



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA DE  
ELECTRIFICACIÓN RURAL CON APLICACIÓN EN CASOS DE ESTUDIO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL ELÉCTRICO

YERKO ÁNDRES MEZA CÁCERES

PROFESOR GUÍA:  
Andrés Caba Rutte

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
Augusto Lucero Alday  
Francisco Rivera Serrano

SANTIAGO DE CHILE  
2023

## DESARROLLO DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA DE ELECTRIFICACIÓN RURAL CON APLICACIÓN EN CASOS DE ESTUDIO

Los asentamientos humanos rurales se han dado a lo largo del tiempo en todo el mundo. En Chile, data de 1995 el Programa de asentamientos rurales en Chile, el cual demuestra el interés que levanta atender a las necesidades y calidad de vida de las personas que viven bajo el contexto de la ruralidad.

Cada uno de los desafíos a los cuales se enfrentan las personas que viven en la ruralidad es importante y complejo. Este trabajo de título atiende una de estas dificultades, la problemática de acceso a suministro eléctrico, lo que es conocido como electrificación rural (ER). Se estudia el acceso a ER por medio de las dos tecnologías líderes, correspondiendo a la extensión de la red y fotovoltaica.

El trabajo entrega una propuesta metodológica de electrificación rural, que es capaz de proporcionar alternativas de electrificación solar y una hoja de ruta para acceder a la extensión de la red.

Para conseguir este objetivo se definen los parámetros necesarios para iniciar proyectos de electrificación rural, luego se caracteriza la carga y las fuentes de generación. Al momento de dimensionar, por una parte, se dimensiona el uso de tecnología solar, para entregar alternativas de electrificación solar y un manual de operación de la instalación. Por otra parte, se diseña una hoja de ruta sobre como conseguir suministro por medio de la extensión de la red. Finalmente recopilando todo lo anterior se define y entregar la propuesta metodológica.

De esta forma se estructura la propuesta metodológica que cuenta con dos partes. La primera parte, se realiza por medio de dos encuestas que individualizan al mandante y la carga a abastecer. La segunda parte, entrega 3 reportes; el primero sobre la factibilidad solar y de extensión de la red. El segundo, en caso de que corresponda, alternativas de electrificación solar. El tercero es la hoja de ruta para conseguir acceso a suministro eléctrico por medio de la red.

Finalmente se realiza la aplicación de la propuesta en 3 casos de estudio. El primero, corresponde a una segunda vivienda con concentración de demanda en los fines de semana y bajo presupuesto de inversión, lo que complejiza la viabilidad económica de la opción solar. El segundo, corresponde a un spa con alta demanda a diario, se entregan alternativas híbridas, solar-generator de bencina y red-solar. El tercero, caso de estudio corresponde a una segunda residencia, con baja demanda, pero con algunas costumbres no alineadas al comportamiento solar, entregando alternativa solar y recomendaciones de uso.. Además, a cada caso se le entrega la hoja de ruta para conseguir suministro por medio de extensión de la red.

*Iré y haré*

# Agradecimientos

En primer lugar, dar gracias a Dios por permitirme y acompañarme hasta el lugar donde estoy hoy. Sin duda alguna agradecer a mi compañera, Camila, mi esposa. Gracias por acompañarme siempre, no tan solo en este periodo universitario, sino que desde el liceo siendo tan solo amigos. Agradezco que siempre se la jugó para estar junto a mí, por cada palabra y acción de apoyo en la vida, se que nos quedan muchas más para vivir, disfrutar, sufrir y gozar por la eternidad.

Agradecer a mis dos hijos, que ellos sin saberlo, fueron, son y serán un gran motor para seguir avanzando en esta vida. Mi Javi, que estuvo presente en gran parte de esta etapa y me permitió ordenarme, crecer y seguir adelante. Mi Nico, que llegó en esta etapa final, para dar los últimos impulsos y aumentar el sueño en esta etapa de cierre.

Agradecimientos enormes a mi familia que me acompañó desde que nací, mi mamá, mi papá, mi hermana, mi hermano, mi tata y mi mami, no recuerdo un momento de mi infancia sin que estuvieran presentes, agradecer cada esfuerzo y sacrificio que realizaron para que pudiese irme a Santiago a estudiar a la Universidad de Chile.

Agradecer a mi mamá por todo, por su apoyo y confianza en mí, a mi papá por siempre tener un sí a mis peticiones, a mi hermana y hermano por demostrar siempre su amor y apoyo en todas mis decisiones, a mi tata y mi mami por todo también, en especial por cada comida que me prepararon y comimos juntos o que en esos fin de semanas en Talca me preparaban para traer de vuelta a Santiago.

Agradecer a todos esos amigos y conocidos de la U con los que compartí. “Al grupito” que apañó a todas en plan común y a los k de eléctrica, los de mi generación y los más viejones. Muchos momentos gratos jugando a la pelota, su catan, los cachos, jueguitos del pc, poker, tenis, ping-pong, los brawlcitos, las tardes y noches de estudio.

Agradecer a los profesores que dictaban sus cursos con ánimo e incentivando el crecimiento y no tan solo dictarlos para hacer sufrir a los alumnos. Agradecer a Andres, por confiar en mí para desarrollar un tema nuevo y acompañarme como profesor guía durante todo el camino, al profesor Augusto, que desde que tomé tracción con él entregó confianza en mí, siendo su ayudante y ahora como miembro de mi comisión y al profesor Francisco, que desde el comienzo estuvo dispuesto a ser miembro de mi comisión y presidirla.

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	3
1.3. Supuestos y alcances . . . . .	4
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>5</b>
2.1. Electrificación rural . . . . .	5
2.1.1. Etapas . . . . .	5
2.1.1.1. Etapa 1: Elaboración de las capas base . . . . .	6
2.1.1.2. Etapa 2: Análisis de capas específicas . . . . .	6
2.1.1.3. Etapa 3: Levantamiento de información regional . . . . .	7
2.1.1.4. Etapa 4: Supuestos y criterios utilizados . . . . .	7
2.1.1.5. Etapa 5: Mapa base de viviendas sin acceso a energía eléctrica . . . . .	9
2.1.1.6. Etapa 6: Verificación de zonas sin energía eléctrica . . . . .	9
2.1.2. Resultados . . . . .	9
2.1.2.1. Viviendas sin acceso a suministro eléctrico . . . . .	9
2.1.2.2. Viviendas en sistemas eléctricos aislados y sistemas individuales de autogeneración . . . . .	11
2.2. Fuentes de energía . . . . .	12
2.2.1. Solar . . . . .	12
2.2.2. Eólica . . . . .	14
2.2.3. Hidráulica . . . . .	14
2.3. Equipos de generación solar . . . . .	16
2.4. Tipos de sistemas eléctricos . . . . .	16
2.4.1. Sistemas de distribución . . . . .	17
2.4.2. Sistemas medianos . . . . .	19
2.4.3. Sistemas aislados . . . . .	20
2.4.4. Microrredes . . . . .	20
2.4.5. Sistemas aislados de muy pequeña escala y residenciales . . . . .	21
2.5. Consideraciones de la electrificación rural . . . . .	22
2.6. Estado del arte . . . . .	25
<b>3. Metodología</b>	<b>28</b>
3.1. Presentación de la propuesta metodológica . . . . .	28
3.2. Pasos metodológicos . . . . .	29
3.2.1. Pasos previos . . . . .	29
3.2.1.1. Contextualización . . . . .	29

3.2.1.2.	Desafíos y posibles soluciones . . . . .	30
3.2.1.3.	Acotando el problema . . . . .	30
3.2.1.4.	Determinación y profundización en el nicho . . . . .	30
3.2.2.	Definición de inputs . . . . .	30
3.2.3.	Caracterización de la carga . . . . .	31
3.2.4.	Fuentes de generación . . . . .	32
3.2.5.	Dimensionamiento de la generación . . . . .	32
3.2.5.1.	Solar . . . . .	32
3.2.5.2.	Extensión de la red . . . . .	33
3.2.6.	Determinación de la propuesta metodológica . . . . .	33
3.2.7.	Formato entregables . . . . .	33
3.2.8.	Aplicación y análisis de la propuesta metodológica . . . . .	34
<b>4.</b>	<b>Resultados</b>	<b>35</b>
4.1.	Información de entrada . . . . .	35
4.2.	Caracterización de la demanda . . . . .	37
4.2.1.	Plantilla de electrodomésticos . . . . .	37
4.2.2.	Comportamiento de la carga . . . . .	39
4.2.2.1.	Perfiles . . . . .	40
4.2.2.2.	Encuesta básica . . . . .	42
4.2.2.3.	Encuesta full . . . . .	43
4.3.	Fuentes de Generación . . . . .	44
4.3.1.	Extensión de la red de distribución . . . . .	44
4.3.1.1.	Electrificación en caminos de bien nacional de uso público . . . . .	44
4.3.1.2.	Electrificación en caminos privados . . . . .	47
4.3.1.3.	Solicitud de empalmes . . . . .	48
4.3.2.	Energía solar . . . . .	52
4.4.	Dimensionamiento de la generación . . . . .	53
4.4.1.	Extensión de la red . . . . .	53
4.4.2.	Fotovoltaica . . . . .	55
4.5.	Recomendación solar . . . . .	57
4.5.1.	Recomendación 2 [kW] zona centro del país . . . . .	59
4.6.	Recomendaciones de extensión de la red . . . . .	60
4.7.	Propuesta metodológica . . . . .	67
4.7.1.	Encuesta de contextualización del proyecto . . . . .	67
4.7.2.	Encuesta de caracterización de la demanda . . . . .	67
4.7.3.	Entregable de acceso a la generación . . . . .	69
4.7.4.	Entregables de distintas tecnologías de electrificación . . . . .	69
4.7.4.1.	Solar . . . . .	69
4.7.4.2.	Extensión de la red . . . . .	69
4.8.	Factibilidad de extensión de la red . . . . .	70
4.9.	Hoja de ruta para extensión de la red . . . . .	70
4.9.1.	Extensión en caminos públicos de bien nacional . . . . .	70
4.9.2.	Extensión en caminos privados . . . . .	71
<b>5.</b>	<b>Aplicación y análisis</b>	<b>74</b>
5.1.	Caso de estudio 1 . . . . .	74

5.1.1.	Entregables . . . . .	81
5.1.1.1.	Factibilidad solar . . . . .	81
5.1.1.2.	Alternativa de electrificación solar . . . . .	83
5.2.	Caso de estudio 2 . . . . .	83
5.2.1.	Entregables . . . . .	87
5.2.1.1.	Factibilidad solar . . . . .	87
5.2.1.2.	Alternativa de electrificación solar . . . . .	89
5.3.	Caso de estudio 3 . . . . .	91
5.3.1.	Entregables . . . . .	93
5.3.1.1.	Factibilidad solar . . . . .	93
5.3.1.2.	Alternativa de electrificación solar . . . . .	95
5.3.1.3.	Manual de conciencia solar: Operación y uso adecuado de la instalación . . . . .	96
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y trabajo futuro</b>	<b>98</b>
6.1.	Conclusiones . . . . .	98
6.2.	Trabajo futuro . . . . .	100
	<b>Bibliografía</b>	<b>102</b>
	<b>Anexos</b>	<b>106</b>

