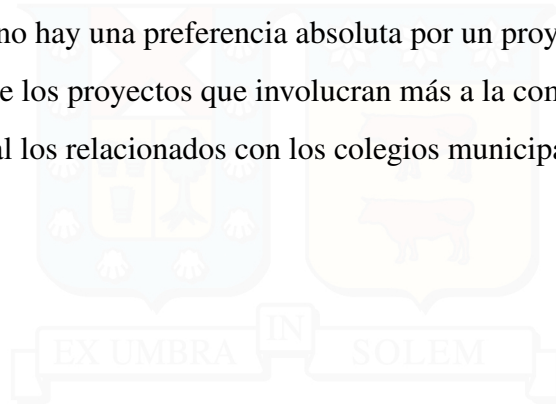
La finalidad de este trabajo es seleccionar y priorizar los proyectos que integrará la cartera de proyectos que se define en la etapa de elaboración de la Estrategia Energética Local (EEL) de Villa Alemana, a partir de las opiniones de los representantes de la comuna. Esta cartera formará parte del plan de acción en la implementación de la EEL.

La cartera está compuesta por quince proyectos viables, los cuales fueron propuestos a partir de un levantamiento de información del diagnóstico energético de la comuna (realizado por Ecoenergías) y de las ideas propuestas por la ciudadanía en las instancias donde participaron. Talleres realizados en la comuna, respondiendo encuestas (online y presencial). Los proyectos de la cartera se dividen en tres programas (cinco proyectos por programa); Eficiencia Energética, Educación Energética y Energía Compatible con el Medio Ambiente.

La priorización de los proyectos se realiza mediante un análisis Multicriterio, en donde participan tanto el equipo encargado de elaborar la EEL como los representantes de la comuna (Participación ciudadana). El modelo que consta de seis subcriterios para evaluar los todos los proyectos. Agrupados en dos criterios, Social y Factibilidad técnica-económica.

La aplicación del modelo Multicriterio se divide en dos etapas. La primera tiene como propósito asignar pesos a los criterios y subcriterios del modelo. La segunda, una vez estimadas las ponderaciones se debe evaluar los proyectos con una escala simple de uno a cinco. En ambas etapas se requiere de la realización de una encuesta (una por etapa, diseñadas previamente).

Los resultados obtenidos a partir del modelo Multicriterio, dieron a conocer el gran interés que hay en la comuna por la realización de los proyectos propuestos en la cartera. Esto se observa en el rango de notas donde se encuentran los proyectos (entre tres y cuatro). Se ve claramente que no hay una preferencia absoluta por un proyecto en particular. Pero sí hay que destacar que los proyectos que involucran más a la comunidad fueron los más preferentes, en especial los relacionados con los colegios municipales de la comuna.



## 2 | Problema de Investigación

Desde hace algunos años el pensamiento sobre la obtención y forma en que se administran los recursos naturales, principalmente los relacionados al ámbito de la energía, ha ido cambiando hacia un uso más eficiente, sustentable y con el menor impacto sobre el medio ambiente. Es por eso que ya se vienen desarrollando una cantidad relevante de programas e iniciativas para fomentar este cambio no sólo en el ámbito empresarial, sino que también al comportamiento de las personas frente a la utilización de los recursos energéticos, en especial el de la energía eléctrica y la energía térmica.

Chile es un país que recientemente ha tomado importancia en este tema, basta con decir que en el año 2010 se crea el Ministerio de Energía (anterior a esa fecha era una parte del Ministerio de Minería), el cual se encarga de todo lo relacionado con el desarrollo energético del país. De acuerdo a sus programas, hay uno que incentiva a las comunas del país a que definan y puedan implementar una Estrategia Energética Local. (Nombre del programa: Comuna Energética)

Según el Ministerio de Energía, una Estrategia Energética Local (EEL) es: “Es una herramienta que sirve para que los Municipios puedan analizar el escenario energético y estimar el potencial de energía renovable y eficiencia energética que se puede aprovechar en su territorio, definiendo una visión energética e involucrando de forma activa a la comunidad en el desarrollo energético de la comuna”. ([Ministerio de Energía, 2015](#)).

Dentro de la etapa de desarrollo de una EEL, una de las partes importantes es la identificación, evaluación y priorización de los proyectos que se esperan realizar en la comuna

donde se implementará la EEL. Pero cabe destacar durante el proceso de elaboración de una EEL, parte fundamental es el involucramiento de la comunidad donde su opinión toma un peso importante y que es considerado al momento de tomar una decisión. Por lo cual se define un grupo representativo de la comuna que incluye a todos los sectores (privado, público y ciudadanía) y mediante su participación en los talleres y reuniones realizadas durante el proceso de elaboración de la EEL son las instancias para obtener su pensamiento. Los proyectos escogidos para ser implementados en la EEL además de ser rentables deben tener un bajo impacto en el ambiente y de potenciar el desarrollo económico de la localidad, considerando que estos deben ser aceptados por los habitantes de la comuna.

Entonces, para considerar todos los puntos de vistas y así poder seleccionar y priorizar los proyectos a realizar en una EEL, además de los análisis técnicos correspondiente a cada uno, se requiere de una metodología que sea capaz de analizar datos cuantitativos y cualitativos al mismo tiempo. Donde en lo posible pueda trabajar en una misma escala para así facilitar la comparación con la información con la cual se trabaja.

Es por eso que se considera en este estudio la utilización del análisis multicriterio para poder trabajar realizar una propuesta sobre la priorización de los proyectos que se deben incluir en la EEL, considerando la opinión de los actores claves, de acuerdo a la información recopilada durante las instancias participativas con la comunidad y de la información que dispone el equipo<sup>1</sup> de trabajo a cargo de implementar el análisis multicriterio. Cabe destacar que la implementación de esta herramienta será evaluada en este trabajo a partir de la elaboración de una EEL para comuna de Villa Alemana.

---

<sup>1</sup>Miembros del equipo: Sandra Véliz y Mariano Galeotti

## 3 | Objetivos

### 3.1. Objetivo General

Cuantificar de manera efectiva las opiniones entregadas por los actores claves en los talleres comunitarios realizados durante la etapa de elaboración de la Estrategia Energética Local de Villa Alemana, a partir de un análisis Multicriterio para así poder priorizar y seleccionar los proyectos a implementar en la estrategia.

### 3.2. Objetivos Específicos

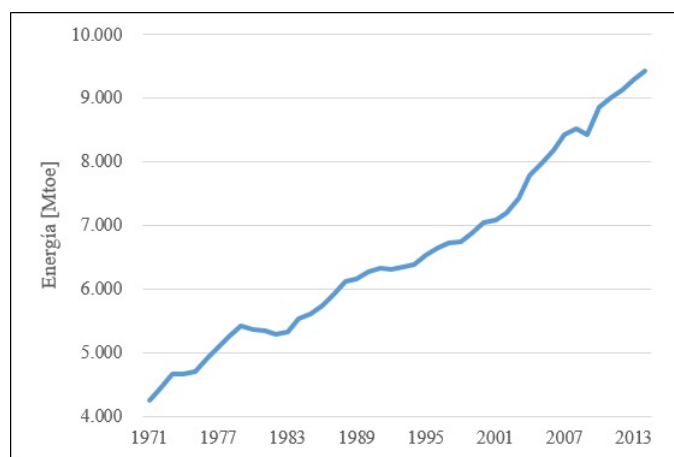
1. Levantar la información del diagnóstico energético de la comuna, así ver los tipos de proyectos factibles a realizar.
2. Levantar información sobre el proceso de definición de la visión con el fin de establecer la orientación que deben poseer los proyectos de la EEL.
3. Definir una cartera viable de proyectos mediante un proceso participativo con los representantes de la comuna.
4. Realizar análisis Multicriterio para cuantificar la opinión de los actores claves y de esta forma priorizar la cartera de proyectos.

## 4 | Marco Teórico

### 4.1. Situación Energética

#### 4.1.1. A Nivel Mundial

Desde la Revolución Industrial el uso de la energía ha experimentado un crecimiento exponencial hasta el día de hoy, solo basta con decir que actualmente en el planeta se consume el doble de energía que hace cuarenta años atrás. Algunos de los factores que ocasionaron este aumento son el crecimiento económico mundial, el incremento de la capacidad productiva de los países, el mayor tamaño del sector transporte y aumento de la población mundial. A continuación se presenta una figura (4.1) con muestra el consumo<sup>2</sup> energético primario global en las últimas cuatro décadas.

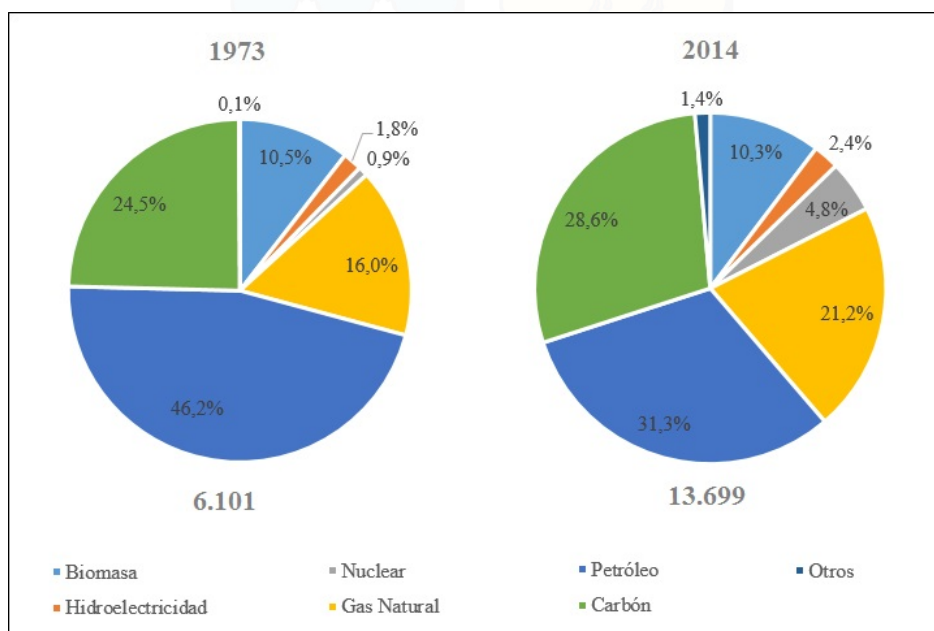


**Figura 4.1:** Consumo final de energía en el mundo.

(Fuente: [International Energy Agency \(2016a\)](#))

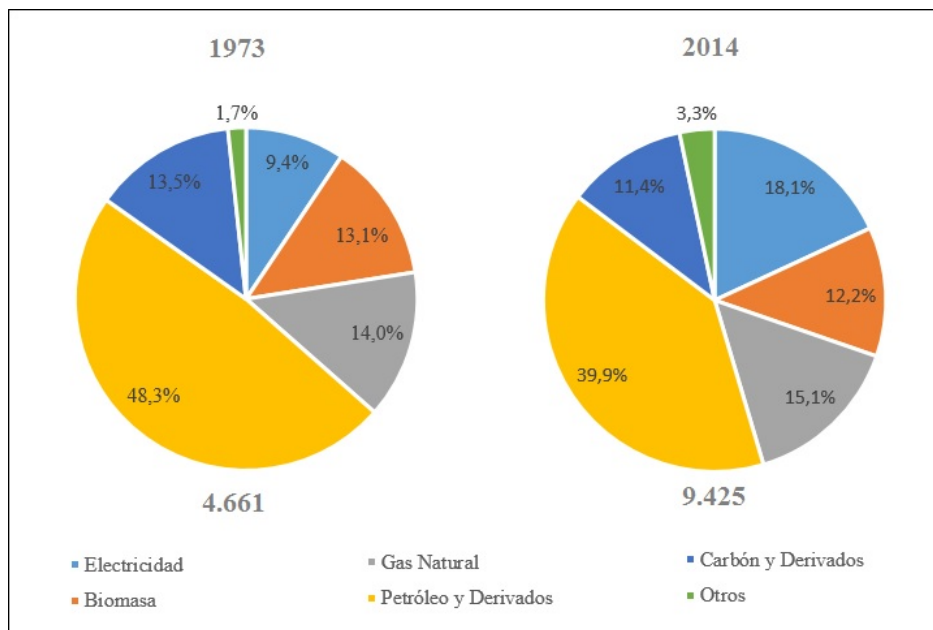
<sup>2</sup>El consumo de energía se expresa en tonelada equivalente de petróleo (toe)

Las fuentes de energía que se utilizan en el mundo provienen principalmente de combustibles fósiles, dentro de los cuales se consideran al petróleo, gas natural y el carbón. También existen otras fuentes de energía pero se utilizan en menor proporción que las anteriores, un ejemplo de ellas son la energía nuclear y el aprovechamiento de las energías renovables como la energía solar y la energía eólica. A lo largo de los años, la proporción de utilización de ciertas fuentes ha ido cambiando en el tiempo ya sea por tendencias de uso o por la aparición de nuevas fuentes. Algunas de ellas han ido aumentando y otras disminuyendo. Pero con respecto al consumo energético, éste sólo ha ido aumentando.



**Figura 4.2:** Matriz energética primaria global en Mtoe.

(Fuente: [International Energy Agency \(2016b\)](#))



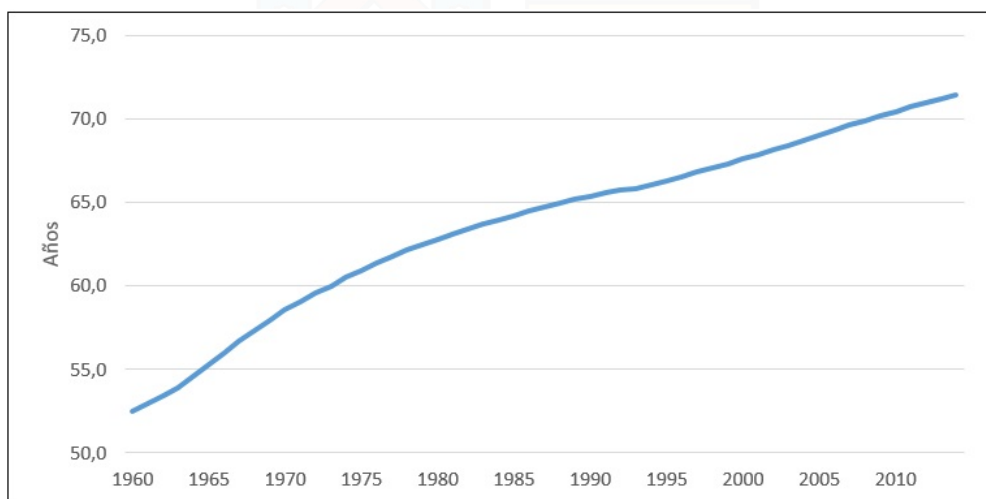
**Figura 4.3:** Matriz energética de consumo final en Mtoe.

(Fuente: [International Energy Agency \(2016b\)](#))

A partir de las Figuras 4.2 y 4.3, se aprecia que los tipos de fuentes más utilizados en el abastecimiento y consumo de la energía a nivel global corresponden a combustibles de origen fósil (petróleo, gas natural y carbón). Destacar que la participación del petróleo ha ido disminuyendo moderadamente en los últimos años, dando paso a las fuentes renovables y a combustibles menos contaminantes como el gas natural. Dentro de las fuentes renovables (Otros) principalmente se consideran la solar, eólica y geotérmica, las cuales han ido ganando mayor preferencia para la obtención de energía.

La Revolución Industrial marcó un punto de inflexión en la historia de la humanidad, donde en aquella época se destacó por la aparición cambios importantes tanto a nivel tecnológico como social y económico. Esto se produce por el cambio que se da en el enfoque del trabajo, en donde el campo se va dejando atrás y se centra en un comercio más urbano. Por lo cual se fomenta a realizar trabajos más industrializados y mecanizados, ya que aseguraba un crecimiento sostenido, principalmente en el ámbito económico. Algo que con la economía basada en la agricultura no venía sucediendo, siempre había mantenido un crecimiento constante antes de la Revolución Industrial.

Además del crecimiento en el ámbito económico, también hay un crecimiento en el bienestar, la expectativa de vida de las personas. En otras palabras, se ha mejorado mucho la calidad de vida de las personas en gran parte del planeta y se espera que eso siga sucediendo ya que es una búsqueda continua.



**Figura 4.4:** Expectativa de vida al nacer a nivel mundial.

(Fuente: [The World Bank \(2016\)](#))

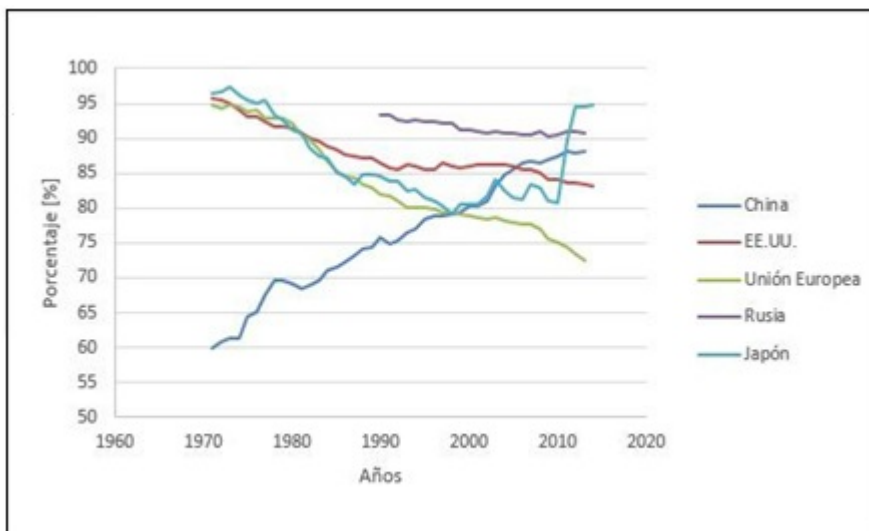
Tal como se expone en las figuras anteriores, el crecimiento del bienestar de las personas ha ido aumentando año a año lo cual da pie a una interrogante, en donde si el planeta posee la cantidad de recursos para mantener los estándares de vida actuales. Se estima que para el año 2050 la población mundial va a ser alrededor de 9.600 millones de personas, en donde se necesitaría de tres planetas para proporcionar los recursos naturales necesarios para mantener los modos de vida actuales. ([Naciones Unidas, 2015](#)).

#### 4.1.1.1. Sustentabilidad y Eficiencia Energética en el Mundo

Hace algunas décadas atrás, algunos países desarrollados empiezan a cuestionarse la estrategia que vienen siguiendo de acuerdo a la forma de desarrollarse y de mejorar la vida de sus habitantes. Donde se puede mencionar principalmente dos razones, primero, no ven que el desarrollo posea prosperidad a largo plazo ya que el uso de los recursos naturales que se basan en las realizaciones de sus actividades son limitados, llegando a un punto en que

se agoten. Segundo, los impactos hacia el medio ambiente, provenientes de la actividad humana, poseerían un carácter irreversible e irreparable, debido a que este tema no se le ha tomado la importancia que debería tener por muchos años y sólo hace algunos años esto ha ido cambiando de a poco. La principal consecuencia de estos impactos corresponde a la contaminación del medio ambiente, en donde algunas de sus mayores causas son las emisiones de dióxido de carbono correspondientes a la combustión de combustibles fósiles. Pero tampoco hay que olvidar que grandes accidentes industriales han provocado daños muy severos en los lugares donde han ocurrido, como por ejemplo el accidente de Chernóbil, Ucrania en el año 1986.

Cabe mencionar que durante mucho la matriz energética de los países más desarrollados se basaba principalmente de los combustibles de origen fósil, donde se encuentran el petróleo, el gas natural y el carbón. Esto se debe a que son componentes con altos contenidos energéticos y los precio de obtención son relativamente bajos y las alternativas disponibles no presentan incentivos económicos para su utilización. Es por eso que durante mucho se han mantenido como las principales fuentes de energía para la realización de las actividades. Sin embargo, la combustión de estos combustibles no es conveniente para el medio ambiente, ya que se libera dióxido de carbono, un gas que en exceso en el entorno puede ocasionar alteraciones significantes, como lo es el efecto invernadero.

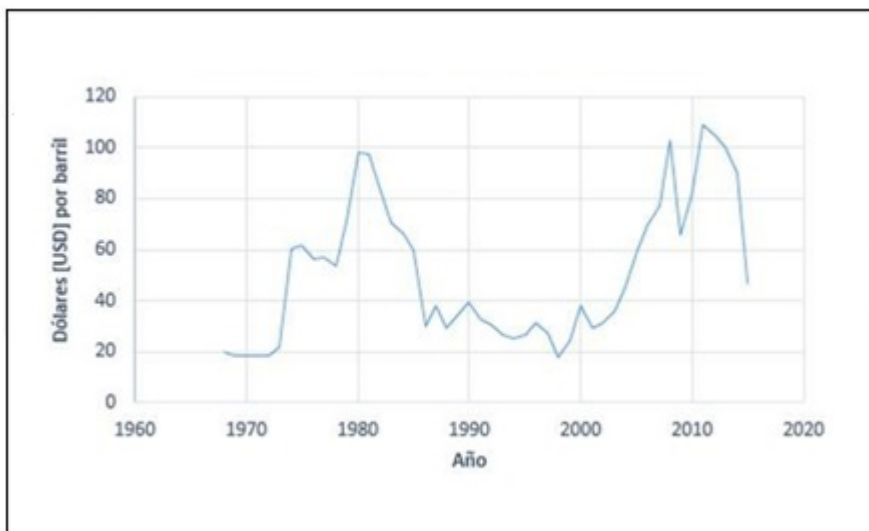


**Figura 4.5:** Consumo de combustibles fósiles en relación al total.

(Fuente: The World Bank (2016))

En la figura 4.5, el aumento en el consumo de combustibles fósiles en Japón se debe precisamente un hecho particular. En marzo del año 2011 ocurrió un terremoto y tsunami que provocaron un accidente nuclear en la ciudad de Fukushima.

Los primeros indicios de este cambio de pensamiento surgen a partir de las dos crisis del petróleo ocurridas en la década de los setenta, una en 1973 y la otra en 1979, en donde hubo un aumento considerable en el precio del barril de petróleo (Ver Figura 6). Que es el principal combustible utilizado en todo el mundo y debido al alza de los precios en esos años, la obtención de energía resultaba ser más costosa por lo cual se debía buscar alguna solución. Una de las opciones era reducir el consumo de este tipo de combustible, lo cual durante un tiempo se realizó debido a la situación económica. Por otro lado, se empezó a incentivar el desarrollo de nuevas metodología y/o tecnologías para mejorar el rendimiento de los equipos y máquinas que funcionan con combustibles fósiles, en otras palabras, hacer más con la misma cantidad.



**Figura 4.6:** Precio anual del barril de petróleo.

(Fuente: [U.S. Energy Information Administration \(2016\)](#))

Debido a esta problemática, algunos países decidieron tomar cartas en el asunto, centrándose en fomentar el estudio y desarrollo de la eficiencia energética, la cual se entiende como una práctica que busca disminuir el consumo de la energía mediante procesos más eficientes en el desarrollo de una actividad. Para entender mejor el concepto, por ejemplo en el ámbito industrial, la eficiencia energética, permitiría producir la misma cantidad (o más) de productos y/o servicios utilizando menos energía. Destacar que este concepto ha tomado importancia en los últimos años a nivel mundial, ya que algunos países consideran la eficiencia energética como un recurso más en el ámbito de la energía.

