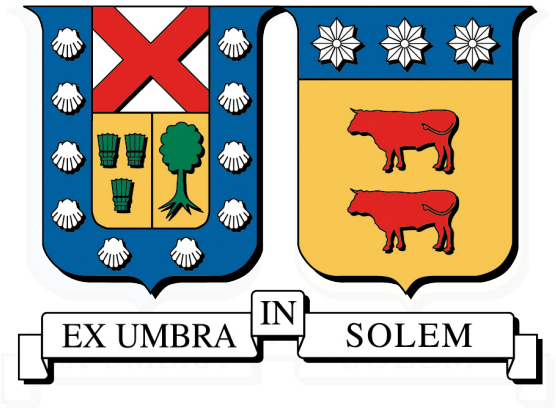
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
VALPARAISO - CHILE



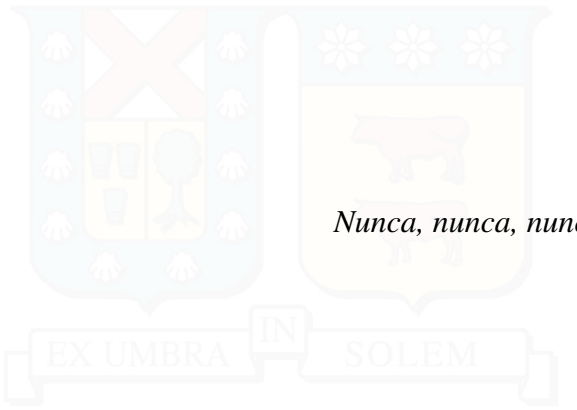
INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LA COMUNA DE VALPARAISO

CARLOS ESTEBAN SANDOVAL KERESTEGIAN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA : SRA MARÍA DEL PILAR GÁRATE CHATEU.
PROFESOR CORREFERENTE : SR. HUGO OSORIO ZELADA.

2019



Nunca, nunca, nunca te rindas

RESUMEN EJECUTIVO

En los tiempos actuales la energía se ha vuelto un bien escaso y costoso, al mismo tiempo la ciudadanía reprocha que la generación de energía electrica conlleva impactos relevantes al medio ambiente, esto sumado a la irrupción de las energías renovables a la matriz energética nacional tanto a nivel de proyectos de generación como residencial e industrial, ha generado la necesidad de enfocar los esfuerzos hacia el desarrollo de una política vinculante en términos energéticos en pos de una transición a una matriz de generación mas limpia y un uso más eficiente de los recursos naturales. El rol de la ciudadanía en el sector energético a cambiado rotundamente y es reconocido como fundamental para el desarrollo de proyectos. No solo se limita el consumo pasivo de energía sino más bien forma parte activa en la gestión y desarrollo de proyectos tanto a nivel de generación como de transmisión. La estrategia energética local reconoce este aspecto fundamental del nuevo rol social de la industria energética y busca dar un espacio de diálogo con la comunidad local acerca del uso y consumo de la energía englobando a las instituciones de gobienro, actores claves y empresas buscando alcanzar acuerdos y compromisos para implementar cambios en el consumo y la generación de energía a nivel local

Palabras Clave. Estrategia energética local, Valparaíso, Energía, Eficiencia Energética

ABSTRACT

In current times, energy has become scarce and expensive, at the same time the citizens complain that the generation of electric power has significant impacts on the environment, this added to the irruption of renewable energies into the national energy matrix both at level of generation projects such as residential and industrial has generated the need to focus efforts towards the development of a binding policy in energy terms in order to transition to a cleaner generation matrix and a more efficient use of natural resources. The role of the citizens in the energy sector has been resoundingly changed and is recognized as fundamental for the development of projects, not only as the passive consumption of energy is limited but also an active part in the management and development of projects both at generation level as of transmission. The local energy strategy recognizes this fundamental aspect of the new social role of the energy industry and seeks to provide a space for dialogue with the local community about the use and consumption of energy, encompassing government institutions, key players and companies seeking to reach agreements and commitments to implement changes in consumption and power generation at a local level

Keywords. Local Energy Strategy, Valparaíso, Energy, Energy Efficiency

Índice de Contenidos

1. Objetivos **1**
1.1. Objetivo General . . . 1
1.2. Objetivos Específicos . . . 1

2. Introducción **2**

3. Marco Teórico **5**
3.1. Energía en el contexto mundial . . . 5
3.2. Energía en Chile . . . 7

4. Metodología **12**
4.1. Procedimiento . . . 13
4.2. Resultados Esperados . . . 14
4.3. Marco Conceptual . . . 14
4.3.1. Energía . . . 14
4.3.1.1. Energía Eléctrica . . . 15
4.3.2. Potencial . . . 16
4.3.3. Periodos de tiempo . . . 17

5. Situación actual de la energía en Valparaíso **18**
5.1. Caracterización de la comuna . . . 18
5.1.1. Contexto geográfico . . . 19
5.1.2. Clima . . . 20
5.1.3. Vegetación . . . 21
5.1.4. Riesgos . . . 21
5.2. Infraestructura Existente . . . 21
5.2.1. Centrales . . . 22
5.2.1.1. Central Laguna Verde . . . 22
5.2.2. Pequeños medios de generación distribuida . . . 22
5.2.3. Generación . . . 23
5.3. Actores clave . . . 24
5.3.1. MERVAL . . . 24
5.3.2. Puerto de Valparaíso . . . 25
5.3.3. Chilquinta . . . 26
5.3.4. CORMUVAL . . . 26

5.4. Demanda de electricidad 27
5.4.1. Sector residencial 29
5.4.2. Sector Privado 31
5.4.3. Sector Público 32

6. Potencial de energía renovable y eficiencia energética **33**
6.1. Definición de límites de gravitación y alcance 33
6.2. Potencial de energía solar fotovoltaica 34
6.3. Potencial de energía eólica 37
6.4. Potencial de energía hidráulica 40
6.5. Potencial de energía geotérmica 40
6.6. Potencial de energía mareomotriz 41
6.7. Potencial de eficiencia energética 41

7. Conclusiones **43**
7.1. Impactos y Beneficios 44
7.1.1. Sociales 44
7.1.2. Ambientales 44
7.1.3. Económicos 44
7.2. Propuestas 45
7.2.1. Propuestas a mediano plazo 45
7.2.2. Propuestas específicas a corto plazo 45
7.3. Desarrollo de Propuestas 46
7.3.1. Definición de la potencia a instalar 46
7.3.2. Generación 46

Bibliografía **49**

Índice de Tablas

5.1. Centrales Termoeléctricas propiedad de la empresa Tecnored 23
5.2. Generación mensual en la comuna 23
5.3. Demanda de energía eléctrica por sector y año. 28
5.4. Información de consumo del sector privado en MWh 31

Índice de Figuras

3.1. Demanda de energía mundial por tipo . . . 6
3.2. Importación y producción local . . . 8
3.3. Balance de energía 2014 . . . 9
3.4. Balance de energía eléctrica 2014 . . . 9
3.5. Generación energía renovable 2014 . . . 10

4.1. Procedimiento para el estudio . . . 13
4.2. EVOLUCIÓN DE GENERACIÓN ELÉCTRICA . . . 15
4.3. EVOLUCIÓN DE GENERACIÓN ELÉCTRICA . . . 16
4.4. EVOLUCIÓN DE GENERACIÓN ELÉCTRICA . . . 17

5.1. Contexto regional . . . 20
5.2. Mapa de ubicación de las centrales de generación en Valparaíso. Fuente: Energía Maps CNE . . . 22
5.3. Porcentaje de generación por central . . . 24
5.4. Días de funcionamiento de centrales en la comuna de Valparaíso . . . 24
5.5. Distribución de Clientes de Chilquinta . . . 27
5.6. Variación de la energía demandada por la comuna . . . 28
5.7. Demanda año 2014, Sector Residencial . . . 30
5.8. Demanda año 2014, Sector Privado . . . 31
5.9. Demanda año 2014, Sector Residencial . . . 32

6.1. Radiación global horizontal en Valparaíso a lo largo del año. (Fuente: ValpoSolar). 35
6.2. Radiación solar en ciudades con mayor penetración de la tecnología. (Fuente: NASA) . . . 35
6.3. Requisitos restrictivos para la instalación de un proyecto solar. (Fuente: Guía Solar (17)) . . . 36
6.4. Requisitos no restrictivos para la instalación de un proyecto solar. (Fuente: Guía solar (17)) . . . 37
6.5. Potencial Eólico de Valparaíso . . . 38
6.6. Potencial Eólico de Valparaíso . . . 39
6.7. Red Hirografica . . . 40

7.1. Red Hirografica . . . 47
7.2. Red Hirografica . . . 47
7.3. Red Hirografica . . . 47

7.4. Red Hirografica 48

1 | Objetivos

1.1. Objetivo General

Elaboración de un diagnóstico energético a la comuna de Valparaíso, a partir de la Guía Metodológica para el Desarrollo de Estrategias Energéticas Locales (1).

1.2. Objetivos Específicos

- Describir los componentes que caracterizan a la comuna de Valparaíso y su relación con el consumo energético.
- Caracterizar, modelar y predecir la demanda energética de la comuna de Valparaíso, concentrándose en el consumo eléctrico del sector público, privado y residencial.
- Calcular el potencial energético para el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de fuentes renovables dentro del territorio comunal.
- Desarrollar una base de información que permitirá a autoridades comunales tomar decisiones estratégicas para el desarrollo energético de la comuna.

2 | Introducción

La energía se ha vuelto la materia prima más importante para el quehacer humano, desde la luz que ilumina los hogares de miles de millones de personas alrededor del mundo, el calor que los abriga en el invierno, hasta incluso los vehículos que los mueven de un lugar a otro, la energía juega un papel fundamental en el desarrollo de la civilización como la conocemos. Podría decirse que es intrínseco al desarrollo urbano el contar con un soporte energético que lo estructure, desde la construcción de la ciudad hasta la vida cotidiana de los habitantes se fundamenta en la energía en sus distintas formas. Desde su producción pasando por la transmisión, almacenamiento y posterior consumo se han convertido en focos de investigación a nivel mundial, entregando resultados que podemos ver día a día, en la evolución de los sistemas de producción limpia y la búsqueda constante de nuevas formas de producir energía de forma más eficiente, con recursos que generen un menor impacto en el planeta en que vivimos.

Históricamente Chile ha contado con un mercado energético dominado por un pequeño grupo de actores privados, con un rol de estado garante. Sin embargo este modelo mercantilista ha llevado al país a tener uno de los costos más altos de energía a nivel latinoamericano (2), alejándose de la matriz renovable que alguna vez iluminó los hogares de Chile (3), por una matriz que actualmente depende en su mayoría de combustibles fósiles, los cuales no son producidos en el país y han llevado a un encarecimiento sostenido de la energía de Chile.

Las desventajas económicas de contar con una matriz energética con un elevado componente fósil, no solamente afectan a los hogares, sino también a las empresas, sobre todo las que son más intensivas en el uso de energía y están a merced de las condiciones del

mercado que establecen los precios a los cuales los clientes no regulados puede acceder en términos de contratos por energía. A raíz de esta realidad empresas internacionales, que ven a Chile como una plataforma para ingresar al mercado latinoamericano, deciden no invertir en muchas ocasiones debido a este criterio.

Por otro lado a nivel residencial, los altos costos de energía han afectado a los más vulnerables del país, acentuando diferencias entre los distintos deciles de ingreso alcanzando una diferencia de 8,07 % (1) entre el quintil más pobre y el quintil más rico del país, en los ítemes de alojamiento, agua y electricidad. Esta realidad puede verse reflejada también en las asimetrías de acceso a la información y a la eficiencia energética, el limitado acceso de los más vulnerables y la falta de educación en temas energéticos han generado un desconocimiento casi absoluto en un gran porcentaje de la población. A lo anterior se suma la imposibilidad que tienen estos grupos de acceder a bienes más eficientes energéticamente debido a que generalmente son más costosos.

Sin embargo, las nuevas políticas públicas y reformas en materia de energía impulsadas por el gobierno de la presidenta Michelle Bachelet han logrado significativos avances tales como: un aumento en la cantidad de recursos destinados a disminuir las asimetrías de acceso a la información relativo al mercado energético; reformas a la ley de distribución; la entrada de ENAP al rubro de la generación de energía, históricamente ligado a actores privados; las contundentes mejoras en la competitividad, que han permitido el ingreso de una mayor cantidad de actores al mercado nacional de licitaciones disminuyendo considerablemente el costo promedio de la ofertas de energía y alcanzando un récord mundial en la oferta más baja para la generación de energía solar; estas y otras medidas han revolucionado el mercado chileno de energía en un período de cuatro años.

Los resultados de estos cambios en la legislación del país han generado un impacto en el gasto de los chilenos, antes de la ley de equidad energética las comunas que mayor energía generaban, en la mayoría de los casos mucho más que su consumo, y que reciben directamente los costos ambientales de esta generación, tenían el mismo costo de energía

que las comunas donde no existe ningún medio de generación y por ende ningún impacto. Hoy con la puesta en marcha de la ley de equidad energética esta variable es considerada al momento de definir los precios que pagarán los clientes regulados, beneficiando a comunas que a lo largo de los años han recibido el impacto de ser los generadores de energía del país, sin recibir ningún tipo de beneficio económico por el daño causados en estos sectores.