# Índice de Tablas

2.1.	Viviendas sin acceso a suministro eléctrico por región [28]. . . . .	10
2.2.	Cantidad de viviendas en sistemas aislados por región y tipo de suministro [28].	11
2.3.	Cantidad de viviendas en sistemas individuales de autogeneración por región y tipo de suministro [28]. . . . .	12
2.4.	Sistemas medianos del sur de Chile y su capacidad [43]. . . . .	20
4.1.	Información de carácter deseable. Elaboración propia. . . . .	35
4.2.	Información de carácter obligatorio. . . . .	36
4.3.	Potencia promedio de los refrigeradores no frost más comunes. Elaboración propia.	38
4.4.	Potencia promedio de los electrodomésticos más comunes. Elaboración propia.	39
4.5.	Plazos de respuesta de la empresa distribuidora [60]. . . . .	46
4.6.	Cotas de costos para una instalación de 2 [kW] con compras a granel. . . . .	55
4.7.	Cotas de costos para una instalación de 2 [kW] con compras en formato pack. .	56
4.8.	Cotas de costos para una instalación de 3 [kW] con compras a granel. . . . .	56
4.9.	Cotas de costos para una instalación de 3 [kW] con compras en formato pack. .	56
4.10.	Cotas de costos para una instalación de 4 [kW] con compras a granel. . . . .	56
4.11.	Cotas de costos para una instalación de 5 [kW] con compras a granel. . . . .	57
4.12.	Cotas de costos para una instalación de 5 [kW] con compras en formato pack. .	57
5.1.	Costos por instalación fotovoltaica y generador bencinero. . . . .	86
5.2.	Costos por extensión de la red y paneles fotovoltaicos . . . . .	86
5.3.	Costos por instalación fotovoltaica y generador bencinero. . . . .	91
5.4.	Costos por extensión de la red y paneles fotovoltaicos . . . . .	91
5.5.	Minutos de uso de la bomba de agua según mes del año. . . . .	97
6.1.	Información demográfica y atmosférica de los puntos de radiación mostrados .	124
6.2.	Información acerca de la radiación de los puntos de estudiados. . . . .	125
6.1.	Información de la generación fotovoltaica emplazada en los puntos de estudio, con instalación de 2 [kW] de potencia. . . . .	142



# Índice de Ilustraciones

2.1.	Etapas para la elaboración del mapa de vulnerabilidad energética [28]. . . . .	5
2.2.	Viviendas sin acceso a suministro eléctrico [28]. . . . .	9
2.3.	Viviendas sin acceso a suministro eléctrico y viviendas con proyecto de ER [28].	10
2.4.	Distribución del espectro de radiación solar [30]. . . . .	13
2.5.	Curva de caudales clasificados [36]. . . . .	15
2.6.	Ejemplo de sistema radial [42]. . . . .	18
2.7.	Ejemplo de sistema en forma de anillo [42]. . . . .	19
2.8.	Ejemplo de sistema de malla [42]. . . . .	19
2.9.	Comparación de costos de diferentes opciones de electrificación [51]. . . . .	26
3.1.	Metodología de trabajo. . . . .	28
3.2.	Propuesta metodológica . . . . .	29
4.1.	Etapas de extensión de la red. Elaboración propia. . . . .	44
4.2.	Trabajos de responsabilidad del cliente previos a la solicitud de empalme [63].	50
4.3.	Encuesta de recopilación de datos. . . . .	67
4.4.	Encuesta caracterización de la demanda. . . . .	68
4.5.	Encuesta caracterización de la demanda 2. . . . .	68
4.6.	Hoja de ruta para extensión de la red. . . . .	70
5.1.	Radiación en el centro de la región de estudio. . . . .	81
5.2.	Generación con una instalación de 2 [kW] en el centro de la región de estudio.	82
5.3.	Radiación en el centro de la región de estudio. . . . .	88
5.4.	Generación con una instalación de 2 [kW] en el centro de la región de estudio.	88
5.5.	Radiación en el centro de la región de estudio. . . . .	94
5.6.	Generación con una instalación de 2 [kW] en la región de estudio. . . . .	94
6.1.	Radiación global horizontal de la región de Arica y Parinacota, en un punto céntrico del mapa. . . . .	107
6.2.	Radiación global horizontal de la región de Arica y Parinacota, en un punto cercano a la costa. . . . .	108
6.3.	Radiación global horizontal de la región de Tarapacá, en un punto céntrico del mapa. . . . .	108
6.4.	Radiación global horizontal de la región de Tarapacá, en un punto cercano a la costa. . . . .	109
6.5.	Radiación global horizontal de la región de Antofagasta, en un punto céntrico del mapa. . . . .	109
6.6.	Radiación global horizontal de la región de Antofagasta, en un punto cercano a la costa. . . . .	110
6.7.	Radiación global horizontal de la región de Atacama, en un punto céntrico del mapa. . . . .	110

6.8.	Radiación global horizontal de la región de Atacama, en un punto cercano a la costa. . . . .	111
6.9.	Radiación global horizontal de la región de Coquimbo, en un punto céntrico del mapa. . . . .	111
6.10.	Radiación global horizontal de la región de Coquimbo, en un punto cercano a la costa. . . . .	112
6.11.	Radiación global horizontal de la región de Valparaíso. . . . .	112
6.12.	Radiación global horizontal de la región de Valparaíso, en un punto cercano a la costa. . . . .	113
6.13.	Radiación global horizontal de la región Metropolitana, en un punto céntrico. . . . .	113
6.14.	Radiación global horizontal de la región Metropolitana, en un punto cordillerano. . . . .	114
6.15.	Radiación global horizontal de la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en un punto céntrico del mapa . . . . .	114
6.16.	Radiación global horizontal de la región de la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en un punto cercano a la costa . . . . .	115
6.17.	Radiación global horizontal de la región del Maule, en un punto céntrico del mapa. . . . .	115
6.18.	Radiación global horizontal de la región del Maule, en un punto cercano a la costa. . . . .	116
6.19.	Radiación global horizontal de la región de Ñuble, en un punto céntrico del mapa. . . . .	116
6.20.	Radiación global horizontal de la región de Ñuble, en un punto cercano a la costa. . . . .	117
6.21.	Radiación global horizontal de la región del Biobío, en un punto céntrico del mapa. . . . .	117
6.22.	Radiación global horizontal de la región del Biobío, en un punto cercano a la costa. . . . .	118
6.23.	Radiación global horizontal de la región de la Araucanía, en un punto céntrico del mapa. . . . .	118
6.24.	Radiación global horizontal de la región de la Araucanía, en un punto cercano a la costa. . . . .	119
6.25.	Radiación global horizontal de la región de Los Ríos, en un punto cercano a la costa. . . . .	119
6.26.	Radiación global horizontal de la región de Los Ríos, en un punto céntrico del mapa. . . . .	120
6.27.	Radiación global horizontal de la región de Los Lagos, en las cercanías de Osorno. . . . .	120
6.28.	Radiación global horizontal de la región de Los Lagos, en las cercanías de Puerto Montt. . . . .	121
6.29.	Radiación global horizontal de la región de Aysen del General Carlos Ibañez del Campo. . . . .	121
6.30.	Radiación global horizontal de la región de Magallanes, en las cercanías de Puerto Natales. . . . .	122
6.31.	Radiación global horizontal de la región de Magallanes, en un punto cercano a la costa. . . . .	122
6.1.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Arica y Parinacota, en un sector céntrico del mapa. . . . .	126
6.2.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Arica y Parinacota, en un sector cercano a la costa. . . . .	126
6.3.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Tarapacá, en un sector céntrico del mapa. . . . .	127
6.4.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Tarapacá, en un sector cercano a la costa. . . . .	127

6.5.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Antofagasta, en un sector céntrico del mapa. . . . .	128
6.6.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Antofagasta, en un sector cercano a la costa. . . . .	128
6.7.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Atacama, en un sector céntrico del mapa. . . . .	129
6.8.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Atacama, en un sector cercano a la costa.. . . .	129
6.9.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Coquimbo, en un sector céntrico del mapa. . . . .	130
6.10.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Coquimbo, en un sector cercano a la costa. . . . .	130
6.11.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Valparaíso, en un sector céntrico del mapa. . . . .	131
6.12.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Valparaíso, en un sector cercano a la costa. . . . .	131
6.13.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región Metropolitana, en un sector céntrico de la región. . . . .	132
6.14.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región Metropolitana, en un punto cordillerano. . . . .	132
6.15.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en un sector céntrico del mapa. . . . .	133
6.16.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en un sector cercano a la costa . . . . .	133
6.17.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Maule, en un sector céntrico del mapa. . . . .	134
6.18.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Maule, en un sector cercano a la costa. . . . .	134
6.19.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Ñuble, en un sector céntrico del mapa. . . . .	135
6.20.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Ñuble, en un sector cercano a la costa. . . . .	135
6.21.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Biobío, en un sector céntrico del mapa. . . . .	136
6.22.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Biobío, en un sector cercano a la costa. . . . .	136
6.23.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de la Araucanía, en un sector céntrico del mapa. . . . .	137
6.24.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de la Araucanía, en un sector cercano a la costa. . . . .	137
6.25.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Los Ríos, en un sector céntrico del mapa. . . . .	138
6.26.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Los Ríos, en un sector cercano a la costa. . . . .	138
6.27.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Los Lagos, en las cercanías de Osorno. . . . .	139

6.28.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Los Lagos, en las cercanías de Puerto Montt. . . . .	139
6.29.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Aysen del General Carlos Ibañez del Campo. . . . .	140
6.30.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Magallanes, en las cercanías de Puerto Natales. . . . .	140
6.31.	Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Magallanes, en un punto cercano a la costa. . . . .	141

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Contexto

Los asentamientos rurales en Chile existen en la historia de nuestro país, el programa de asentamientos rurales en Chile [1] data que al menos desde 1995, el estado chileno, a través del en ese entonces ministerio de vivienda y planificación de la ciudad, a prestado atención en la población que se ubica fuera del territorio urbano, buscando suplir las carencias y/o dificultades que presenta dicha población.

Durante los últimos años el uso de terrenos rurales se ha incrementado, existiendo asentamientos rurales lícitos e ilícitos. Esto se evidencia en noticias de diario, como la publicada por La Tercera [2] y en trabajos de investigación, como el realizado por J. Osandon [3], en los cuales se manifiesta el uso de terrenos rurales de forma ilícita, siendo estos conocidos como loteos brujos. Por otra parte, empresas como Vascón [4] y Loteos Chile [5] son muestra de una gran cantidad de empresas que ofrecen terrenos lícitos, en diferentes parcelaciones a lo largo del país.