Paralelamente, la eficiencia energética se ve directamente relacionada con el uso de los recursos naturales y considerando que cada vez el desarrollo es mayor, donde los impactos que van afectando al medio ambiente son más frecuentes y dañinos, el 19 de diciembre de 1983 en una Asamblea General de la Organizaciones de las Naciones Unidas (ONU), se establece una comisión especial llamada “Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo”, la cual fue encabezada por Gro Harlem Brundtland. Esta comisión tenía como objetivo presentar un informe en el cual se describa la situación del Medio Ambiente y los problemas que ha generado la manera en que se desarrollan los países. Además de presentar algunas propuestas que involucren estrategias y proyectos para poder realizar un desarrollo

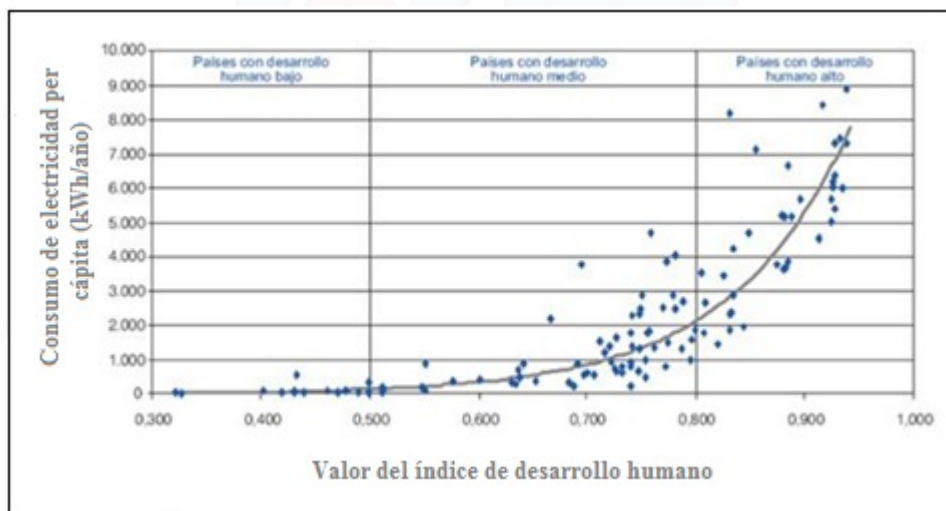
sostenible en el tiempo. El informe, denominado “Nuestro Futuro Común” (mejor conocido como Informe de Brundtland), se entregó por la comisión el 16 de junio de 1987 en una Asamblea General de la ONU en Nairobi, Kenia. Cabe destacar que en este informe se define lo que se entiende por desarrollo sustentable, donde dice: “El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. ([The United Nations, 1987](#))

El informe presentado se centró en seis temas, los cuales son:

- a) Población y Recursos Humanos
- b) Seguridad Alimentaria
- c) Especies y Ecosistemas
- d) Energía
- e) La Industria
- f) El Desafío Urbano

En donde la eficiencia energética toma relevancia en el cuarto punto mencionado anteriormente. Lo que se busca es poder completar la idea de eficiencia energética con desarrollo sostenible, con el fin de poder llevar estrategias con visión a largo plazo, donde se asegure la disponibilidad de energía, con uso eficiente de recursos provenientes de fuentes seguras y que sean lo menos dañino para el medio ambiente. Una manera de reflejar el nivel de desarrollo de un país es de mediante el Índice de Desarrollo Humano, el cuál no sólo considera el ámbito económico, sino que abarca otras áreas. Como por ejemplo la salud, la educación, esperanza de vida, entre otros factores. En fin, se resume como la calidad de vida que ofrece cierto país para sus habitantes. Desde 1990 hasta la fecha, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, ha publicado diversos informes de carácter global, regional y local basados en indicadores que miden el desarrollo humano de los países en el mundo. Con datos estadísticos recopilados por investigadores propios

con ayuda de organizaciones de gran prestigio como por ejemplo The World Bank. En la siguiente figura, se ilustra la relación que hay entre el Índice de Desarrollo Humano y el consumo de electricidad per cápita de diferentes países, en donde se puede apreciar que se establece una relación directamente proporcional lo cual lleva a concluir que países con nivel más desarrollado son más propensos a consumir una mayor cantidad de energía.



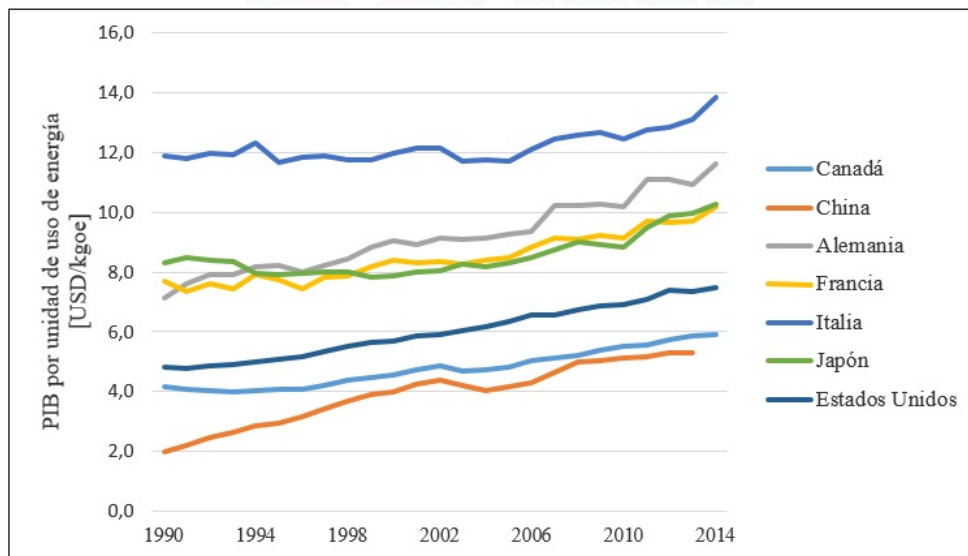
**Figura 4.7:** Relación entre Índice de Desarrollo Humano y consumo de electricidad per cápita por países del año 2008.

(Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2009))

Como se mencionó anteriormente, las dos crisis del petróleo ocurridas en la década de los setenta fue el incentivo inicial para que se creara conciencia sobre cómo se consume la energía ya que estas crisis provocaron una subida de precio en la energía y problemas para suministrarla. Actualmente, cerca del 70 % de los países de todo el mundo han creado programas de Eficiencia Energética, para así asegurar el abastecimiento de la energía, como también hacer un mejor uso de los recursos naturales disponibles y disminuir lo menos posible el impacto hacia el medio ambiente. Además de incentivar la obtención de energía de fuentes no convencionales y renovables, estimular el mercado mediante incentivos económicos e incentivar la realización de investigaciones en el ámbito de la energía.

Actualmente, algunos países han avanzado rápidamente en la implementación de la eficiencia energética, en donde han logrado obtener una mejora en el uso de sus recursos y han logrado que si crecimiento económico sea más grande y a la vez disminuir su consumo

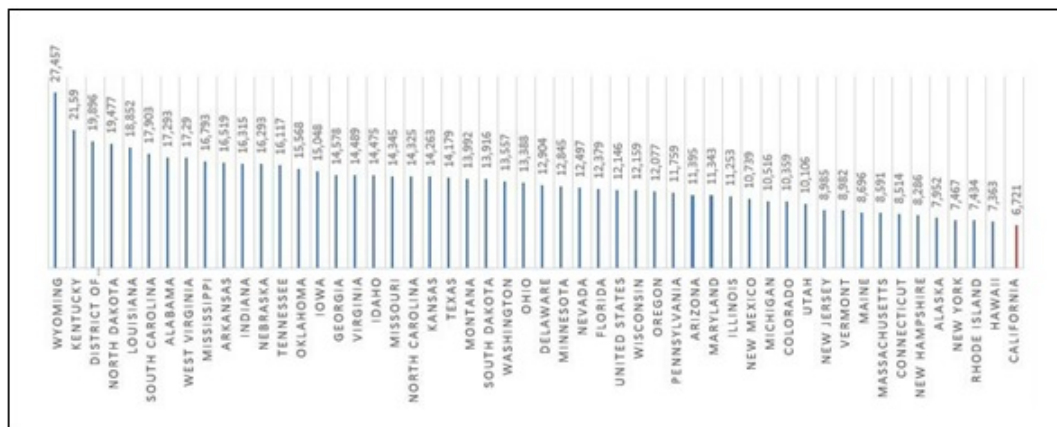
energético. Dentro de los cuales destacan Alemania, Japón e Italia, esto según un estudio realizado por ACEEE (publicado en Julio del 2016), en donde contempla a 16 países que representaron cerca del 80 % del Producto Interno Bruto (PIB) mundial en el año 2013 y que consumen alrededor del 75 % de toda la energía a nivel global.



**Figura 4.8:** PIB por unidad de uso de energía.

(Fuente: [The World Bank \(2016\)](#))

Los primeros países en incentivar la eficiencia energética enfocada en realizar un desarrollo sostenible corresponden a EE.UU. y algunos países de Europa. Donde el Estado de California en EE.UU., es considerado unos de los pioneros en relación a la eficiencia energética, ya que crea en 1974 la Comisión de Energía de California (California Energy Commission). A continuación una comparación del consumo de energía del Estado de California con los demás Estados de EE.UU.



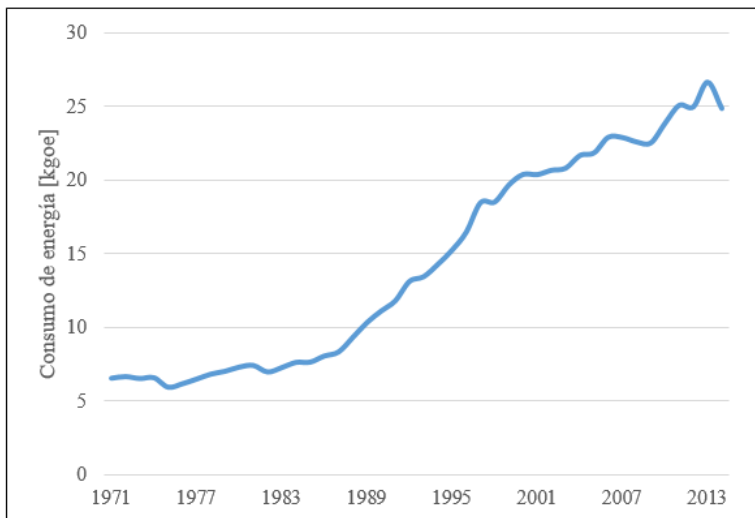
**Figura 4.9:** Consumo de energía eléctrica en los estados de EE.UU. en el año 2010 medido en kWh per cápita.

(Fuente: California Energy Commission (2016))

En Europa, durante la misma década, empiezan a aparecer las primeras Agencias de Eficiencia Energética. Como por ejemplo DEA (Danish Energy Authority) en Dinamarca y ECN (Energy Research Foundation), las dos en el año 1976. Luego la gran mayoría empiezan a aparecer en la década de los noventa. Estas agencias, empiezan a profundizar las investigaciones sobre el tema de la eficiencia energética, ya que se han dado cuenta que es un tema que abarca diferentes áreas. No sólo se centra en las actividades industriales, sino que también se relaciona con el sector doméstico y público (principalmente establecimientos). Y considera todo lo que se relaciona con el diseño y operación de los equipos eléctricos, vehículos motorizados, incluso edificios tanto domiciliarios (casa, departamentos) como de trabajos.

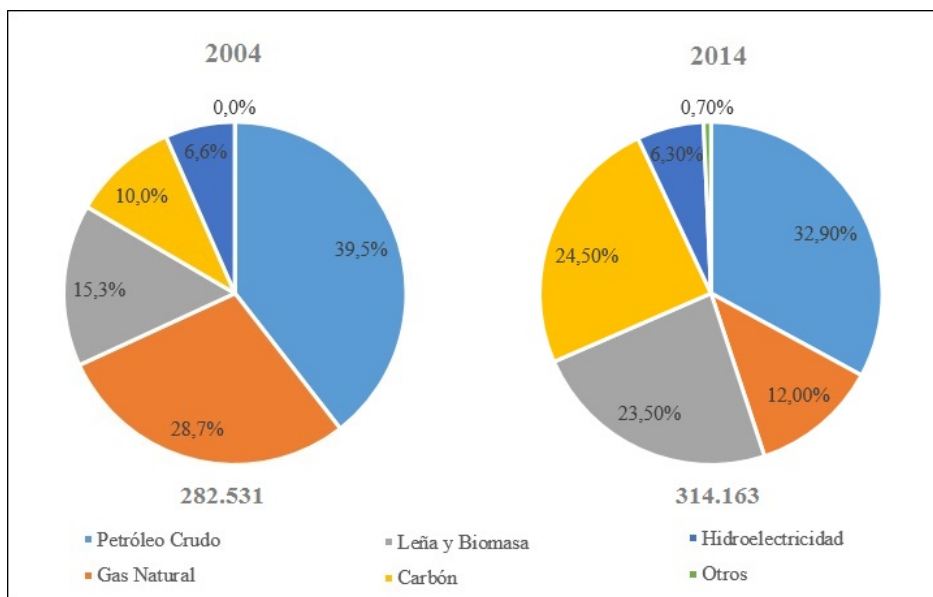
#### 4.1.2. En Chile

Chile no se aleja de esta situación, en donde desde el año 1997 al 2014 ha poseído un crecimiento mantenido a una tasa promedio del 2,5 % en el consumo de energía. (Energía 2050, Ministerio de Energía) Además se espera que el consumo de energía vaya aumentando, debido a que el consumo per cápita del país, comparado con otros países con un mayor desarrollo económico, es menor. Las figuras siguientes muestran el consumo total de energía en Chile en las últimas décadas, la matriz primaria y de consumo final al año 2014 comparadas con las del año 2004.



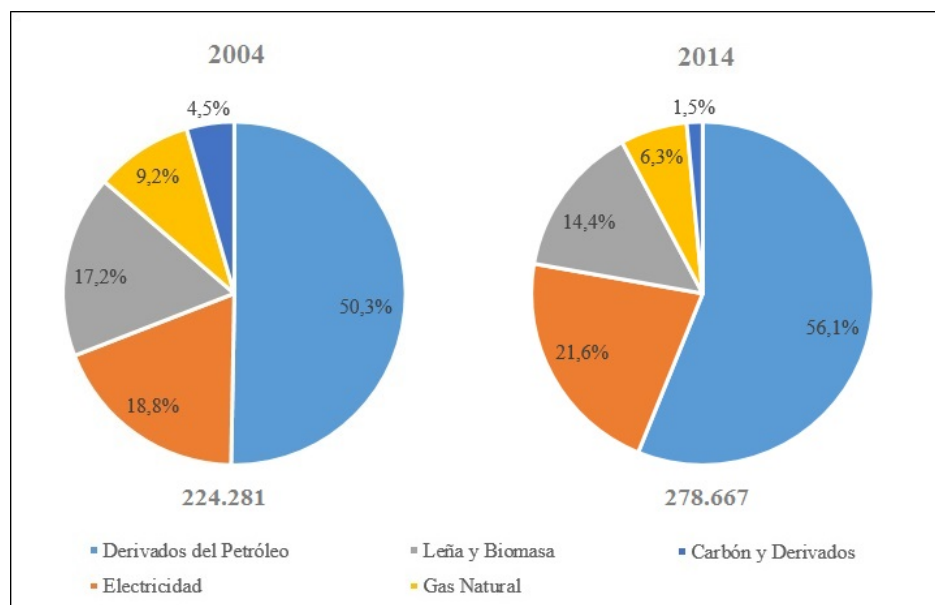
**Figura 4.10:** Consumo final de energía en Chile.

(Fuente: International Energy Agency (2016a))



**Figura 4.11:** Matriz energética primaria de Chile en TCal.

(Fuente: Comisión Nacional de Energía (2015))



**Figura 4.12:** Matriz energética de final de Chile en TCal.

(Fuente: Comisión Nacional de Energía (2015))

De acuerdo a la proporción de abastecimiento de los tipos de fuentes primarias se asemeja a la realidad mundial, en donde hay una dependencia relevante hacia los combustibles fósiles (69,4 %), principalmente el petróleo y el carbón. Luego, una característica que posee Chile es la significancia que ha tomado el uso de la leña y biomasa (23,7 %) en los últimos años en su matriz primaria, en cambio ha disminuido el uso del gas natural. Por otro lado, se incorporan nuevas fuentes de energía pero en menor proporción (0,5 %), las cuales se consideran las energías renovables no convencionales. Energía solar, eólica y biogás.

La matriz de consumo final (Figura 4.12) refleja la estructura del consumo final de energía por tipo de fuente. Se aprecia que al año 2014 todavía hay una dependencia importante por los combustibles fósiles (63,3 %). Por otro lado la electricidad, al igual que a nivel mundial, ha ido aumentando en el consumo final en los últimos años.

#### 4.1.2.1. Sustentabilidad y eficiencia energética en Chile

Con respecto a la eficiencia energética en Chile, a nivel país, se inician los primeros pasos en el año 2005 donde la Comisión Nacional de Energía, CNE, (en ese tiempo era

un organismo dependiente del Ministerio de Economía) elabora y publica el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE). El cual sirvió como principal lineamiento de todo lo relacionado con la eficiencia energética en los años posteriores. Luego, en febrero del 2010 se establece el Ministerio de Energía, el cual surge como una institución encargada de velar por el desarrollo energético del país, con el fin de poder garantizar a los habitantes el acceso a la energía. Anteriormente era una institución dentro del Ministerio de Minería. En Noviembre del mismo año, se decide por separar las funciones de regulación y de ejecución de la eficiencia energética, a partir de la creación de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE).

En agosto de 2014, el Ministerio de Energía da inicio al proceso de elaboración de una política energética de Chile, “ENERGÍA 2050”. La cual es lanzada y difundida a comienzos del año 2016.

#### **4.1.2.2. Política Energética Nacional**

El objetivo principal de la política energética es lograr que el sistema energético sea confiable, donde al mismo tiempo cumpla con los criterios de sostenibilidad y de inclusión, generando así una contribución en la competitividad de la economía del país. Para lograr esto, la Política Energética se basa en cuatro pilares:

- Seguridad y Calidad de Suministro
- Energía como Motor de Desarrollo
- Compatibilidad con el Medio Ambiente
- Eficiencia y Educación Energética

##### ***Seguridad y Calidad de Suministro***

El sistema energético debe ser confiable para así impulsar el desarrollo económico del país. La confiabilidad, de acuerdo a lo que engloba la Política Energética, va más allá del concepto de seguridad. Busca incorporar un acceso confiable a la energía, suministro de calidad y que el sistema sea flexible. Permitiendo conseguir la energía a un precio razonable

y predecible, favoreciendo la competitividad del país. Para lograr esta meta de largo plazo, la confiabilidad del sistema energético se divide en dos partes. La primera, la seguridad y flexibilidad a nivel de producción centralizada. La segunda, producción descentralizada y gestión activa de la demanda. Destacar que estas partes se establecen como complementos para alcanzar la seguridad del sistema, tanto a nivel local como individual.

La meta para el año 2050 para la primera parte es poder llegar a tener un Sistema Energético robusto y altamente resiliente a shocks exógenos ([Ministerio de Energía, 2014](#)). El cual posea la infraestructura necesaria para satisfacer los requerimientos de desarrollo económico, ambiental y social. Por otro lado, el Sistema Energético nacional está expuesto a ciertas amenazas que puedan afectar su funcionamiento, entre ellas, los desastres naturales (terremotos, maremotos o aluviones) o fallas de infraestructura. Entonces, se requiere que el sistema sea capaz de responder ante estas situaciones y para ello las integraciones energéticas entre los distintos sectores es muy relevante ya que promueven una mayor flexibilidad y seguridad al sistema.

Con respecto a las metas que se tiene para la producción descentralizada y gestión activa de la demanda para el año 2050, se mencionan las siguientes (extraídas de [Ministerio de Energía \(2014\)](#)):

- La indisponibilidad de suministro eléctrico promedio, sin considerar fuerza mayor, no supera a una hora/año en cualquier localidad del país.
- 100 % de la población con acceso continuo y de calidad a los servicios energéticos.
- El sector público, comercial y residencial aprovecha su potencial de generación distribuida y gestión de la demanda eléctrica.

En donde las tecnologías de la información aplicadas a redes y medidores inteligentes jugaran un rol relevante, ya que llevaran al uso de la energía a un nivel más alto donde se pueda gestionar de mejor manera, frente al comportamiento de la demanda.

### ***Energía como Motor de Desarrollo***

El desarrollo de un país se relaciona directamente con el consumo de energía, en otras palabras, sin energía no hay crecimiento. Por lo cual, para impulsar el crecimiento de Chile se requiere de un desarrollo energético inclusivo, el cual se caracterice por tener un acceso equitativo, coordinación territorial y precios que favorezcan la competitividad.

En los últimos años, la participación ciudadana ha tomado un factor relevante a la hora de evaluar los nuevos proyectos, en especial los que se relacionan a la energía. La sociedad ha cambiado y es por eso que frente los problemas que van surgiendo se requieren de soluciones diferentes, como también en la percepción sobre el concepto de desarrollo, el cual debe ser inclusivo tanto a nivel nacional, regional como local. Para que así este nuevo lineamiento sobre el desarrollo energético favorezca el desarrollo local establecido por las comunidades, de tal manera que se encuentre en la misma línea con la estrategia nacional y regional. Para el desarrollo energético inclusivo se definen las siguientes metas al año 2050 (extraídas de [Ministerio de Energía \(2014\)](#)):

- La totalidad de los proyectos energéticos desarrollados en el país cuenta con mecanismo de asociatividad comunidad / empresa, que contribuyen al desarrollo local y a un mejor desempeño del proyecto.
- Las comunidades aprovechan proyectos energéticos, ya sea a través de la gestión de recursos propios y/o mediante mecanismos de asociatividad, que sean económicamente viables, contribuyan al desarrollo local y sean de su interés.

Con respecto al acceso de la energía, la Política Energética lo define según lo establecido en la iniciativa SE4all (Sustainable Energy for All) de Naciones Unidas. “Acceso a la energía es la disponibilidad física de servicios modernos de energía para satisfacer las necesidades humanas básicas, a costos asequibles y que incluyen la electricidad y artefactos mejorados como las estufas para cocinar”. Sin dejar de lado el concepto de equidad para satisfacer las necesidades de la población. Donde estas necesidades, a nivel nacional, van a depender de la zona geográfica, debido a la diversidad climática que posee Chile. Por lo cual la meta para el año 2050 es “Asegurar acceso universal y equitativo a servicios energéticos modernos, confiables y asequibles a toda la población”. (Energía 2050, Ministerio de Energía)

Actualmente en el marco de la coordinación territorial de Chile, la gestión que se realiza no se ha llevado con coherencia alguna, se encuentra totalmente dividido. Operando a diferentes escalas tanto territoriales como administrativas. Es por eso que parte de los objetivos de la Política Energética es que las regiones del país cuenten con Planes Energéticos que se encuentren en un mismo lineamiento. La meta al año 2050 es que se llegue a contar con que “Los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial regionales y comunales son coherentes con los lineamientos de la política energética”. ([Ministerio de Energía, 2014](#))

En relación a los precios de la energía en Chile, es que se encuentran dentro de los más altos de América Latina y en un rango medio comprado con los países de la OCDE. Por lo cual el país requiere realizar algunos cambios regulatorios, de estructura, operaciones de mercado y de entornos sociales. Los cuales deben incentivar de manera adecuada la expansión y la utilización de nuevas tecnologías de generación eléctrica. Es así como, al año 2050, “Chile se encuentra entre los tres países OCDE con menores precios promedio de suministro eléctrico a nivel residencial e industrial”. ([Ministerio de Energía, 2014](#))

### ***Energía Compatible con el Medio Ambiente***

El desarrollo energético no puede desvincularse del cuidado del medio ambiente, es por eso que la Política Energética cuenta con medidas hacia la protección del entorno. Las cuales se centran principalmente en dos puntos. El desarrollo de una matriz energética renovable y definición del lineamiento en cuanto los efectos medioambientales, tanto a nivel local como global.