En esta nueva era en la política energética en Chile la información toma un rol al momento de tomar decisiones en cuanto al desarrollo energético del país y sus componentes locales (comunas y regiones). Hoy en día variables como la radiación solar y la fuerza de los vientos tienen un papel protagónico a la hora de tomar decisiones en cuanto al futuro de las líneas de distribución, los permisos para la construcción y los planes de desarrollo comunal, que deben entregar una matriz más limpia y segura detrás de la energía que llega a sus hogares, una visión de largo plazo respecto de la concepción energética, la seguridad y la disminución del impacto ambiental, el crecimiento de la industria minera y el beneficio de unos pocos actores privados y que hoy se alza como un estandarte bajo el cual las comunidades y asociaciones ciudadanas luchan para alejar proyectos energéticos que no van de la mano con el desarrollo de comunidades locales y la protección del patrimonio territorial de ecosistemas que han logrado sobrevivir luego de décadas de escasa y en algunos casos nula preocupación por parte del gobierno.

3 | Marco Teórico

3.1. Energía en el contexto mundial

La energía ha sido históricamente uno de los pilares fundamentales para el desarrollo humano, desde las fuentes primarias hasta la generación de energía renovable. A lo largo de la historia los recursos disponibles y la tecnología han sido utilizados para mejorar la calidad de vida de miles de millones de personas alrededor del mundo. La energía tiene una estrecha relación con el crecimiento económico, la cual sin embargo no muestra una directa correlación entre el precio de esta y el crecimiento económico de las naciones, actualmente los países desarrollados han logrado separar el crecimiento económico del aumento en el consumo de energía fenómeno denominado desacople, y que caracteriza a países desarrollados, los cuales a través del uso eficiente los recursos han logrado desmarcarse del crecimiento continuo de la demanda de energía (4).

Luego de la revolución industrial, la energía pasó a tomar un rol hegemónico en el crecimiento de los países, enriqueciendo aquellas naciones ricas en combustibles fósiles tales como EAU, Arabia Saudita, Kuwait y Qatar (todos miembros de la OPEP Organización de Países Exportadores de Petróleo). Llegando inclusive a generar conflictos armados con el fin de asegurar el control sobre sectores de abundancia en fuentes de energía fósil, principalmente el petróleo (5). Como se aprecia en la fiura 3.1, este combustible hasta el día de hoy corresponde a una de las economías más robustas e influyentes en el mundo, marcando el ritmo en las bolsas que mueven el globo, todo esto debido principalmente al poder de negociación que tienen los países miembros de la OPEP, que se organizan para

controlar el mercado, dado que poseen en conjunto aproximadamente un 81,5 % de las reservas mundiales de petróleo (6).

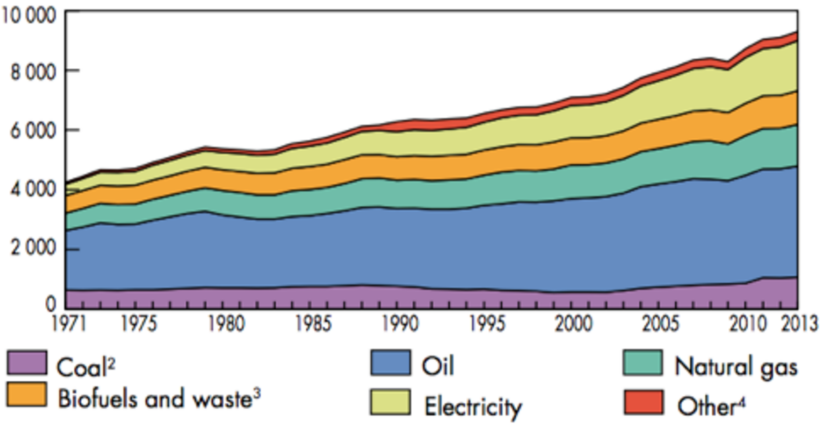


Figura 3.1: Demanda de energía mundial por tipo en millones de toneladas de petróleo equivalente. (Fuente: IEA 2014)

Por otro lado en las últimas décadas la energía eléctrica ha mostrado el mayor crecimiento en la participación del total de la energía consumida por el mundo, duplicando su participación en las últimas 3 décadas, pasando de un 9,4 % a un 18 % (7). No es difícil aventurar la razón por la cual este tipo de energía ha mostrado un aumento sustancial con respecto a sus pares, con la introducción de los equipos electrónicos, el boom de la computación y la tecnología portátil. Hoy en día es la electricidad la fuente que mejor representa la energía consumida tanto a nivel residencial como industrial, entrando incluso al mercado automotriz y la industria aérea. Los desafíos del mundo están orientados a generar esta energía de una forma sostenible y compatible con el medio ambiente. Sin embargo, el petróleo aún se alza como la mayor fuente de energía utilizada por el ser humano, debido a su alto poder calorífico y la variedad de aplicaciones de sus derivados, el petróleo continúa dominando la escena energética internacional pese a su disminución de un 48,3 % en el año 1973 a un 39,9 % en el año 2013 (7), el cual se espera que incluso continúe disminuyendo dados los avances tecnológicos en materias de transporte, sector en el cual el petróleo permanece como líder absoluto. En anuncios recientes tanto gobiernos como compañías productoras de automóviles han anunciado que adoptarán políticas en pro

de la utilización de automóviles eléctricos, lo cual respalda las proyecciones de disminución de la utilización del petróleo (8).

3.2. Energía en Chile

En materia de energía el Estado juega un rol fundamental, fue este mismo quien en 1982, fijó los objetivos del modelo energético nacional a través de la Ley General de Servicios Eléctricos, donde destacan tres áreas prioritarias (9). La primera es lograr una operación económica; la segunda es preservar la seguridad del abastecimiento; y la tercera es una producción limpia. Realizando un análisis objetivo, desde esta óptica, el modelo energético nacional carece de resultados satisfactorios.

Desde el punto de vista de la seguridad en el suministro, al año 2014, cerca del 70 % de la energía consumida por el país proviene de fuentes importadas, lo cual genera un ambiente de incertidumbre y vulnerabilidad al momento de proyectarse al futuro tanto en el mercado residencial como en el industrial.

Solo la energía hídrica, la biomasa, la solar y eólica, no presentan una componente de importación en lo que conlleva sus costos de operación, en cuanto a otros medios de generación, todos alcanzan una componente de importación mayor que su componente de producción local, lo que demuestra la falla en la ejecución del eje estratégico de la política energética chilena, la cual ha fracasado al momento de aprovechar los recursos disponibles dentro del territorio, debido a una visión cortoplacista que no ha logrado establecer ejes sólidos bajo los cuales la política energética de Chile debe desarrollarse (10).

Por otro lado en lo que se relaciona con la producción limpia en la figura 3.2 podemos apreciar que dentro de la matriz energética nacional destacan petróleo crudo (27,58 %), el gas natural (10,08 %), el carbón (20,28 %), la biomasa (19,70 %) y el petróleo diesel (12,07 %) de las cuales la mayoría corresponden a fuentes fósiles (11), altamente contaminantes, presentes a los largo del país en centrales de generación térmica. Tal es el caso de emblemáticos proyectos como Punta de Choros el cual fue detenido por mandato

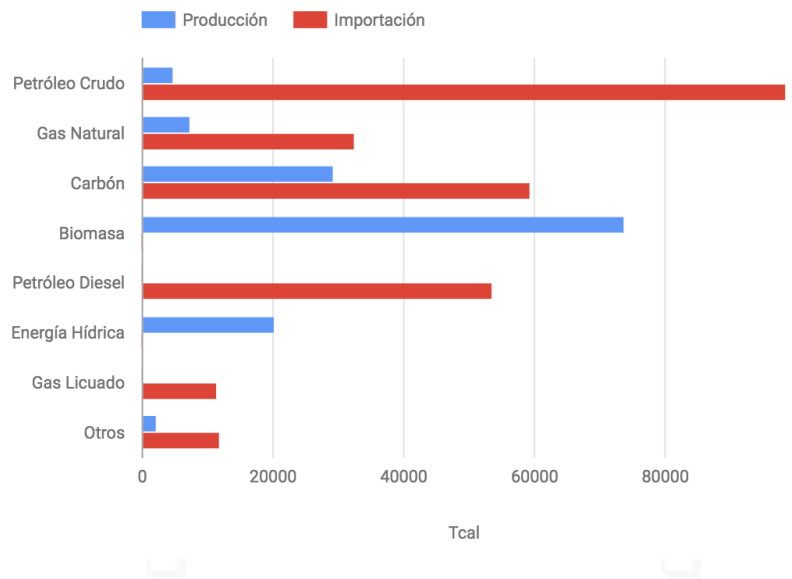


Figura 3.2: Importación y producción local de materias primas para la generación de energía.
(Fuente: CNE, Elaboración propia.)

presidencial, por el entonces presidente de Chile, Sebastián Piñera, quién debió forzosamente detener el desarrollo del proyecto por las fuertes presiones recibidas en la Región de Coquimbo. Este hecho sentó un precedente en la forma como los proyectos energéticos se vinculan con las comunidades, dando paso al proyecto de ley "Ley de Asociatividad", la cual establece mecanismos para la vinculación de proyectos con los actores involucrados enfocado en obtener éxito en las negociaciones con comunidades e implementación de medidas de mitigación de daños, incluso en pueblos originarios que históricamente han tenido una posición más hostil hacia el desarrollo de este tipo de proyectos en zonas "de conflicto" sobre las cuales existen derechos ancestrales previos a la constitución de la república como tal.

Al realizar un análisis más profundo de la matriz energética nacional representada por la figura 3.3, podemos enfocarnos exclusivamente en el sector eléctrico del país, los resultados se pueden apreciar en la figura 3.4 el carbón asume un protagonismo importante avanzando de un 20,5 % del total de la energía país, a un 45,2 % de la matriz de generación de energía eléctrica. Promediando la totalidad de las fuentes de energía primaria utilizadas para la producción de energía eléctrica en el país, un 46,49 % de la energía eléctrica consumida

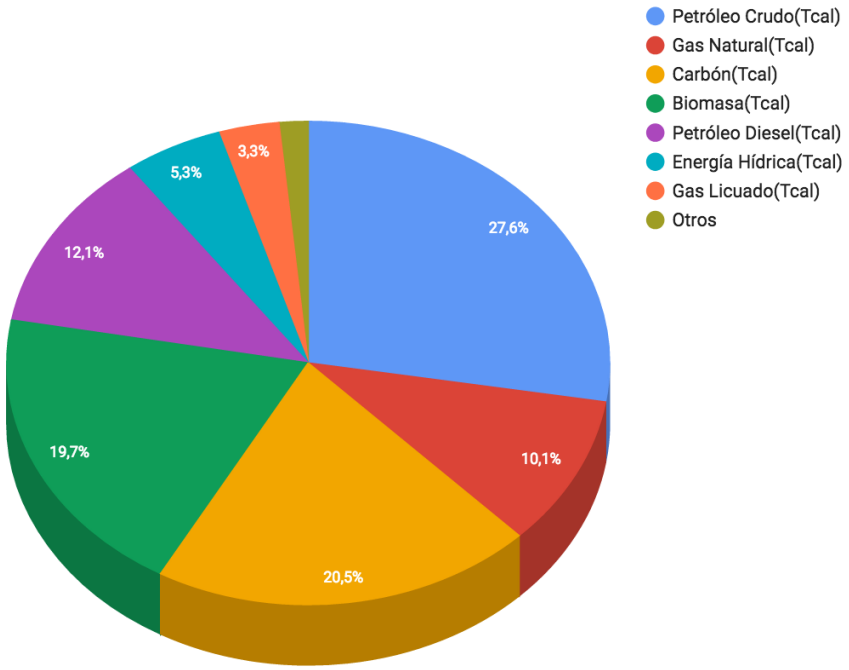


Figura 3.3: Balance energético 2014.
(Fuente: CNE, Elaboración propia)

por Chile proviene de fuentes extranjeras.

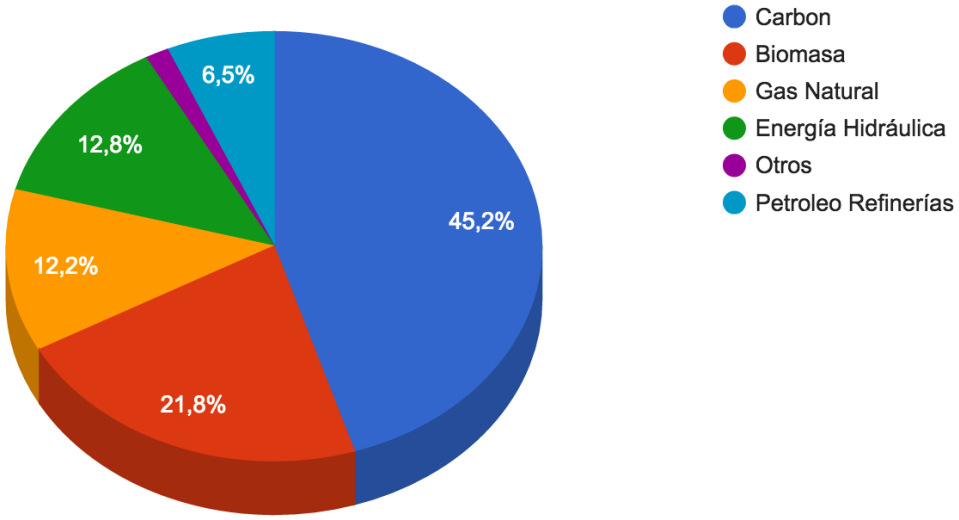


Figura 3.4: Componentes de la generación de energía eléctrica 2014.
Fuente: CNE, Elaboración propia

Por otro lado, solo el 1,4 % de la energía corresponde a fuentes renovables como se ven

en la figura 3.5, las cuales de dividen en porcentajes similares, cabe destacar que el 100 % de la energía renovable proviene de suelo nacional y no incurre en salidas de capital por concepto de importación de materias primas para su operación (11).