Los problemas y desafíos que presenta la ruralidad en Chile atienden a múltiples disciplinas, dentro de las más destacadas, está lo relacionado al ámbito legal, el acceso a servicios básicos; como agua y luz, la accesibilidad física a los terrenos, las cercanías con establecimientos educacionales y de salud primara, entre otros.

Durante los últimos 2 años, diferentes entidades estatales han buscado mejorar y proponer soluciones para los desafíos existentes en estas comunidades rurales, siendo el ente principal, la subsecretaría de desarrollo regional y administrativo (SUBDERE). En 2020, con el objetivo de eliminar la categorización rural como concentrado y disperso, generan el documento “Asentamientos humanos rurales en Chile, clasificación comunal, Una aproximación desde el análisis espacial de concentración y dispersión de la población” [6]. En junio del 2021, elaboran el documento “apoyo a una descentralización efectiva” [7] el cual es un informe que entrega recomendaciones, marco legal, instrumentos de planificación y más, con el fin de mejorar la descentralización y en julio del mismo año, entregan el documento “Gestión del desarrollo rural con enfoque territorial” [8] que busca fortalecer las capacidades regionales en materias de desarrollo rural.

Cada uno de estos trabajos realizados por la SUBDERE, se alinean a un conjunto de testimonios recabados de personas con parcelas rurales, evidenciando que la accesibilidad a agua y luz es un desafío latente para personas con viviendas fuera del límite urbano.

Los dos principales desafíos son con respecto a suplir las necesidades básicas de las personas, como lo es el acceso a suministro de agua potable y suministro eléctrico.

Para atender la necesidad de acceso a suministro de agua potable, existen una serie de trabajos realizados por el Ministerio de obras públicas, en conjunto con la dirección general de aguas y dirección de obras hidráulicas: un ejemplo de eso son los estudios de sustentabilidad de asentamientos humanos rurales en Chile, Análisis desde los comités de agua potable rural, en las provincias de Petorca [9], Cuenca del Río Elqui y Río los Choros [10] y en la Cuenca del Aconcagua [11]. Estos estudios evidencian que existen diversos aspectos en los cuales se puede mejorar, estas aristas se alinean con las soluciones propuestas a realizar en el seminario de Tecnología e innovación para llevar agua y saneamiento a todos en América Latina y el Caribe [12], en donde se presentará el sistema Nautilus [13] y el software Baseform [14], para detección de fugas y/o fallas en los sistemas de distribución de agua.

El Sistema de naciones unidas, por medio de su grupo medio ambiental [15], recuerda que la escasez hídrica en Chile es un hecho, por lo que alternativas de acceso a agua potable desde otras fuentes toma importancia en el ámbito de acceso a agua potable. Iniciativas como las que trabaja la empresa Acciona [16] para potabilizar el agua, o las tomas de agua lluvias estudiadas por A. León, J. Córdoba y U. Carreño en su trabajo de revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos[17], o el trabajo de J. Martínez en el mejoramiento al sistema de recolección de aguas lluvias de Colombia [18] y el estudio de la viabilidad técnica para la recolección de aguas lluvias mediante la utilización de atrapanieblas en el municipio de Macanal, Colombia [19], demuestran otras opciones para acceder a agua potable.

Sin embargo, este trabajo se centra en el acceso a suministro eléctrico en Chile. El Ministerio de energía, bajo el contexto de la ruta de la luz [20], genera un mapa de vulnerabilidad energética, el cual tiene como objetivo conocer y dimensionar las brechas de acceso a electricidad en Chile, a fin de focalizar soluciones en zonas rezagadas y vulnerables energéticamente, que en su mayoría están localizadas en sectores rurales.

La electrificación rural (ER) ha estado en los planes estatales desde hace años, como se muestra en el Programa de electrificación rural [21], el ministerio del interior en conjunto con la comisión nacional de energía (CNE) y SUBDERE, desde 2005 presentan programas de ER. Luego en 2015, el ministerio de desarrollo social entrega una metodología de formulación y evaluación de proyectos de electrificación rural, metodología aún vigente en el sitio web del ministerio de energía.

Soluciones y herramientas para mejorar el acceso al suministro eléctrico son variadas. Dentro de las herramientas más destacadas de optimización económica encontramos RETScreen, iHOGA, Hybrid2 y HOMER [22] y dentro de las herramientas de estudios de factibilidad se puede contar con el explorador solar, explorador eólico, gogle earth, etc.

Tal y como las herramientas son variadas, el espectro de soluciones también es amplio. Se pueden encontrar soluciones individuales, con instalación de generación residencial, colectivas con implementación de sistemas híbridos o microrredes, las cuales tienen la posibilidad de un funcionamiento conectado a la red de distribución o de forma aislada, como señalan los documentos: Sistemas integrados de suministro eléctrico aislado y conectado a la red [23] y Microrredes y sistemas híbridos en zonas rurales, localidades aisladas y de frontera de país [24].

Dentro de las fuentes de generación para electrificar localidades rurales encontramos la energía Eólica, Solar, Mini-Hidro y Diesel. Siempre considerando las normas técnicas de instalación, como la norma fotovoltaica aislada [25], fotovoltaica conectada a la red [26], eólica [27], entre otras, cada una de estas corresponde a los manuales instructivos diseñados por el Ministerio de Energía y la Superintendencia de Energía y Combustibles.

Sin embargo, no existe un camino claro para conseguir acceso a suministro eléctrico, por este motivo el trabajo centra los esfuerzos en entregar diferentes alternativas de ER solar y una hoja de ruta para conseguir acceso a suministro eléctrico por medio de la extensión de la red.

## 1.2. Objetivos

Teniendo en cuenta la contextualización del problema y comprendiendo lo amplio, disperso y desinformado de este, se aborda la problemática de acceso a suministro eléctrico. De esta forma, comienzan a surgir documentos generales sobre que hacer en este tipo de proyectos, sin contar con una guía específica o bases claras sobre lo que deben realizar los interesados en acceder al suministro eléctrico en sectores rurales.

Por estos motivos, es que el trabajo de título tiene como objetivo general, entregar una propuesta metodológica de electrificación rural, que proporcione diferentes alternativas de electrificación solar y una hoja de ruta del acceso a la extensión de la red, en conjunto con la aplicación de la propuesta metodológica en casos de estudio.

En conjunto al objetivo general el trabajo de título cuenta con los siguientes objetivos específicos a desarrollar:

1. Estandarizar los datos de entrada para realizar proyectos de electrificación rural.
2. Caracterizar los consumos comunes a nivel residencial.
3. Conocer los ordenes de magnitud de los costos de la electrificación rural solar.
4. Identificar, comprender y explicar las diferencias entre electrificación por medio de extensión de red y solar.
5. Aplicar la propuesta metodológica en casos de estudio.

### 1.3. Supuestos y alcances

El trabajo de título, profundizará en la electrificación por medio de la extensión de la red y por medio de tecnología fotovoltaica, ya que son las dos opciones más utilizadas en el mundo y las más demandadas por los usuarios finales. Además, solo se dimensionará electrificación fotovoltaica de carácter permanente, debido a que se busca dar una solución de carácter permanente a la problemática.

Tecnologías eólicas e hidráulicas son desestimadas para el diseño de electrificación rural de este trabajo, sin embargo, por completitud se muestran las principales características de estas en el marco teórico.

La potencia de cada electrodoméstico queda definida por el promedio de consumo de 20 modelos del mercado. Algunos electrodomésticos cuentan con termo-reguladores y/o tecnología *inverter*, lo que implica que el consumo de estos no es lineal en función del tiempo, no obstante, el promedio asume un comportamiento lineal, debido a que modelar el consumo de estos aparatos, está fuera de los alcances de la memoria.

No está dentro de los alcances de la memoria estudiar los sistemas de falla, corrientes picos y/o vertimientos que se pueden ocasionar en las instalaciones fotovoltaicas recomendadas. Asumiendo que la electrónica de potencia involucrada en los inversores tienen la capacidad de entregar respuesta a este tipo de fenómenos.



# Capítulo 2

## Marco Teórico

### 2.1. Electrificación rural

Con el objetivo de visibilizar la problemática de los hogares sin acceso a suministro eléctrico en el país, el ministerio de energía crea el denominado mapa de vulnerabilidad energética [28], publicado el año 2019, el que es actualmente considerado, la mejor aproximación a la cantidad de viviendas que no cuentan con suministro eléctrico permanente en el país.

Sin embargo, el año 2020 ocurre un boom de ventas de parcelas y loteos a nivel nacional, por lo tanto, es probable que estos números se encuentren desactualizados, debido al aumento de migración hacia sectores rurales por medio de terrenos en loteos lícitos e ilícitos, y por nuevos proyectos de ER que se hayan construido desde la publicación del mapa a la fecha.

#### 2.1.1. Etapas

El mapa de vulnerabilidad energética [28], se realiza en 6 etapas como se observa en la figura 2.1 y consta de diversas fuentes de información y trabajo interdisciplinario para su ejecución.

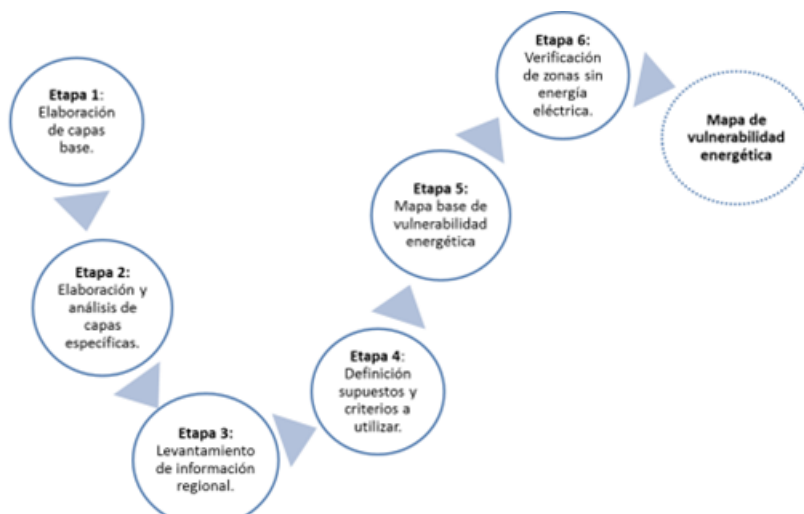


Figura 2.1: Etapas para la elaboración del mapa de vulnerabilidad energética [28].

### **2.1.1.1. Etapa 1: Elaboración de las capas base**

En primer lugar, las capas a utilizar son la de sistemas aislados de autogeneración, sistemas individuales y proyectos de electrificación rural. Para la creación de estas capas, sus características, ubicación y planes de ejecución se solicitó la información a las entidades pertinentes detalladas en el Anexo A.

Cabe mencionar que al respecto de los proyectos ejecutados en el periodo 2016-2018 solo se pudo ubicar geográficamente 32, correspondiente a un 28 % de ellos, debido a que no estaba clara toda la información referencial necesaria. En cuanto los proyectos en construcción se ubicaron geográficamente a 130, correspondiente al 62 % de ellos. Finalmente, al respecto de los próximos a ejecutar se ubicaron 39.