Con respecto a la matriz energética renovable en la generación de electricidad, Chile posee una participación creciente en los últimos años, principalmente por la adopción de la energía solar y la energía eólica. Considerar que Chile posee dos potenciales energéticos renovables importantes para desarrollar; la hidroelectricidad y la radiación solar que posee durante el año (principalmente en el norte del país). Además se debe aprovechar el uso de la infraestructura ya existente que aporte un rendimiento eficiente al sistema, para poder

incluir sin ningún inconveniente a las nuevas tecnologías en materia energética. Por lo que se espera al 2050 es que “Al menos el 70 % de la generación eléctrica nacional proviene de energías renovables” y que “El complemento de esta matriz renovable deberá utilizar al máximo la infraestructura de generación existente que contribuya a un desempeño eficiente del sistema, privilegiando los nuevos desarrollos con tecnologías bajas en emisiones y que sean costo-eficientes”. ([Ministerio de Energía, 2014](#))

La Política Energética está orientada a un sistema energético sostenible, es por eso que todos los efectos que desarrollen un impacto negativo al medioambiente debido a la ejecución de las actividades requeridas deben ser anticipados, manejados, incorporados y compensados cuando corresponde. También es relevante considerar la opinión de la ciudadanía con respecto a los nuevos proyectos a presentar, ya que últimamente han sido víctimas de rechazo precisamente por temas medioambientales. De esta forma, al 2050, se contará con “Las modificaciones regulatorias –a normas nuevas y existentes- y los estándares ambientales de los proyectos energéticos son coherentes con los lineamientos internacionales y con los intereses de la sociedad en estos ámbitos”. ([Ministerio de Energía, 2014](#)).

Junto a esto también hay una preocupación por las emisiones de los gases de efecto invernadero, GEI, emitidos por el desarrollo de las actividades humanas y uno de los principales causantes del cambio climático. Lo cual podría a Chile en la generación de hidroelectricidad y en las actividades donde el agua juega un rol importante (minería y agricultura). Entonces, la Política Energética toma el compromiso de que la matriz energética baje significativamente su consumo en combustibles fósiles. La meta al 2050 es que “Las emisiones de GEI del sector energético chileno son coherentes con los límites definidos por la ciencia a nivel global y con la correspondiente meta nacional de reducción, promoviendo medidas de mitigación costo-efectivas”. ([Ministerio de Energía, 2014](#)).

### ***Eficiencia y Educación Energética***

Como Chile es un país en vías de desarrollo, el crecimiento económico va incentivando

un aumento en la demanda energética. Además mencionar que las medidas de eficiencia energética que han sido implementadas no han obtenidos resultados convenientes, es necesario realizar algunos cambios para así revertir la situación. Y así finalmente poder llegar a desacoplar el crecimiento del país del crecimiento en el consumo de la energía. Esto se logra introduciendo a cada sector de consumo (industrial, comercial, residencial, otros) las medidas adecuadas e imponiendo algunas normas. Las metas para el año 2050 en relación a la eficiencia energética son (extraídas de [Ministerio de Energía \(2014\)](#)):

- El crecimiento del consumo energético está desacoplado del crecimiento del producto interno bruto.
- Sector Residencial, Público y Comercial:
  - El 100 % de las principales categorías de artefactos y equipos que se venden en el mercado corresponden a equipos energéticamente eficientes.
  - El 100 % de las edificaciones cuentan con estándares OCDE de construcción eficiente, y cuentan con sistemas de control y gestión inteligente de la energía.
- Sector Transporte
  - Chile ha adoptado lo más altos estándares internacionales sobre eficiencia energética en los distintos modos de transporte: caminero, aéreo, marítimo y ferroviario.

El rol que juega la energía en el desarrollo de Chile es fundamental, pero la población actualmente no logra visualizar todos los beneficios que ésta puede traer, sino más bien se centra en resaltar los problemas que se presentan durante la instalación y operación de los proyectos de energía. Por lo cual esto genera rechazo a la creación de infraestructuras energéticas y su poca apreciación, además de descuidar el uso de la energía. Esto se da por la existencia de asimetría de la información y de conocimientos relacionados con temas energéticos. Entonces lo que propone la Política Energética no solo es reparar la asimetría de información existente, sino que también se propone a generar conocimientos y desarrollar capacidades en todos los niveles y modalidades educativas. De forma adicional, lograr establecer una cultura energética mediante una educación cívica tanto en los

niveles educacionales como en la ciudadanía general. Las metas para el año 2050 son que “La cultura energética está instalada en todos los niveles de la sociedad, incluyendo los productores, comercializadores, consumidores y usuarios” y “Una nueva cultura energética está instalada en las instituciones públicas y privadas”. ([Ministerio de Energía, 2014](#))

Lo que se busca llegar con la Política Energética “ENERGÍA 2050” es poder lograr que en el largo plazo el desarrollo del país sea sostenible. Entonces es por eso que en las comunas para poder llegar con este mensaje, en los años recientes el Ministerio de Energía ha desarrollado un programa para ir implementado este nuevo pensamiento en las diferentes localidades del país. Este programa se denomina “Estrategia Energética Local”, EEL, el cual sigue el mismo lineamiento y está correlacionado con la Política Nacional de Energía del país.

## 4.2. Estrategia Energética Local

Primero que todo, lo que se entiende por una Estrategia Energética Local (EEL) según el Ministerio de Energía y que está descrito en la guía metodológica es que:

“Una Estrategia Energética Local (EEL) es una herramienta diseñada para que los Municipios puedan analizar el escenario energético y estimar el potencial de energía renovable y eficiencia energética que se puede aprovechar en su territorio, definiendo una visión energética e involucrando de forma activa a la comunidad en el desarrollo energético de la comuna.” ([Ministerio de Energía, 2015](#))

Una EEL posee dos fases. La primera, denominada “Fase 1 – Elaboración de la EEL”, y la segunda, “Fase 2 – Implementación de la EEL”. La primera va desde que el municipio decide por realizar la EEL hasta que se crea (más adelante se detalla paso a paso). La segunda fase, el equipo del municipio encargado de la ejecución de la EEL va a ser el responsable de llevar a cabo el programa y de llevar a cabo los proyectos propuestos.

### 4.2.1. Proceso de elaboración de una EEL

Antes de comenzar, primero que todo debe surgir el interés y la determinación de llevar a cabo una EEL por parte de las autoridades comunales. Por lo cual una vez tomada la decisión, para reafirmarla se debe escoger a una organización consultora que acompañe y guíe durante todo el proceso.

#### Asignación de roles

Se debe escoger un encargado municipal además de definir los roles y responsabilidades de los demás funcionarios que van a trabajar en la creación de la EEL. Lo fundamental es que cuenten con la motivación y estén capacitados de poder llevar a cargo el trabajo asignado. Los actores involucrados en el desarrollo de una EEL son:

- Municipalidad
- Grandes empresas en los Municipios
- Consultores
- Empresas proveedoras de tecnologías limpias
- Distribuidoras de energía eléctrica y térmica
- Asociaciones de Municipalidades
- Colegios y Universidades
- Sociedad Civil
- Consejo Municipal (COSOC o CAC y CAM)

#### Definición del territorio comunal

Se define la zona sobre la cual se va a desarrollar la EEL, los límites de influencia y gravitación.

### **Taller capacitación de actores relevantes**

El grupo consultor lleva a cabo una introducción sobre los temas principales de una EEL, a un nivel más técnico, para el equipo municipal encargado y otros actores relevantes de la comuna (de acuerdo a sus capacidades).

### **Actores sector energético**

Identificar a los principales actores en el sector energético y otros sectores de industria que se encuentren en la comuna. Para así, elaborar un mapa que pueda ayudar en la obtención de información para el diagnóstico inicial. Es importante que el municipio apoye este proceso para establecer contacto.

### **Estudio energético de la comuna**

Se lleva a un estudio completo y detallado sobre la situación energética de la comuna, en donde se realizan diagnósticos (para oferta y demanda), proyecciones y se calculan potenciales energéticos de tanto de eficiencia energética como de energías renovables.

#### *Diagnóstico de la demanda energética*

En la EEL se considera el consumo de la energías térmica y eléctrica, en el donde el diagnóstico se divide en tres sectores; Privado (Comercial, Industrial), Público y Residencial. Por otro lado, este estudio debe ayudar reconocer a aquellos actores que consumen más energía y también sirve como una referencia base para la proyección a futuro de la demanda. Es importante para este diagnóstico contar con el apoyo de los distribuidores locales de energía (térmica y eléctrica), sobre todo con la entrega de información, sino resultará difícil el desarrollo de la EEL.

#### *Diagnóstico de la oferta energética*

Se describe el sistema energético que posee la comuna, desde la generación hasta la distribución a consumidores finales. En donde se identifican los principales actores en cuanto a la producción de energía térmica y eléctrica. Además, este estudio sirve para ver cuál

ha sido la experiencia en cuanto a producción de energía y si ya cuentan con plantas de producción de energías renovables.

#### *Proyección de la demanda energética*

En base a los diagnósticos realizados y con metodologías establecidas, se debe realizar una proyección de la demanda energética (eléctrica y térmica) por sectores al año 2030. Esto sirve para ayudar a definir las metas y objetivos a largo plazo.

#### *Potencial de eficiencia energética*

Se determina el potencial en que se puede reducir el consumo de la energía en base a medidas de eficiencia energética en los distintos sectores. Las cuales pueden ser innovación tecnológica, buenas prácticas, de diseño, entre otras. Una división del potencial es mediante categorías:

- Potencial de EE en edificación: Existen indicadores (nacionales e internacionales) de consumo de energía por unidad de superficie de acuerdo al tipo de infraestructura.
- Potencial de EE en industria: Se estudia caso a caso con cada actor, preferentemente aquellos sectores que demanden un mayor consumo de energía.
- Potencial de EE en otros servicios: Todos aquellos servicios que no se encuentren en la categoría de edificación, ya sean públicos o privados. (ej.: alumbrado público).

#### *Potencial de energías renovables*

Corresponde al potencial estimado para la generación de energía mediante fuentes renovables en la comuna. Algunas fuentes pueden ser la energía solar, eólica, biomasa, entre otras. Dependen de los recursos disponibles en la comuna que se pueden aprovechar para la generación de energía. Se divide en tres niveles:

- Potencial teórico: Es la cantidad de potencial en la comuna disponible sin llegar a considerar restricciones de ningún tipo. Es decir, lo que teóricamente se podría llegar a utilizar.

- Potencial ecológico y técnico: Corresponde al potencial teórico considerando aquellas restricciones ecológicas, técnicas, legales y sociales.
- Potencial disponible: Es el potencial que económicamente conviene considerar, determina la cantidad de energía (eléctrica y térmica) que se puede producir en la comuna, sin dejar los potenciales estimados anteriormente.



**Figura 4.13:** Diagrama de potencial de energía.

(Fuente: Ministerio de Energía (2015))

### Taller informativo de los resultados del diagnóstico

En un taller con los actores del municipio, el sector privado, sector público y sociedad civil se informa sobre los resultados obtenidos en los diagnósticos realizados. Se fomenta una conversación para establecer el lineamiento de los objetivos y visión que representen el interés de la comunidad. También puede ocurrir que desde un principio la Municipalidad tenga claro hacia donde quiera ir.

### Elaboración de metas

De acuerdo a lo que se establezca en la visión y objetivos de la estrategia energética, se definen las metas a cumplir. Éstas deben ser claras, medibles y verificables. Además de incorporar el potencial disponible en energía renovables y la eficiencia energética.

## Plan de acción

En este punto se identifican, proponen y seleccionan los proyectos que integraran la EEL a implementar en la comuna. Es por eso que este proceso involucra instancias participativas con los actores de la comuna (de acuerdo a su nivel de influencia) para poder escoger aquellos proyectos que se esperan llevar a cabo. Para elaborar el plan de acción, se debe tomar en cuenta los siguientes principios:

- 1° Principio, Rentabilidad de los proyectos: Medidas a corto plazo deben centrarse en la reducción de los costos de operación, mientras la generación de ingresos y de empleo es más hacia el largo plazo.
- 2° Principio, Inclusión de los proyectos: Para generar mayor confianza en la EEL, en el corto plazo se deben implementar aquellos proyectos con alta aceptación social.
- 3° Principio, Participación ciudadana: Los actores principales que están involucrados en el desarrollo de la EEL, deben estar a cargo de la implementación de los proyectos.
- 4° Principio, Colaboración y alianzas: Para garantizar la implementación de los proyectos, se debe generar un ambiente de colaboración entre el sector público, privado y civil como también entre actores locales, nacionales e internacionales.
- 5° Principio, Rol del Municipio Un rol activo y pionero por parte del Municipio en la implementación de los proyectos, para así motivar el seguimiento de otros actores.

Una instancia importante de este proceso corresponde a la validación y priorización de los proyectos que integrarán la EEL. Basados en el análisis de la situación energética actual y además de haberlos presentados y discutidos con los actores claves de la comuna, la priorización se debe realizar en el contexto de tiempo, visibilidad y viabilidad financiera. A continuación los criterios que se consideran al priorizar los proyectos.

Una vez seleccionado los proyectos que van a integrar la cartera de la EEL, se procede a elaborar la gestión del plan de acción, como va a ser comunicado a los actores de la comuna, como va a ser el seguimiento y de qué manera se va a llevar a cabo. Todo esto alineado de acuerdo a la visión planteada desde un principio por el municipio.

**Tabla 4.1:** Criterios para la evaluación de proyectos en una EEL.

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
Costo de inversión y rentabilidad	Se ven los costos de inversión, producción y/o rentabilidad
Acceso a fondos de financiamiento	Disponibilidad de financiamiento externo
Potencial para el desarrollo económico regional	Contribuye al desarrollo de la región. Generación de nuevas fuentes de ingresos y creación de empresas
Resultados a corto plazo	Resultados visibles y tangibles a corto plazo
Potencial disponible	Utilización de recursos naturales para la generación de energías renovables. Potencial de ahorro de energía
Participación y/o interés local	Medición de la motivación e involucramiento de la población local
Impacto ambiental	Evaluación del impacto ambiental en la comuna
Grado de aceptación	Requisito previo para la implementación de los proyectos
Potencial de sensibilización	Proyectos como medidas de sensibilización
Publicidad y marketing	Se determina si el proyecto contribuye al posicionamiento de la región

(Fuente: [Ministerio de Energía \(2015\)](#))

### Validación final

Los representantes de la sociedad civil (Consejo Comunal de Organizaciones de la Sociedad Civil, COSOC) perteneciente a la comuna son los encargados de validar el plan de acción. Donde, finalmente se agregan los últimos comentarios y se publica la estrategia elaborada, dando paso a la fase de implementación de la EEL.

Una de las etapas que destacan en la elaboración de una EEL corresponde a la priorización de los proyectos. En otras palabras, cual es el proyecto se debe realizar primero una vez que se está en la fase de implementación de una EEL. Como ya se menciona anteriormente, los proyectos deben poseer ciertos criterios con los cuales es posible realizar comparaciones entre ellos. Pero estos criterios cuentan con variables cuantitativas y cualitativas, donde en el momento de realizar la comparación no es posible. Ya que los métodos tradicionales se encuentran relacionados con el ámbito económico/financiero y solo se analizan números. Entonces, ¿Qué ocurre con la información cualitativa? Generalmente no es considerada. A

continuación, se va a presentar una metodología que logra trabajar con estos dos tipos de variables, denominada Análisis Multicriterio.

### 4.3. Análisis Multicriterio

La evaluación de proyectos trata principalmente de una comparación, entre los costos (inversión y operación) que se deben incurrir para realizar el proyecto y los beneficios que éste puede llegar a generar. Esto va a ir orientando al encargado de tomar la decisión, que proyecto conviene realizar. En este caso, la herramienta a utilizar va a ayudar a decidir en la priorización de una cartera de proyectos para así obtener un orden de ejecución. Entonces, primero que todo para poder ver los distintos costos y beneficios de cada proyecto, lo que se debe hacer es identificarlos, medirlos y valorarlos. De acuerdo a la identificación, consiste en reconocer los impactos (positivos y negativos) que genera la realización del proyecto. La medición, se relaciona con la cuantificación de aquel costo o beneficio en alguna unidad física. La valoración consiste en transformar las mediciones en indicadores económicos, entregan un valor a la persona que lo está leyendo.

Por otro lado, se puede dar el caso que algún costo o beneficio identificado resulte difícil de medir (como por ejemplo el peso que tiene la opinión de una comunidad en un proyecto), por lo cual da cuenta de que una evaluación de proyectos puede resultar un poco más compleja y se dé la necesidad de recurrir a herramientas que trabajen con criterios adicionales a los económicos tradicionales (VAN y TIR por ejemplo).

Se presentan factores tanto cuantitativos y cualitativos, que a la hora de evaluar los proyectos deben ser considerados y no solo orientar la toma de decisión con los aspectos económicos. Ya que si algo llega a cambiar, las variables que se utilizan no son solo cuantitativas. Existen consecuencias de los proyectos que son de difícil medición como su impacto ambiental, efectos secundarios de la realización del proyecto, el alcance de los objetivos planteados, etc. y que tienen relevancia, más aún en los proyectos que involucran a una comunidad.

No solo las variables son las que un proyecto pretende modificar, además de eso está el ambiente social que rodea al entorno que puede ser afectado con los efectos (ya sean buenos o malos) que trae. Por lo cual esto hace que se requiera e una buena evaluación, con el instrumento adecuado, con un amplio espectro y que sea capaz de trabajar con múltiples objetivos y contradicciones.

Es por eso que a la hora de evaluar proyectos, más si el punto de vista del evaluador corresponde a una comunidad, no se puede guiar el proceso solo con instrumentos carácter económico. Lo cual viene provocando algunas discusiones entre las entidades políticas, ya que algunas personas han tratado de frustrar todo intento de participación ciudadana en la toma de decisión de proyectos públicos. Actualmente, en la mayor parte de Latinoamérica, los proyectos de carácter social se basan en la evaluación de costo beneficio con un enfoque de eficiencia. En donde el riesgo mayor a utilizar este método es que se puede llegar a sobrevalorar los datos cuantitativos, aun cuando se tienen otros factores que son intangibles y que pueden tener un valor más relevante. Entonces, esto da paso a buscar algún acuerdo en la manera de realizar la toma de decisión sobre un proyecto, en que se deben incorporar aquellas variables cualitativas que tienen relevancia y que no son cuantificables. Sin embargo, esto es lo que nos ofrece el análisis Multicriterio, poder trabajar con los dos tipos de variables (cualitativas y cuantitativas) y además de satisfacer múltiples objetivos a la vez.

Según el Manual Metodológico de Evaluación Multicriterio para Programas y Proyectos de la CEPAL, el Análisis Multicriterio se puede utilizar para las siguientes situaciones:

- Identificación de ideas. Análisis de alternativas.
- Priorización de carteras.
- Evaluación de propuestas en procesos de licitaciones
- Programas de inversión en el sector público.
- Construcción de indicadores de desempeño del personal a cargo de los proyectos.

En este trabajo se estudiará la aplicación del Análisis Multicriterio en la priorización de carteras. Lo que se busca es poder complementar el análisis económico y financiero de los proyectos con esta herramienta, que puede trabajar con variables que no son consideradas debido a su naturaleza, para así llegar a un consenso claro al momento de tomar una decisión. Además, con la aplicación de este método se logra involucrar a las partes interesadas y se logra una mayor transparencia en la asignación de recursos.

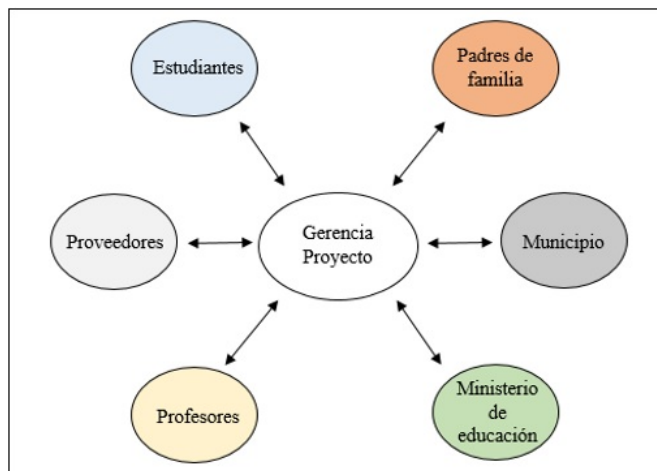
### **4.3.1. Participación e involucramiento de los actores**

Durante el proceso de creación de proyectos un tema importante a considerar corresponde a la participación y análisis de las partes involucradas, tanto en las etapas anteriores y posteriores de su formulación. En donde, al seguir los métodos recomendados (se mencionan algunos más adelante) es posible lograr establecer un vínculo entre los beneficiarios y las organizaciones a cargo del proyecto, el cual representa una fuerte relación entre participación y análisis de involucrados junto a creación y fortalecimiento de Capital Social. A continuación se describen con mayor profundidad estos temas.

#### ***Análisis de los involucrados***

Un rol importante de proceso es que permite conocer los diferentes comportamientos que podrían seguir en diferentes momentos las partes involucradas con un proyecto. Además la opinión de los actores relevantes son aportes en la definición de la estrategia a seguir y también nos van indicando por cual alternativas ir inclinándose. Se recomienda seguir los siguientes pasos para llevar a cabo este análisis:

- 1) Identificar involucrados: Conocer que actor se movilizara en relación al proyecto, además de considerar que su posición puede cambiar en un futuro. Para ello es conveniente realizar un listado de actores, elaborado a partir del conocimiento del grupo que realiza el proyecto o de un análisis de relaciones de acuerdo con diseño del proyecto. Con el fin de poder establecer categorías de actores y representarlas en un diagrama. La Figura muestra un ejemplo relacionado con algún proyecto realizado en el ámbito educacional.



**Figura 4.14:** Ejemplo de identificación de involucrados.

(Fuente: Elaboración propia)

- 2) Clasificar a los involucrados: Agrupar a los actores que posean características en común; como por ejemplo al tipo de institución que pertenecen (público, privado, etc.) o si poseen alguna relación con proyecto (contratistas, empleados).
- 3) Definir posición: Indicar el apoyo u oposición de los diferentes actores frente a la realización del proyecto.
- 4) Definir fuerza: Definir la importancia que se le otorga a los diferentes involucrados del proyecto, de acuerdo al poder que pueden ejercer frente a la realización del proyecto.
- 5) Definir intensidad: Corresponde a establecer el grado de involucramiento de los actores en el proyecto, en otras palabras, la importancia que otorgan los diferentes involucrados al proyecto.
- 6) Comparación de alternativas: Se elabora un análisis Fuerza e Intensidad para cada actor relevante en cada alternativa, y así obtener una aproximación cercana de la opción con más apoyo.