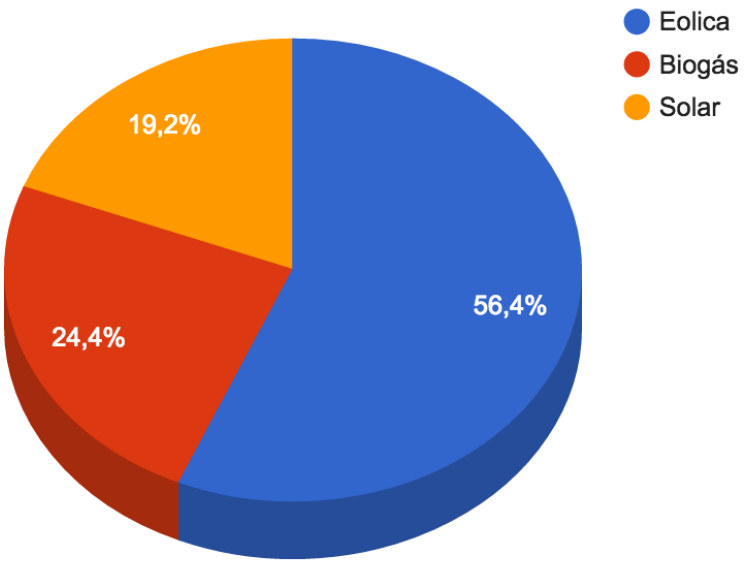


Figura 3.5: Componentes de la generación de energía renovable 2014
Fuente:CNE, Elaboración propia

Otro dato importante de analizar corresponde a las pérdidas producidas por la transformación de energías primarias en energía eléctrica, qué año 2014 alcanzaron un 63,2 % del total de la energía generada y corresponde a 1,71 veces la demanda total de energía del país, si valorizamos esta pérdida utilizando el valor promedio de las licitaciones eléctricas entre los años 2006 y 2013, correspondiente a 94,96 [USD/MWh], las pérdidas corresponden a USD$ 10.783.707 (3).

A pesar de la riqueza nacional en recursos naturales para la explotación de fuentes renovables de energía, existe en Chile una brecha tecnológica que no ha permitido al país posicionarse como un referente en el desarrollo de tecnologías de generación en base a recursos renovables hoy en día ninguno de estos medios de generación alcanza un protagonismo en la matriz energética nacional, si bien en el último proceso de licitación ocurrido

en Agosto del 2016, más de 2 tercios de la energía licitada corresponde a fuentes solar y eólica, alcanzando un valor promedio de 47,6 US$/MWh, un precio históricamente bajo y que el gobierno ha catalogado como éxito rotundo, la cual alcanzó el 100 % de la energía licitada, 12.430 GWh/año, por los próximos 20 años a partir del 2021 y que además tuvo una cifra récord de participantes ascendiendo a 84, batiendo el récord mundial de precios en energía solar a 29,94 US$/MWh el más bajo del mundo hasta el momento (21), sin embargo no han sido pocas las voces, especialmente desde el mundo de las finanzas, que dudan de la bancabilidad de algunos de los proyectos licitados, y dada la baja garantía solicitada por el gobierno, alrededor del 1 %, aventuran que para algunas de las empresas la posibilidad de retractarse de la firma de contratos el 2021 es real y debería preocupar al gobierno.

En materia de la economía de la energía, Chile cuenta con uno de los costos de energía más altos del mundo, como se aprecia en la gráfica marcado por una continua alza en la última década alcanzando un máximo en los 138,9 US$/MWh, en el proceso de licitación del SIC adjudicando un 15 % de la energía licitada, los cuales han ido bajando de forma acelerada durante el último tiempo, debido a las pronunciadas diferencias respecto de sus pares latinoamericanos (2).

Chile cuenta con una historia de producción de energía principalmente ligada al mundo privado, con una vocación renovable solamente relacionada a las grandes hidroeléctricas que históricamente abastecen al país. Sin embargo, en algún momento de la historia nuestro país perdió su vocación renovable y dio paso a una nueva matriz energética con recursos fósiles como la principal materia prima para la generación de energía a nivel nacional (3).

A pesar de la casi nula preocupación histórica por parte del Estado de Chile en torno a la energía, durante los últimos 2 año esto ha estado cambiando. Con el plan Energía 2050 se espera que Chile se transforme en un país líder en ERNC, y ya se están comenzando a ver resultados en energía solar principalmente donde ha aumentado tanto la generación como la cantidad de proyectos aprobados para comenzar a funcionar en el corto y mediano plazo.

4 | Metodología

El estudio realizado se enmarca dentro del proceso de desarrollo de Estrategias Energéticas Locales, modelo propuesto el año 2010 por el Ministerio de Energía en conjunto con la agencia Ernst-Blaster and partners y Fundación Chile, quienes estuvieron a cargo del desarrollo de la Guía Metodológica para la construcción de Estrategias Energéticas Locales.

La Estrategia Energética Local (EEL) 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.

Este instrumento permite, a las distintas autoridades locales, tomar decisiones en base a datos concretos de la realidad energética de sus comunas y así promover una mayor eficiencia energética y el uso de las energías renovables en el corto, mediano y largo plazo.

La implementación de este tipo de estrategias permite sensibilizar e involucrar más a la ciudadanía en cuanto al proceso de desarrollo energético en las comunas que residen. En ese sentido, las Estrategias Energéticas Locales fomentan la participación de la ciudadanía en la adopción de una cultura de generación energética descentralizada, potenciando la eficiencia energética y la incorporación de los recursos energéticos del territorio en el modelo de desarrollo.

Dentro del proceso de elaboración de una EEL, destacan los proceso asociados a los

aspectos funcionales como la conformación del equipo de trabajo, identificación de los participantes involucrados tanto a nivel interno municipal, como a nivel externo, los roles y las responsabilidades de cada uno de los involucrados en el proceso de desarrollo, el financiamiento y el seguimiento de la iniciativa. Por el lado del aspecto técnico, es de suma importancia evaluar la situación energética actual, los objetivos y metas, y el plan de acción de se desea seguir, todo esto bajo un alero de participación ciudadana.

4.1. Procedimiento

Este estudio contiene cuatro fases para el desarrollo de una estrategia energética local en la comuna de Valparaíso, como se observa en la figura 4.1 se detallan las actividades y resultados esperados de cada una de estas fases.

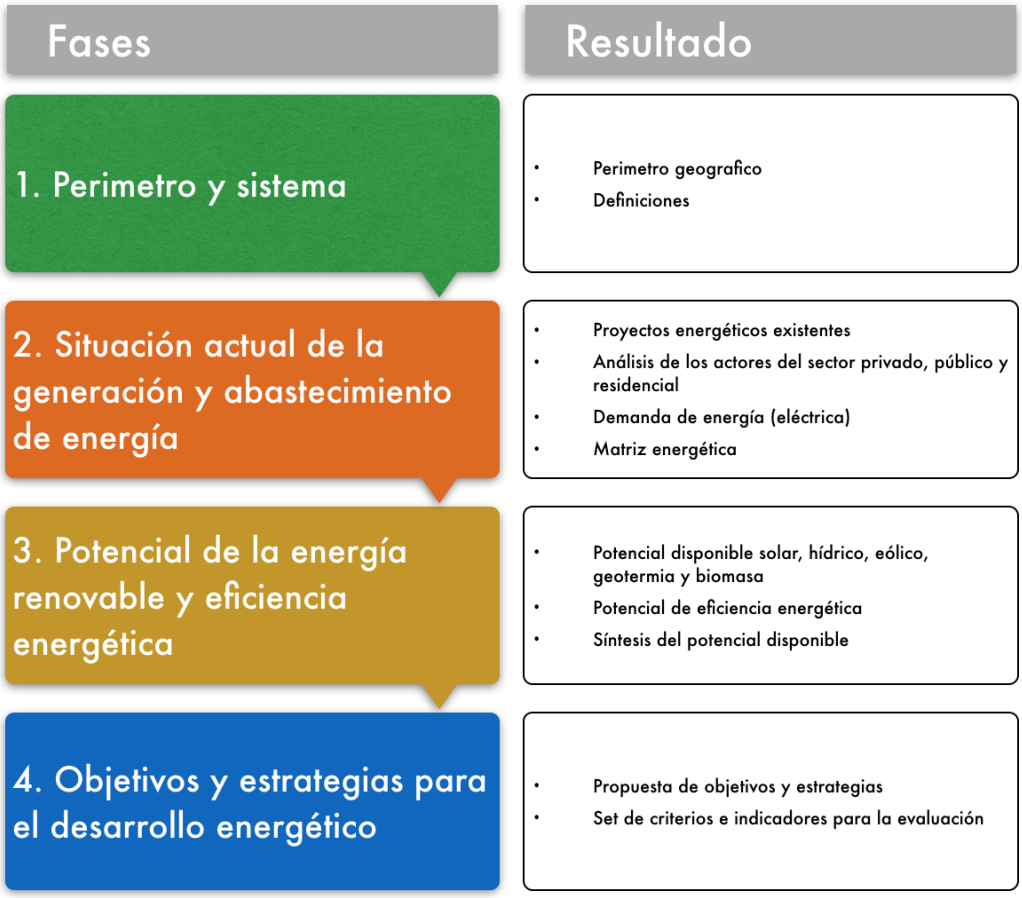


Figura 4.1: Procedimiento

(Fuente: Elaboración propia)

Como base para el desarrollo de la Estrategia Energética Local (EEL), se deben establecer algunos aspectos fundamentales en relación a la zona de intervención como lo son la demanda de energía eléctrica y térmica, la oferta de energía eléctrica y térmica, el potencial de energía renovable y eficiencia energética. Para motivos de esté estudio nos enfocaremos en la energía eléctrica de la comuna, específicamente en la distribuidora Chilquinta.

4.2. Resultados Esperados

Mediante el desarrollo de la metodología presentada anteriormente, se obtendrá un diagnóstico energético enfocado en el sector eléctrico de la comuna de Valparaíso, específicamente la zona denominada “Anfiteatro”, que agrupa el cordón de cerros de la ciudad, que rodea la bahía de Valparaíso. Por otra parte, se obtendrá el potencial de Energías Renovables no convencionales, que es factible de implementar en la comuna, esta información podrá ser eventualmente considerada para la toma de decisiones estratégicas por parte del municipio, este potencial abarcará la totalidad del territorio al interior del limite comunal, de esta forma se obtendrá un panorama completo de la posibilidad de desarrollar proyectos de energía renovable en la comuna de Valparaíso. Este potencial considerará entre otras variables, los sitios prioritarios para la protección del medio ambiente, asentamientos humanos, caminos de acceso, entre otros con el objetivo de acercarse lo más posible a un escenario real.

4.3. Marco Conceptual

4.3.1. Energía

El área de interés y alcance de esta memoria incluye los sistemas energéticos que abarcan el abastecimiento de energía de la comuna de Valparaíso. Esto incluye la energía eléctrica que abastecen a la comuna para los diferentes usos de sus distintos tipos de clientes. El diagnóstico energético no abarca la energía térmica ni el combustible para transporte dentro de la comuna.

4.3.1.1. Energía Eléctrica

En Chile existen dos grandes sistemas interconectados para el transporte de la energía a lo largo del país, el sistema interconectado central o SIC correspondiente a un 78,8 % de la potencia total instalada al año 2014 y el sistema interconectado del norte grande (SING) correspondiente a un 20,6 % el resto corresponden a sistemas pequeños ubicados en la zona sur del país (Magallanes y Aysén) los cuales solo representan un 0,9 % de la potencia total instalada como se observa en la figura 4.2. Valparaíso está conectado al SIC que es el principal sistema eléctrico chileno, el cual entrega energía a un 95 % de la población Chilena, cuyas principales fuentes de generación como se observa en la figura 4.3 corresponden a la hidráulica de embalse con un 27 % y el petróleo diésel con un 21 % (11). Sin embargo, cabe destacar que para años posteriores dejará de existir la división entre el SIC y el SING, ya que se ha llevado a cabo el proyecto de la interconexión entre ambos sistemas dando vida al Sistema Eléctrico Nacional (12).

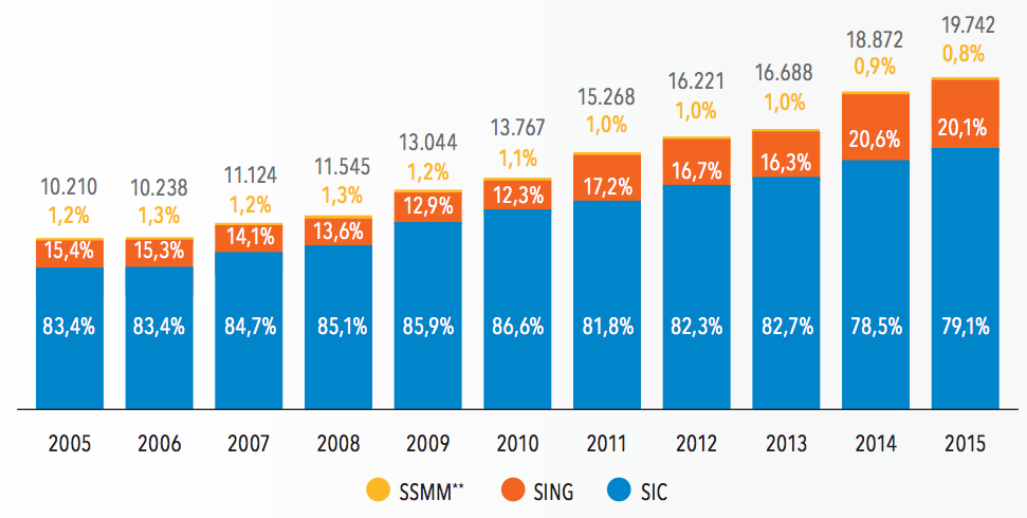


Figura 4.2: Evolución de la capacidad generación eléctrica neta por sistema entre 2005-2015 en GWh

(Fuente: Anuario estadístico de energía 2005-2015 p.24)

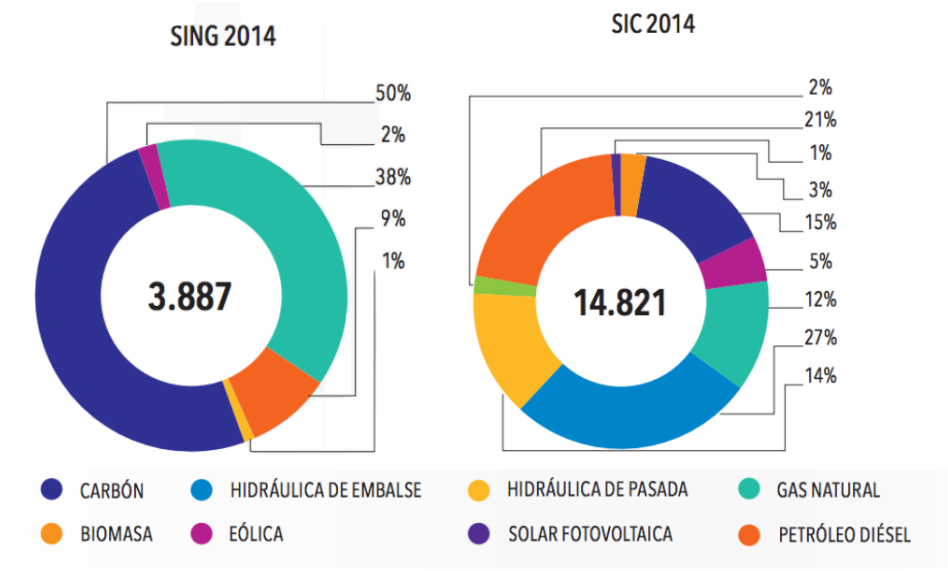


Figura 4.3: Capacidad de generación eléctrica neta instalada por tecnología
(Fuente: Anuario estadístico de energía 2005-2015 P:25)

4.3.2. Potencial

En el siguiente trabajo se establece la definición de los potenciales de energía de acuerdo a la figura 4.4, eficiencia energética y energías renovables a través de un procedimiento aplicado, se utilizarán los siguiente términos.