En segundo lugar, se desagregan las siguientes capas a nivel regional: redes de distribución, zonas de concesión, puntos de consumo, puntos de transformadores, redes viales y viviendas del Pre-Censo 2016 y cartografía del Censo 2017.

En tercer lugar, se elabora una capa base de análisis, con el fin de consolidar la información para estudios posteriores.

En particular, la capa de viviendas rurales del Pre-Censo 2016 se encuentra desagregada territorialmente hasta nivel comunal, teniendo información del uso o destino de la vivienda, cuya información fue intersectada con las de las concesiones de distribución y el instituto nacional de estadísticas (INE), para luego obtener la distancia de cada punto de vivienda al tramo de red de distribución más cercano.

### **2.1.1.2. Etapa 2: Análisis de capas específicas**

#### **Infraestructura eléctrica**

Se analiza la información de redes de distribución y puntos de consumo y redes viales según el Pre-Censo 2016. En diversas regiones se identificaron errores de desplazamiento entre 300 y 2000 metros de infraestructura, estos errores podían afectar a los criterios de definición de zonas sin acceso, por este motivo en la etapa 4 se realizan correcciones pertinentes.

Los puntos de consumo que representan los equipos compactos de medida y en varias ocasiones en una misma ubicación se registraban equipos correspondientes a unidades diferentes, ocurriendo lo mismo con los transformadores, dificultando de esta forma la estimación de puntos sin energía.

#### **Zonas de concesión de empresas de distribución**

Se analiza la cobertura de las zonas de concesión en comparación con la infraestructura eléctrica, así como su tramitación por parte de las empresas distribuidoras y cooperativas, con el fin de precisar los criterios a utilizar para la generación del mapa.

Parte de la infraestructura eléctrica no está dentro de una zona de concesión, esto debido a que la tramitación de las zonas de concesión no tiene relación directa con el reporte de infraestructura. Según esto, considerar la ubicación de viviendas dentro o fuera de la zona de concesión como indicador conduciría a errores importantes. Por lo tanto, se utilizaron las zonas de concesión a modo de análisis y no como criterio.

## **Sistemas aislados de generación eléctrica SS.AA**

Los SS.AA entregan suministro eléctrico a un conjunto concentrado de viviendas. En un comienzo se definen 118 polígonos de abastecimiento de los SSAA en base a la información con la que contaba el ministerio. Luego estas zonas se clasificaron de acceso permanente, con 24 horas de suministro y de acceso parcial en caso contrario. Al finalizar la construcción del mapa se actualiza esta información determinando 129 sistemas aislados.

## **Sistemas individuales de generación eléctrica**

Los sistemas individuales se ubican de manera dispersa y abasteciendo a una sola vivienda, generalmente por medio de sistemas fotovoltaicos.

Los sistemas fueron categorizados en función de su capacidad de suministro actual, dejando a las soluciones que entregan menos de 65 [KWh/mes] como de suministro parcial y en caso de que entreguen una cantidad igual o mayor como sistemas de suministro permanente. Esto según el estándar definido por el ministerio de Energía para la formulación de proyectos de autogeneración.

## **Proyectos de electrificación rural**

Las viviendas que se benefician de los proyectos financiados por el Estado mediante subsidios a la inversión a las empresas distribuidoras y cooperativas eléctricas fueron contrastadas con las capas de infraestructura de la Superintendencia de energía y combustibles (SEC). Dentro del total de proyectos ER construidos, la mayor parte no estaban incorporados en las capas de infraestructura, por lo que fueron considerados en el análisis posterior.

Cabe mencionar que esta información es muy dinámica, debido a que los proyectos cambian de estado constantemente a medida que obtienen financiamiento. En este caso se utilizó la información disponible a diciembre de 2018. Además, dado que no se contaba con la información geográfica para muchos proyectos, la cantidad de viviendas identificadas como “con proyecto” no reflejan la cantidad exacta de beneficiarios.

### **2.1.1.3. Etapa 3: Levantamiento de información regional**

A través de las secretarías regionales ministeriales de energía se recopiló la siguiente información existente en las distintas regiones:

- Catastros previos realizados por las SEREMI sobre las viviendas que no tendrían suministro
- Información entregada por municipios, gobiernos regionales e instituciones como FOSIS e INDAP
- Catastros realizados en el contexto de algún instrumento de planificación

A partir de estos antecedentes se genera una capa de información geográfica de cada región, caracterizándolos a partir del acceso o déficit a energía eléctrica.

### **2.1.1.4. Etapa 4: Supuestos y criterios utilizados**

#### **Supuestos**

- Información de la infraestructura eléctrica representa la realidad a junio 2018.

- Las viviendas rurales levantadas en el Pre-Censo 2016 son representativas del total de viviendas rurales del país.
- Viviendas fuera de zona de concesión, pero ubicadas en sectores con redes de baja tensión y puntos de consumo son consideradas con acceso a energía.
- Viviendas dentro de la zona de concesión pueden no contar con suministro eléctrico, debido a la ubicación geográfica de dichas viviendas.
- A mayor distancia de una vivienda respecto las redes de distribución, mayor probabilidad de no contar con energía.

### **Criterios base**

- Categoría de viviendas rurales: a fin de identificar las viviendas de uso permanente, se consideran sólo aquellas viviendas categorizadas como ocupadas en el Pre-Censo 2016. Del total de viviendas rurales consideradas en dicha capa, el 71,6 % está en esta categoría, excluyendo viviendas de temporada, desocupadas, colectivas y de otros usos.
- Distancia a las redes de distribución: Se identifican las viviendas a más de 300 metros de la red de distribución más cercana de media o baja tensión.

### **Criterios específicos**

Se analizan los puntos de viviendas rurales categorizándolos como *sin acceso* a energía eléctrica, siempre y cuando cumplieran que:

- Ubicación fuera de algún sistema aislado de generación y no coincidente con sistemas de autogeneración individual.
- Ubicación no coincidente con algún proyecto de electrificación previamente construido o en construcción o próximo a materializarse.
- Ubicación no coincidente con otras zonas de suministro eléctrico que no están identificadas en las capas de información de la SEC.

### **Correcciones**

Luego de aplicar los criterios base y específicos en cada región se utilizan las siguientes correcciones:

- Corrección en los desfase en la ubicación geográfica de la infraestructura eléctrica y viviendas, pues, en estos casos el criterio de distancia a las redes de distribución generó errores de identificación en viviendas sin energía.
- Se incorporan nuevos antecedentes al mapa, gracias a la información levantada por las SEREMI, por ejemplo, viviendas que no cuentan con suministro pese a estar a menos de 300 metros de la red más cercana.
- Se identifican casos particulares en donde la infraestructura eléctrica no entrega la información suficiente para filtrar, como parcelas de agrado o similares, en las cuales existen redes de propiedad de terceros que la distribuidora no está obligada a reportar.

### 2.1.1.5. Etapa 5: Mapa base de viviendas sin acceso a energía eléctrica

Definidos los supuestos y criterios a utilizar, estos fueron aplicados y se generó el mapa base de acceso a energía, identificando las viviendas que no tienen suministro por región y comuna, generando adicionalmente otras tres capas de información.

1. Viviendas sin acceso a suministro pero que son parte de algún proyecto de ER.
2. Viviendas con acceso a suministro a partir de un sistema aislado, pudiendo contar con energía de forma permanente o parcial.
3. Viviendas que tienen acceso a suministro a partir de autogeneración, pudiendo contar con energía de forma permanente o parcial.

### 2.1.1.6. Etapa 6: Verificación de zonas sin energía eléctrica

Identificadas las viviendas que no tendrían suministro, se realizó un trabajo con cada SEREMI de energía para verificar las viviendas. Además, se incorporó información sobre proyectos de ER, sistemas aislados e individuales de autogeneración, realizando nuevas correcciones al mapa.

## 2.1.2. Resultados

### 2.1.2.1. Viviendas sin acceso a suministro eléctrico

A partir de lo anterior se identifican 24.556 viviendas sin energía a nivel país, siendo la región de Los Lagos la con mayor déficit y la región de O'Higgins con menor. El número de viviendas equivale aproximadamente a 75.000 personas y representa el 0,4 % de la población a nivel nacional y un 3,5 % de la población rural, esta información se ve reflejada en la figura 2.2 y desagregada por región y porcentaje en función del total de casas y casas rurales en la tabla 2.1.

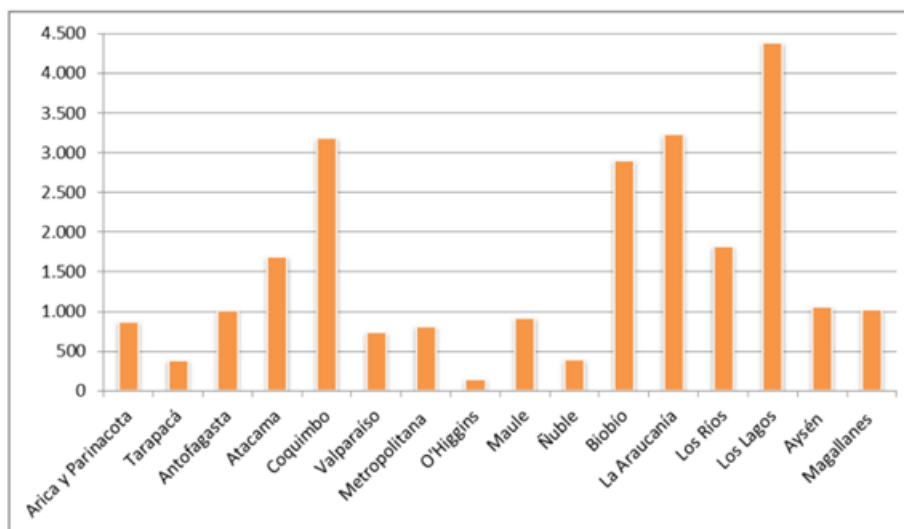


Figura 2.2: Viviendas sin acceso a suministro eléctrico [28].

Tabla 2.1: Viviendas sin acceso a suministro eléctrico por región [28].

Región	Viviendas sin energía	% sobre total de viviendas a nivel regional	% sobre total de viviendas rurales a nivel regional
Arica y Parinacota	873	1,3	15,2
Tarapacá	384	0,4	8,2
Antofagasta	1.016	0,6	21,8
Atacama	1.687	1,8	16,6
Coquimbo	3.181	1,3	6,3
Valparaíso	735	0,1	1,3
Metropolitana	814	0,0	1,0
O'Higgins	147	0,0	0,2
Maule	920	0,3	0,9
Ñuble	394	0,2	0,7
Biobío	2.901	0,6	4,7
La Araucanía	3.225	1,0	3,3
Los Ríos	1.819	1,4	4,6
Los Lagos	4.383	1,5	5,4
Aysén	1.058	2,7	11,8
Magallanes	1.019	1,8	26,8

Es importante mencionar que, del total de viviendas sin suministro, 6.637 cuentan con algún proyecto de ER en construcción o próximo a construir, lo que les permitirá contar con energía en el corto plazo, como se observa en la figura 2.3.