### ***Capital Social***

Este concepto se asocia principalmente a la confianza y la participación en donde el Capital Social se hace presente en el desarrollo de las comunidades. Corresponde a la colaboración

social que se origina entre las partes involucradas de un proyecto (llevando al caso en estudio). Como se menciona en el artículo de Woolcock y Narayan titulado “Social Capital: Implications for Development Theory, Research, and Policy, 2010”, en donde se presenta una correlación positiva entre desarrollo y Capital Social. (Woolcock y Narayan, 2000)

De acuerdo a lo que plantean ciertos académicos sobre el Capital Social, como lo es el norteamericano Robert Putman, es que identificó ciertos factores como la confianza que se deposita en las relaciones humanas y cómo aporta a generar un capital económico mayor, favoreciendo así el desarrollo de las comunidades. (Putnam, 1993)

De acuerdo a la formación de Capital Social en la evaluación de proyectos, se mencionan a continuación dos maneras de contribución a este proceso:

- 1) Invitar a las partes involucradas a participar en el proceso de preinversión, para así evitar posibles conflictos a futuros y también para alinear intereses y voluntades.
- 2) Impulsando la confianza y participación de los involucrados, lo cual se logra incorporándolos no sólo en los estudios previos, sino que también en la ejecución y operación de los proyectos. Ya sea mediante aportes pecuniarios, aportes de trabajo, terrenos, materiales, entre otros.

### **4.3.2. Métodos de Comparación**

En este punto se presentan algunos de los posibles métodos de comparación existentes principalmente para la jerarquización o priorización de proyectos, en donde se agrupan de acuerdo a la cantidad de objetivos a considerar en la evaluación de los proyectos. El primer grupo corresponde a los Métodos Simples, es decir, se realiza su análisis a partir de un solo objetivo. El segundo grupo, se encuentran los Métodos Complejos, aquellos que pueden trabajar con más de un objetivo a la vez. Los dos grupos, se agrupan a su vez en métodos cuantitativos, cualitativos y mixtos. En la siguiente tabla se resumen los grupos mencionados anteriormente, y como se distribuyen. Destacar que este trabajo se va a utilizar el Método Analytic Hierarchy Process (AHP).

**Tabla 4.2:** Métodos de comparación

	<b>Simples</b>	<b>Complejos</b>
<b>Cuantitativos</b>	Indicadores económicos (ej. VAN, TIR, IVAN, etc.)	Programación lineal Dominancia entre proyectos
<b>Cualitativos</b>	Lista de verificación Aporte a metas Q-Sorting	Delphi
<b>Mixtos</b>		Analytic hierarchy process (AHP) Modelos de puntuación

(Fuente: J.Pacheco (2008))

### 4.3.3. Método Analytic Hierarchy Process (AHP)

Esta metodología de análisis Multicriterio fue desarrollada por Thomas L. Saaty a fines de la década de los setenta. Como introducción a este método se puede decir que se trata de realizar una descomposición de estructuras complejas en sus variables, en donde se ordenan en una estructura jerárquica. En donde los juicios de preferencia poseen valores numéricos, los cuales se procesan para así determinar qué variable tiene la prioridad más alta.

Algunas características del método AHP es que corresponde a un análisis multicriterio con variables discretas, con medición de preferencias por agregación de criterios, es decir, que las preferencias se modelan mediante una función valor. Además no considera incertidumbre, es determinístico.

Esta metodología posee tres principios que destacan para el mantener el orden de un pensamiento analítico, en otras palabras, guiar el proceso de evaluación.

- a) Construcción de jerarquías
- b) Establecimiento de prioridades
- c) Consistencia lógica

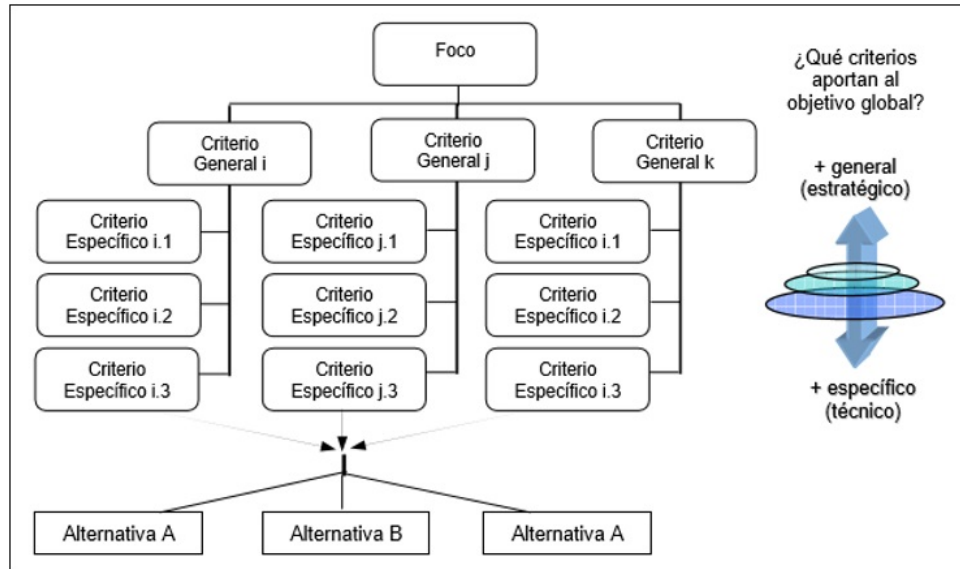
#### 4.3.3.1. Principio de construcción de jerarquías

Las jerarquías que utiliza el método de AHP corresponden a un mecanismo para evaluar las diferentes alternativas presentadas y así orientar un sistema hacia el cumplimiento de un objetivo deseado. Como es un método complejo, éste se entiende mejor a partir de la descomposición de sus elementos, el cual posee una estructura jerarquizada y se definen ciertos niveles para dichos elementos.

- 1) Foco u objetivo: Objetivo principal, lo que se espera resolver.
- 2) Criterios: Elementos que definen el objetivo principal.
- 3) Subcriterios: Elementos que definen el criterio debajo del cual se encuentran. Deber ser cuantificables.
- 4) Alternativas: Diferentes soluciones o cursos de acción.

En relación a los criterios y los subcriterios deben poseer las siguientes características:

- Deben ser específicos para cada área de desarrollo, sectorial o territorial, para la cual se le haya definido una política, programa o plan. Además, todos los proyectos que pertenezcan a un mismo sector deben ser evaluados con los mismos criterios y ponderaciones.
- Deben ser permanentes en el tiempo, para así dar seguimiento y poder comparar los proyectos a través del tiempo bajo el mismo punto de vista. No excluye que se puedan revisar a los criterios y ponderaciones una vez determinados en la evaluación.



**Figura 4.15:** Jerarquía del problema.

(Fuente: J.Pacheco (2008))

#### 4.3.3.2. Principio establecimiento de prioridades

Se establece una escala de prioridades para así comparar los elementos de la jerarquía entre sí, en donde a partir de una matriz es posible integrar todos los elementos para llevar a cabo esta operación. Lo particular de esta escala es que totalmente independiente de las escalas en que se presentan en los componentes bajo estudio. Sólo basta con comparar los elementos en la medida que uno supera a otro en cuanto a dominancia, influencia, satisfacción, contribución o beneficio al objetivo principal. En resumen esta comparación muestra la preferencia de un elemento sobre otro y logra cuantificar dicha preferencia a partir de la información, comprensión y nivel de entendimiento del equipo de trabajo sobre la materia en estudio. Los juicios ingresados en las comparaciones se presentan en la siguiente escala denominada “Escala de Saaty”.

Los tipos de comparaciones:

- Importancia: Apropiado cuando se comparan criterios.
- Preferencia: Apropiado cuando se comparan alternativas
- Más probable: Utilizado cuando se compara la probabilidad de los resultados, tanto para criterios como alternativas.

**Tabla 4.3:** Escala de Saaty

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Dos actividades contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara
2,4,6,8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes
Recíprocos	$a_{ij}=1/a_{ji}$	Hipótesis del modelo

(Fuente: J.Pacheco (2008))

Se recomienda para el establecimiento de las involucrar a más de un experto, donde se logre un consenso entre ellos. Lo cual se dificulta ya que a veces no es posible juntar a todos en una misma reunión, entonces Saaty mediante la media geométrica utiliza la siguiente relación para resolver este inconveniente:

$$A_{ij} = \sqrt[n]{\prod_1^n a_{ij}^n} \quad (4.1)$$

Donde en la Ecuación 4.1,  $A_{ij}$  corresponde al resultado de la integración de los juicios para el par de criterios  $i, j$ .  $a_{ij}^n$  es el juicio del involucrado para el par de criterios y  $n$  es el número de involucrados que expresan sus juicios sobre los criterios.

### Ejemplo cálculo de prioridades

El siguiente ejemplo es extraído del Manual Metodológico de Evaluación Multicriterio para Programas y Proyectos publicado por la CEPAL en 2008. (J.Pacheco, 2008)

Para la resolución de problema se ha propuesto un determinado objetivo (foco), para el cual se definieron los siguientes criterios; Ambiental (representa el impacto sobre el medio ambiente), Social (representa cómo se verán afectadas las costumbres del grupo social

afectado) y Económico (cuál es el beneficio económico para la zona donde se ejecutará el proyecto).

Luego, se estableció la importancia relativa para cada criterio y se expresa mediante la matriz de comparación.

**Tabla 4.4:** Matriz de comparación.

	Ambiental	Social	Ecónómico
Ambiental	1	1/2	1/4
Social	2	1	1/2
Económico	4	2	1

(Fuente: J.Pacheco (2008))

Una vez construido el modelo jerárquico y haber ingresado los juicios correspondientes a las comparaciones a pares entre los diferentes elementos del modelo, el problema se reduce al cálculo de vectores y valores propios los que representarán las prioridades y el índice de consistencia del proceso respectivamente.

$$A * w = \lambda * w \quad (4.2)$$

Donde en la Ecuación 4.2,  $A$  es la matriz recíproca de comparaciones a pares (Juicios de importancia/preferencia de un criterio sobre otro),  $w$  es el vector propio que representa el ranking u orden de prioridad,  $\lambda$  corresponde al máximo valor propio que representa una medida de la consistencia de los juicios.

### Cálculo de prioridades con el Método Aproximado

Este método inicia con la normalización de la Matriz de Comparaciones, ver Tabla ??.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/4 \\ 2 & 1 & 1/2 \\ 4 & 2 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow \text{Matriz a normalizar} \quad (4.3)$$

Para ello primero se debe sumar los elementos de cada columna,

$$\begin{aligned}(1 + 2 + 4) &= 7 \\ (1/2 + 1 + 2) &= 3,5 \\ (1/4 + 1/2 + 1) &= 1,7\end{aligned}\tag{4.4}$$

Segundo, dividir cada elemento de la Matriz de Comparaciones por la suma correspondiente a la columna a la cual pertenece,

$$\begin{pmatrix} 1/7 & 0,5/3,5 & 0,25/1,7 \\ 2/7 & 1/3,5 & 0,5/1,7 \\ 4/7 & 2/3,5 & 1/1,7 \end{pmatrix}\tag{4.5}$$

Simplificando la matriz, pasando las fracciones números. Se obtiene la matriz normalizada,

$$\begin{pmatrix} 0,142857 & 0,142857 & 0,142857 \\ 0,285714 & 0,285714 & 0,285714 \\ 0,571429 & 0,571429 & 0,571429 \end{pmatrix}\tag{4.6}$$

El vector de prioridades se calculando a partir del promedio (media) de cada fila de la matriz normalizada,

$$\begin{aligned}\frac{0,142857 + 0,142857 + 0,142857}{3} &= 0,142857 \\ \frac{0,285714 + 0,285714 + 0,285714}{3} &= 0,285714 \\ \frac{0,571429 + 0,571429 + 0,571429}{3} &= 0,571429\end{aligned}\tag{4.7}$$

Por lo tanto el vector prioridades para los criterios resulta el siguiente,

$$\begin{pmatrix} \textit{Ambiental} \\ \textit{Social} \\ \textit{Económico} \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} 0,142857 \\ 0,285714 \\ 0,571429 \end{pmatrix}\tag{4.8}$$

Es así como se determinan las ponderaciones para los criterios presente en la matriz de comparaciones.

#### 4.3.3.3. Principio de consistencia lógica

Este principio trata de verificar que las relaciones establecidas para los criterios en el estudio a partir de la escala de Saaty sean consistentes, es decir, que se relacionen bien entre ellas y que se vea una congruencia. Para que un juicio sea 100 % consistente, éste debe cumplir con dos cosas; transitividad y proporcionalidad. La primera corresponde a que se debe respetar las relaciones de orden entre los elementos, es decir, si A es mayor que B y B es mayor que C entonces A es mayor que C. La segunda, se refiere a que las proporciones entre los órdenes de magnitud de los elementos deben cumplirse con un rango de error permitido. Como ejemplo, si A es 3 veces que B y B es dos veces mayor que C entonces A debe ser 6 veces mayor que B.

La escala que se ocupa para la asignación de valores a los criterios nace de la percepción de las personas expertas en el tema, por lo cual consta de un ordenamiento jerárquico de los elementos. Esto resulta que la escala no está explícita y sus valores no son números exactos. Entonces puede llegar a ocurrir que se presenta una cierta inconsistencia en los juicios, en donde el método AHP la mide mediante la Proporción de Consistencia (RC). Esta proporción corresponde a la relación entre el Índice de Consistencia (CI) y el Índice Aleatorio (RI). Para que no se rechace el juicio formado por el analista o los analistas, el RC debe ser menor o igual al 10 %.

#### Ejemplo cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Siguiendo con el mismo ejemplo utilizado en el principio anterior. En un principio se había definido el problema descrito en la Ecuación 4.2. Sin embargo resolver la ecuación anterior es bastante complejo, por lo cual Saaty definió la siguiente relación.

$$\lambda_{Máx} = V * B \quad (4.9)$$

Donde en la Ecuación 4.9,  $\lambda_{Máx}$  es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares,  $V$  vector de prioridades o vectores propios, que ya obtuvimos, de la matriz de comparaciones.  $B$  es una matriz fila, correspondiente a la suma de los elementos de cada columna matriz de comparaciones a pares. Es una matriz de “m x 1”, donde m es el número de columnas de la matriz de comparaciones. En este caso,

$$B = \begin{pmatrix} 7 & 3,5 & 1,75 \end{pmatrix} \quad (4.10)$$

Reemplazando los valores en la Ecuación 3, se obtiene:

$$\lambda_{Máx} = \begin{pmatrix} 0,142857 \\ 0,285714 \\ 0,571429 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 7 & 3,5 & 1,75 \end{pmatrix} \quad (4.11)$$

$$\lambda_{Máx} = 3$$

Con este resultado es posible determinar el Índice de Consistencia (IC),

$$IC = \frac{\lambda_{Máx} - n}{n - 1} = \frac{3 - 3}{2} = 0 \quad (4.12)$$

Para calcular el Índice Aleatorio, Saaty elaboró la siguiente tabla,

**Tabla 4.5:** Índices aleatorios por tamaño de matriz.

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

(Fuente: J.Pacheco (2008))

Entonces se define y resuelve la Relación de Consistencia como:

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0}{0,58} = 0 \quad (4.13)$$

Como RC es menos a 0,1 no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones. En caso contrario, de realizar una reevaluación de los juicios significaría que se vuelva a consultar a los expertos.

### **4.3.4. Procedimiento para el análisis jerárquico en el método AHP**

#### **4.3.4.1. Definición del problema**

En esta etapa se espera tener definido el objetivo general del proceso de decisión e identificar a los actores involucrados. Además de presentar una descripción sobre el entorno que va a influir el estudio, como por ejemplo sus características ambientales, culturales, socio-económicas, etc. principalmente aquellos parámetros afectados por los proyectos que se discuten.

#### **4.3.4.2. Definición de actores**

Seleccionar adecuadamente a las partes involucradas, ya que esto va a influir en la representatividad del resultado del modelo.

#### **4.3.4.3. Identificación de las alternativas factibles**

Aplicando un análisis general donde se consideren criterios de factibilidad técnica o económica, seleccionar los proyectos que sean factibles de realizar.

#### **4.3.4.4. Construcción del modelo jerárquico**

Definir a nivel macro los criterios a evaluar y que mejor representen al objetivo general. Luego, ir desglosando cada criterio hasta llegar a un nivel de especificación adecuado. Por último, estructurar el problema planteado en una jerarquía de criterios y alternativas.

#### **4.3.4.5. Ingreso de los juicios**

Una vez recopilada la información y opinión de los actores claves, se empieza a comparar los diferentes criterios de acuerdo a sus niveles de especificación hasta llegar a la evaluación de las diferentes alternativas.

#### 4.3.4.6. Síntesis de los resultados

Gracias a la propiedad de transitividad se establece un ranking de prioridades para las diferentes alternativas.

#### 4.3.4.7. Validación de la decisión

Para asegurar la decisión tomada se debe realizar un análisis de sensibilización, en donde se estima el rango de los pesos de los criterios utilizados. Dando así una mayor confiabilidad del resultado.

### 4.4. Comuna de Villa Alemana

Villa Alemana es una de las comunas de Chile que está implementando una EEL para así obtener el sello de comuna energética. Esta comuna se encuentra en la Provincia de Marga-Marga, Región de Valparaíso. Se caracteriza por ser una comuna del tipo residencial (ciudad dormitorio), en donde la mayor parte de los habitantes no trabajan cerca de su domicilio. Otra característica es que cerca de un 85 % de superficie total (97 km<sup>2</sup>) se califica como zona urbana. Su población estimada por el INE al año 2015 es de aproximadamente 138.348 personas (INE, 2016).

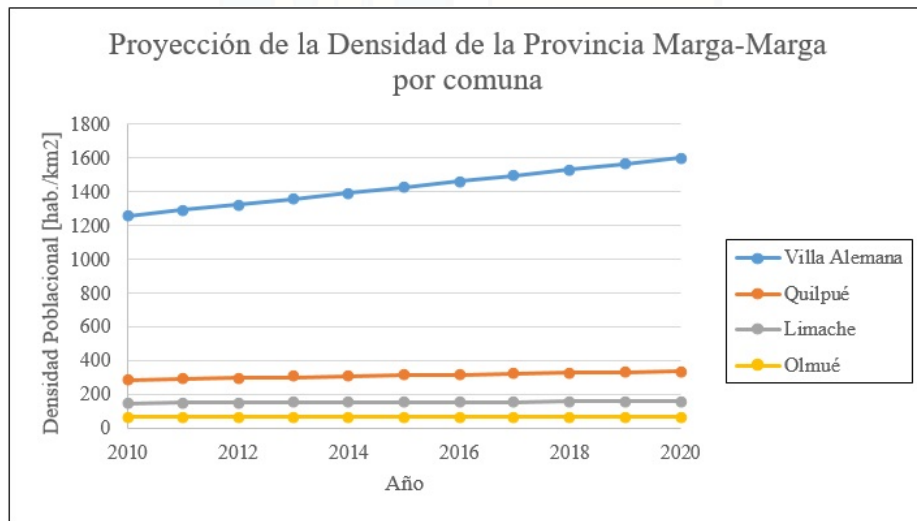
#### 4.4.1. Características Generales de la Comuna

- Con respecto a la economía de la comuna se establece que se orienta principalmente hacia el sector terciario, comercio y servicios, debido al ser una comuna de carácter residencial. Por otro lado las actividades relacionadas con la producción están a cargo de pequeñas y medianas empresas.
- En relación al sector inmobiliario, este se ve beneficiado ya que la comuna, en términos de población, ha experimentado un crecimiento importante siendo uno de los mayores de la región, lo cual se espera que se mantenga en los próximos años.

**Tabla 4.6:** Total de patentes por rubro, Julio 2010.

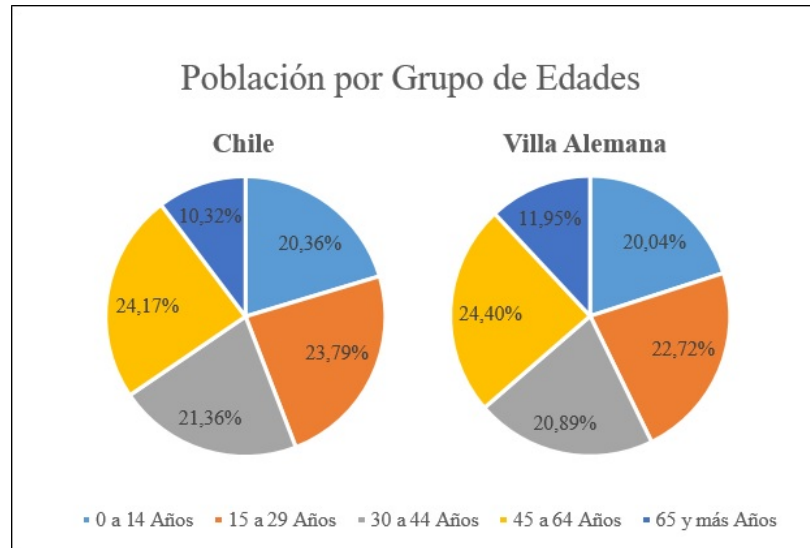
Tipos de patentes	Número	Porcentaje
Total patentes industriales	85	3,8 %
Total patentes microempresarios	220	9,8 %
Total patentes comerciales	1450	64,6 %
Total patentes profesionales	280	12,5 %
Total patentes alcoholes	209	9,3 %
<b>Totales</b>	<b>2244</b>	<b>100 %</b>

(Fuente: Ilustre Municipalidad de Villa Alemana y Bakovic y Balic Ingenieros Consultores Ltda. (2012))

**Figura 4.16:** Proyección de la Densidad Poblacional de la Provincia de Marga-Marga por comuna.

(Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2016))

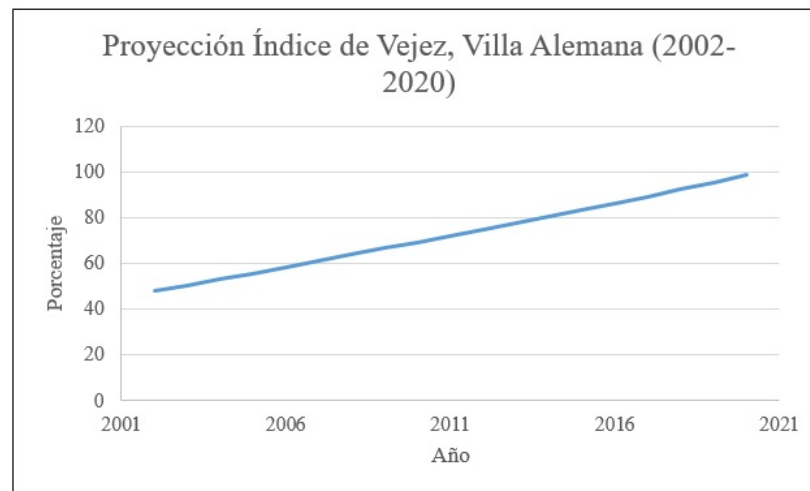
- Destacar que más de un tercio de la población en Villa Alemana corresponden a personas mayores de 45 años, donde esta proporción supera levemente a la realidad nacional. La siguiente Figura muestra una comparación entre la comuna y lo que sucede a nivel nacional en relación a la población por grupos de edades.