Potencial Teórico: Es la cuantificación de todo el potencial disponible en la superficie geográfica, sin considerar ningún tipo de restricción.

Potencial Ecológico y Técnico: Se descuentan al potencial anteriormente calculado todas las restricciones sociales, legales, técnicas así como medioambientales

Potencial Disponible: Este es el potencial que económicamente es conveniente considerar para determinar cuanta electricidad se puede generar dentro de los límites de la comuna de Valparaíso.



Figura 4.4: Términos de potencial.
(Fuente: CREO Antofagasta p.54)

4.3.3. Periodos de tiempo

Corto Plazo: 2 años. Comprende medidas de eficiencia energética enfocadas en la situación actual de la matriz eléctrica.

Mediano Plazo: 5 años. Comprende decisiones de proyectos de generación eléctrica y proyectos con un alcance de al rededor de 5 años.

Largo Plazo: 10 años. Enfocado en la visión que se tiene sobre la generación eléctrica en el futuro. Fijando los lineamientos a seguir para todos los proyectos energéticos.

5 | Situación actual de la energía en Valparaíso

5.1. Caracterización de la comuna

Valparaíso se caracteriza por ser una comuna con una vocación educacional, esto debido a alta presencia de establecimientos de educación como universidades, institutos profesionales y centros de formación técnica, además de instituciones de formación media y básica constituyen en su conjunto un grado de significación importante en la comuna de Valparaíso, a modo ejemplo, una sola de las Universidades Tradicionales es el mayor empleador de la comuna, después de la Armada (14).

A su vez en Valparaíso se desarrolla la actividad marítima portuaria, estratégica para la exportación e importación de productos hacia y fuera del país; cabe destacar que la actividad portuaria en Valparaíso corresponde a una de las más antiguas, y Valparaíso pertenece a una de las 10 ciudades puerto a lo largo del país, y se ubica como el segundo puerto con más movimiento con 884.030 TEU en 2016, luego del puerto de San Antonio que corresponde al puerto con más movimiento a nivel nacional con 1.287.658 TEU (13).

Por otra parte se encuentra el sector empresarial, formado por empresas de diversos tamaños, donde destaca la alta presencia de capital en diversos rubros y tecnologías.

Cabe destacar que en Valparaíso existe una marcada dualidad en su economía, por un

lado las mencionadas grandes empresas, intensivas en capital y por otro lado pequeñas empresas con un nivel muy bajo en capital y baja presencia tecnológica (14).

Dentro de la comuna de Valparaíso se emplaza el barrio histórico de la ciudad portuaria de Valparaíso considerado dentro de las ciudades patrimonio de la humanidad por la UNESCO, desde el año 2003.

5.1.1. Contexto geográfico

Valparaíso se encuentra localizado en el litoral central del territorio nacional continental, en los 33º de latitud Sur y 71º de longitud Oeste. La comuna se encuentra en la Quinta Región de Chile (Región de Valparaíso), la cual está conformada por ocho provincias; San Antonio, Quillota, Petorca, San Felipe, Los Andes, Isla de Pascua, Marga-Marga y Valparaíso. La comuna se encuentra al suroeste de Viña del Mar y al este, al interior, se encuentra la continuación de la conurbación del Gran Valparaíso (Quilpué, Villa Alemana, Limache). A 130 km al sureste aproximadamente se encuentra la capital nacional, Santiago. Valparaíso se conecta al resto del territorio nacional mediante las rutas 68-CH hacia Santiago, ruta Los Libertadores a Los Andes y Argentina, la ruta 60-CH hacia el interior.

La caracterización geomorfológica de la comuna se basa en el criterio de magnitud de las unidades. Como se observa en la figura 5.1. La unidad que conforma la comuna corresponde a una sola unidad denominada “terraza litoral”, la cual está formada por distintos niveles de altitud y sus límites son los cerros de Valparaíso y los acantilados del litoral sur.

Las formas predominantes hacia la costa corresponden a relieves llanos (niveles de terrazas marinas) separados por pendientes más o menos abruptas (acantilados). En el sector más occidental de Valparaíso es posible distinguir 9 niveles de terraza; hacia el este y el norte no se observa un buen desarrollo de todos estos niveles debido a la dislocación producida por las fallas.

La terraza litoral se encuentra formada de varias unidades geomorfológicas menores; litoral rocoso, litoral arenoso (playas de Laguna Verde, Las Torpederas y San Mateo), quebradas costeras, laderas de cerros frente al mar, laderas interiores de exposición norte y

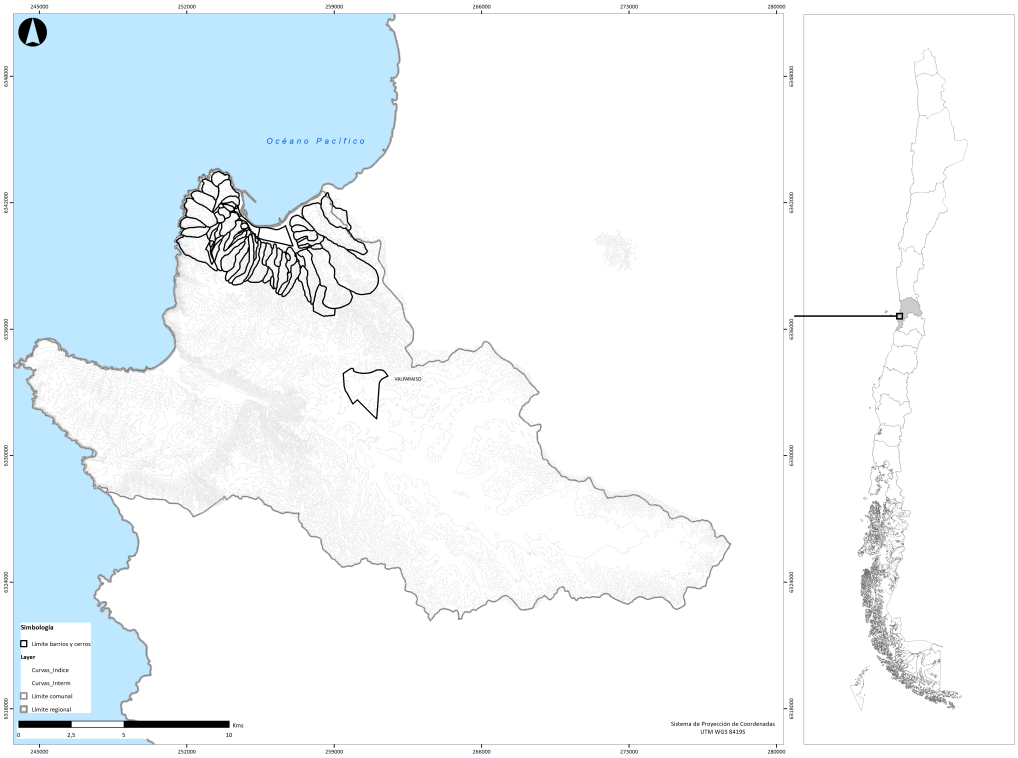


Figura 5.1: Valparaíso y su contexto regional
(Fuente: Elaboración propia)

laderas interiores de exposición sur. Como unidad menor de importancia se encuentra el Plan de Valparaíso, planicie artificial formada a partir del relleno de la base de los cerros.

Respecto a las quebradas costeras, las que separan los cerros Recreo, Placeres, Esperanza y Barón, de dirección noroeste, son profundas en las proximidades de su desembocadura. Aquellas que desembocan en el Plan se disponen en forma más bien radial y son profundas y angostas. Entre Playa Ancha y Quebrada Verde hay numerosas quebradas que desembocan en el mar, las cuales son angostas, profundas y cortas; por lo tanto, de altas pendientes.

5.1.2. Clima

La comuna de Valparaíso cuenta con un clima templado de tipo mediterráneo costero el cual se presenta en toda la costa de la región y su influencia llega hasta el interior por medio de los valles. Las variaciones de temperaturas son menores por el influjo del océano, siendo más parejas durante el año con un promedio anual de 14. La humedad relativa es

alta con un 75 % y las precipitaciones son más abundantes alcanzando unos 450 mm.

5.1.3. Vegetación

Componente nativo de la formación arbustivo arbórea bosque esclerófilo en las quebradas, pero gran intervención antrópica en plantaciones de eucalipto, esto principalmente en quebradas con grandes terrenos correspondientes a fundos.

5.1.4. Riesgos

La comuna de Valparaíso sufre de los mismos riesgos a nivel país de padecer de un terremoto y al poseer costa también podría sufrir de tsunamis. En adición a estos dos riesgos también se encuentran los riesgos de incendios y deslizamientos de tierras, siendo estos dos riesgos debidos a la construcción sin planificación a ocurrido en la comuna donde se ha construido en quebradas sin análisis lo suficientemente acordes para asegurar la seguridad de los habitantes. Conocidos son los incendios sufridos por la comuna en los últimos años donde se puede diferenciar los incendios que afectan territorio residencial y que afectan territorio forestal.

5.2. Infraestructura Existente

La comuna de Valparaíso cuenta con una provisión de infraestructura eléctrica correspondiente a 3 centrales termoeléctricas, figura 5.2; 8 subestaciones; 2 tramos de línea de transmisión de 110 kV y 66 kV; y 3 concesiones eléctricas. El 100 % de la energía generada en la comuna corresponde a fuentes de energía fósil (termoeléctrica).

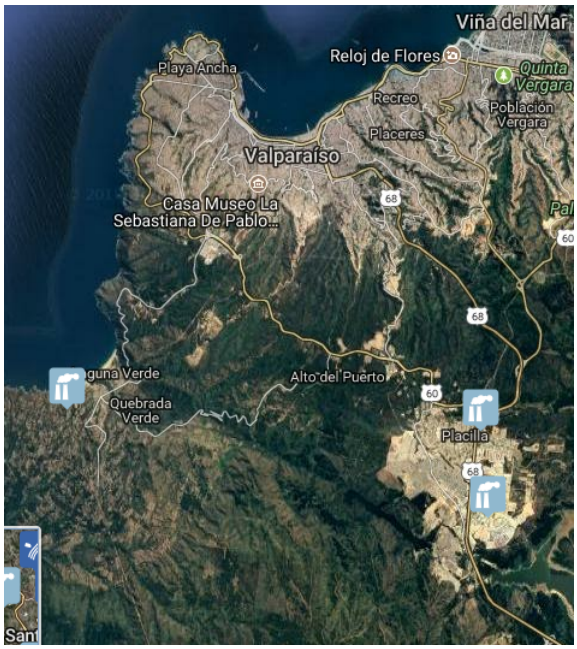


Figura 5.2: Mapa de ubicación de las centrales de generación en Valparaíso. Fuente: Energía Maps CNE

5.2.1. Centrales

5.2.1.1. Central Laguna Verde

Entra en servicio en el año 1990 como la primera estación termoeléctrica propiedad de la empresa AES Gener. Fue comisionada el año 1939, originalmente a carbón y recientemente convertida a diésel. Posee una capacidad instalada de 47 MW. Además, esta central tiene una turbina de ciclo abierto de 18.8 MW de potencia, lo que nos da una potencia total de 65.8 MW.

5.2.2. Pequeños medios de generación distribuida

El segmento de los PMGD está referido a los medios de generación cuyos excedentes de potencia son menores o iguales a 9 MW, conectados a redes de media tensión de una empresa concesionaria de distribución, o a instalaciones de una empresa que posea líneas de distribución de energía eléctrica que utilicen bienes nacionales de uso público.

La historia de los PMGD comienza oficialmente el año 2005, con la aprobación del reglamento para medios de generación no convencionales y pequeños medios de generación

(9)

Tecnored : Esta empresa es propiedad del grupo Sempra Energy es propietaria de 2 pequeñas centrales de generación ubicadas en la comuna de Valparaíso, las cuales en su conjunto suman una potencia instalada de 5 MW, tabla 5.1.