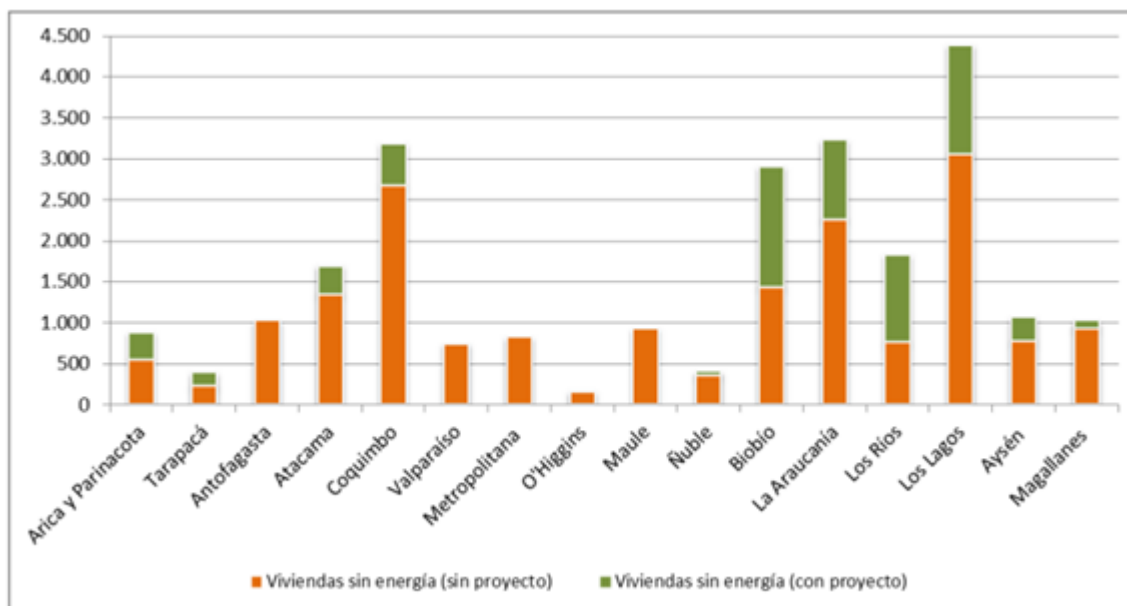


Figura 2.3: Viviendas sin acceso a suministro eléctrico y viviendas con proyecto de ER [28].

### 2.1.2.2. Viviendas en sistemas eléctricos aislados y sistemas individuales de autogeneración

En cuanto a las viviendas que se ubican en sistemas aislados, se identificaron 15.708, de las cuales 18,2% cuentan con suministro parcial. Siendo 129 sistemas, de los cuales 72 cuentan con suministro permanente y 57 con suministro parcial, el detalle se puede apreciar en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Cantidad de viviendas en sistemas aislados por región y tipo de suministro [28].

Región	Suministro parcial	Suministro permanente	Total
Arica y Parinacota	182	13	195
Tarapacá	1.224	33	1.257
Antofagasta	376	2.908	3.284
Atacama	0	5	5
Coquimbo	21	0	21
Valparaíso	0	2.930	2.930
Metropolitana	0	0	0
O'Higgins	0	0	0
Maule	0	14	14
Ñuble	0	0	0
Biobío	0	739	739
La Araucanía	0	0	0
Los Ríos	0	0	0
Los Lagos	676	3.128	3.804
Aysén	226	2.809	3.035
Magallanes	148	276	424

Con respecto a sistemas individuales de generación, se identifican 2.496 sistemas, con un 89% de estos con suministro parcial, los resultados por región se observan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Cantidad de viviendas en sistemas individuales de autogeneración por región y tipo de suministro [28].

Región	Suministro parcial	Suministro permanente	Total
Arica y Parinacota	0	0	0
Tarapacá	76	0	76
Antofagasta	0	0	0
Atacama	95	0	95
Coquimbo	1.739	0	1.739
Valparaíso	4	0	4
Metropolitana	0	0	0
O'Higgins	4	0	4
Maule	0	0	0
Ñuble	0	0	0
Biobío	0	103	103
La Araucanía	0	0	0
Los Ríos	0	114	114
Los Lagos	10	37	47
Aysén	305	9	314
Magallanes	0	0	0

## 2.2. Fuentes de energía

### 2.2.1. Solar

La documentación contenida en Atrapando el sol en los sistemas eléctricos de potencia [29], en conjunto con la tesis doctoral Modelo predictivo de radiación solar [30], coinciden en que el sol es una fuente de energía enorme y la forma en que entrega su energía a la tierra, es conocida como irradiancia, la cual corresponde a la densidad de potencia de radiación solar, teniendo la constante solar un valor de  $1,361 [kW/m^2]$ . La energía no se entrega de forma uniforme a lo largo de la tierra, es mayor en zonas tropicales y menor a medida que se acerca a los polos, siendo así, la ubicación geográfica un factor importante a considerar.

El libro Atrapando el Sol en los Sistemas Eléctricos de potencia [29], señala que la radiación solar comprende un gran espectro de longitudes de onda, variando desde el rango ultravioleta, pasando por la luz visible, hasta la radiación infrarroja. Cada longitud de onda posee una cantidad específica de energía, pero no toda esta energía traspasa la atmósfera. La luz visible comprende longitudes entre  $380 [nm]$  y  $780 [nm]$ , las longitudes por debajo de los  $380 [nm]$  conocidas como luz ultravioleta y las longitudes por sobre los  $780 [nm]$  corresponden a la luz infrarroja.

La radiación solar no traspasa por completo la atmósfera, debido a diversos fenómenos de



absorción y dispersión, lo cual se ve reflejado en la imagen 2.5. Una vez que la radiación traspasa la atmósfera, la radiación se descompone en 3:

- **Radiación Directa:** proveniente de los rayos que se reciben directamente del sol, es decir, por los rayos que no son dispersados por las componentes atmosféricas.
- **Radiación Difusa:** proveniente del cielo, es decir, por la reflexión de la radiación solar en nubes, partículas del aire, cerros, etc.
- **Radiación Global Horizontal:** proveniente del suelo, es decir, de la reflexión incidente de la radiación en el suelo, la cantidad depende de la naturaleza de la superficie.

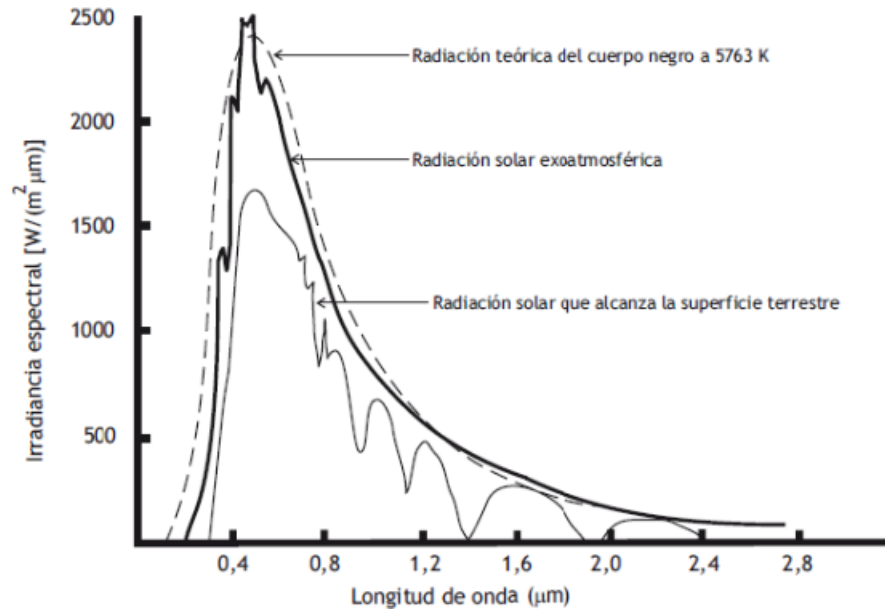


Figura 2.4: Distribución del espectro de radiación solar [30].

Como se mencionó, la producción fotovoltaica depende principalmente de la irradiancia, diversos autores, entre ellos W. Brokering y R. Palma [29], J. Antonanzas [31], D.W Van der Meer [32], destacan que este factor no es constante a lo largo del tiempo, por lo que la variabilidad e incertidumbre del recurso solar son un tema a tener en consideración. Las fluctuaciones; por una parte, son deterministas, siendo provocadas por los movimientos de la tierra con respecto al sol y por otra parte, son aleatorias, provocadas por el comportamiento estocástico de las nubes.

El libro *Atrapando el Sol en los Sistemas Eléctricos de potencia* [29], indica que el proceso de generación solar tiene diferentes tecnologías para dar uso de la radiación solar, existiendo centrales de concentración solar o por medio de celdas fotovoltaicas. Por una parte, las centrales termosolares, utilizan concentración solar, calentando diferentes fluidos, tales como agua, aceites o sales fundidas, de esta forma se produce vapor, el que se emplea como en la generación eléctrica convencional. Por otra parte, las centrales fotovoltaicas utilizan celdas fotovoltaicas con semiconductores que permiten el flujo de electrones, creando un potencial eléctrico entre ambas, que unidos a una serie de celdas permiten la generación eléctrica.

## 2.2.2. Eólica

La energía eólica se obtiene a partir del viento, más precisamente, de la energía cinética de las masas de aire, el aprovechamiento de esta energía cinética depende directamente de la velocidad del viento y la tecnología utilizada en los aerogeneradores.

La característica más importante del viento es la variabilidad. Desde una perspectiva general, el trabajo Análisis de restricciones de transmisión en la zona Sur de Chile [33], recuerda que esta variabilidad depende del clima en el cual este situado el parque eólico, también influye la disponibilidad del recurso en la zona, que principalmente depende de la latitud de la instalación y la cantidad de parque eólicos en las cercanías.

En particular, el documento Energías no convencionales: energía sustentables para Chile [34], comenta que dentro de una región específica existen otras variables que afectan en menor escala, tales como, la cercanía del mar, la extensión del terreno, el relieve de la zona, el tipo de vegetación, entre otras. Es decir, las características topográficas afectan la cantidad del viento en escala local. Además, en cuanto a las variaciones temporales de largo plazo, la intensidad del viento puede variar en escala de año o décadas, actualmente no existe gran precisión en este ámbito, sin embargo hay estudios que indican que la variación ronda el 10 %. Por otra parte, en el corto plazo con escalas de tiempo menores a un año, las variaciones son más predecibles, dependiendo de la localidad y los parámetros ya mencionados.

Todo lo señalado indica que es importante una correcta caracterización del recurso eólico para aprovechar de buena forma el parque eólico y proyectar la generación e inyección a la red eléctrica de forma confiable y segura.