**Figura 4.17:** Comparación entre Villa Alemana y Chile de acuerdo a la población por grupo de edades.

(Fuente: INE (2015))

De aquí se desprende que Villa Alemana posee un envejecimiento<sup>3</sup> de la población mayor que el promedio nacional. Además viendo el índice de vejez de la comuna, se aprecia que esta proporción siga creciendo en los próximos años.



**Figura 4.18:** Índice de Vejez de la comuna de Villa Alemana, últimos años y proyección.

(Fuente: INE (2015))

<sup>3</sup>Índice de Vejez: Número de adultos mayores, de 60 años y más, existentes por cada 100 menores de 15 años.

- De acuerdo al Informe de Territorio de Villa Alemana publicado el año 2012 por el Ministerio de Desarrollo Social, establece que el ingreso promedio por hogar en la comuna es mayor al promedio regional y al promedio nacional. Lo mismo ocurre con los años de escolaridad promedio del jefe de hogar.

**Tabla 4.7:** Total de patentes por rubro, Julio 2010.

	<b>Ingreso promedio total del hogar</b>	<b>Escolaridad promedio del jefe del hogar</b>
<b>Villa Alemana</b>	\$ 216.070	10 años
<b>V Región</b>	\$ 197.558	9,1 años
<b>Chile</b>	\$ 188.253	8,6 años

(Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2012))

- Villa Alemana ha tomado conciencia sobre el cuidado del medioambiente, comprometiéndose junto a su comunidad a cuidar de su entorno, tanto así que se autoproclama “La Capital del Medioambiente”.



**Figura 4.19:** Logo comuna Villa Alemana.

(Fuente: Ilustre Municipalidad de Villa Alemana y Bakovic y Balic Ingenieros Consultores Ltda. (2012))

# 5 | Aplicación Análisis Multicriterio en EEL de Villa Alemana

## 5.1. Formulación del modelo

### 5.1.1. Definición del problema

La elaboración de la EEL de Villa Alemana corresponde a un proyecto que fue ejecutado por la Universidad Técnica Federico María, cofinanciado por el Ministerio de Energía, la Ilustre Municipalidad de Villa Alemana y la Universidad Técnica Federico Santa María. Este proceso se inició a partir de la postulación realizada por la Universidad al “Primer Concurso para el Cofinanciamiento de la Elaboración de Estrategias Energéticas Locales en Municipios de Chile en el marco del programa comuna energética”, en donde la comuna de Villa Alemana fue seleccionada como beneficiaria para la realización de la EEL ([Ministerio de Energía \(2016\)](#)). La Universidad y la empresa Ecoenergías cumplen el rol de asesores externos, en donde son los encargados de desarrollar la EEL de la comuna y de capacitar al equipo de funcionarios de la municipalidad para que lleven a cabo la implementación y seguimiento de la EEL.

Los proyectos que componen la EEL son la parte fundamental para poder alcanzar las metas y objetivos definidos en un principio. Por lo cual una instancia importante en la elaboración de la EEL corresponde a la priorización de los proyectos a realizar en la comuna, propuestos por el equipo consultor –conformado por la Universidad Técnica Federico Santa María y Ecoenergías-, los cuales surgen a partir de la información recopilada en el diagnósti-

co realizado y enfocados a lo establecido en la visión de la EEL, que dice lo siguiente: “Ser una comuna eficiente en la utilización de sus recursos, que promueva la educación, conciencia medioambiental, el emprendimiento y desarrollo tecnológico, canalizando a través de su identidad, estrategias participativas en la promoción y uso de energías renovables”.

Entonces se decide implementar el análisis multicriterio, específicamente el método AHP, el cual permite priorizar los proyectos propuestos para la implementación de la EEL, comparándolos al mismo tiempo y teniendo como referencia principal la Visión de la EEL de Villa Alemana. En donde a partir de ciertos criterios (más adelante se menciona cuáles fueron los criterios utilizados) y aplicando la metodología adecuada, es posible obtener una propuesta de listado para así presentarla a los actores claves. El equipo encargado de modelar e implementar el método AHP en la EEL está conformado por personas pertenecientes a la Universidad Técnica Federico Santa María. Destacar que los actores claves (grupo representativo de la comuna de Villa Alemana) están involucrados en el proceso de priorización de los proyectos ya que son parte del equipo decisor en el proceso de ejecución del análisis multicriterio.

### **5.1.2. Definición de actores**

Los actores en este trabajo es posible diferenciarlos de acuerdo al rol que van ejercer durante la ejecución del método AHP. Como se mencionó en el punto anterior, es posible separar a los actores en dos equipos de trabajos, los cuales se detallan a continuación.

#### **Equipo modelador**

Este equipo se encuentra formado Sandra Véliz, Coordinadora de Proyectos del Departamento de Industrias de la UTFSM, y Mariano Galeotti, Alumno memorista de la UTFSM.

#### **Equipo decisor**

Durante el proceso de la elaboración de la EEL de Villa Alemana, se estableció el Comité Energético Operativo de Villa Alemana (CEO), organismo que representa la opinión de los actores más relevantes de la comuna. Este comité se encuentra formado por organizaciones

de los sectores público y privado de Villa Alemana, relacionados al ámbito energético, como también con los vecinos de la comuna. A continuación se muestran las organizaciones que integran el CEO.

**Tabla 5.1:** Organizaciones del Comité Energético Operativo (CEO)

Tipo de Organización	Nombre de Organización
Conglomerado de Empresas	Cámara de Comercio Villa Alemana
Consejo Municipal	Consejo Municipal de Villa Alemana
Consejo Comunal de Organizaciones de la Sociedad Civil de Villa Alemana (COSVA)	Junta de Vecinos Baquedano
	Círculo de Mujeres el Atardecer
	Círculo de Mujeres del Marga Marga
	Junta de Vecinos Marga Marga Uno
	Centro Cultural Recreativo Juventud y Vida
	Agrupación de Organizaciones Comunitarias y Sociales de Peñablanca - Villa Alemana
	Junta de Vecinos Población Almirante Wilson
	Junta de Vecinos Población San Enrique
	Taller de Gimnasia Vida y Juventud San José de la Palmilla
	Unión Comunal de Juntas de Vecinos de Villa Alemana
	Junta de Vecinos El Peumo
	Artesanos de Pueblos Originarios A.D.E.P.O.
	Junta de Vecinos Villa Dinamarca
I. Municipalidad de Villa Alemana	Alcaldía
	Dirección Ambiental Municipal
	Secretaría de Planificación
Organizaciones Funcionales	Comité Ambiental Comunal
	Unión Comunal de Juntas de Vecinos El Molino
	Unión Comunal de Juntas de Vecinos de Villa Alemana
	Mesa Comunal Comunidades Indígenas
Ministerio de Energía	Seremi Energía
Corporación	Corporación Municipal Para el Desarrollo Social de Villa Alemana

(Fuente: Elaboración propia)

### 5.1.3. Cartera de proyectos a priorizar

Los proyectos a priorizar con esta herramienta corresponden a todos los proyectos viables, los cuales son propuestos para realizar en la comuna de Villa Alemana para alcanzar las metas y objetivos establecidos en la EEL. Estos proyectos se dividen en tres programas, los cuales surgen de la visión de la EEL. El primer programa, Eficiencia Energética, involucra aquellos proyectos de eficiencia energética, con el fin de utilizar manera más eficiente la energía que se consume en la comuna. EL programa de Educación Energética está relacionado con los proyectos orientados a cambiar el pensamiento y comportamiento en el ámbito energético de la comunidad. Por último el tercer programa, Energía Compatible con el Medio Ambiente, está enfocado a la realización de los proyectos que generen energía (a nivel local) a partir de Energías Renovables no Convencionales. A continuación se presentan los proyectos (por programa). Destacar que esta lista de proyectos corresponde a una propuesta inicial, para así orientar la etapa de implementación de la EEL, lo cual no impide que sea modificaba en el transcurso de los años.

**Tabla 5.2:** Cartera de proyectos EEL Villa Alemana.

<b>Programa</b>	<b>Proyecto</b>
Eficiencia Energética	Cuantificación de Emisiones del Sector Energético en Villa Alemana
	Monitoreo Consumo Energético de Edificios Públicos
	Reacondicionamiento Térmico de Viviendas
	Energía Solar Térmica para Viviendas
	Energía Solar Térmica para Establecimientos Educativos
Educación Energética	Capacitación Buenas Prácticas Energéticas a Funcionarios Públicos de Villa Alemana
	Capacitación Buenas Prácticas para Vecinos de Villa Alemana
	Talleres de Buenas Prácticas en Colegios de Villa Alemana
	La Energía en las Aulas de Villa Alemana
	Power to Gas
Energía Compatible con el Medio Ambiente	Energía Solar Fotovoltaica para Viviendas
	Energía Solar Fotovoltaica para Establecimientos Educativos
	Planta de Extracción de Biogás del ex-Vertedero Municipal
	Generación de Electricidad mediante Paneles Solares Fotovoltaicos
	Planta de Generación de Biogás

(Fuente: Elaboración propia)

Destacar que dentro de la cartera de la EEL hay dos proyectos que poseen conflictos de intereses (Power to Gas y Planta de Extracción de Biogás del ex-Vertedero Municipal), es decir, que no se pueden realizar los dos proyectos, sólo uno de ellos. Para mayor información sobre los proyectos que componen la cartera revisar la sección A.1 del Anexo.

#### 5.1.4. Identificación y definición de criterios

La realización de este proceso fue llevada a cabo por el equipo modelador, el cual define los criterios a considerar para la priorización del proyecto. Durante el proceso de elaboración de la EEL se generaron instancias donde se pudo rescatar la opinión de la comunidad, mediante la realización de talleres en la comuna, el uso de Internet (página web y Facebook) y la participación en ferias locales (FEMAVA 2016 <sup>4</sup>). Además, fue en el taller de visión donde se pudo definir la visión de la EEL, la cual es el foco del modelo multicriterio y de donde surgen los criterios y subcriterios. Todo este proceso fue acompañado a un levantamiento de información previo sobre cómo se ha trabajado en otras EEL anteriores, en especial como había sido la metodología usada para la priorización de los proyectos. Mediante información bibliográfica y consultas a Fernando Coz, quien ha trabajado en la elaboración de EEL como por ejemplo en la de la comuna de Vitacura, “Vitacura 30/30”. (Ernst Basler + Partner Chile SpA y Fundación Chile, 2014)

Cabe destacar que debido a las distintas naturalezas de los proyectos se optó por elaborar un modelo global, en donde los criterios se pueden aplicar a todos los proyectos. Es más, en un modelo multicriterio no pueden haber criterios que sólo apliquen a una parte de las alternativas que se desea evaluar. De esta manera es posible involucrar todos los proyectos en una sola priorización.

##### 5.1.4.1. Descripción de los criterios

- A. Social: Se relaciona con el efecto que produce en la comunidad de Villa Alemana la implementación del proyecto. Lo que se busca es poder conocer la opinión de los representantes de la comuna y su grado de aceptación que poseen sobre la realización

<sup>4</sup>Feria Medio Ambiental Villa Alemana

de algún proyecto de la cartera. Centrándose sobre el aporte que podría producir el proyecto en la comuna en caso de ser ejecutado. (Subcriterios: Concientización, Beneficios, Participación).

- B. Factibilidad técnica-económica: Se relaciona con la viabilidad técnica-económica de poder llevar a cabo un proyecto establecido en la cartera de proyectos de la EEL. Además de poder representar qué proyectos tendrán mayor facilidad para ser realizados en la comuna, de acuerdo a la capacidad, tanto de gestión como técnica, que haya disponible. (Subcriterios: Fuentes de financiamiento, Capacidad de gestión, Capacidad técnica.)

#### 5.1.4.2. Descripción de los subcriterios

*Para el primer criterio, Social:*

##### A.1. Concientización.

**Definición.** Indica en qué medida el proyecto contribuye a generar interés y acción, respecto de temas energéticos en pro del cuidado del medio ambiente.

**Unidades.** Sin unidades, Variable cualitativa.

**Pregunta.** ¿Cree usted que la realización de este proyecto profundizará/cambiará el pensamiento de los habitantes de la comuna con respecto a su comportamiento en el ámbito energético?

<b>Escala</b>	1- El proyecto NO logra crear una conciencia energética y medioambiental en la comuna.
	2- El proyecto logra crear una LEVE conciencia energética y medioambiental en la comuna.
	3- El proyecto logra crear conciencia energética y medioambiental en la comuna.
	4- El proyecto logra crear una FUERTE conciencia energética y medioambiental en la comuna.
	5- El proyecto logra crear una MUY FUERTE conciencia energética y medioambiental en la comuna.

##### A.2. Beneficios.

**Definición.** Se relaciona con los beneficios que genera la realización del proyecto a

Villa Alemana, tanto para sus habitantes como su entorno. (Beneficios económicos y ambientales).

**Unidades.** Cantidad de beneficios.

**Pregunta.** ¿Cuál cree usted que será el nivel de beneficios que obtendrá la comuna debido a la realización de este proyecto?

<b>Escala</b>	1- Se espera que la comuna NO obtendrá ningún beneficio por la realización del proyecto.
	2- Se espera que la comuna obtendrá un nivel MUY BAJO de beneficios.
	3- Se espera que la comuna obtendrá un nivel BAJO de beneficios.
	4- Se espera que la comuna obtendrá un nivel ALTO de beneficios.
	5- Se espera que la comuna obtendrá un nivel MUY ALTO de beneficios.

### A.3. Participación.

**Definición.** Se refiere al grado de participación que genera el proyecto en la comuna, ya sea en forma de emprendimientos, coordinación social, promoción de redes sociales, entre otros.

**Unidades.** Sin unidades, Variable cualitativa.

**Pregunta.** ¿Cuál cree usted que será el grado de participación que generará la realización de este proyecto?

<b>Escala</b>	1- MUY BAJA participación.
	2- BAJA participación.
	3- Participación MEDIA.
	4- ALTA participación.
	5- MUY ALTA participación.

*Para el segundo criterio, Factibilidad técnica-económica:*

### B.1. Fuentes de financiamiento.

**Definición.** Indica la existencia y cantidad de fondos disponibles que puede postular/acceder el proyecto, para su financiamiento.

**Unidades.** Cantidad de fondos disponibles.

<b>Escala</b>	1- No existen fondos de financiamiento para esta tipología de proyecto.
	2- Existe un fondo de financiamiento para esta tipología de proyecto.
	3- Existen dos fondos de financiamiento para esta tipología de proyecto.
	4- Existen tres fondos de financiamiento para esta tipología de proyecto.
	5- Existen cuatro o más fondos de financiamiento para esta tipología de proyecto.

**Pregunta.** ¿Cuál es el número total de fondos de financiamiento que puede postular/acceder este proyecto?

## B.2. Capacidad de gestión

**Definición.** Se relaciona con la existencia de un grupo local encargado de administrar/gestionar la implementación/realización del proyecto, que se encuentre interesado en ejecutar esa labor.

**Unidades.** Sin unidades, Variable cualitativa.

**Pregunta.** ¿Cree usted que dentro de la comuna hay un grupo de personas interesadas en gestionar/administrar este proyecto?

<b>Escala</b>	1- No hay ningún grupo interesado en administrar/gestionar el proyecto.
	2- Hay un grupo con un BAJO interés en administrar/gestionar el proyecto.
	3- Hay un grupo con un interés en administrar/gestionar el proyecto.
	4- Hay un grupo con un ALTO interés en administrar/gestionar el proyecto.
	5- Hay un grupo con un MUY ALTO interés en administrar/gestionar el proyecto.

## B.3. Capacidad técnica.

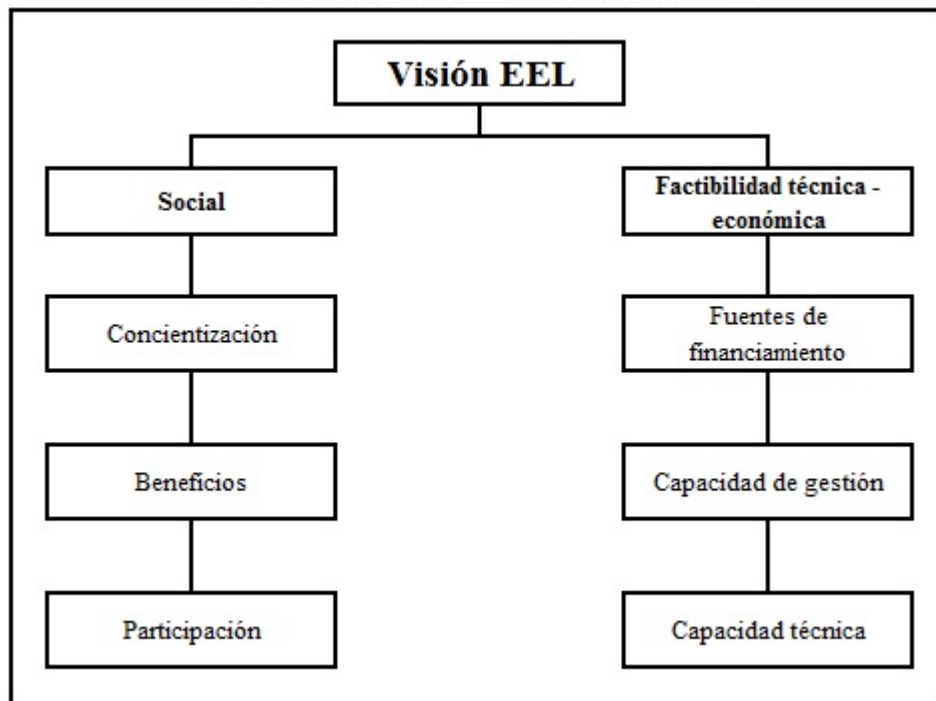
**Definición.** Referido a la existencia de personal técnico calificado, actualmente en la comuna, para la ejecución y mantención de los proyecto.

**Unidades.** Sin unidades, Variable cualitativa.

**Pregunta.** ¿Cree usted que la comuna posee capacidad técnica para la mantención de este proyecto?

<b>Escala</b>	1- La comuna NO cuenta con la tecnología para la ejecución y mantenimiento del proyecto.
	2- La comuna cuenta con un nivel BAJO de tecnología para la ejecución y mantenimiento del proyecto.
	3- La comuna cuenta con un nivel de tecnología suficiente para la ejecución y mantenimiento del proyecto.
	4- La comuna cuenta con un nivel ALTO de tecnología para la ejecución y mantenimiento del proyecto.
	5- La comuna cuenta con un nivel MUY ALTO de tecnología para la ejecución y mantenimiento del proyecto.

### 5.1.5. Árbol jerárquico



**Figura 5.1:** Árbol jerárquico del modelo.

(Fuente: Elaboración propia)

## 5.2. Evaluación del modelo

### 5.2.1. Información para evaluar el modelo

De acuerdo al modelo propuesto para la priorización de proyectos de la cartera de la EEL de Villa Alemana, es necesario recopilar la información correspondiente y así poder llevar a cabo la evaluación del modelo. Para ello se elaboraron dos tipos de encuestas, la primera con el fin de recopilar la información necesaria para realizar la ponderación de los criterios. La segunda encuesta para conocer la opinión de la comunidad sobre los proyectos de la cartera de la EEL y así poder calificarlos mediante el análisis multicriterio.

Las encuestas fueron respondidas en el taller de priorización de proyectos, en donde los asistentes (integrantes del Comité Energético Operativo) se dividieron en tres grupos. Los grupos reúnen a las personas de las organizaciones de la comuna que integran el CEO con intereses comunes. El primer grupo están las organizaciones municipales, en el segundo las organizaciones sociales y en el tercer grupo las organizaciones ambientales. Adicionalmente, se formó un cuarto grupo denominado Academia, el cual sólo responde la primera encuesta. Este grupo está formado por académicos de la Universidad Técnica Federico Santa María y un representante del Ministerio de Energía. Ambas encuestas se encuentran en la sección [A.2](#) del Anexo.

A continuación se presentan los asistentes (por grupo de organizaciones) al taller de priorización el día 27 de Abril de 2017 en el Gimnasio Luis Cruz Martínez, Villa Alemana.

**Tabla 5.3:** Grupo Ambiental

<b>Nombre de Organización</b>	<b>Representante</b>
1. Comité Ambiental Comunal	1. Marcela Guerrero
2. Comité Ambiental Comunal	2. Berta Andrade
3. Comité Ambiental Comunal	3. Piero Vita
4. Comité Ambiental Comunal	4. Arnoldo Riquelme
5. Dirección Ambiental Comunal	5. Nicole Pinto

(Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 5.4:** Grupo Social

<b>Nombre de Organización</b>	<b>Representante</b>
1. Junta de Vecinos Baquedano	1. Jorge Gallagher
2. Mesa Comunal Comunidades Indígenas	2. Orieta Curihuentru
3. Corporación Municipal Para el Desarrollo Social de Villa Alemana	Fernando Hudson

(Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 5.5:** Grupo Municipal

<b>Nombre de Organización</b>	<b>Representante</b>
1. Consejo Municipal de Villa Alemana	1. Claudio de la Horra
2. Consejo Municipal de Villa Alemana	2. Raul Bustamante
3. Consejo Municipal de Villa Alemana	3. Antonio Barchiesi
4. I. Municipalidad de Villa Alemana	4. Sergio Castro
5. I. Municipalidad de Villa Alemana	5. Francisco ramirez

(Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 5.6:** Grupo Academia

Nombre de Organización	Representante	Cargo
UTFSM	Sandra Véliz	Académica
UTFSM	Francisco Dall'Orso	Académico
Ministerio de Energía	Julio Maturana	Representante
UTFSM	Mariano Galeotti	Alumno memorista

(Fuente: Elaboración propia)

Como se menciona en el punto 5.1.3, también se dispone de los documentos que describen los proyectos propuestos para realizar en la comuna, de los cuales se extrae información muy relevante a considerar en este análisis.

### 5.2.2. Asignación de peso a los criterios

Este proceso inicia con la realización de la encuesta ponderación de criterios, la cual fue respondida por los cuatros grupos descritos anteriormente. En esta encuesta se pide a los entrevistados completar tres tablas, que corresponden a los criterios y grupos de subcriterios a considerar en el modelo y que se deben comparar entre ellos para ver cuál es más relevante. Entonces, las personas que respondieron la encuesta debieron rellenar las casillas en blanco de cada tabla indicando su percepción de valorización de un criterio sobre otro de acuerdo a la escala Saaty.