Tabla 5.1: Centrales Termoeléctricas propiedad de la empresa Tecnored

Central	Tecnología	Potencia Instalada
Curauma	Petróleo Diesel	2.0 [MW]
Placilla	Petróleo Diesel	3.0 [MW]

5.2.3. Generación

La generación en la comuna de Valparaíso durante el año 2014, asciende a 250,6 [GWh] de energía eléctrica, esta información fue obtenida por los registros históricos del SIC, a través de la plataforma de energía abierta. La generación de la comuna se concentra en los meses de invierno ver tabla 5.2, alcanzando un total de 42 días de operación de acuerdo a la figura 5.4 entre todas sus plantas, cabe destacar que durante el año 2014 la planta de Tecnored ubicada en Curauma no generó energía, y la totalidad de la generación se repartió entre las plantas de Placilla y Laguna Verde como se observa en la figura 5.3.

Tabla 5.2: Generación mensual en la comuna

Mes	Generación [GWh]	Días de operación
Enero	0,2	1
Febreo	0	0
Marzo	7,3	7
Abril	1	3
Mayo	1,7	2
Junio	42,9	5
Julio	158,2	12
Agosto	8,8	2
Septiembre	26,3	5
Octubre	1,8	3
Noviembre	0	0
Diciembre	2,4	2
Total	250,6	42

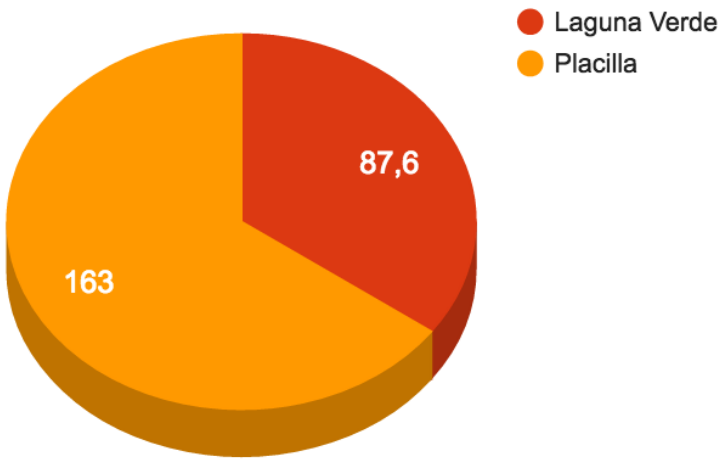


Figura 5.3: Porcentaje de la generación total correspondiente a cada central
(Fuente: SIC)

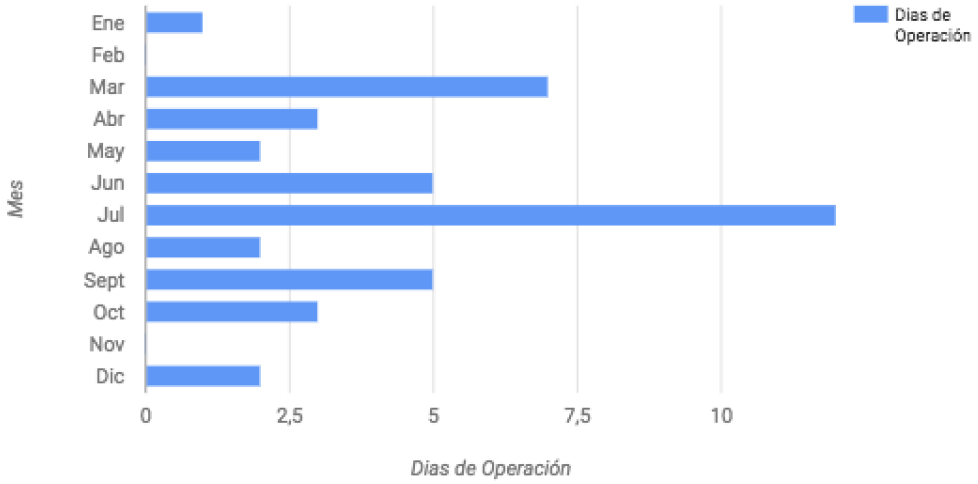


Figura 5.4: Días de operación de plantas en la comuna de Valparaíso
(Fuente: SIC)

5.3. Actores clave

5.3.1. MERVAL

Metro Regional de Valparaíso es una S.A. filial de la Empresa de Ferrocarriles del Estado encargada de administrar el ferrocarril metropolitano que conecta gran parte del

Gran Valparaíso. Desde Muelle Prat hasta Limache, pasando por las comunas de Viña del mar, Quilpué y Villa Alemana. El transporte urbano dentro de la comuna es un foco de atención tanto para autoridades como para la población. El transporte desde los cerros hacia al plan y viceversa es una preocupación constante debido a la lejanía de muchos sectores de los cerros con el plan que es donde se concentra el trabajo. El metro de Valparaíso cubre mayoritariamente la necesidad que se tiene en Valparaíso de transportarse generalmente fuera de la comuna así como habitantes de otra comuna llegan a Valparaíso diariamente. Es muy común que las personas vivan en otra comuna y que vayan a trabajar a Valparaíso o Viña del mar que son focos de turismo y actividad económica en general la cual significa mayores cantidad de empleo.

5.3.2. Puerto de Valparaíso

La Empresa Portuaria Valparaíso (EPV) parte del Estado chileno trabaja su puerto a través de contrato de concesiones a largo plazo. En la actualidad EPV posee 5 contratos con 5 compañías diferentes que manejan distintos espacios del puerto. Siendo los más importantes los dos terminales de carga administrados por TPS (Terminal Pacífico Sur) y TCVAL (Terminal Cerros Valparaíso). Siendo el terminal administrado por TPS el más importante en cuanto a magnitud de sus operaciones. TPS es una compañía del grupo Ultramar, grupo que maneja parte importante de las operaciones marítimas en Chile. Este holding económico también posee distintas empresas con sus oficinas centrales ubicadas en Valparaíso tales como Ultraport y Ultranav.

Dentro de las responsabilidades de EPV están los terminales portuarios de carga, un terminal de pasajeros, además de los paseos turísticos Muelle Prat y Puerto Barón.

La actividad portuaria es la actividad económica que mejor representa a Valparaíso dando empleo a miles de trabajadores y entregando dinamismo a la economía de la comuna desde sus inicios.

5.3.3. Chilquinta

Chilquinta es la empresa encargada de distribuir de electricidad a la comuna de Valparaíso, su área de operación comprende 11.496 km^2 en la Región de Valparaíso, abasteciendo mayoritariamente con sus servicios a las provincias de Valparaíso, Marga Marga, Quillota, San Felipe, Los Andes y San Antonio. Durante el año 2013, se atendieron 535.707 clientes, cifra que involucra un crecimiento de un 2,3 % respecto del año anterior, de los cuales, el 92 % corresponde al segmento de clientes residenciales. A través de sus filiales, Compañía Eléctrica del Litoral S.A., Energía de Casablanca S.A., Luzlinares S.A. y Luzparral S.A., Chilquinta distribuye energía eléctrica a más de 103 mil clientes en las Regiones de Valparaíso, del Maule y del Bío-Bío. Actualmente Chilquinta Energía S.A es controlada en su totalidad por el grupo Sempra Energy, empresa norteamericana que concretó el control total de la distribuidora en Abril del 2011 adquiriendo la totalidad de las acciones de AEI empresa que hasta ese año contaba con el 50 % de las acciones de la empresa de distribución. El año 2014 la comuna de Valparaíso demandó 81.172,3 MWh los cuales tiene una mayor componente en el sector residencial, lo que se explica principalmente por la falta de empresas de carácter industrial en la zona de estudio. A lo largo de su historia Chilquinta Energía S.A ha ampliado sus lineas de trabajo, incursionando en diferentes servicios asociados al mercado de la distribución eléctrica y de gas natural a través de su filial Energás. Hoy en día Chilquinta abarca desde la distribución de energía, venta de productos para el hogar, bombas de calor y servicios de instalación de proyectos solares fotovoltaicos a nivel residencial.

5.3.4. CORMUVAL

La Corporación Municipal de Valparaíso para el Desarrollo Social es una institución de derecho privado sin fines de lucro, responsable de administrar, desarrollar y gestionar los servicios de educación, salud y cementerios. Nace a través del D.L.1-3.063 de 1980, documento que crea las Corporaciones Municipales con el objeto de administrar los servicios traspasados desde los Ministerios de Educación y de Salud que haya tomado a su cargo la Ilustre Municipalidad de Valparaíso.

Actualmente al CORMUVAL gestiona la administración de todos los colegios públicos de la comuna de Valparaíso, hospitales y cementerios.

5.4. Demanda de electricidad

Para el análisis de la demanda de la comuna de Valparaíso se utilizó información obtenida de la sección distribuida por la empresa Chilquinta Energía, la cual cuenta con 39.617 clientes al año 2014, los cuales se dividen de acuerdo a la figura 5.5 en el sector público con un 1,6 %, residencial con un 94,9 % y privado con un 3,5 %.

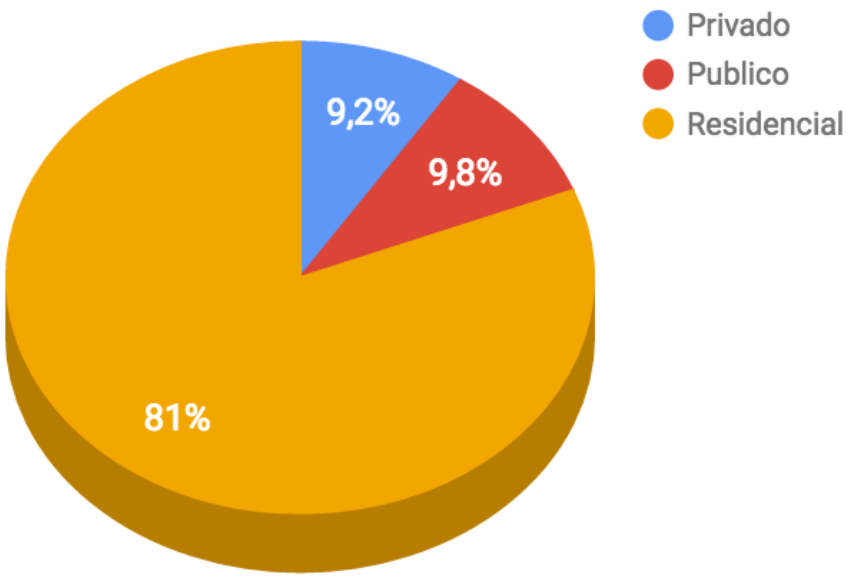


Figura 5.5: Distribución por tipos de cliente
(Fuente: Chilquinta Energía)

El consumo total de la comuna para el año 2014 corresponde a 81.172,3 MWh, siendo el sector residencial el mayor consumidor con el 81 % del total, y con un 9,8 % el sector público y el sector privado presentó el menor consumo con un 9,2 % del total de la energía consumida por la comuna.

Cabe destacar que la información obtenida para el desarrollo de este estudio no cuenta con el consumo de clientes libres, los cuales tienen contratos de venta de energía de

carácter confidencial y si bien son distribuidos por la empresa Chilquinta, pueden comprar la energía que utilizan con cualquier proveedor, lo que se traduce en un precio más económico de la energía, esto debido a su mayor poder de negociación dada su mayor demanda energética, por lo tanto, en este punto se subestima el porcentaje del sector privado.

La demanda total de la comuna de Valparaíso correspondió durante el 2014 a 81.172,3 MWh,como se aprecia en la figura 5.6 lo que representa un aumento de un 6,19 % respecto del año anterior, y un acumulado de 8,94 % desde el año 2012, representado en la tabla 5.3

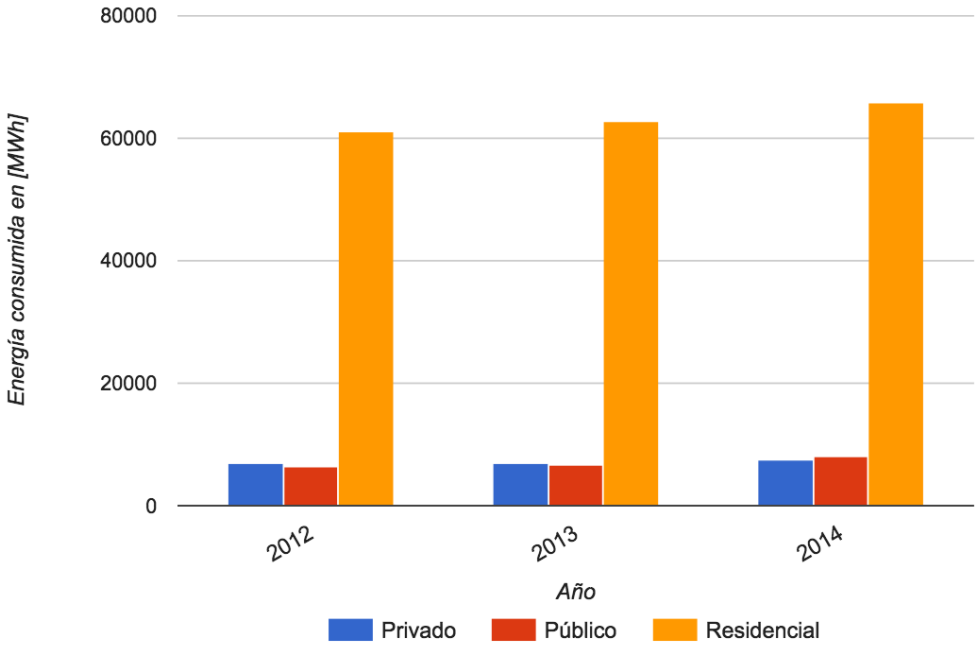


Figura 5.6: Crecimiento de la demanda de energía eléctrica de la comuna.
(Fuente: Chilquinta 2014)

Tabla 5.3: Demanda de energía eléctrica por sector y año.