D. Soler, en su memoria de grado [35], habla en cuanto al proceso de generación eólica. El cual comienza cuando los aerogeneradores se posicionan para aprovechar la energía del viento, el desplazamiento y velocidad de las masas de aire mueven las aspas del aerogenerador, de esta forma, la energía cinética se transforma en energía mecánica. La energía mecánica se transmite por medio de un eje de baja velocidad, llegando a la caja multiplicadora que eleva la velocidad de giro. De esta forma, la energía cinética del viento, se transforma en energía eléctrica, la que es conducida por la torre hasta su base, para seguir por la subestación y ser inyectada.

## 2.2.3. Hidráulica

A. Castro [36], en su manual explica que la energía hidráulica, conocida también como energía hidroeléctrica es otra fuente de energía renovable, la cual se basa en el principio de conservación de energía, aprovechando la energía potencial provocada por diferencias de altura en los cauces de agua, lo que se traduce en energía hidráulica que, al pasar por una turbina, esta activa el generador dando paso a la generación de energía eléctrica.

Un conjunto de publicaciones entorno a la energía hidroeléctrica, como la de A. Castro[36], J. Sanz [37] y P. Mentado [38], señalan que al igual que todas las tecnologías de generación, la generación hidráulica depende de diversos factores para determinar la energía a entregar.

Los principales factores que determinan la generación hidroeléctrica son la altura del salto de agua y el caudal. El salto de agua corresponde a la distancia vertical recorrida por una masa de agua, desde un nivel a otro. El caudal es el volumen de agua por unidad de tiempo que atraviesa una superficie, teniendo como unidad de medida  $[m^3/s]$ .

En cuanto al salto de agua, este debe ser el máximo permitido por la topografía del terreno, la canalización del agua hasta la turbina se hace generalmente por tuberías, las cuales producen pérdidas, que se traducen en un salto de agua menor. Por esto, se debe dimensionar el mayor salto de agua posibles y la disposición de tuberías que disminuya las pérdidas, considerando las variables de impacto ambiental y económicas, tal que no encarezca en demasía los precios de instalación.

El caudal generalmente sufre grandes variaciones estacionales y anuales, siendo importante considerar la hidrología del sector. Por este motivo, es importante disponer de un numero suficiente de datos, ya sea con datos teóricos o reales, para la obtención de una distribución estadística que permita la construcción de la *curva de caudales clasificados*.

La curva de caudales clasificados proporciona información gráfica sobre el volumen de agua existente, el volumen turbinado, el volumen vertido por servidumbre, mínimo técnico o caudal ecológico. Para elaborar esta curva representada en la figura ?? se necesitan diversos parámetros:

- $QM$ : caudal máximo alcanzado en el año.
- $Qm$ : caudal mínimo del año.
- $Qsr$ : Caudal de servidumbre que es necesario dejar en el río por su cause normal.
- $Qmt$ : Caudal mínimo técnico.

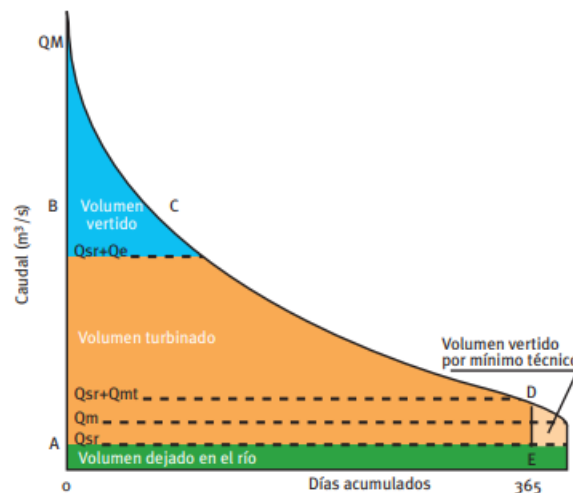


Figura 2.5: Curva de caudales clasificados [36].

En ocasiones no se escoge el caudal que proporciona la mayor generación, debido a que se

deben considerar múltiples factores, como la inversión, las instalaciones existentes, el impacto de las construcciones, etc.

La generación hidroeléctrica se utiliza por medio de centrales de embalse o de pasada. Las centrales de embalse tienen como principal característica la existencia de un embalse que almacena agua, lo que le permite regular el caudal de salida, permitiendo turbinar cuando se precise. Esta capacidad de regulación es utilizada para entregar la energía en los momentos de máxima demanda. Por otra parte, las centrales de pasada o de agua fluyente no cuentan con un embalse que permita la regulación del caudal, por lo tanto, el agua se debe turbinar a medida que circule el agua por esta. En caso de que la central se detenga, el agua sigue circulando, es decir la producción energética se pierde.

## 2.3. Equipos de generación solar

La generación solar necesita una serie de equipos para lograr convertir la energía solar en energía eléctrica, los principales son:

- **Inversor:** Equipo encargado de realizar la conversión de energía en corriente continua a energía en corriente alterna. Existen 3 tipos de inversores según el tipo de sistema al cual se conectan: autónomos, que trabajan aislados de la red; conectados a la red y/o bimodales, que pueden operar de ambas formas [29].
- **Panel solar:** Son los encargados de transformar la energía solar en energía química por medio del conjunto de celdas solares que lo componen. Las celdas solares pueden ser unidas por medio de conexiones en serie o paralelo, logrando capacidades desde los 50 [W], hasta por sobre los 435 [W] [29].
- **Baterías:** Equipo encargado de almacenar la energía que no consumida al instante. Las baterías utilizadas en sistemas fotovoltaicos utilizan almacenamiento electroquímico, siendo las más utilizadas las de plomo-ácido, níquel-metal, sodio azufre ión litio [29].
- **Regulador o controlador de carga:** Equipo encargado de gestionar y controlar los flujos de corrientes entre las baterías, paneles y cargas del sistema. Existen reguladores con y sin seguimiento de potencia máxima, en el caso de uno sin seguimiento, los paneles no necesariamente operan en máxima potencia, perdiendo parte de la energía en forma de calor. Los reguladores pueden ser equipos dependientes o integrados en los inversores del sistema [29].
- **Estructura para paneles solares:** Los paneles deben contar con un medio para acoplarse a los lugares a instalar, esta estructura es la encargada de fijar los paneles a un techo o para elevarlos del piso, manejando inclinaciones desde los 0° hasta los 60°.

## 2.4. Tipos de sistemas eléctricos

Dentro del contexto en el cual se desarrolla el trabajo de título, hablar de red se refiere a una red a nivel de cliente final, es decir, un sistema conectado a la red u on grid es sinónimo

de un sistema conectado a una red de distribución, que es parte del sistema eléctrico nacional. Entonces, al referirse a sistemas no conectados a la red u off grid, indica que dicho sistema no está conectado a una red de distribución convencional.

Entregada esta definición, dentro de los sistemas no conectados a la red, podemos encontrar los sistemas medianos al sur del país, sistemas aislados de diferentes tamaños, microrredes (MR) y sistemas residenciales, de los cuales se entregará más detalle en cada apartado a continuación.

### 2.4.1. Sistemas de distribución

El sistema eléctrico nacional cuenta con múltiples sistemas que interactúan entre sí, como lo son los sistemas de generación, transmisión, distribución entre otros.

El Trabajo acerca de distribución eléctrica [39], el informe de sistemas de distribución de energía eléctrica [40] y el informe de Distribución de energía eléctrica [41], definen un sistema de distribución de energía eléctrica como el conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y fiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de tensión, ubicados generalmente en diferentes lugares geográficos. La definición clásica de este tipo de sistemas incluye los siguientes aspectos:

- **Subestación principal de potencia:** Subestación (SE) que recibe la potencia del sistema de transmisión y la entrega al sistema de subtransmisión.
- **Sistema de subtransmisión:** Líneas que salen de la SE principal para alimentar la SE de distribución.
- **Subestación de distribución:** SE que recibe la potencia del sistema de subtransmisión y la entrega en la tensión indicada por los alimentadores primarios.
- **Alimentador primario:** Circuitos que salen de la SE de distribución y llevan el flujo de potencia hasta los transformadores de distribución.
- **Transformador de distribución:** Recibe la tensión del alimentador primario y la convierte a la tensión de uso domiciliario.
- **Red secundaria y servicios:** Distribuye la energía del secundario del transformador de distribución a los usuarios finales.

Además, J. Juárez [40] indica que dependiendo de las características de las cargas y los volúmenes de energía, la electrificación generalmente se divide en los siguientes tipos:

- **Sistemas de distribución industrial:** Pequeñas y grandes industrias con grandes volúmenes de consumo, generalmente pueden contratar el servicio en alta tensión y además puede suceder que suplan parte de su demanda con procesos propios.
- **Sistemas de distribución comercial:** Sistemas de energía que agrupan colectivamente complejos comerciales o municipales, edificios, etc. Generalmente la densidad de carga en estos casos es mayor y cuenta con requerimientos específicos según la naturaleza del sistema.

- **Sistemas de distribución residencial urbana:** Sistemas con gran consumo, pero baja densidad de carga, sistemas en los cuales es vital la adecuada selección de equipos.
- **Sistemas de distribución residencial rural:** Estos sistemas se encargan del suministro eléctrico en zonas de menor densidad de carga, lo que lo hace menos atractivo económicamente, requiriendo soluciones especiales en cuanto a equipos y tipos de red. En algunos casos no es justificado económicamente, pero si desde un punto de vista social.

Al hablar de los tipos de sistemas de distribución, los autores J. Juárez [40], Tesla [41] y F. Ventura [42], coinciden en que generalmente se encuentran 3, sistema radial, sistema anillo o sistema en malla.

- **Radial:** Sistema que cuenta con una trayectoria entre la fuente y la carga, cuenta solo con un camino sin regreso sobre el cual pasa la corriente. Este tipo de sistema se ve ilustrado en la figura 2.6
- **Anillo:** Sistema que cuenta con más de una trayectoria entre la fuente y la carga, partiendo en la subestación y realizando un ciclo *completo* por el área a abastecer, regresando al punto de inicio. Este tipo de sistema se ve ilustrado en la figura 2.7
- **Malla:** Sistema que provee mayor confiabilidad en el servicio, ya que se da alimentación por diversas trayectorias, teniendo así líneas de respaldo entre la fuente y la carga. Este tipo de sistema se ve ilustrado en la figura 2.8

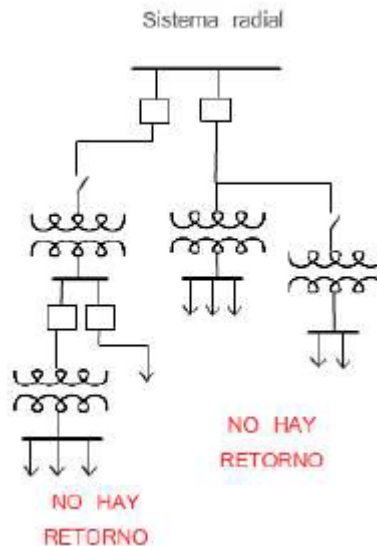


Figura 2.6: Ejemplo de sistema radial [42].