Social (A)		A.1	A.2	A.3	<u>Responder:</u> ¿Cuánto más importante es A.1 que A.2? y ¿Cuánto más importante es A.1 que A.3?...y así sucesivamente hasta rellenar los espacios en blanco.
A.1	Concientización	1			
A.2	Beneficios		1		
A.3	Participación			1	

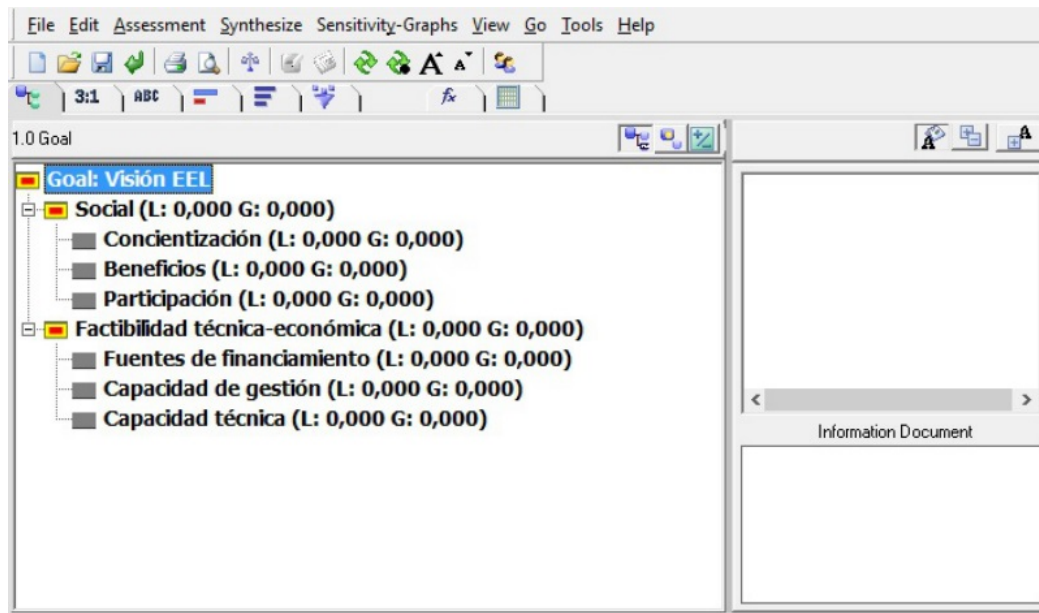
**Figura 5.2:** Ejemplo tabla respuesta de la encuesta ponderación de criterios.

(Fuente: Elaboración propia)

Entonces, una vez que la encuesta ponderación de criterios fue respondida por los asistentes al taller, se introdujeron las respuestas al software Expert Choice <sup>5</sup>. Se elaboró

<sup>5</sup>Mayor información sobre el software en <http://www.expertchoice.com>

un archivo para cada grupo debido a que cada grupo posee intereses diferentes. Además el software es capaz de trabajar con las respuestas de varias personas y llegar a un consenso, mediante la ecuación 4.1.



**Figura 5.3:** Modelo multicriterio en Expert Choice a utilizar.

(Fuente: Elaboración propia)

Debido a que la matriz de los criterios del modelo es de 2 x 2, siempre va ser a una matriz con inconsistencia igual a 0 %, se trabaja con la matriz del primer criterio (Social) para mostrar como se estima el peso de de los subcriterios y se estima sus inconsistencia. Recordar que las matrices del modelo deben poseer una Relación de Consistencia menor al 10 %. (Más adelante se explica cómo se calcula).

A continuación se presenta la matriz de juicios del criterio Social resultante de todas las respuestas del grupo Ambiental.

**Tabla 5.7:** Matriz de juicios criterio Social, Grupo Ambiental.

Criterio Social (A)	A.1	A.2	A.3
A.1 Concientización	1	2,759	0,881
A.2 Beneficios	0,362	1	0,255
A.3 Participación	1,135	3,922	1

(Fuente: Elaboración propia)

La Tabla anterior corresponde al consenso del grupo Ambiental sobre los juicios del criterio Social. Se puede apreciar que entro de los subcriterios del criterio Social, para el grupo Ambiental, el subcriterio de Participación es el más relevante.

A continuación se mostrará como determinar la ponderación de los criterios, para ello se trabajará con la matriz del criterio Social. Cabe mencionar que en este trabajo se utilizó el software Expert Choice, el cual realiza la ponderación de los criterios.

Siguiendo el ejemplo presentado en el Marco Teórico, se aplica el Método Aproximado para priorizar los criterios. De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 5.7, se confecciona la matriz y se procede a normalizarla.

$$\begin{pmatrix} 1 & 2,759 & 0,881 \\ 0,362 & 1 & 0,255 \\ 1,135 & 3,922 & 1 \end{pmatrix} \quad (5.1)$$

### Normalización

1. Se suman los elementos de cada columna.

$$\begin{aligned} (1 + 0,362 + 1,135) &= 2,498 \\ (2,759 + 1 + 3,922) &= 7,681 \\ (0,881 + 0,255 + 1) &= 2,136 \end{aligned} \quad (5.2)$$

2. Se divide cada elemento de la matriz por la suma total de la columna a cual pertenece.

$$\begin{pmatrix} 1/2,498 & 2,759/7,681 & 0,881/2,136 \\ 0,362/2,498 & 1/7,681 & 0,255/2,136 \\ 1,135/2,498 & 3,922/7,681 & 1/2,136 \end{pmatrix} \quad (5.3)$$

Resolviendo las divisiones, se obtiene:

$$\begin{pmatrix} 0,400 & 0,359 & 0,412 \\ 0,145 & 0,130 & 0,119 \\ 0,454 & 0,511 & 0,468 \end{pmatrix} \quad (5.4)$$

3. Se determina el promedio de las filas de la matriz resultante en el paso anterior.

$$\frac{0,400 + 0,359 + 0,412}{3} = 0,391$$

$$\frac{0,145 + 0,130 + 0,119}{3} = 0,131 \quad (5.5)$$

$$\frac{0,454 + 0,511 + 0,468}{3} = 0,478$$

4. Vector de prioridades resultante es el siguiente.

$$\begin{pmatrix} \textit{Concientización} \\ \textit{Beneficios} \\ \textit{Participación} \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} 0,391 \\ 0,131 \\ 0,478 \end{pmatrix} \quad (5.6)$$

Para saber si las ponderaciones calculadas son las adecuadas, se debe aplicar la Relación de Consistencia (RC) y así establecer que los juicios definidos para los criterios son consistentes. Recordemos que RC es igual a:

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (5.7)$$

Entonces, para calcular RC es necesario estimar el Índice de Consistencia (IC) y el Índice Aleatorio (IA). Para el IC se deben utilizar las siguientes expresiones (descritas en el Marco Teórico, 4.3.3.3).

$$IC = \frac{\lambda_{Máx} - n}{n - 1} \quad (5.8)$$

$$\lambda_{Máx} = V * B \quad (5.9)$$

Donde en este caso  $V$  corresponde al vector de prioridades calculado y  $B$  es la matriz que se calcula mediante la suma de los elementos de cada columna de la matriz de comparaciones que se está utilizando. Luego “ $n$ ” es el tamaño de la Matriz de Comparación.

Realizando los cálculos correspondientes,

$$\lambda_{Máx} = \begin{pmatrix} 0,391 \\ 0,131 \\ 0,478 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 2,498 & 7,681 & 2,136 \end{pmatrix} \quad (5.10)$$

$$\lambda_{Máx} = 3,004$$

Entonces,

$$IC = \frac{3,004 - 3}{3 - 1} = \frac{0,004}{2} = 0,002 \quad (5.11)$$

Por otro lado el valor de IA se extrae de una tabla, donde se busca a partir del tamaño de la matriz (Ver Tabla 4.5). Como en este caso la Matriz de Comparación es de tamaño 3 el valor que le corresponde a al IA es igual 0,58.

Reemplazando los valores obtenidos en la expresión de RC, se obtiene:

$$RC = \frac{0,002}{0,58} = 0,00345 \quad (5.12)$$

Como el RC <sup>6</sup> calculado es menor a 0,1 se puede establecer que el vector de prioridades estimado es consistente, dentro de un rango aceptable. El resultado obtenido por Expert Choice es el siguiente.

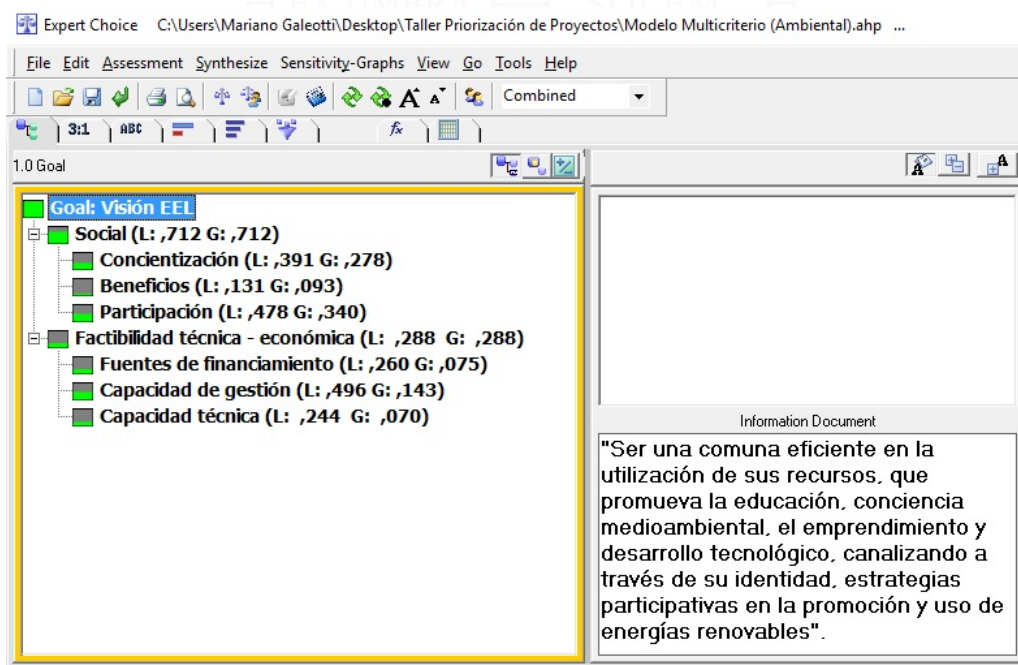
<sup>6</sup>Diferencia en RC calculado por Expert Choice, debido a estimaciones realizadas durante el calculo del ejemplo.



**Figura 5.4:** Ponderación del criterio Social, grupo Ambiental.

(Fuente: Elaboración propia)

A continuación se presentan las ponderaciones de todos los criterios y subcriterios calculados con el software Expert Choice, partir de las respuestas del grupo Ambiental.



**Figura 5.5:** Resultados ponderaciones criterios y subcriterios, grupo Ambiental.

(Fuente: Elaboración propia)

Este procedimiento fue realizado para el resto de las matrices de los grupos restantes (Municipal, Social y Academia) mediante el software Expert Choice. Además este programa determina RC automáticamente una vez ingresado los pesos a la matriz. Verificando en todo momento que se vaya cumpliendo que RC sea menor a 0,1. En la sección A.3 del Anexo se encuentran los resultados de las ponderaciones correspondientes a los grupos restantes (Social, Municipal y Academia).

### 5.2.2.1. Ponderación de los criterios

Antes de presentar los resultados, hay que destacar que durante este proceso se encontraron con diversas opiniones, asociadas a los intereses de cada grupo. Donde la importancia entregada a los distintos criterios/subcriterios eran muy diferentes al compararlos. Es por esa razón que se promedian las ponderaciones de cada grupo, para así poder reflejar un interés común al momento de evaluar los proyectos de la cartera.

De acuerdo a la Tabla 5.8, se presentan las ponderaciones de los criterios y subcriterios del modelo correspondientes a cada grupo. En donde se puede apreciar que los intereses de las distintas organizaciones se ven reflejados en el sector que se desenvuelven. Por ejemplo, al observar las ponderaciones del grupo Social, se ve que al evaluar un proyecto las organizaciones sociales entregan mayor relevancia a los factores sociales (0,800) que los factores técnicos y económicos (0,200). Por otro lado, el grupo Municipal al evaluar un proyecto se centra un poco más en que sea viable de realizar (0,608) que en los factores sociales (0,392). Es posible establecer que las ponderaciones estimadas son coherentes con la opinión de las personas que respondieron la primera encuesta.

Como se dijo anteriormente, las ponderaciones obtenidas para cada grupo se promedian dando resultado a los pesos con los cuales se van a evaluar los proyectos de la cartera para después ser priorizados (ver Tabla 5.9). Siendo el criterio Social con mayor importancia sobre el criterio de Factibilidad técnica - económica, luego el subcriterio con mayor peso corresponde al de Concientización y el menor es el de Capacidad técnica.

Tabla 5.8: Resultados ponderaciones criterios y subcriterios por grupo

Grupo	Criterios/Subcriterios	Ponderación Local	Ponderación Global
Ambiental	<b>A. Social</b>	0,712	0,712
	A.1. Concientización	0,391	0,278
	A.2. Beneficios	0,131	0,093
	A. 3. Participación	0,478	0,340
	<b>B. Factibilidad técnica - económica</b>	0,288	0,288
	B.1. Fuentes de financiamiento	0,260	0,075
	B.2. Capacidad de gestión	0,496	0,143
	B.3. Capacidad técnica	0,244	0,070
Social	<b>A. Social</b>	0,800	0,800
	A.1. Concientización	0,433	0,346
	A.2. Beneficios	0,450	0,360
	A. 3. Participación	0,117	0,094
	<b>B. Factibilidad técnica - económica</b>	0,200	0,200
	B.1. Fuentes de financiamiento	0,443	0,089
	B.2. Capacidad de gestión	0,411	0,082
	B.3. Capacidad técnica	0,146	0,029
Municipal	<b>A. Social</b>	0,392	0,392
	A.1. Concientización	0,324	0,127
	A.2. Beneficios	0,358	0,140
	A. 3. Participación	0,318	0,125
	<b>B. Factibilidad técnica - económica</b>	0,608	0,608
	B.1. Fuentes de financiamiento	0,217	0,132
	B.2. Capacidad de gestión	0,340	0,207
	B.3. Capacidad técnica	0,443	0,269
Academia	<b>A. Social</b>	0,591	0,591
	A.1. Concientización	0,390	0,230
	A.2. Beneficios	0,369	0,218
	A. 3. Participación	0,241	0,142
	<b>B. Factibilidad técnica - económica</b>	0,409	0,409
	B.1. Fuentes de financiamiento	0,421	0,172
	B.2. Capacidad de gestión	0,349	0,143
	B.3. Capacidad técnica	0,230	0,094

(Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 5.9:** Promedio ponderaciones de los criterios y subcriterios

<b>Criterios/Subcriterios</b>	<b>Ponderación Local</b>	<b>Ponderación Global</b>
<b>A. Social</b>	0,624	0,624
A.1. Concientización	0,385	0,240
A.2. Beneficios	0,327	0,204
A. 3. Participación	0,289	0,180
<b>B. Factibilidad técnica - económica</b>	0,376	0,376
B.1. Fuentes de financiamiento	0,335	0,126
B.2. Capacidad de gestión	0,399	0,150
B.3. Capacidad técnica	0,266	0,100

(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.3. Evaluación de los proyectos de la cartera

Para la evaluación de los proyectos que están en la cartera de la EEL, se realizó la Encuesta Priorización de Proyectos sólo a los asistentes al taller que pertenecían al CEO. Se respondieron un total de trece encuestas, de las cuales una se objetó debido a que fue contestada de manera incompleta. Por lo cual no se deben considerar al momento de realizar el análisis. El fin de la encuesta es poder rescatar qué es lo que piensan los representantes de la comuna sobre la posible ejecución de algún proyecto de la cartera, y así poder determinar la preferencia que posee de algún proyecto sobre otro. Para eso, el diseño de la encuesta se pensó que todas las preguntas<sup>7</sup> tengan la misma cantidad de respuestas (cinco opciones), cada una relacionada a un número. Donde se considera el número “uno” como la nota mínima (la opción menos favorable para el proyecto) y el número “cinco” como la nota máxima (la opción más favorable para el proyecto).

A continuación se presenta la hoja de respuesta de la encuesta, en donde la persona que respondía la encuesta debía completar todas las casillas. En donde las preguntas se aplicaban a todos los proyectos de la cartera.

<sup>7</sup>La encuesta tenía seis preguntas, una por cada subcriterio.

Subcriterios	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5
A.1. Concientización					
A.2. Beneficios					
A.3. Participación					
B.1. Fuentes de financiamiento					
B.2. Capacidad de gestión					
B.3. Capacidad técnica					
Subcriterios	Proyecto 6	Proyecto 7	Proyecto 8	Proyecto 9	Proyecto 10
A.1. Concientización					
A.2. Beneficios					
A.3. Participación					
B.1. Fuentes de financiamiento					
B.2. Capacidad de gestión					
B.3. Capacidad técnica					
Subcriterios	Proyecto 11	Proyecto 12	Proyecto 13	Proyecto 14	Proyecto 15
A.1. Concientización					
A.2. Beneficios					
A.3. Participación					
B.1. Fuentes de financiamiento					
B.2. Capacidad de gestión					
B.3. Capacidad técnica					

**Figura 5.6:** Hoja de respuesta, Encuesta Priorización de Proyectos.

(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.3.1. Asignación de notas a los proyectos

Para ver como se evaluaron los proyectos, a continuación se mostrará un ejemplo de cómo se calcularon las notas de los proyectos para luego ser priorizados. (Proyecto ejemplo: Reacondicionamiento Térmico de Viviendas).

Las respuestas de la encuestas se ingresaron a una Hoja de Cálculo Excel, donde había una tabla para cada proyectos en función de los subcriterios a evaluar.

Reacondicionamiento térmico de viviendas		Resp. 1	Resp. 2	Resp. 3	Resp. 4	Resp. 5	Resp. 6	Resp. 7	Resp. 8	Resp. 9	Resp. 10	Resp. 11	Resp. 12
Social	Concientización	3	3	3	3	3	3	3	2	2	5	5	5
	Beneficios	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
	Participación	4	5	3	3	4	4	3	3	5	5	5	5
Factibilidad técnica - económica	Fuentes de financiamiento	2	2	2	2	2	5	4	1	3	5	2	2
	Capacidad de gestión	3	1	3	3	3	3	5	1	3	5	2	2
	Capacidad técnica	2	2	4	3	4	4	3	3	3	5	3	2

**Figura 5.7:** Respuestas ingresadas a la tabla en la Hoja de Cálculo Excel.

(Fuente: Elaboración propia)

Se promedian las notas de cada subcriterio, para luego ser multiplicadas por su respectivo ponderador (calculado a partir de la primera encuesta).

**Tabla 5.10:** Ejemplo promedios subcriterios

Reacondicionamiento térmico de viviendas		
Crterios	Subcriterios	Promedio
Social	A.1. Concientización	3,33
	A.2. Beneficios	4,25
	A.3. Participación	4,08
Factibilidad técnica - económica	B.1. Fuentes de financiamiento	2,67
	B.2. Capacidad de gestión	2,83
	B.3. Capacidad técnica	3,17

(Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 5.11:** Nota final proyecto, ejemplo.

Reacondicionamiento Térmico de Viviendas	
Nota Proyecto	3,48

(Fuente: Elaboración propia)

Esto se realizó de igual manera para los proyectos restantes. en la sección [A.4](#) del anexo se encuentran los promedios de cada subcriterio obtenidos en este trabajo. En la [Tabla 5.12](#) se presentan las notas de los proyectos restantes, separados por programa (ordenados de mayor a menor).

**Tabla 5.12:** Notas finales de los proyectos de la cartera de la EEL.

<b>Programa</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Nota</b>
Eficiencia Energética	Energía Solar Térmica para Establecimientos Educativos	3,81
	Energía Solar Térmica para Viviendas	3,78
	Reacondicionamiento Térmico de Viviendas	3,48
	Monitoreo Consumo Energético de Edificios Públicos	3,13
	Cuantificación de Emisiones del Sector Energético en Villa Alemana	3,04
Educación Energética	Talleres de Buenas Prácticas en Colegios de Villa Alemana	3,84
	Capacitación Buenas Prácticas para Vecinos de Villa Alemana	3,67
	Power to Gas	3,63
	La Energía en las Aulas de Villa Alemana	3,61
	Capacitación Buenas Prácticas Energéticas a Funcionarios Públicos de Villa Alemana	3,14
Energía Compatible con el Medio Ambiente	Energía Solar Fotovoltaica para Establecimientos Educativos	3,92
	Energía Solar Fotovoltaica para Viviendas	3,76
	Planta de Extracción de Biogás del ex-Vertedero Municipal	3,64
	Planta de Generación de Biogás	3,48
	Generación de Electricidad mediante Paneles Solares Fotovoltaicos	3,26

(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.3.2. Priorización de los proyectos

Una vez calculadas todas las notas de los proyectos, se procede a ordenarlos de mayor a menor. El de orden de ejecución de los proyectos propuestos en la EEL es el siguiente.

**Tabla 5.13:** Ranking de los proyectos de la cartera

Ranking	Proyectos	Nota
1	Energía Solar Fotovoltaica para Establecimientos Educativos	3,92
2	Talleres de Buenas Prácticas en Colegios de Villa Alemana	3,84
3	Energía Solar Térmica para Establecimientos Educativos	3,81
4	Energía Solar Térmica para Viviendas	3,78
5	Energía Solar Fotovoltaica para Viviendas	3,76
6	Capacitación Buenas Prácticas para Vecinos de Villa Alemana	3,67
7	Planta de Extracción de Biogás del ex-Vertedero Municipal	3,64
8	Power to Gas	3,63
9	La Energía en las Aulas de Villa Alemana	3,61
10	Planta de Generación de Biogás	3,48
11	Reacondicionamiento Térmico de Viviendas	3,48
12	Generación de Electricidad mediante Paneles Solares Fotovoltaicos	3,26
13	Capacitación Buenas Prácticas Energéticas a Funcionarios Públicos de Villa Alemana	3,14
14	Monitoreo Consumo Energético de Edificios Públicos	3,13
15	Cuantificación de Emisiones del Sector Energético en Villa Alemana	3,04

(Fuente: Elaboración propia)

En la Tabla 5.13, se puede apreciar las notas finales de los proyectos de la cartera de la EEL evaluados mediante el análisis Multicriterio. Cabe destacar que las notas obtenidas se encuentran entre la nota tres y cuatro, donde el proyecto de Energía Solar Fotovoltaica para Establecimientos Educativos obtuvo la mayor calificación.

## 6 | Conclusiones

El resultado obtenido en este trabajo corresponde a una parte del plan de acción de la EEL de Villa Alemana, donde se logra establecer los proyectos a realizar en la comuna y el orden en que se deben realizar, todos con el fin de alcanzar las metas y los objetivos establecidos en la visión de la EEL. Sin embargo esto corresponde a una referencia inicial, en la cual participaron los representantes de la comuna, quienes dieron a conocer sus intereses y preferencias sobre los proyectos propuestos. Cabe destacar que esta cartera propuesta está sujeta a posibles cambios en el futuro, ya sea por la incorporación de nuevos proyectos, cambios en las prioridades de la comuna, generación de algún conflicto por la ejecución de algún proyecto, entre otras situaciones que podrían suceder. Es totalmente modificable.

Por otro lado, los proyectos presentados en la cartera son propuestos a partir de la información entregada por el diagnóstico comunal, además de ser presentados, discutidos y evaluados tanto por el equipo a cargo de la elaboración de la EEL como los representantes de la comuna que han asistido a los talleres realizados durante todo el proceso. Los talleres realizados correspondían a las instancias donde se incentivaba la participación ciudadana, los cuales fueron de suma importancia durante la elaboración de la EEL. Donde las opiniones entregadas por los actores de la comuna y las ideas surgidas en esas instancias, fueron consideradas para la definición de la visión y que es lo que se espera que la EEL aporte a la comuna de Villa Alemana.

Con respecto a la utilización del análisis multicriterio para cuantificar las opiniones, tanto del equipo a cargo de la elaboración de la EEL como de los actores claves, resultó ser un

método simple de aplicar a la hora de evaluar de evaluar los proyectos. Lo complejo de esta metodología corresponde a la definición del modelo, lograr que abarque a todos los puntos de intereses que se desean evaluar y que aplique a todos los proyectos. Importante destacar que se logra poder cuantificar un juicio totalmente cualitativo y poder compararlo con uno cuantitativo o de la misma naturaleza que el anterior. Además al entregar una nota a cada proyecto, esto hace que el resultado sea más tangible y poder elegir un proyecto sobre otro.