SECTOR	2012	2013	2014
Sector Residencial	61030,8 [Mwh]	62885,2 [Mwh]	65786,6 [Mwh]
Sector Público	6511,6 [Mwh]	6560,1 [Mwh]	7922,7 [Mwh]
Sector Privado	6850 [Mwh]	6995 [Mwh]	7463 [Mwh]

5.4.1. Sector residencial

La comuna de Valparaíso conforma un territorio de 401,6 km^2, con una población de 296.655 habitantes, según Censo 2017, con una densidad de 738,68 hab/km^2 y un porcentaje de población urbana de un 96,6 % según el Censo 2002. En la comuna se distinguen 23 Distritos.

1. Población Playa Ancha
2. Playa Ancha
3. Cerro Santo Domingo
4. Sector Puerto
5. Cerro Cordillera
6. Cerro Alegre
7. Comercio
8. Cerro Cárcel
9. Cerro Bellavista
10. Cerro Florida
11. Plaza Victoria
12. Almendral
13. Cerro La Cruz
14. Cerro Las Cañas
15. Cerro La Merced
16. Cerro Ramaditas
17. Waddington

18. Barón
19. Los Placeres
20. Las Zorras
21. Placilla
22. Peñuelas
23. Quebrada Verde

La demanda residencial del área de estudio ha tenido un crecimiento sostenido en el tiempo, promediando un 3,68 %, desde el año 2012, lo que equivale a un aumento en promedio de 2.377,9 GWh/año, esta demanda esta compuesta principalmente por clientes con tarifa BT 1, la cual presenta la mayor representatividad en el sector residencial del área de estudio, alcanzando un 98,3 % al año 2014.

Durante el año se existe una componente estacional en los meses de invierno y verano, que se aprecia en la figura 5.7, atribuible a los sistemas de calefacción del tipo eléctricos utilizados mayormente por el sector residencial.

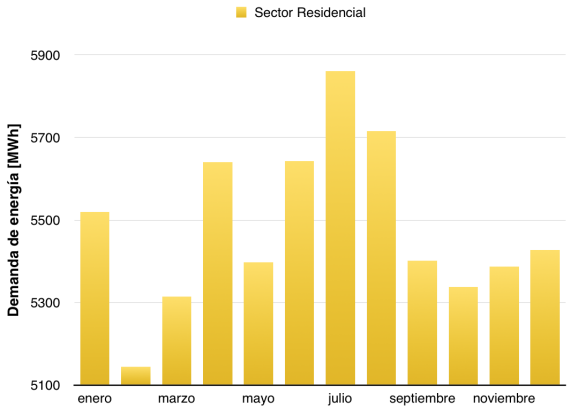


Figura 5.7: Demanda de energía residencial
(Fuente: Chilquinta 2014)

5.4.2. Sector Privado

La demanda de energía del sector privado se divide en 3 áreas: Comercial, Industrial y Agrícola. Destacando de manera considerable el sector comercial que demandó el 96,59 % de la energía en el año 2014, esto se explica por la preponderancia de territorio urbano el en análisis el cual abarca casi la totalidad de la zona de estudio.

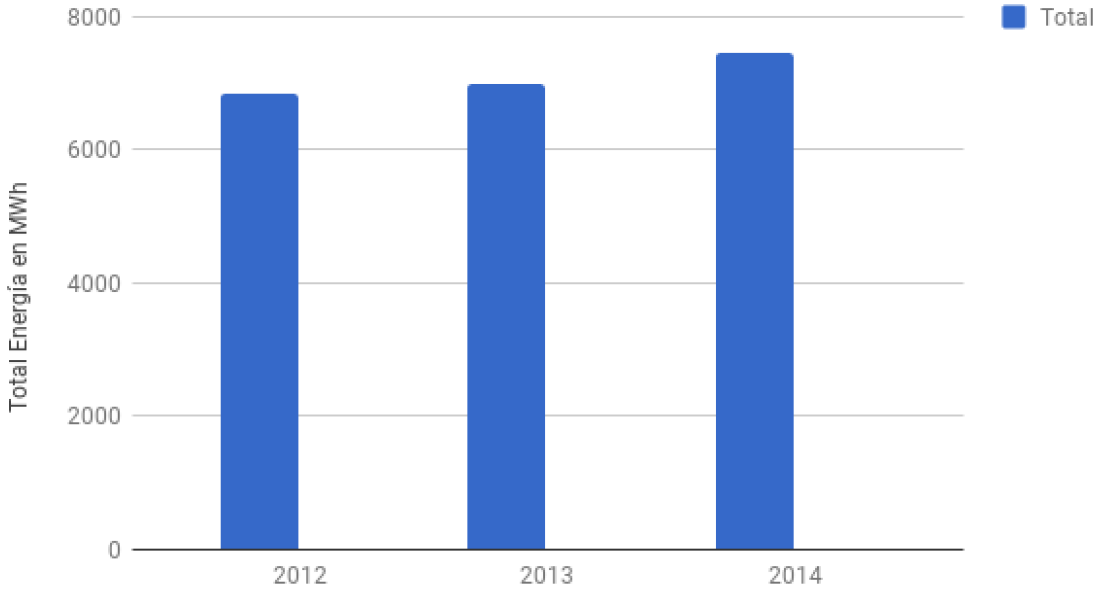


Figura 5.8: Demanda de energía del sector privado.
(Fuente: Chilquinta 2014)

El crecimiento de la demanda privada en la comuna de Valparaíso es bastante menor que el crecimiento experimentado en el sector público como se aprecia en la figura 5.8, alcanzando un 8,95 % desde los 6850 [MWh] a los 7463 [MWh].

Tabla 5.4: Información de consumo del sector privado en MWh

Sector	**2012**	**2013**	**2014**
Comercial	6612,20	6749,20	7208,20
Industrial	237	244,6	253,7
Agrícola	0,8	1,2	1,1

5.4.3. Sector Público

La demanda pública de energía se divide en cuatro áreas, el alumbrado público que corresponde a la postación habilitada con luminarias ubicados a lo largo de la comuna, los edificios fiscales como el municipio, los edificios administrados por el municipio como colegios y la infraestructura de utilidad pública, como se aprecia en la figura 5.9.

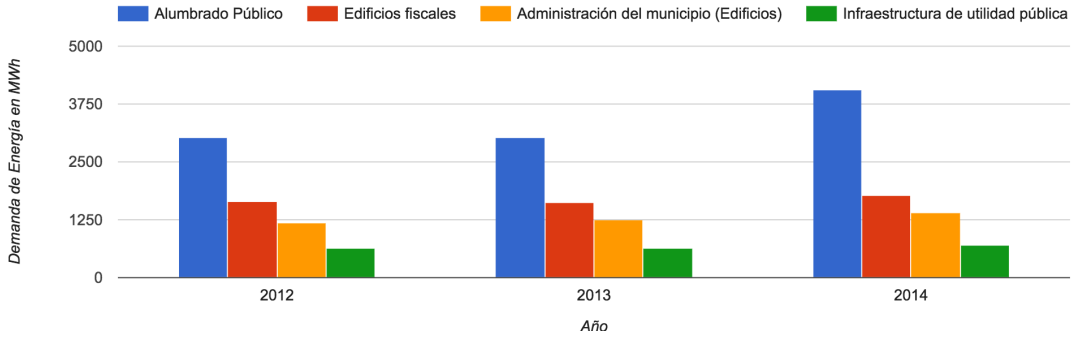


Figura 5.9: Demanda de energía residencial.
(Fuente: Chilquinta 2014)

6 | Potencial de energía renovable y eficiencia energética

6.1. Definición de límites de gravitación y alcance

Para este estudio se realizó una reunión donde se definieron los límites que resultaron de mayor utilidad para el municipio, ya que el objetivo final de este levantamiento es que sea utilizado para la generación de planes estratégicos y políticas públicas por parte de las autoridades municipales.

En este ámbito se planteó realizar un levantamiento para los datos de consumo de la empresa Chilquinta, que cuenta con la mayor cantidad de clientes en la comuna con la concesión de mayor tamaño en el sector.

Para las proyecciones de consumo se concentró el levantamiento en la zona denominada anfiteatro, la cual concentra la mayor cantidad de desarrollo urbano a nivel territorial de la comuna de Valparaíso y de la que forman parte la mayor cantidad de ciudadanos de la comuna.

Para la evaluación del potencial de energías renovables se decidió utilizar toda la comuna como materia de estudio con el objetivo de establecer una base concreta de información respecto del potencial aprovechamiento de recursos energéticos que pueden resultar estratégicos para el futuro de la comuna y de sus ciudadanos, es así como para la sección de

potencial de energías renovables el límite de este estudio se expande alcanzando toda la unidad territorial.

6.2. Potencial de energía solar fotovoltaica

Para el cálculo del potencial para la implementación de proyectos de generación de energía solar fotovoltaica, se realizó un cálculo en base a la información disponible desde distintas plataformas, todas congruentes entre ellas de la intensidad de la radiación promedio la comuna de acuerdo al Explorador Solar desarrollado por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, que utiliza la metodología para el cálculo de radiación en el Explorador Solar incluye un modelo de transferencia radiativa (CLIRAD-SW) para calcular la radiación solar global y sus componentes directa y difusa, en cielo despejado (15).

Este modelo no considera el efecto de aerosoles y otro tipo de partículas suspendidas en el aire en zonas urbanas, es por esto que utilizando una función empírica que corrige la radiación global y directa en las zonas urbanas de mayor área en el país, lo cual tiene efectos considerables en el resultado final, a modo de ejemplo, este efecto reduce la radiación difusa y directa en un 20 % en la ciudad de Santiago de acuerdo a este modelo.

Este modelo considera un panel fotovoltaico de capacidad de 1 kW, cobertura de vidrio y coeficiente de temperatura de -0.45 %/C, montado de forma aislada. Factor de pérdidas de 14 % y eficiencia del inversor de 96 %. Por otro lado, factores como la vaguada costera influyen fuertemente en el factor de planta de la comuna, esto debido a que la radiación disminuye de forma considerable en presencia de este fenómeno meteorológico, cabe destacar que este fenómeno solo ocurre en ciudades costeras, como Valparaíso, y debido a la frecuencia de la toma de datos que se realiza a nivel satelital no es posible definir con exactitud para estos modelos el impacto de este en el potencial total real de la comuna.

La radiación Global Horizontal en la comuna de Valparaíso corresponde a 4,71 KWh/m^2día, lo que equivale a una generación corregida por inclinación, de energía eléctrica cercana a los 1454 kWh anuales por m^2, para un sistema sin seguimiento (16).

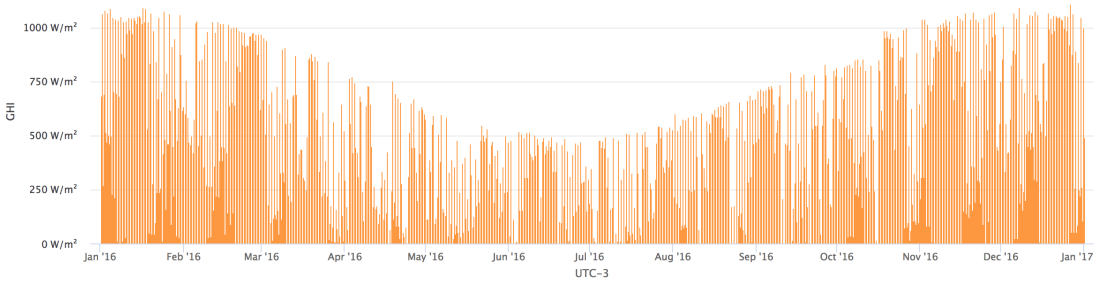


Figura 6.1: Radiación global horizontal en Valparaíso a lo largo del año. (Fuente: ValpoSolar).

Al comparar la radiación de la comuna de Valparaíso que se aprecia en la figura 6.1 con otras comunas de la zona central de Chile y el norte nos percatamos que existe una variación notable a lo largo del país (17), sin embargo, al comparar con ciudades de todo el mundo en la figura 6.2, donde la industria solar ha florecido, la diferencia no es significante. Se muestran en la gráfica las ciudades con más paneles solares en Alemania, EEUU, China y Japón.

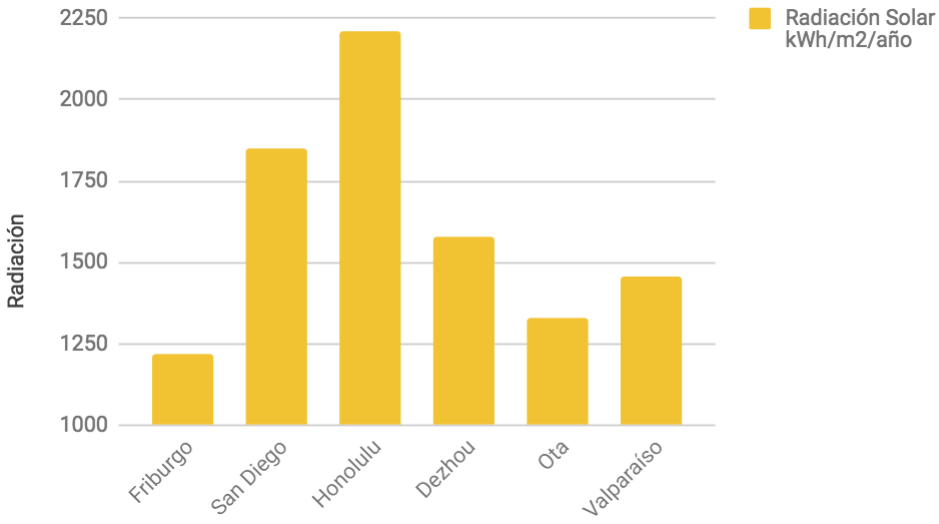


Figura 6.2: Radiación solar en ciudades con mayor penetración de la tecnología. (Fuente: NASA)

Por otra parte debido a la abrupta geografía del terreno la implementación de gran-

des proyectos de generación se hace infactible por lo cual el análisis se concentrará en la implementación de proyectos residenciales montados sobre techo, estos proyectos se conectan a la red ajustados al marco regulatorio de la ley 20.571 la cual permite inyectar los excedentes a la red.