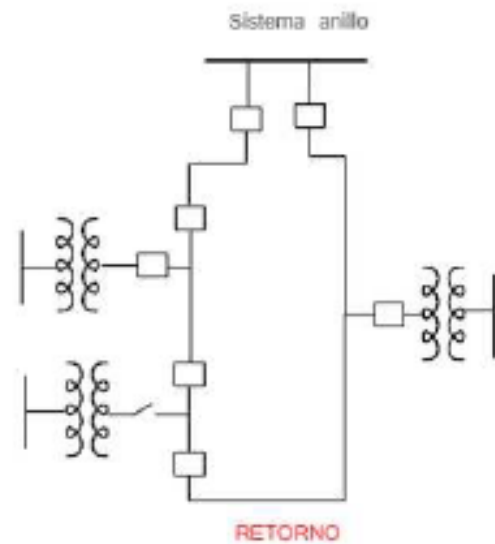


Figura 2.7: Ejemplo de sistema en forma de anillo [42].

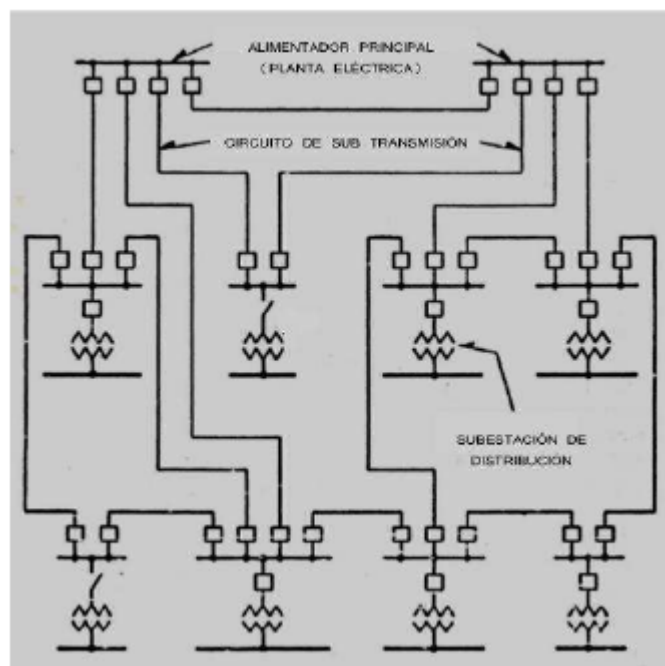


Figura 2.8: Ejemplo de sistema de malla [42].

### 2.4.2. Sistemas medianos

Al sur de Chile existen los denominados sistemas medianos (SSMM), que no están conectados entre sí, ni al sistema eléctrico nacional. Según P. Bobenrieth [43], los SSMM están definidos como aquellos con una capacidad instalada superior a 1.5 MW e inferior a los 200 MW.

P. Bobenrieth [43], indica que en Chile existen 9 SSMM, los cuales son: Cochamó, Hornopirén,

Palena, Aysén, General Carrera, Puerto Natales, Punta Arenas, Porvenir y Puerto Williams. Los cuales se encuentran agrupados en tres grandes sistemas sin interconexión entre sí, tal como se muestra en la tabla 2.4

Tabla 2.4: Sistemas medianos del sur de Chile y su capacidad [43].

Sistema		Capacidad total [MW]		Diesel [MW]	Hidráulica [MW]	Eólica [MW]	Gas natural [MW]
Aysen	Aysen	63,66	53.65	37.24	22.64	3.78	-
	Palena		6.37				
	General Carrera		3.64				
Los Lagos	Cochamó	7,52	3.00	6.75	0.77	-	-
	Hornopirén		4.52				
Magallanes	Puerto Natales	107,4	13.51	16.09	-	2.55	88.75
	Punta Arenas		83.46				
	Porvenir		8.05				
	Puerto Williams		2.38				

### 2.4.3. Sistemas aislados

Para muchos de los asentamientos rurales humanos que se han dado en Chile, se presenta como solución para contar con electricidad los sistemas aislados, los cuales cuentan con una capacidad inferior a 1.5 [MW] instalados, pudiendo contar con diferentes fuentes de generación, dentro de las cuales comúnmente, las más utilizadas son los generadores Diesel y últimamente se han incorporado tecnologías como lo son las renovables no convencionales (eólica y solar).

El estudio realizado por J. Osorio, indica que este tipo de sistemas pueden contar con administradores privados, comunitarios a pequeña escala y domiciliarios. Por ejemplo, en la región de Aysen se encuentra la empresa Edelaysen, parte del grupo de empresas Saesa que se encarga de algunos sistemas aislados del sector. Sin embargo, también existen sistemas comunitarios que cuentan con suministro permanente o parcial, como lo pueden ser el sistema de Guaitecas, el de Caleta Tortel, El de Puerto Gala, entre muchos otros.

### 2.4.4. Microrredes

Las publicaciones de J. Osorio [44] y el Grupo Novelec [45], definen una microred como un sistema eléctrico que generalmente se ubica a nivel de distribución, capaz de autogestionarse independientemente. Una MR puede estar o no conectado a una red de distribución de mayor envergadura, al estar conectada se denomina sistema on grid y al estar aislada, sistema off grid.

J. Osorio [44] menciona que usualmente las microrredes (MR) cuentan con generación distribuida a lo largo de la zona en la que se encuentran emplazadas, estos generadores distribuidos son unidades repartidas a lo largo de toda la red, con tamaños menores la generación centralizada; las tecnologías más utilizadas suelen ser la fotovoltaica, mini hidro, o eólica, pero poco a poco se han ido incorporando nuestras tecnologías, como sistemas de cogeneración. Generalmente, las MR buscan depender de energías más limpias, teniendo como característica ser



sustentables y sostenibles.

Por una parte, el Grupo Novelec [45] y V. Gonzales [46] indican que en el sistema on grid, la MR no tiene necesidad de baterías, ya que utiliza la red para abastecerse de energía cuando las unidades de generación propias de la MR no cuentan con la energía necesaria para suplir la demanda del periodo. Este sistema requiere de un medido bidireccional, para conocer la energía que la red aporta a la MR y en caso de suceder, conocer los excedentes entregados por la MR a la red.

Por otra parte, en el sistema off grid, el sistema de almacenamiento es una importante característica, ya que, en este caso, se busca autonomía, y las baterías son imprescindibles para el correcto funcionamiento de la MR. El almacenamiento tiene como objetivo mantener el balance entre demanda y generación en todo momento, y proveer al sistema en periodos donde la generación se ve afectada por diversos motivos, por ejemplo, en horas de la noche cuando disminuye la radiación solar.

El Grupo Novelec [45] habla acerca de la arquitectura de control con la que cuentan las MR, la cual puede ser centralizada, descentralizada o jerárquica. En el control centralizado, se gestiona toda la MR a partir de un monitorio centralizado, usualmente utilizado en MR pequeñas. En el control descentralizado se permite que los agentes tomen decisiones individuales, teniendo gran escalabilidad, pero un control complejo. Finalmente, el control jerárquico es un híbrido de los dos anteriores, y es el más utilizado en MR de mayor tamaño.

J. Osorio hace alusión a que el uso de MR es una solución viable para la electrificación en zonas aisladas e incluso extremas de cada región y/o país. En Chile, tenemos el caso de la MR de Huatacondo o de Ollagüe y a lo largo del mundo encontramos la MR en países como China, Canadá, Estados Unidos, Alemania, etc.

#### **2.4.5. Sistemas aislados de muy pequeña escala y residenciales**

Debido a las necesidades particulares de algunos casos, en sectores aislados de una red convencional, se utilizan sistemas de generación residencial o sistemas aislados de muy pequeña escala, abarcando tan solo un número reducido de cargas y hogares.

Este tipo de soluciones, cuando están conectadas a la red, no buscan satisfacer la necesidad de electrificación en el domicilio, sino que tienen como objetivo principal la reducción de costos por consumo eléctrico, la calefacción u otro fin diferente a la electrificación. Estos sistemas son conocidos como generación distribuida y normalmente la tecnología utilizada es fotovoltaica, con instalación en las techumbres de los hogares, aportando tan solo una parte de la demanda del hogar y viéndose regulados por la normativa net billing.

Cuando los sistemas residenciales tienen calidad de aislados, la finalidad es completamente diferente, presentándose como solución a la falta de suministro eléctrico del hogar en cuestión. Este tipo de sistemas generalmente cuenta con tecnologías fotovoltaicas, obteniendo así energizar la residencia, ya sea de forma intermitente o permanente.

G. Gomez [47] y K. Tapias [48], concuerdan en que las instalaciones eléctricas residenciales necesitan dos etapas:

1. **Primera etapa:** se refiere a la conexión desde el exterior de la vivienda, es decir la suministro de servicios eléctricos, en base a la generación residencial utilizada, hasta el tablero eléctrico principal
2. **Segunda etapa:** se refiere a la instalación eléctrica interna, en donde se instalan diferentes componentes eléctricos, como los tomacorriente, interruptores

## 2.5. Consideraciones de la electrificación rural

Una variedad de artículos científicos estudian opciones para electrificar fuera de la red: Nichos, narrativas y política nacional: Cómo India desarrolló energía solar fuera de la red para electrificación rural [49], Diseño óptimo de un sistema híbrido de energía renovable con red conexión y comparación de desempeños tecnoeconómicos con un sistema fuera de la red: un estudio de caso de China Occidental [50], Opciones de acceso a la electricidad de la red versus fuera de la red: una revisión de los impactos económicos y ambientales, Revisiones de energía renovable y sostenible [51], Optimización del diseño y la operación del sistema complementario hidro-fotovoltaico fuera de la red a nivel de la ciudad [52] y Generación de energía distribuida en los planes nacionales de electrificación rural: una evaluación internacional y comparativa [53], concuerdan en que la literatura indica que el método más común para electrificar las zonas rurales en el mundo, ha sido la expansión de la red principal, dejando como opciones secundarias y de menos ponderación otras alternativas de solución, entre ellas la generación distribuida, microrredes, sistemas aislados o sistemas mixtos.

El caso de estudio en China [50] y el estudio de la generación distribuida para electrificar ruralmente [53] destacan como la principal ventaja de la extensión de la red es el bajo costo de suministro y los altos niveles de potencia accesibles, una vez realizada la conexión, permitiendo entregar grandes cantidades de electricidad que permiten el funcionamiento de electrodomésticos de alta potencia (refrigeradores, secadoras, calefactores, etc). Además, esta solución permite la elección de proveedores minoristas de electricidad, lo que por medio de la competencia, permite una disminución en los precios que percibe el cliente final. Sin embargo, la extensión de la red necesita mucho tiempo destinado a la construcción de su infraestructura y considerando las distancias a recorrer, el suministro de electricidad puede no ser confiable en algunos lugares.