En relación a las calificaciones obtenidas en la evaluación de los proyectos, cabe destacar que los resultados fueron muy cercanos. Todos los proyectos se encuentran en un rango bien definido (entre tres y cuatro). Esto da la impresión que hay una motivación para desarrollar la EEL, gran interés por la realización de los proyectos. En donde el posible aporte social de los proyectos obtuvo un mayor interés que la factibilidad técnica – económica al momento de evaluar los proyectos de la cartera. Esto se pudo apreciar a partir de los resultados de la primera encuesta (Ponderación de Proyectos). Pero también hay que recordar que esto es una referencia, por lo cual debe existir alguien (persona u organización) que se encargue de la ejecución del plan de acción de la EEL.

De acuerdo a los proyectos que fueron mejor calificados, hay que destacar que la mayoría son aquellos proyectos que incentivan a participar a la comunidad. Esto se ve reflejado observando los primeros cinco proyectos, los tres primeros corresponden a proyectos a ser implementados en los colegios municipales de Villa Alemana. Además los otros dos proyectos restantes, son proyectos que se ejecutarán en el sector residencial de la comuna. Por lo cual de hacer caso al orden propuesto en la cartera de la EEL, es posible que se genere un gran impacto en el pensamiento y comportamiento relacionado al ámbito energético de la comuna.

El uso de esta herramienta en el taller de priorización fue aceptada de buena manera tanto por el equipo de trabajo como los asistentes, ya que se logra reflejar las opiniones, los intereses y las preferencias de las organizaciones más representativas de la comuna. Por último destacar el alcance del análisis Multicriterio, en este trabajo sólo se utilizó para la

priorización de una cartera de proyectos. Pero es una herramienta que se puede utilizar en variadas situaciones, como por ejemplo, evaluar proveedores, minimizar riesgo de inversión, evaluar proyectos, entre otras más. Donde entrega la posibilidad de poder comparar par a par datos cualitativos con datos cuantitativos, llevando todo a una misma escala.



# Bibliografía

- California Energy Commission (2016). U.S. Per Capita Electricity Use By State. Recuperado de [http://www.energy.ca.gov/almanac/electricity\\_data/us\\_per\\_capita\\_electricity.html/](http://www.energy.ca.gov/almanac/electricity_data/us_per_capita_electricity.html/). 4.9
- Comisión Nacional de Energía (2015). Anuario Estadístico de Energía 2005-2015. 4.11, 4.12
- Ernst Basler + Partner Chile SpA y Fundación Chile (2014). Diagnóstico energético de la comuna de Vitacura, estrategias y metas. 5.1.4
- Ilustre Municipalidad de Villa Alemana y Bakovic y Balic Ingenieros Consultores Ltda. (2012). Plan de Desarrollo Comunal 2010 - 2014. 4.6, 4.19
- INE (2015). Proyecciones de la población. 4.17, 4.18
- INE (2016). Actualización de población 2002-2012 y Proyección de población 2013-2020.pdf. 4.4, 4.16
- International Energy Agency (2016a). Headline energy data. 4.1, 4.10
- International Energy Agency (2016b). Key world energy statistics. 4.2, 4.3
- J.Pacheco, E.Contreras (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. 4.2, 4.15, 4.3, 4.3.3.2, 4.4, 4.5
- Ministerio de Desarrollo Social (2012). Informe de Territorio Villa Alemana. 4.7
- Ministerio de Energía (2014). Política Energética De Chile. 4.1.2.2
- Ministerio de Energía (2015). Guía para el desarrollo de Estrategias Energéticas Locales. 2, 4.2, 4.13, 4.1
- Ministerio de Energía (2016). Resultados del Concurso EEL 2015-2016. 5.1.1
- Naciones Unidas (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>. 4.1.1

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2009). Informe sobre Desarrollo Humano. 4.7
- Putnam, Robert D (1993). The Prosperous Community: Social Capital and Public Life. *The American Prospect*, 13(13), 35–42. 4.3.1
- The United Nations (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. 4.1.1.1
- The World Bank (2016). DataBank. World Development Indicators. Recuperado de <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators&preview=on/>. 4.4, 4.5, 4.8
- U.S. Energy Information Administration (2016). Short-Term Energy Outlook. Recuperado de <https://www.eia.gov/outlooks/steo/realprices/>. 4.6
- Woolcock, Michael y Narayan, Deepa (2000). Social Capital: Implications for Development Theory, and Policy. *World Bank Research Observer*, 15, No. 2(August), 225–249. 4.3.1

## A | Anexos

### A.1. Información sobre los proyectos

#### A.1.1. Programa Eficiencia Energética

##### Cuantificación de Emisiones del Sector Energético en Villa Alemana

Definición	Generar reportes bimensuales de cuantificación de las emisiones provocadas por las distintas fuentes energéticas usadas en Villa Alemana, con la finalidad de educar a la comunidad, y hacer un seguimiento de las actividades realizadas en la comuna.
Objetivo	Gestión y control de las emisiones de gases efecto invernadero y otros, producto del consumo energético de Villa Alemana.
Impacto Esperado	Automatizar el flujo de información sobre las emisiones producto de los consumos energéticos comunales, permitiendo evaluar el impacto de la EEL en Villa Alemana. Sensibilizar e informar a la ciudadanía de las eficiencias logradas luego de la implementación de la EEL en la comuna, reduciendo el impacto medioambiental.
Costos Asociados	Este monitoreo no tiene costos adicionales agregados, dado que será función del encargado de energía cuantificar estas emisiones.
Actores Relevantes	Municipalidad. Distribuidores de Energía.
Fuentes de Financiamiento	<b>Municipalidad.</b> Financiamiento del sueldo del encargado de energía comunal con fondos propios de la Municipalidad.
Implementación	Corto Plazo
Etapas de implementación	<b>Etapa 1.</b> Generación de acuerdos de flujos de información entre los distribuidores de energía y el encargado de energía comunal. <b>Etapa 2.</b> Programación y diseño de plataforma de cálculo de emisiones. <b>Etapa 3.</b> Generación de reportes a dirección afín (DAM) <b>Etapa 4.</b> Comunicación de los resultados.



## Reacondicionamiento Térmico de Viviendas

Definición	El proyecto consiste en la implementación de medidas de Reacondicionamiento Térmico de una vivienda unifamiliar promedio en la comuna de Villa Alemana.
Objetivo	El proyecto busca disminuir el consumo de combustible para calentamiento utilizada por una familia de la comuna de Villa Alemana, recurriendo al Potencial de Eficiencia Energética asociados a las condiciones de las viviendas de la comuna. El proyecto tiene como finalidad ser escalable para ser ejecutado en un número a definir de viviendas en Villa Alemana conforme a las metas establecidas para la Estrategia Energética Local.
Impacto Esperado	Se evaluó la implementación de las medidas descritas en el Manual de Reacondicionamiento de Viviendas (CChC, 2016) para generar un ahorro en el consumo de energía para la calefacción en dos tipos de viviendas (casa aislada y casa pareada). En donde en una casa aislada se espera que la demanda de energía neta para la calefacción sea reducida de 220,2 [kWh/año m <sup>2</sup> ] a 73,3 [kWh/año m <sup>2</sup> ] y en una casa pareada se espera que la demanda de energía neta para la calefacción se reduzca de 171,7 [kWh/año m <sup>2</sup> ] a 55,9 [kWh/año m <sup>2</sup> ]. En ambos casos el ahorro de energía corresponde a un 67 % aproximadamente.
Costos Asociados	El costo total del proyecto va a depender de la cantidad de viviendas que se van a reacondicionar. Sin embargo se tiene un costo promedio por tipo de vivienda. Para una vivienda aislada a la cual se le aplique todas las medidas de reacondicionamiento térmico definidas en el proyecto posee un costo igual a \$4.573.000. En el caso de una vivienda pareada el costo para implementar todas las medidas de reacondicionamiento térmico es igual a \$3.694.000.
Actores Relevantes	Encargado Municipal
Fuentes de Financiamiento	Existe el Programa de Protección del Patrimonio Familiar que entrega Subsidios de Acondicionamiento Térmico. Este subsidio permite mejorar la aislación térmica de viviendas sociales o cuya tasación no supere las 650 UF, permitiendo que las familias beneficiadas accedan a ahorros en calefacción. El programa va dirigido a familias en situación de vulnerabilidad social y de grupos emergentes (con máximo 13.484 puntos en su Ficha de Protección Social), propietarias o asignatarias de una vivienda social o cuyo valor de tasación no supere las 650 UF, construida por el Estado o por el sector privado con o sin subsidio habitacional y localizada en zonas urbanas o rurales. De acuerdo a la ubicación de la comuna, se puede optar a un monto máximo de 130 UF.
Implementación	Mediano Plazo
Etapas de Implementación	<b>Etapa 1.</b> Generar información a ser difundida a Juntas de Vecinos <b>Etapa 2.</b> Realizar un catastro de interesados y ponerlos en contacto con empresas que realicen mejoras térmicas. <b>Etapa 3.</b> Acompañar a estas familias en la postulación a subsidios. <b>Etapa 4.</b> Hacer seguimiento y comunicar a la comunidad.

## Energía Solar Térmica para Viviendas

Definición	El proyecto consiste en la instalación de Sistema Solar Térmico para Calentamiento de Agua de Consumo Sanitaria, en una vivienda unifamiliar promedio en la comuna de Villa Alemana. Estos colectores solares son instalados comúnmente en superficies disponibles en techos de las instalaciones. El agua calentada por el sistema solar térmico será almacenada en estanques de almacenamiento al interior de la vivienda.
Objetivo	El proyecto busca disminuir el consumo de combustible para Calentamiento de Agua Sanitaria utilizada por una familia de la comuna de Villa Alemana, aprovechando el potencial de energía solar en la comuna. El proyecto tiene como finalidad ser escalable para ser ejecutado en un número a definir de viviendas en Villa Alemana conforme a las metas establecidas para la Estrategia Energética Local. El encargado de energía buscará generar compras colectivas para disminuir costos de inversión.
Impacto Esperado	Se evaluó la instalación de un colector solar Placa Tubo de Vacío por circulación termosifón. De acuerdo a las condiciones geográficas, el sistema es capaz de generar 1.416 [kWh] de energía lo que representa el 69 % de los requerimientos anual para A.C.S. en una vivienda unifamiliar de 4 personas. Vida útil del equipo: 20 años.
Costos Asociados	El costo total del proyecto va a depender del número de viviendas en las cuales se implementará el sistema solar térmico para A.C.S. El costo neto promedio por vivienda del sistema solar térmico para A.C.S., que en este caso corresponde a un Colector Tubo de Vacío por circulación termosifón (2m <sup>2</sup> ) es de \$838.333. Además considerar costos anuales de mantención un 2 % de la inversión.
Actores Relevantes	Encargado Municipal Proveedores de sistemas y servicios de energía solar.
Fuentes de Financiamiento	Existen distintos programas de financiamiento como Subsidio SERVIU para paneles y colectores solares. Actualmente los subsidios para paneles colectores solares (50 UF y 55 UF) operan para viviendas que puedan acogerse al D.S. 255 (Título II) que regula el PPPF, orientado a viviendas de carácter social, urbanas y rurales, que no superen la tasación comercial de 650 UF. Existe además el Fondo de Acceso Energético: Un fondo interesante para la implementación de proyectos relacionados a las EEL es el fondo de Acceso Energético. Es un fondo del Ministerio de Energía que busca contribuir al acceso a la energía y así mejorar la calidad de vida de los usuarios. El grupo de enfoque son comunidades, organizaciones sociales, juntas de vecinos, organizaciones de mujeres.
Implementación	Mediano Plazo
Etapas de Implementación	<b>Etapa 1.</b> Generar información para ser difundidas a Juntas de Vecinos <b>Etapa 2.</b> Generar un catastro de vecinos interesados <b>Etapa 3.</b> El encargado de energía o el representante del grupo de interesados negociará con diversas empresas de instalación de SST para disminuir de esta forma la inversión por vivienda. <b>Etapa 4.</b> En caso de aplicar, el encargado municipal acompañará en la postulación a posibles subsidios. <b>Etapa 5.</b> Hacer seguimiento y comunicar.





## Capacitación Buenas Prácticas para Vecinos de Villa Alemana

Definición	Realizar capacitación básica a en todas las juntas de vecinos de Villa Alemana sobre Energías Renovables No Convencionales y cómo aplicar la Eficiencia Energética a través del ahorro personal en cada familia.
Objetivo	Capacitar sobre ERNC, EE y EEL a 300 juntas de vecinos (al tener más de 100.000 habitantes se necesitan 200 personas por junta de vecino, se utilizó un factor de un 43,4 % de creación de juntas de vecinos) dentro de Villa Alemana, aumentando la conciencia energética de la población a través de la capacitación y enseñanza directa a la población. Se dividirán las charlas en grupos de 50 personas dentro de la junta de vecinos (4 charlas por JDV, 1.200 charlas en total, aproximadamente). Aumentar la disponibilidad de información sobre ERNC, EE y los beneficios de las EEL en todas las juntas de vecinos. Informar de los beneficios de las ERNC y cómo afecta directamente el ahorro energético en cada familia (cuanto ahorra).
Impacto Esperado	Disminución de un 5 % del uso energético por familia impactada. Impactar a un 13,01 % de la población de Villa Alemana, llegando a 5.294 familias. (300 juntas de vecinos, 200 personas por junta de vecino, 30 % tasa de adopción, 18.000 personas capacitadas, llegando 5.294 familias impactadas). Generar un ahorro energético de 522[MWh] y 188,1 ton de CO2, evaluados en \$73.806.048 al 4º año, por lo que se generaría retorno sobre la inversión al final del segundo año de aplicado el proyecto.
Costos Asociados	<b>Relator.</b> Cotizado en 1,5 UF por hora de trabajo. Se solicitarán los servicios del relator por 2.463 horas. Contratar al relator esta valorizado en \$98.129.615. <b>Asistente relator.</b> Cotizado como el estándar de un docente promedio, es decir 0,5 UF por hora, por un total de 2.418 horas. Este asistente está valorizado en \$32.112.249. <b>Encargado municipal.</b> Contratar a alguien que coordine e implemente el lugar de la charla, valorizado en 0,1 UF por hora, se requerirá por 3618 horas de trabajo. En total, tendría un valor de \$9.609.770. <b>Costo de Publicidad.</b> Se incurrirá en un gasto de publicidad de \$22.830.000, que incluye un pendón y su diseño, folletos y transporte del material para las 300 juntas de vecinos involucradas. En total sería una inversión de \$162.681.633 anual por la capacitación en las 300 juntas de vecinos. La duración del proyecto es de 1,6 años efectivos de trabajo.
Actores Relevantes	Municipalidad. Relator. Juntas de Vecinos. Sociedad Civil.
Fuentes de Financiamiento	<b>Directa.</b> Esto podría ser financiado directamente por la Municipalidad, ya que el ahorro generado por la sociedad afectaría el consumo de la institución. <b>MINVU, MMA y MINENERGÍA.</b> Podrían financiar el subsidio con objetivo de potenciar la implementación de ERNC, además de sensibilizar a la ciudadanía con respecto a la EE. <b>CORFO.</b> Múltiples programas de apoyo a la inversión que abarquen aristas de desarrollo energético.
Implementación	Corto Plazo.
Etapas de implementación	<b>Etapa 1.</b> Encargado de energía comunal creará equipo capacitador juntas de vecinos. Además, será el encargado de gestionar el proyecto de inclusión de la charla en las juntas de vecinos. <b>Etapa 2.</b> Capacitación del relator especializado a su asistente y al encargado municipal. <b>Etapa 3.</b> Diseño e implementación de la publicidad de las charlas, con el objetivo de incentivar a las personas a asistir a la charla de buenas prácticas sobre energía. <b>Etapa 4.</b> Realización de las charlas en las 300 juntas de vecinos, separado en grupos de 50 personas por junta, dando un total de 1.200 charlas. Se enseñará desde los conceptos básicos de ERNC, EE y EEL y cómo aplicarlos en el hogar y con su familia. <b>Etapa 5.</b> Seguimiento del comportamiento energético en las posibles familias impactadas y evaluar el real ahorro generado. Responsabilidad del Jefe de energía comunal.





## Power to Gas

Definición	Aprovechamiento del biogás de relleno sanitario y de energía solar fotovoltaica para generar metano sintético para vehículos de la Municipalidad de Villa Alemana.
Objetivo	Aprovechar la biodegradación de la materia orgánica acumulada en el vertedero de la comuna, produciendo energía eléctrica para las necesidades de la comuna (Hospital o residencial) generando un ahorro energético del consumo del SIC. Disminuir impacto medioambiental correspondiente al consumo de combustible en vehículos municipales utilizando metano sintético, aportando al cambio de la matriz energética de la comuna. Instalar en Villa Alemana un centro demostrativo tecnológico de innovación en temas energéticos.
Impacto Esperado	Creación de trabajo local al momento de la construcción de la planta de extracción Biogás. Disminución de los costos de transporte de vehículos municipales de Villa Alemana. Educar y concientizar a la comunidad mediante este centro de innovación tecnológica en biogás.
Costos Asociados	Los costos asociados a la planta de extracción son. Instalación Fotovoltaica. €16.359. Planta de metanación. €325.100. Instalaciones para el uso de metano sintético. €21.000. Ingeniería, Gestión de Compras, montaje y puesta en marcha. €103.500. Transporte desde España a Villa Alemana. €10.000. Lo que equivale a un total de €475.959. En pesos chilenos \$353.000.000 (valor euro observado del 4 de mayo 2017).
Actores Relevantes	Municipalidad. Centro Nacional de Hidrógeno (España). Puerto de Valparaíso. Empresa encargada del cierre del vertedero. Ministerio de Obras Públicas. Ministerio de Energía. Ministerio del Medio Ambiente.
Fuentes de Financiamiento	MMA y MINENERGÍA. Sistema Nacional de Inversiones (SNI). CORFO.
Implementación	Mediano Plazo.
Etapas de implementación	<b>Etapa 1.</b> Estudio de Ingeniería de la planta. <b>Etapa 2.</b> Conseguir financiamiento. <b>Etapa 3.</b> Instalación de la planta piloto. <b>Etapa 4.</b> Capacitación del personal a trabajar en la planta por el equipo técnico, logrando un equipo especializado en su rubro. <b>Etapa 5.</b> Funcionamiento y operación.
Conflictos de Interés	Con el Hospital, debido a que, por su ubicación en el frente del vertedero, podría generar problemas de higiene, pero esto debiese estar considerado en el plan de cierre del vertedero. También con el proyecto Planta de Extracción de Biogás del ex-Vertedero Municipal











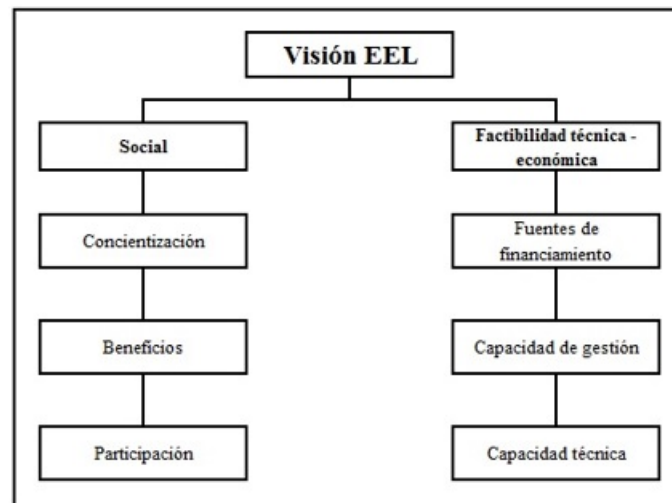
## A.2. Encuestas

### A.2.1. Encuesta ponderación de criterios



#### Encuesta Ponderación de Criterios

El fin de esta encuesta corresponde a la ponderación de los criterios a utilizar en la priorización de los proyectos que definen la cartera de proyectos de la Estrategia Energética Local (EEL) de Villa Alemana. A continuación se presentan los criterios y subcriterios que componen el modelo a utilizar para la priorización de los proyectos. Además se presenta una escala, la cual se debe utilizar para comparar los criterios.



#### **Visión EEL**

*“Ser una comuna eficiente en la utilización de sus recursos, que promueva la educación, conciencia medioambiental, el emprendimiento y desarrollo tecnológico, canalizando a través de su identidad, estrategias participativas en la promoción y uso de energías renovables”*

#### **Criterios y Subcriterios:**

- A. CRITERIO 1: Social.** Se relaciona con el efecto que produce en la comunidad de Villa Alemana la implementación del proyecto.

##### **SUBCRITERIOS:**

- A.1. Concientización.** Indica en qué medida el proyecto contribuye a generar interés y acción, respecto de temas energéticos en pro del cuidado del medio ambiente.



**A.2. Beneficios.** Se relaciona con los beneficios que genera la realización del proyecto a Villa Alemana, tanto para sus habitantes como su entorno. (Beneficios económicos y ambientales).

**A.3. Participación.** Se refiere al grado de participación que genera el proyecto, ya sea en forma de emprendimientos, coordinación social, promoción de redes sociales, entre otros.

**B. CRITERIO 2: Factibilidad técnica - económica.** Se relaciona con la viabilidad técnica- económica de poder llevar a cabo un proyecto establecido en la cartera de proyectos de la EEL.

**B.1. Fuentes de financiamiento.** Indica la existencia y cantidad de fondos disponibles que puede postular/acceder el proyecto, para su financiamiento.

**B.2. Capacidad de gestión.** Se relaciona con la existencia de un grupo local encargado de administrar/gestionar la implementación/realización del proyecto, que se encuentre interesado en ejecutar esa labor.

**B.3. Capacidad técnica.** Referido a la existencia de personal técnico calificado para la realización de mantenimiento de los proyectos.

**Escala:**

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	2 actividades contribuyen de igual forma al objetivo.
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes
Recíprocos	$a_{ij} = 1/a_{ji}$	Hipótesis del modelo



### Instrucciones

Rellenar las casillas en BLANCO de las siguientes cuatro tablas, para ello utilizar la escala presentada anteriormente. En cada casilla en blanco se debe indicar la intensidad (importancia) que cree que tenga un criterio/subcriterio sobre el cual se esté comparando. **No se debe dejar ninguna casilla en blanco.** A continuación un ejemplo de cómo responder.