Para evaluar la factibilidad de instalar un proyecto solar se presentan los siguientes requisitos que se separan en Restrictivos y no Restrictivos (ver figura 6.3 y 6.4)

	REQUISITO RESTRICTIVO	DESCRIPCIÓN
1	DISPONIBILIDAD DE SUPERFICIE	Poseer una mínima área disponible homogénea dependiendo de la cantidad de paneles a instalar, para un proyecto de 1 [kWp] sobre el techo de una casa se requieren 12 m² aproximadamente.
2	GRANDES SOMBRAS (ASOLEACIÓN)	Revisar sombras provenientes del norte, este/oeste de la instalación respecto al lugar donde irán los paneles debido a que afectan drásticamente el rendimiento de la instalación y daña los paneles en el largo plazo.
3	PROPIEDAD DEL INMUEBLE	Demostrar propiedad sobre el inmueble o acuerdo con el propietario de este, debido a que el trámite del proceso de conexión de la Ley de Generación Distribuida (20.571) requiere de esto.
4	ORIENTACIÓN SUPERFICIE SUR	Si la orientación de la superficie inclinada es sur se recomienda no instalar una planta FV. Para revisar la orientación puedes hacerlo en terreno o a través de una plataforma como Google Earth.

Figura 6.3: Requisitos restrictivos para la instalación de un proyecto solar. (Fuente: Guía Solar (17))

	REQUISITO NO RESTRICTIVO	DESCRIPCIÓN
1	ORIENTACIÓN SUPERFICIE ESTE/OESTE	La superficie del techo debe estar orientada hacia el norte para un rendimiento óptimo, sin embargo existen muchas plantas instaladas este/oeste. Si la orientación de la superficie es Este u Oeste consulte cuánto afectará esto en el rendimiento. Para revisar la orientación puedes hacerlo en terreno o a través de una plataforma como Google Earth.
2	NORMALIZACIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Las instalaciones eléctricas del hogar deben cumplir con la norma nCh 4/2003 de la SEC (o la norma que la reemplace), para esto se debe solicitar el servicio de normalización eléctrica a alguna empresa de servicios eléctricos o a la distribuidora. Normalización eléctrica: Mejoras y adecuaciones a la red interna del hogar para cumplir con la normativa eléctrica.
3	TIPO Y ESTADO DEL TECHO	El techo debe presentar una estructura, forma y material que permita la instalación de paneles fotovoltaicos. Techos que no soporten peso son especialmente complejos. Ejemplo: Tejas.

Figura 6.4: Requisitos no restrictivos para la instalación de un proyecto solar. (Fuente: Guía solar (17))

6.3. Potencial de energía eólica

La velocidad promedio del viento en el sector del anfiteatro de la comuna de Valparaíso corresponde a 3.2 m/s, este valor aumenta a medida que nos alejamos del sector urbano, más al sur en el sector de Laguna Verde, el promedio de viento alcanza un máximo de 8.8 m/s en promedio, a una elevación de 143 msnm, por ultimo en el sector de Las Docas el viento promedio alcanza 7.7 m/s a la misma altura. Para que una planta de energía eólica resulte rentable se necesita un mínimo de 6 m/s en promedio. Por lo que nos concentraremos en las dos zonas que presentan un potencial para el desarrollo de energía eólica en la comuna.

Es conveniente conocer la dirección de los vientos para saber dónde es más eficiente instalar aerogeneradores. Para esto se presenta la Rosa de los Vientos en la figura 6.5 del recurso para la comuna Valparaíso (16).

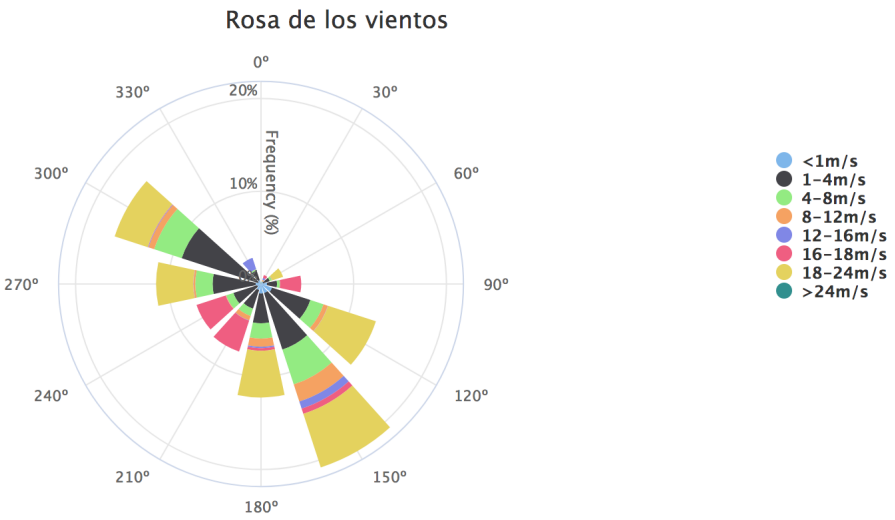


Figura 6.5: Rosa de los vientos de la comuna de Valparaíso.
(Fuente: ValpoSolar)

A la superficie total disponible es necesario descontar ciertos parámetros que resultan claves para el desarrollo de este tipo de proyectos, más allá de la fuerza del viento, entre ellos se destacan, el alejamiento de centros urbanos, el emplazamiento en sitios protegidos como patrimonio natural.

Finalmente se obtiene que el potencial para la implementación de proyectos de generación de energía eólica en la comuna de Valparaíso se puede apreciar en la figura 6.6.

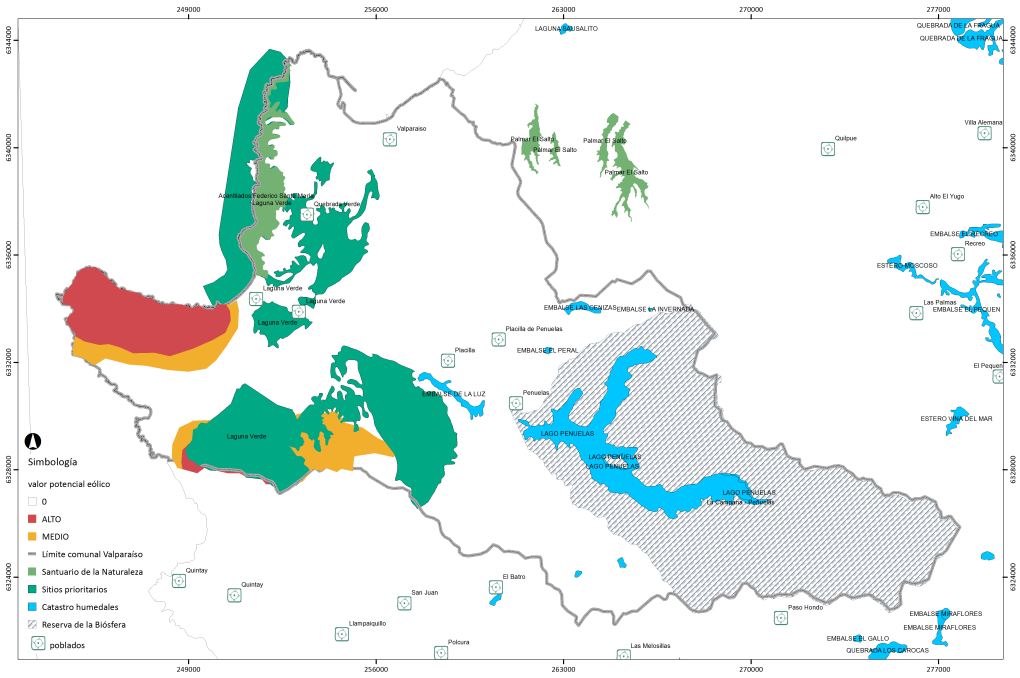


Figura 6.6: Resultado del potencial Eólico de la comuna de Valparaíso
(Fuente: Explorador Eólico UdeCh)

Laguna Verde: La zona de laguna verde que presenta un potencial para el desarrollo de proyectos de energía eólica corresponde a menos de 500 hectáreas, por lo tanto, no se considera viable, ya que para que un proyecto de generación de energía con turbinas eólicas necesita como mínimo 500 hectáreas.

Las Docas: La zona de laguna verde que presenta un potencial para el desarrollo de proyectos de energía eólica corresponde a 1221 hectáreas de nivel medio y alto. Mientras que 971 hectáreas de nivel alto. Sin embargo, en el sector que se encuentra este alto potencial existen muchas irregularidades con las propiedades de los terrenos, por lo tanto, aún existirían trabas para poder llevar a cabo un proyecto de generación eléctrica. Considerando el área necesaria para una turbina eólica como 78,53 hectáreas y una potencia de 3,2 MW, en caso de poder realizarse el proyecto como potencial existirían 20 MW de capacidad instalada.

6.4. Potencial de energía hidráulica

Dentro de la comuna a pesar de que existen recursos hídricos como se muestra en la figura 6.7, no existe potencial suficiente como para instalar una central hidroeléctrica, debido a los bajos caudales de los ríos y donde existe mayor caudal y mayor energía potencial son zonas naturales protegidas, como es el Lago Peñuelas.

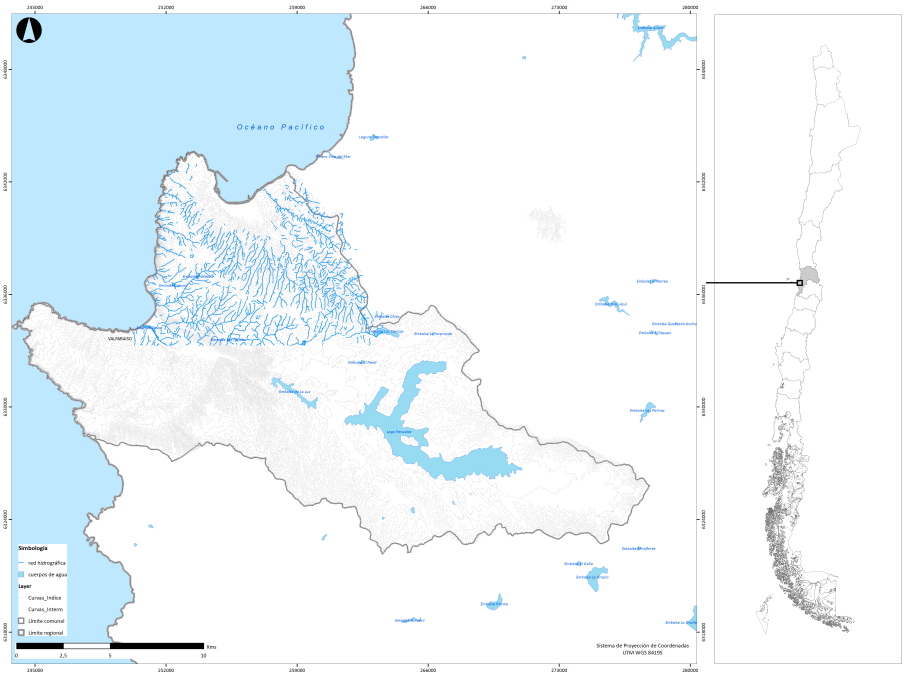


Figura 6.7: Red Hidrográfica de la comuna de Valparaíso

(Fuente: Elaboración Propia)

6.5. Potencial de energía geotérmica

Con respecto a la energía geotérmica en general esta está asociado al cordón montañoso en Chile, denominado Çinturón de Fuego"dentro de la comuna no existe potencial disponible debido a que no existen fluidos a altas temperaturas dentro de la corteza a una profundidad explotable.

6.6. Potencial de energía mareomotriz

La energía proveniente del mar se puede clasificar principalmente en dos la energía proveniente de la variación de la altura del nivel del mar (la marea) y la energía cinética proveniente de las olas. Con respecto a la primera un estudio de la Universidad de Chile (18) concluyó que no existe potencial aprovechable, con la tecnología actual, para la zona que comprende de Arica hasta el norte de Maullín, por lo tanto, Valparaíso no presenta potencial en este tipo de energía debido a las bajas oscilaciones de la altura de la marea.

Con respecto al potencial que reside en las olas Chile es uno de los países con mayor potencial a nivel mundial. Destacando la zona que comprende desde Valparaíso hasta el canal Chacao (19). Sin embargo, el desarrollo tecnológico de plantas que aprovechan este tipo de energía son escasas y de momento no existe experiencia previa que garantice un buen funcionamiento para las condiciones que existen en la costa de Valparaíso. El potencial que existe en la comuna reside por el lado de la investigación, la cantidad de universidades existentes en Valparaíso además de la gran extensión de costa, permitirían a la comuna ser pionero en la investigación tanto teórica como aplicada para este tipo de energía. Esto debería ser uno de los ejes de largo plazo para la comuna.