Criterios	A.	B.
A. Subcriterio 1	1	3
B. Subcriterio 2		1

“De acuerdo a la escala, el **Subcriterio 1** es 3 veces más importante que el **Subcriterio 2**”

Criterios	A.	B.
C. Subcriterio 1	1	1/5
D. Subcriterio 2		1

“De acuerdo a la escala, el **Subcriterio 2** es 5 veces más importante que el **Subcriterio 1**”

### Ponderación de Subcriterios

Para el primer criterio “**Social**”, indicar la importancia de un subcriterio sobre el otro, en la siguiente tabla:

Social (A)		A.1	A.2	A.3	<u>Responder:</u> ¿Cuánto más importante es A.1 que A.2? y ¿Cuánto más importante es A.1 que A.3?...y así sucesivamente hasta rellenar los espacios en blanco.
A.1	Concientización	1			
A.2	Beneficios		1		
A.3	Participación			1	

Para el tercer criterio “**Factibilidad técnica - económica**”, indicar la importancia de un subcriterio sobre el otro, en la siguiente tabla:

Factibilidad técnica - económica (B)		B.1	B.2	B.3	<u>Responder:</u> ¿Cuánto más importante es B.1 que B.2? ¿Y cuánto más importante es B.1 que B.3?...Así sucesivamente hasta rellenar los espacios en blanco.
B.1	Fuentes de Financiamiento	1			
B.2	Capacidad de gestión		1		
B.3	Capacidad técnica			1	

### Ponderación de Criterios:

Criterios		A	B	<u>Responder:</u> ¿Cuánto más importante es A que B?
A	Social	1		
B	Factibilidad técnica - económica		1	

## A.2.2. Encuesta priorización de proyectos

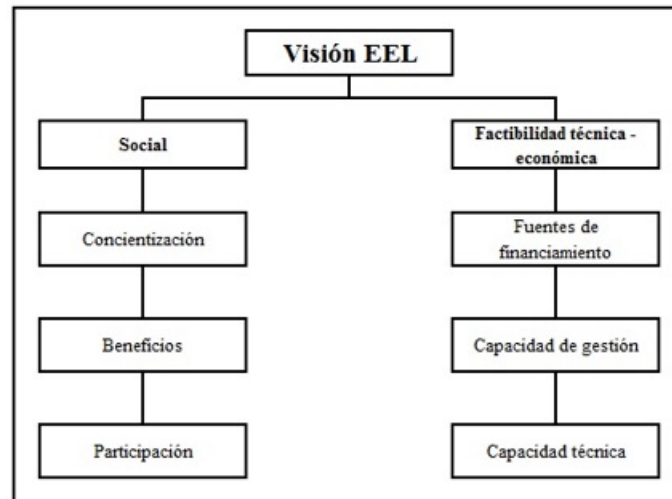


### Encuesta Priorización de Proyectos

El fin de esta encuesta es la priorización de los proyectos que forman parte de la cartera de la Estrategia Energética Local (EEL) de Villa Alemana, de manera de analizar la información recopilada y poder establecer un orden de ejecución de los proyectos., en base al modelo jerárquico presentado a continuación.

#### **Visión EEL**

*“Ser una comuna eficiente en la utilización de sus recursos, que promueva la educación, conciencia medioambiental, el emprendimiento y desarrollo tecnológico, canalizando a través de su identidad, estrategias participativas en la promoción y uso de energías renovables”*



Esta encuesta consta de 6 preguntas que deben ser respondidas para todos los proyectos.

A continuación se encuentran las preguntas que representan los criterios considerados para la comparación entre los proyectos.

#### **Preguntas**

**A. CRITERIO 1: Social.** Se relaciona con el efecto que produce en la comunidad de Villa Alemana la implementación del proyecto.

#### **SUBCRITERIOS:**

**A.1. Concientización.** Indica en qué medida el proyecto contribuye a generar interés y acción, respecto de temas energéticos en pro del cuidado del medio ambiente.



*¿Cree usted que la realización de este proyecto profundizará/cambiará el pensamiento de los habitantes de la comuna con respecto a su comportamiento en el ámbito energético?*

- 1- El proyecto NO logra crear una conciencia energética y medioambiental en la comuna.
- 2- El proyecto logra crear una LEVE conciencia energética y medioambiental en la comuna.
- 3- El proyecto logra crear conciencia energética y medioambiental en la comuna.
- 4- El proyecto logra crear una FUERTE conciencia energética y medioambiental en la comuna.
- 5- El proyecto logra crear una MUY FUERTE conciencia energética y medioambiental en la comuna.

**A.1. Beneficios.** Se relaciona con los beneficios que genera la realización del proyecto a Villa Alemana, tanto para sus habitantes como su entorno. (Beneficios económicos y ambientales).

*¿Cuál cree usted que será el nivel de beneficios que obtendrá la comuna debido a la realización de este proyecto?*

- 1- Se espera que la comuna NO obtendrá ningún beneficio por la realización del proyecto.
- 2- Se espera que la comuna obtendrá un nivel MUY BAJO de beneficios.
- 3- Se espera que la comuna obtendrá un nivel BAJO de beneficios.
- 4- Se espera que la comuna obtendrá un nivel ALTO de beneficios.
- 5- Se espera que la comuna obtendrá un nivel MUY ALTO de beneficios.

**A.2. Participación.** Se refiere al grado de participación que genera el proyecto, ya sea en forma de emprendimientos, coordinación social, promoción de redes sociales., entre otros.

*¿Cuál cree usted que será el grado de participación que generará la realización de este proyecto?*

- 1- MUY BAJA participación.
- 2- BAJA participación.
- 3- Participación MEDIA.
- 4- ALTA participación.
- 5- MUY ALTA participación.



**B. CRITERIO 2: Factibilidad técnica - económica.** Se relaciona con la viabilidad técnica-económica de poder llevar a cabo un proyecto establecido en la cartera de proyectos de la EEL.

**SUBCRITERIOS:**

**B.1. Fuentes de financiamiento.** Indica la existencia y cantidad de fondos disponibles que puede postular/acceder el proyecto, para su financiamiento.

*¿Cuál es el número total de fondos de financiamiento que puede postular/acceder este proyecto?*

- 1- No existen fondos de financiamiento para esta tipología de proyecto.
- 2- Existe un fondo de financiamiento para esta tipología de proyecto.
- 3- Existen dos fondos de financiamiento para esta tipología de proyecto.
- 4- Existen tres fondos de financiamiento para esta tipología de proyecto.
- 5- Existen cuatro o más fondos de financiamiento para esta tipología de proyecto.

**B.2. Capacidad de gestión.** Se relaciona con la existencia de un grupo local encargado de administrar/gestionar la implementación/realización del proyecto, que se encuentre interesado en ejecutar esa labor.

*¿Cree usted que dentro de la comuna hay un grupo de personas interesadas en gestionar/administrar este proyecto?*

- 1- No hay ningún grupo interesado en administrar/gestionar el proyecto.
- 2- Hay un grupo con un BAJO interés en administrar/gestionar el proyecto.
- 3- Hay un grupo con un interés en administrar/gestionar el proyecto.
- 4- Hay un grupo con un ALTO interés en administrar/gestionar el proyecto.
- 5- Hay un grupo con un MUY ALTO interés en administrar/gestionar el proyecto.

**B.3. Capacidad técnica.** Referido a la existencia de personal técnico calificado para la realización de mantenimiento de los proyectos.

*¿Cree usted que la comuna posee capacidad técnica para la mantención de este proyecto?*

- 1- La comuna NO cuenta con la tecnología para la ejecución y mantención del proyecto.
- 2- La comuna cuenta con un nivel BAJO de tecnología para la ejecución y mantención del proyecto.
- 3- La comuna cuenta con un nivel de tecnología suficiente para la ejecución y mantención del proyecto.
- 4- La comuna cuenta con un nivel ALTO de tecnología para la ejecución y mantención del proyecto.
- 5- La comuna cuenta con un nivel MUY ALTO de tecnología para la ejecución y mantención del proyecto.



### Instrucciones

En la siguiente tabla se presentan los subcriterios con los cuales son evaluados los proyectos de la cartera de la EEL de Villa Alemana. La cual se debe completar con las respuestas de cada proyecto con respecto al subcriterio que se esté preguntando (preguntas de las hojas anteriores). En cada casilla se debe indicar el número (de 1 a 5) de la respuesta seleccionada. Cada pregunta deber ser contestada para cada proyecto. **No se debe dejar ninguna casilla en blanco.**

Subcriterios	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5
A.1. Concientización					
A.2. Beneficios					
A.3. Participación					
B.1. Fuentes de financiamiento					
B.2. Capacidad de gestión					
B.3. Capacidad técnica					
Subcriterios	Proyecto 6	Proyecto 7	Proyecto 8	Proyecto 9	Proyecto 10
A.1. Concientización					
A.2. Beneficios					
A.3. Participación					
B.1. Fuentes de financiamiento					
B.2. Capacidad de gestión					
B.3. Capacidad técnica					
Subcriterios	Proyecto 11	Proyecto 12	Proyecto 13	Proyecto 14	Proyecto 15
A.1. Concientización					
A.2. Beneficios					
A.3. Participación					
B.1. Fuentes de financiamiento					
B.2. Capacidad de gestión					
B.3. Capacidad técnica					



#### Programa: EFICIENCIA ENERGÉTICA

- **Proyecto 1: Reacondicionamiento térmico de viviendas.** El proyecto busca disminuir el consumo de combustible para calentamiento utilizada por una familia de la comuna de Villa Alemana, recurriendo al Potencial de Eficiencia Energética asociados a las condiciones de las viviendas de la comuna. [MP]
- **Proyecto 2: Monitoreo consumo energético edificios públicos.** Instalación de sistema de monitoreo energético, desde equipos medidoras hasta la plataforma de gestión, para 4 edificios públicos dentro de la comuna; Municipalidad, Edificio Consistorial, Centro cultural Gabriel Mistral y Piscina Municipal. [CP]
- **Proyecto 3: Cuantificación Emisiones del sector energético en Villa Alemana.** Instalación de sistema de monitoreo energético, desde equipos medidoras hasta la plataforma de gestión para 4 edificios públicos dentro de la comuna; Municipalidad, Edificio Consistorial, Centro cultural Gabriel Mistral y Piscina Municipal. [CP]
- **Proyecto 4: Energía solar térmica para Agua Caliente Sanitaria.** El proyecto consiste en la instalación de Sistema Solar Térmico para Calentamiento de Agua de Consumo Sanitaria, en una vivienda unifamiliar promedio en la comuna de Villa Alemana. El proyecto tiene como finalidad ser escalable para ser ejecutado en un número a definir de viviendas en Villa Alemana. [MP]
- **Proyecto 5: Colectores solares para los colegios municipales.** Instalación de sistemas termosolares en techos de colegios municipales de Villa Alemana. Contribuir en la utilización de sistemas energéticamente amigables con un sistema acorde a las dimensiones del establecimiento, que permita percibir un ahorro económico abasteciendo al menos el 50% de la demanda de agua caliente del inmueble. [MP]

#### Programa: EDUCACIÓN ENERGÉTICA

- **Proyecto 6: Capacitaciones de buenas prácticas a funcionarios públicos.** Capacitar sobre ERNC, EE y EEL a todos los funcionarios públicos de la Municipalidad de Villa Alemana, aumentando la conciencia energética de la población a través de los trabajadores municipales. [CP]
- **Proyecto 7: Capacitaciones de buenas prácticas a vecinos.** Realizar capacitación básica a en todas las juntas de vecinos de Villa Alemana sobre Energías Renovables No Convencionales y cómo aplicar la Eficiencia Energética a través del ahorro personal en cada familia. [CP]
- **Proyecto 8: Realización de talleres prácticos para estudiantes de colegios municipales.** Ciclo de charlas de eficiencia energética en el hogar, dictadas en distintos colegios municipales de Villa Alemana. Concientizar a los estudiantes en materia energética de forma que estos actúen como mensajeros y portadores de buenos hábitos de consumo en el hogar. [CP]
- **Proyecto 9: Capacitación profesores de ciencias de los colegios municipales de villa alemana.** Capacitar sobre ERNC, EE y EEL a todos los profesores de los 15 colegios municipales de Villa Alemana, aumentando la conciencia energética de la población a través de los alumnos y los mismos profesores. [MP]
- **Proyecto 10: "Power to Gas".** El desarrollo del presente proyecto piloto tiene el objetivo de conocer la tecnología y formar al personal de la municipalidad de Villa Alemana y así poder aprovechar todo el biogás pobre del vertedero para generar grandes cantidades de metano



sintético que podrá ser utilizado en el futuro hospital que se instalará en la municipalidad. De la misma forma, se podrá utilizar el oxígeno generado en el proceso de electrolisis para su uso en el hospital de la municipalidad. [MP]

**Programa: ENERGÍA COMPATIBLE CON EL MEDIO AMBIENTE**

- **Proyecto 11: Energía solar fotovoltaica para viviendas.** El proyecto consiste en la instalación de Sistema Fotovoltaico en una vivienda unifamiliar promedio en la comuna de Villa Alemana. El proyecto tiene como finalidad ser escalable para ser ejecutado en un número a definir de viviendas en Villa Alemana. Se espera que el encargado de energía gestione compras asociadas entre vecinos para aprovechar economías de escala [MP]
- **Proyecto 12: Energía Solar fotovoltaica para colegios municipales.** Instalación de sistemas solares fotovoltaicos en techos de colegios municipales de Villa Alemana. Contribuir en la maduración de los sistemas solares fotovoltaicos tanto a nivel local como nacional, implementando un sistema acorde a las dimensiones del establecimiento y que permita percibir un ahorro económico y reducción de gases de efecto invernadero. [MP]
- **Proyecto 13: Planta de extracción de biogás del vertedero que será cerrado para alimentación del futuro hospital de Villa Alemana.** Creación de una planta de extracción de Biogás ubicada en el vertedero que se encuentra en proceso de cierre, con el propósito de aprovechar la energía generada por la materia orgánica. [MP]
- **Proyecto 14: Planta solar fotovoltaica 100MW.** Planta solar fotovoltaica de 100 [MW] de capacidad, de un tamaño aproximado de 100 hectáreas. La cual estará ubicada cerca de la Quebrada Escobares, a las afueras del centro de Villa Alemana. Mediante el aprovechamiento de la radiación de energía solar existente, abastecer con energía eléctrica a la comuna de Villa Alemana mediante la conexión de la planta solar a la red de transmisión. [LP]
- **Proyecto 15: Planta de generación de biogás.** Planta de generación de biogás a partir de los RSU existentes en la comuna, el cual está sujeto al Plan de Expansión y al Plan de Recolección y Separación en origen. Ubicada en el vertedero municipal de la comuna, utilizando una superficie aproximada de 4 hectáreas. Poder utilizar la basura existente en la comuna para generar energía eléctrica o energía térmica, la cual pueda ser aprovechada por Villa Alemana. [LP]

**PLAZOS DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS**

CP	Corto Plazo	2017 – 2018
MP	Mediano Plazo	2019 – 2022
LP	Largo Plazo	2023 - 2030

## A.3. Ponderación de Criterios con Expert Choice

### Grupo Ambiental

Las matrices de juicios. (Criterios Generales, Criterio Social y Criterio Factibilidad técnica-económica).

Criterios Generales	A	B
A. Social	1	2,466
B. Factibilidad técnica - económica	0,405	1

(Fuente: Elaboración propia)

Criterio Social (A)	A.1	A.2	A.3
A.1 Concientización	1	2,759	0,881
A.2 Beneficios	0,362	1	0,255
A.3 Participación	1,135	3,922	1

(Fuente: Elaboración propia)

Criterio Factibilidad técnica - económica (B)	B.1	B.2	B.3
B.1 Fuentes de financiamiento	1	0,538	1,043
B.2 Capacidad de gestión	1,858	1	2,080
B.3 Capacidad técnica	0,959	0,481	1

(Fuente: Elaboración propia)

Resultados del software Expert Choice.





## Grupo Academia

Las matrices de juicios. (Criterios Generales, Criterio Social y Criterio Factibilidad técnica-económica).

Criterios Generales	A	B
A. Social	1	1,442
B. Factibilidad técnica - económica	0,693	1

(Fuente: Elaboración propia)

Criterio Social (A)	A.1	A.2	A.3
A.1 Concientización	1	0,693	2,466
A.2 Beneficios	1,442	1	1,000
A.3 Participación	0,405	1,000	1

(Fuente: Elaboración propia)

Criterio Factibilidad técnica - económica (B)	B.1	B.2	B.3
B.1 Fuentes de financiamiento	1	1,710	1,289
B.2 Capacidad de gestión	0,585	1	2,140
B.3 Capacidad técnica	0,776	0,467	1

(Fuente: Elaboración propia)

Resultados del software Expert Choice.





## Grupo Municipalidad

Las matrices de juicios. (Criterios Generales, Criterio Social y Criterio Factibilidad técnica-económica).

Criterios Generales	A	B
A. Social	1	0,644
B. Factibilidad técnica - económica	1,552	1

(Fuente: Elaboración propia)

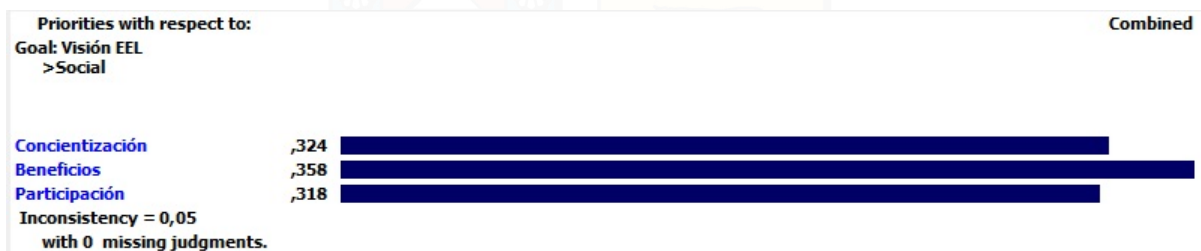
Criterio Social (A)	A.1	A.2	A.3
A.1 Concientización	1	0,608	1,516
A.2 Beneficios	1,644	1	0,758
A.3 Participación	0,660	1,320	1

(Fuente: Elaboración propia)

Criterio Factibilidad técnica - económica (B)	B.1	B.2	B.3
B.1 Fuentes de financiamiento	1	0,631	0,495
B.2 Capacidad de gestión	1,585	1	0,758
B.3 Capacidad técnica	2,021	1,320	1

(Fuente: Elaboración propia)

Resultados del software Expert Choice.



## Grupo Social

Las matrices de juicios. (Criterios Generales, Criterio Social y Criterio Factibilidad técnica-económica).

Criterios Generales	A	B
A. Social	1	3,175
B. Factibilidad técnica - económica	0,315	1

(Fuente: Elaboración propia)

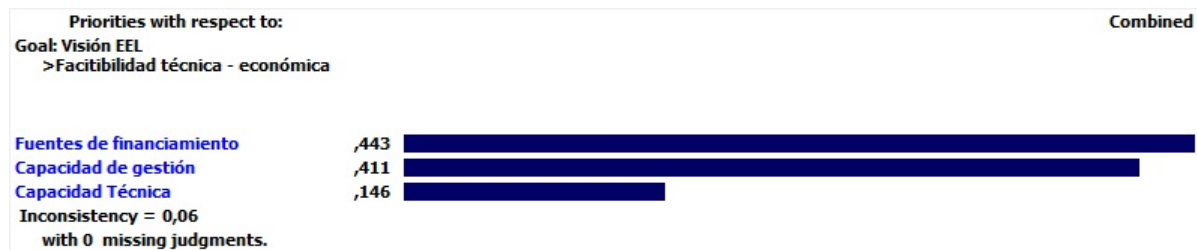
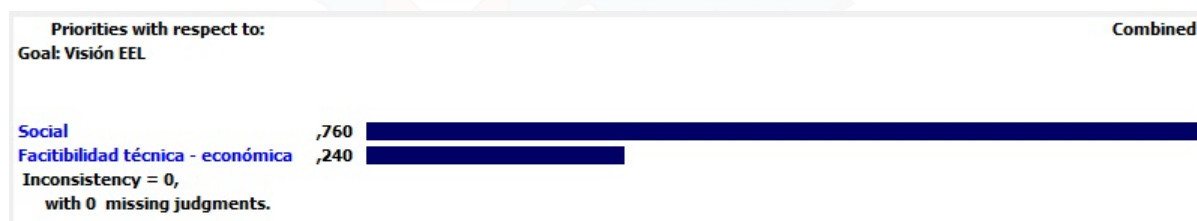
Criterio Social (A)	A.1	A.2	A.3
A.1 Concientización	1	1,000	3,557
A.2 Beneficios	1,000	1	3,979
A.3 Participación	0,281	0,251	1

(Fuente: Elaboración propia)

Resultados del software Expert Choice.

Criterio Factibilidad técnica - económica (B)	B.1	B.2	B.3
B.1 Fuentes de financiamiento	1	1,613	2,033
B.2 Capacidad de gestión	0,620	1	4,217
B.3 Capacidad técnica	0,492	0,237	1

(Fuente: Elaboración propia)



## A.4. Evaluación de Proyectos

### Criterios y Subcriterios

#### A. Social.

##### A,1. Concientización

##### A,2. Beneficios

##### A,3. Participación

## B. Factibilidad técnica-económica

B,1. Fuentes de financiamiento

B,2. Capacidad de gestión

B,3. Capacidad técnica

## **Proyectos en el programa de Eficiencia Energética**

**Proyecto 1.** Reacondicionamiento Térmico de Viviendas.

**Proyecto 2.** Monitoreo Consumo Energético de Edificios Públicos.

**Proyecto 3.** Cuantificación de Emisiones del Sector Energético en Villa Alemana.

**Proyecto 4.** Energía Solar Térmica para Viviendas.

**Proyecto 5.** Energía Solar Térmica para Establecimientos Educativos.

## **Proyectos en el programa de Educación Energética**

**Proyecto 6.** Capacitación Buenas Prácticas Energéticas a Funcionarios Públicos de Villa Alemana.

**Proyecto 7.** Capacitación Buenas Prácticas para Vecinos de Villa Alemana.

**Proyecto 8.** Talleres de Buenas Prácticas en Colegios de Villa Alemana.

**Proyecto 9.** La Energía en las Aulas de Villa Alemana.

**Proyecto 10.** Power to Gas.

## **Proyectos en el programa de Energía Compatible con el Medio Ambiente**

**Proyecto 11.** Energía Solar Fotovoltaica para Viviendas.

**Proyecto 12.** Energía Solar Fotovoltaica para Establecimientos Educativos.

**Proyecto 13.** Planta de Extracción de Biogás del ex-Vertedero Municipal.

**Proyecto 14.** Generación de Electricidad mediante Paneles Solares Fotovoltaicos.

**Proyecto 15.** Planta de Generación de Biogás.

Subcriterio	Ponderación	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5
A.1	0,240	3,33	3,00	3,08	3,75	4,17
A.2	0,204	4,25	3,92	3,75	4,42	4,33
A.3	0,180	4,08	2,92	2,83	4,42	4,17
B.1	0,126	2,67	2,33	2,17	2,83	2,75
B.2	0,150	2,83	3,25	3,08	3,25	3,25
B.3	0,100	3,17	3,08	2,92	3,42	3,42
Nota		3,48	3,13	3,04	3,78	3,81

Subcriterio	Ponderación	Proyecto 6	Proyecto 7	Proyecto 8	Proyecto 9	Proyecto 10
A.1	0,240	2,83	3,92	4,17	3,92	4,08
A.2	0,204	3,33	4,00	4,25	3,92	4,00
A.3	0,180	3,08	3,75	4,08	3,58	3,58
B.1	0,126	2,75	2,75	2,75	2,75	2,50
B.2	0,150	3,42	3,50	3,58	3,58	3,58
B.3	0,100	3,67	3,67	3,50	3,42	3,42
Nota		3,14	3,67	3,84	3,61	3,63

Subcriterio	Ponderación	Proyecto 11	Proyecto 12	Proyecto 13	Proyecto 14	Proyecto 15
A.1	0,240	3,83	4,33	3,67	3,42	3,67
A.2	0,204	4,17	4,42	4,17	3,75	4,00
A.3	0,180	3,92	4,25	3,67	3,25	3,58
B.1	0,126	3,00	2,75	2,83	2,17	2,33
B.2	0,150	3,75	3,67	3,67	3,25	3,50
B.3	0,100	3,42	3,17	3,42	3,33	3,25
Nota		3,76	3,92	3,64	3,26	3,48