6.7. Potencial de eficiencia energética

El enfoque de las medidas de eficiencia energética en Valparaíso deben estar centradas en el sector residencial, debido a su mayoritaria participación en el consumo de la comuna. Sin embargo, las viviendas en Valparaíso consumen en promedio 1,72 MWh/año lo cual está por debajo del promedio país 1,8 MWh/año (20). Dado este nivel bajo de consumo es difícil fijar metas, ya que los niveles ya son bajos. Sin embargo, esto se debe a una condición socioeconómica donde las familias no tienen acceso a más artículos eléctricos tanto de calefacción como electrodomésticos, por lo tanto, se espera que si la población va teniendo cada vez más acceso a nuevas tecnologías el consumo energético vaya en aumento. Esto se evidencia en el aumento del consumo entre los años 2012 y 2014 de un 7,2 %. Las

medidas de eficiencia energética deben estar enfocadas a frenar este aumento del consumo energético en las familias, incitándolos a preferir equipos más eficientes. La educación y la concientización de la población es crucial en este sentido, con el objetivo de poder desaclopar el aumento del consumo energético con el aumento del poder de compra en las familias.

7 | Conclusiones

Con la información obtenida se deben determinar los programas y los proyectos concretos a base del diagnóstico de la situación actual y del potencial disponible de energías y eficiencia energética. La elaboración del plan de acción se debe desarrollar en conjunto con los actores clave de la comuna, a través de la organización de talleres participativos, para la identificación de los proyectos concretos y para la evaluación y priorización de los mismos. Cada proyecto debería contener una breve descripción e información sobre los costos, beneficios y los responsables. Las comunas, a través de sus autoridades municipales, el sector privado y la sociedad civil, deben establecer objetivos medibles para el corto, mediano y largo plazo, que apunten a la calidad y metas realistas y alcanzables, en consulta con la situación energética actual, con el potencial disponible en energías renovables y eficiencia energética, en armonía con los objetivos y metas a nivel nacional de la agenda de energía, contemplando que esto traerá consigo:

- Mayor participación ciudadana.
- Creación de nuevas industrias para la comuna.
- Proyectos emblemáticos.

Si las comunas aplican la EEL, lograrán que el 20 % del consumo eléctrico al año 2025 sea provisto por energía solar fotovoltaica y la reducción del consumo de electricidad residencial de un 20 %.

7.1. Impactos y Beneficios

De acuerdo a lo que se ha podido observar a nivel nacional e internacional, los impactos de las EEL son diversos. Estos se pueden dividir en tres ámbitos: social, ambiental y económicos.

7.1.1. Sociales

- Participación ciudadana.
- Sensibilización y cambio de conducta en la población y en la toma de decisiones.
- Auto abastecimiento de energía.
- Creación de metas y objetivos en conjunto con entidades significativas a nivel vecinal

7.1.2. Ambientales

- Mejoramiento de la calidad del aire.
- Reducción de emisiones de CO_2.
- Uso energético de materia orgánica.

7.1.3. Económicos

- Reputación e imagen de la comuna.
- Creación de empleos.
- Dinamismo económico.
- Mayor participación de actores comunales en el negocio de la energía.
- Mayor acceso a abastecimiento energético.

7.2. Propuestas

Las propuestas constituyen uno de los aportes más relevantes del estudio en términos de resultados, sin embargo corresponde a los actores relevantes en conjunto con las comunidades definir la importancia de la implementación de estas de acuerdo a sus propias necesidades y visión energética de la comuna, es por esto que el rol social de la EEL toma una relavancia mayor una vez culminado el proceso de levantamiento de información, ya que esta información facilita la toma de desiciones con respecto a la priorización de los proyectos que formarán parte del plan de acción de la comuna en pos de alcanzar los objetivos propuestos por la propia EEL a nivel comunal.

7.2.1. Propuestas a mediano plazo

- Recambio de Alumbrado publico por luminarias LED
- Capacitación a vecinos en ERNC y como postular a fondos PPPF para la implementación de proyectos de energía solar en viviendas
- Implementar gestión de energía en recintos municipales
- Ordenanza para fomentar EE y ERNC en edificios de la comuna
- Agregación de demanda municipal y cambio de cliente a tarifa liberada

7.2.2. Propuestas específicas a corto plazo

- Piloto Smart Grid en Edificio Municipal
- Plataforma de consumos municipales
- Piloto de proyecto fotovoltaico en Edificio Municipal
- Desarrollo de Biomasa

7.3. Desarrollo de Propuestas

De acuerdo a lo presentado en el estudio, se concentrará el desarrollo de las propuestas en las específicas a corto plazo, esto debido a la radiación presente en la comuna, los precios de la energía y los impactos de la presentación de un proyecto de estas caracteristicas a nivel regional. Una de las posibilidades que se presenta es la de implementar un proyecto de energía solar fotovoltaica para abastecer a los edificios publicos de energía limpia, local y renovable. Para esto se realizará la evaluación financiera de un proyecto de estas caracteristicas

7.3.1. Definición de la potencia a instalar

Actualmente el límite para el desarrollo de proyectos netbilling es de 300 kW de potencia nominal, como la ley no permite la devolución de los excedentes para proyectos dimensionados por sobre el consumo del número de cliente donde se desea instalar la planta solar, se debe dimensionar un proyecto acorde al consumo del edificio por enpalme. Existe una excepción para poryectos en entidades sin fines de lucro (como los municipios, colegios públicos, etc) que permite una potencia máxima instalada de 50 kW, en este escenario los exedentes generados por la planta si son reembolzados (9) para lo cual se requiere contar con un consumo similar correspondiente a la capacidad instalada del cliente. Dado los antecedentes presentados se trabajará con una potencia instalada de 57 kWp, correspondiente a 50 kW de potencia.

7.3.2. Generación

Utilizando los datos obtenidos en el estudio en la figura 7.1 y 7.2 se detallan respectivamente la radicación presente en la comuna y la generación de un proyecto tipo de 1 KWp (16), utilizando estos datos aplicando la potencia deseada obtenemos los resultados presentados en la figura 7.3

Global Inclinado (kWh/m^2)	Generación (kWh/kWp)
2020.71	1608.84

Figura 7.1: Radiación y generación para la comuna de Valparaíso
(Fuente: Valposolar)

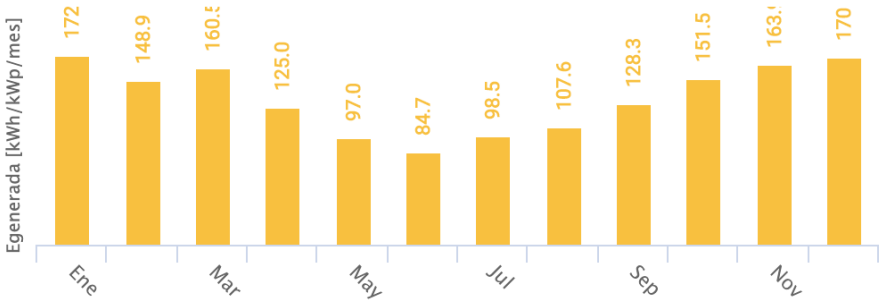


Figura 7.2: Generación mensual esperada por kWp de potencia
(Fuente: Valposolar)

	Unidad	Valor
Año	a	2019
Capacidad Instalada	kWp	57,00
Producción máxima	kWh/año	499.320
Factor de planta		18,36%
Producción energía anual (SolarGIS)	kWh	91.656
CAPEX	$	47.800
Energía autoconsumo	%	100%
Energía inyectada	%	0%
Precio compra energia a distribuidora	$/kWh	$ 0,12
Precio venta energía a distribuidora	$/kWh	$ 0,12
Degradación Anual de Generación	%/a	0,80%
Horizonte planeación (25-30 años)	a	25
Incremento anual precio compra	%/a	3,00%
Incremento anual precio venta	%/a	3,00%
Tasa Inflación anual (Incremento Costos Mantención)	%/a	3,0%
Tasa de descuento	%/a	7,0%
Costos de Mantención	$/a	478
Valor dólar	$	680

Costo de producción de energía FV	$/kWh	0,03
Diferencia con respecto distribuidora	%	75%
Diferencia con respecto distribuidora	$/kWh	$ 0,09

Figura 7.3: Generación planta solar
(Fuente: Elaboración propia)

Utilizando los valores entregados por la empresa distribuidora en la comuna de Valparaíso para el precio de la inyección de energía en la comuna en el periodo 2019, se obtienen los resultados presentados en la figura 7.4

VAN	**$ 103.083**
TIR	**24,45%**
PAYBACK	**4,3**

Figura 7.4: Indicadores
(Fuente: Elaboración propia)

Bibliografía

[1] Ministerio de Energía. *Guía metodológica para el desarrollo de Estrategias Energéticas Locales.* [En Línea] Santiago, Chile. <http://www.minenergia.cl/estrategialocal/wp-content/uploads/2015/05/guia-EEL21-abril.pdf> [Consulta: 15 de Abril 2018] 1.1, 2

[2] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. *Tarifas eléctricas industriales y comerciales en Latino América* [En línea] Lima, Perú. <http://observatorio.osinergmin.gob.pe/tarifas-electricas-industriales-comerciales-latinoamerica> [Consulta: 15 de Abril 2018] 2, 3.2

[3] SOHR, Raúl *Chile a ciegas.* Santiago, Random House Mondadori S.A., 2011. (Serie DEBATE). 2, 3.2

[4] Ministerio de energía. *Energía 2050, Política Energética de Chile.* [En línea] Santiago, Chile. <http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf> [Consulta: 15 de Abril 2018] 3.1

[5] BBC Mundo. *4 conflictos internacionales impulsados por disputas por el petróleo* [En línea] 3 de diciembre, 2015. <http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151203_economia_conflicto_petroleo_gch> [Consulta: 18 de Abril 2018] 3.1

[6] OPEP. *OPEC Share of World Crude Oil Reserves.* [En línea] <http://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm > [Consulta: 18 de Abril 2018] 3.1

[7] International Energy Agency. *World Total Energy Final Consumption.* [En línea] <https://www.iea.org/Sankey/#?c=World&s=Final%20consumption> [Consulta: 15 de Abril 2018] 3.1

[8] BBC Mundo. *Dos países ponen fecha de caducidad a los automóviles que funcionan con gasolina y diésel.* [En línea] 26 de julio, 2017. <http://www.t13.cl/noticia/negocios/bbc/cuales-son-los-dos-paises-que-estan-poniendo-fecha-de-caducidad-a-los-auto> [Consulta: 18 de Abril 2018] 3.1

[9] Biblioteca del Congreso Nacional. *LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS, EN MATERIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.* [En línea] Santiago, Chile. <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=258171> [Consulta: 15 de Abril 2018] 3.2, 5.2.2, 7.3.1

[10] Anónimo. *El pulso del carbón en Chile.* [En línea] Electricidad la revista energética de Chile. 8 de marzo, 2016. <http://www.revistaei.cl/2016/03/08/el-pulso-del-carbon-en-chile/> [Consulta: 15 de Abril 2018] 3.2

[11] Comisión Nacional de Energía. *Anuario estadístico de energía 2005-2015* [En línea] Santiago, Chile. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2016/07/AnuarioCNE2015_vFinal-Castellano.pdf> [Consulta: 22 de Abril 2018] 3.2, 3.2, 4.3.1.1

[12] Anónimo. *Interconexión SIC-SING partió sus operaciones dando vida al Sistema Eléctrico Nacional.* [En línea] Electricidad la revista energética de Chile. 21 de noviembre, 2017. <http://www.revistaei.cl/2017/11/21/interconexion-sic-sing-partio-sus-operaciones-dando-vida-al-sistema-electri> [Consulta: 22 de Abril 2018] 4.3.1.1

[13] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *Ranking de puertos. Los Top 20 en América Latina y el Caribe en 2016* [En línea] Junio 2017. <https://www.cepal.org/es/infografias/

ranking-puertos-top-20-america-latina-caribe-2016> [Consulta: 18 de Abril 2018] 5.1

[14] Consultores en Gestión Pública. *PLAN DE DESARROLLO COMUNAL DE VALPARAÍSO. DIAGNÓSTICO COMUNAL.* [En línea] Junio 2017. <https://www.munivalpo.cl/transparencia/archivos/plan_desarrollo_comunal/PLADECO.pdf> [Consulta: 6 de Mayo 2018] 5.1

[15] MOLINA Alejandra, FALVEY Mark y RONDANELLI Roberto *A solar radiation database for Chile* [En línea] Scientific Reports. 1 de noviembre, 2017. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-13761-x.pdf> [Consulta: 22 de Abril 2018] 6.2

[16] Valparaíso Solar *Mediciones* [En línea] 2017 <http://www.valparaisolar.cl/mediciones/> [Consulta: 2 de Mayo 2018] 6.2, 6.3, 7.3.2

[17] Proyecto Solar *Guía Fotovoltaica Hogares* [En línea] Diciembre 2016 <http://proyectasolar.cl/pdf/guias/Guia_SOLAR_FOTOVOLTAICA_hogares.pdf> [Consulta: 2 de Junio 2018] (document), 6.2, 6.3, 6.4

[18] Departamento de Geofísica Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile. *Energía Mareomotriz.* [En línea] 5 de mayo, 2014. <http://docplayer.es/49184436-Energia-mareomotriz-convenio-de-colaboracion-y-transferencia-de-re
html> [Consulta: 6 de Mayo 2018] 6.6

[19] D Cruz, MD Thomson, E Stavroulia *Preliminary site selection - Chilean marine energy resources.* [En línea] 15 de mayo, 2009. <http://www.etymol.com/downloads/garrad_hassan_chilean_marine_energy_resources.pdf> [Consulta: 6 de Mayo 2018] 6.6

[20] Municipio de Vitacura *Diagnóstico energético en la comuna de Vitacura, estrategias y metas.* [En línea] 31 de enero, 2014. <http://www.minenergia.

cl/comunaenergetica/wp-content/uploads/2016/07/Informe-EEL_Vitacura.pdf> [Consulta: 2 de Junio 2018] 6.7

[21] Daniel Fajardo Cabello *Energía eolica pierde fuerza a manos de otras ERNC en Chile.* [En línea] 1 de Febrero, 2017. <https://www.pressreader.com/chile/pulso/20170201> [Consulta: 2 de Junio 2018] 3.2