Pese a que la solución más utilizada para abordar la electrificación rural es la extensión de la red de distribución principal, las constantes disminuciones en los costos de energía solar fotovoltaica y equipos de almacenamiento, junto al crecimiento de redes aisladas y sistemas independientes, siguen posicionando como atractiva y de interés de estudio a este tipo de soluciones. Cabe mencionar que la energía solar no es la única que puede entregar respuestas viables en países en desarrollo, sino que tecnologías como la eólica, hidroeléctrica o biomasa son atractivas, tal como indica el *paper* Opciones de acceso a la electricidad de la red versus fuera de la red [51].

Entre las ventajas que destacan estas alternativas Nichos, narrativas y política nacional [49], Opciones de acceso a a la red versus fuera de la red [51] y Generación distribuida en los planes nacionales de electrificación [53] coinciden en que la más común y nombrada es con respecto

al desplazamiento de generación en base a combustibles fósiles y la disminución de liberación de gases de efectos invernadero, sin embargo, estas tecnologías requieren grandes inversiones de capital inicial y en muchos casos la energía se suministra de forma intermitente. Otros inconvenientes, son la capacidad limitada de suministro, en contraste con la extensión de red, menor calidad de energía, los requerimientos técnicos para operar y mantener los sistemas recaen en agentes locales, y en algunos casos, la oposición de la comunidad, ya que esta aspira a conectarse a la red y no pertenecer a un sistema aislado.

Otra consideración importante a tener en cuenta, es que en la actualidad se ha dejado de lado la métrica binaria para definir si una vivienda tiene o no acceso a la electricidad, creando una métrica más completa, en Chile con el mapa de vulnerabilidad energética [28] y de manera internacional en el documento Opciones de acceso a la electricidad de la red versus fuera de la red: una revisión de los impactos económicos y ambientales, Revisiones de energía renovable y sostenible [51]. Las cuales consideran la capacidad instalada, las horas de electricidad, la fiabilidad, la calidad, la asequibilidad, la legalidad, la salud, la naturaleza del suministro, etc. Lo que permite enriquecer las comparaciones y estudios realizados en las localidades en cuestión.

En cuanto a las herramientas de modelación existen diversas alternativas, dentro de las cuales se destacan HOMER, MESSAGE-Acces, PV-Sist, etc. Es importante notar que la mayoría de las herramientas de simulación optimizan solo la parte económica, no siendo suficientes para escoger un proyecto sobre otro. Con respecto a los criterios de decisión, generalmente en última instancia en la decisión de que proyecto se ejecuta, se opta por el de mínimo costo y menores requisitos de mantenimiento. Sin embargo, en los últimos años se han encontrado otros factores, que pese a ser menos importantes si han de tenerse en consideración, tales como, las condiciones sociales, económicas y culturales del país, consideraciones políticas, medioambientales, y muchas otras del contexto de la zona (infraestructura existente, recursos disponibles, etc) [51], [53].

La extensión de la red, la implementación de microrredes o sistemas aislados dependen de las características de la población de estudio. En muchas ocasiones, los proyectos de electrificación rural buscan abastecer a zonas remotas, ubicadas en terrenos complejos y con escasez de población, lo que juega en contra de la viabilidad económica de la extensión de la red, que depende de la distancia, la topología, la densidad de carga y la demanda eléctrica. Existiendo así una distancia máxima después de la cual los proyectos fuera de la red comienzan a ser más viables económicamente [50], [51], [53].

La métrica más común entre inversionistas y licitadores para la comparación de proyectos energéticos es la del costo normalizado de la energía (LCOE), que corresponde al precio final de la electricidad requerida para que el sistema alcance el punto de equilibrio de los costos totales del proyecto durante su vida útil. Existen otros métodos como el de coste de ciclo de vida (LCC) o análisis multicriterio, dentro de los cuales existen muchos subtipos, dependiendo de que factores y/o variables interiorizan [51].

Los costos de extensión de la red centralizada generalmente comprenden la extensión de las líneas de transmisión de alta tensión, las líneas de distribución de media y baja tensión, los transformadores, costos de conexión al hogar, costos medición y cableado. Toda la inversión

aumenta a medida que aumenta la distancia entre el centro de carga y el punto de red existente [51].

Los costos de generación fuera de la red están determinados por la tecnología, la disponibilidad de recursos y otros factores operativos. Para este tipo de sistemas se requieren costos adicionales para balancear el sistema, los componentes típicos de esta categoría son las baterías, controladores de carga, inversores, equipos de seguridad [51].

Las consideraciones ambientales también se toman en cuenta al momento de optar por uno u otro método de electrificación. Algunos estudios incluyen en los cálculos de emisiones en los respectivos LCC y/o LCOE, monetizándolas según su naturaleza y considerando todas las actividades del ciclo de vida del proyecto. Por otra parte, los métodos multicriterio pueden considerar otros factores medioambientales, como las emisiones, el ruido o la estética [49], [51].

Dentro de las herramientas de medición y análisis de las variables ambientales, las más conocidas son la evaluación de impacto ambiental (EIA) y la evaluación ambiental estratégica (EAE), mientras la EIA estudia un proyecto en específico, la EAE evalúa los impactos de una política o programa propuesto. Además, existen otros métodos, como el análisis de ciclo de vida (ACV), que tiene como objetivo comprender y evaluar el alcance y la importancia de los posibles impactos ambientales de un determinado producto [51].

También existen una serie de métricas e indicadores ambientales, tales como el potencial de calentamiento global, la demanda acumulada de energía, el requerimiento bruto de energía, el ratio de energía neta, el tiempo de recuperación de energía, entre otros [51].

Usualmente los estudios relacionados con el medio ambiente se concentran en torno a los gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, se deben considerar otros impactos de las tecnologías a utilizar, tales como el uso de agua, los cursos del agua, la huella de tierra, la biodiversidad, los residuos eléctricos, entre otras variables que a menudo se descuidan en este tipo de estudios [51].

Es importante tener consideraciones más allá de la viabilidad técnica, económica, ambiental y social. Es esencial la consideración de un modelo financiero adecuado para apoyar el funcionamiento continuo del sistema, permitiendo el acceso a financiamiento y subvenciones. Actualmente, el acceso a suministro eléctrico se comporta como un mercado competitivo, por este motivo las alternativas de electrificación fuera de la red cuentan con grandes niveles de incertidumbre, debido al temor de la llegada de la red a la zona y que estas opciones se vean desplazadas [51].

La literatura es enfática en cuanto a la importancia que los líderes políticos a nivel comunal, estatal y/o nacionales asuman el desafío de alcanzar los niveles de viviendas con acceso a suministro que busca el objetivo de desarrollo sostenible número 7. De esta forma es imprescindible que los entes estatales se interioricen y responsabilicen de la electrificación rural, permitiendo, incentivando, guiando la interacción entre los diversos actores en cuestión, tales como, privados, comunidades locales, organizaciones regionales, alcaldías, etc.

No todos los estudios hablan acerca de la importancia de las variables cualitativas para conocer el contexto del caso de estudio. El mapa de vulnerabilidad energética [28], Nichos, narrativas y política nacional [49] y Diseño óptimo de un sistema híbrido de energía renovable con red conexión y comparación de desempeños tecnoeconómicos con un sistema fuera de la red [50], destacan la importancia de no solo considerar los valores concretos que entregan los datos cuantitativos, por este motivo se hacen relevantes las visitas al terreno, el conocer la comunidad en la que se busca emplazar el proyecto, el capacitar a los beneficiarios, entre otras.

Existen muchos lugares en todo el mundo en los cuales se han realizado estudios para proyectos de electrificación rural, en donde se destaca que cada proyecto tiene diferentes características, por lo tanto, los estudios difieren, seleccionando diferentes tecnologías, diferentes impactos ambientales, diferentes recepciones por parte de la comunidad a beneficiar entre muchas otras diferencias. Esto demuestra que la electrificación rural es un desafío presente en todo el mundo y no tan solo en Chile.

## 2.6. Estado del arte

Siendo el objetivo principal del trabajo de título la entrega de una propuesta metodológica de electrificación rural, la génesis del trabajo viene de todos los desafíos, variables y contextos que supone la entrega de suministro eléctrico a las viviendas y localidades alejadas de la zona urbana. Por este motivo, en el estado del arte se estudia las propuestas, proyectos y estudios realizados en el último tiempo con el fin de entregar suministro a zonas rurales.

India ha estado a la vanguardia en cuanto a temas de electrificación rural, por este motivo S. Rajagopalan [49] se dedica a estudiar en profundidad lo sucedido en India, país que entre 2000 y 2016 logró proporcionar suministro a cerca 500 millones de personas en zonas rurales. Pese a que los esfuerzos a gran escala se centraron en la extensión de la red, simultáneamente a estos, se han visto grandes avances en el sector solar fuera de la red. La profundización en el estudio se hace mediante una perspectiva multinivel, la que determina 4 fases en el estudio histórico del proceso de electrificación en India, las cuales son:

- **Fase 1:** Experimentación y desarrollo de nichos, situado en la década de 1980.
- **Fase 2:** Crecimiento inicial y desarrollo de asociaciones público-privadas, situado en la década de 1990.
- **Fase 3:** Ampliación y expansión de la empresa privada, situado entre 2000 y 2015 aproximadamente.
- **Fase 4:** Reconsideraron en una era de electrificación universal, desde 2015 a la actualidad.

Además, [49] menciona que el uso de una perspectiva multinivel para analizar estudios relacionados al sector energético se ha desarrollado en diferentes países, como en Holanda, Reino Unido, Alemania y Canadá.

Los sistemas híbridos fuera de la red pueden ser y son una solución viable al problema de la electrificación rural, tal como [50] declara que en poblados de Pakistán, India, Irán y Tanzania, sistemas híbridos fuera de la red son una solución viable al problema de acceso a suministro. Estos sistemas híbridos pueden contar con diferentes tipos de tecnologías, como: solar, eólica, Diesel, biomasa, hidroeléctrica y/o baterías.

En base a lo anterior, el estudio profundiza en la posible implementación de un sistema híbrido con switch on/off grid en una aldea situada al oeste de China, para lo cual utiliza una serie de datos cuantitativos y cualitativos para cada una de las etapas que requiere un proyecto de electrificación rural de este tipo y envergadura.

Los proyectos y estudios de electrificación rural, involucran una serie de variables, [51] realiza un estudio acerca de muchas de estas variables involucradas considerando los proyectos de electrificación rural existentes en diversos lugares del mundo, tales como Nigeria, Etiopia, África Subsahariana, Kenia, Burkina Faso, Senegal, Liberia, Ghana, India, Perú, Asia, entre otros. Proporcionando consideraciones a tener en cuenta al respecto de los principales costos de las alternativas on y off grid, consideraciones ambientales, la importancia de variables cualitativas en este tipo de estudios, las herramientas de optimización más utilizadas, entre otras.

La figura 2.9 señala la comparación de los costos del método de electrificación a utilizar en diferentes casos de estudio, en donde se observa como en algunos casos la opción más económica es la extensión de la red. Sin embargo, en este mismo método, en otros casos de estudio se logra observar que los costos se mueven en un intervalo bastante extenso, en donde depende en que punto se encuentre, puede ser o no la opción más económica.

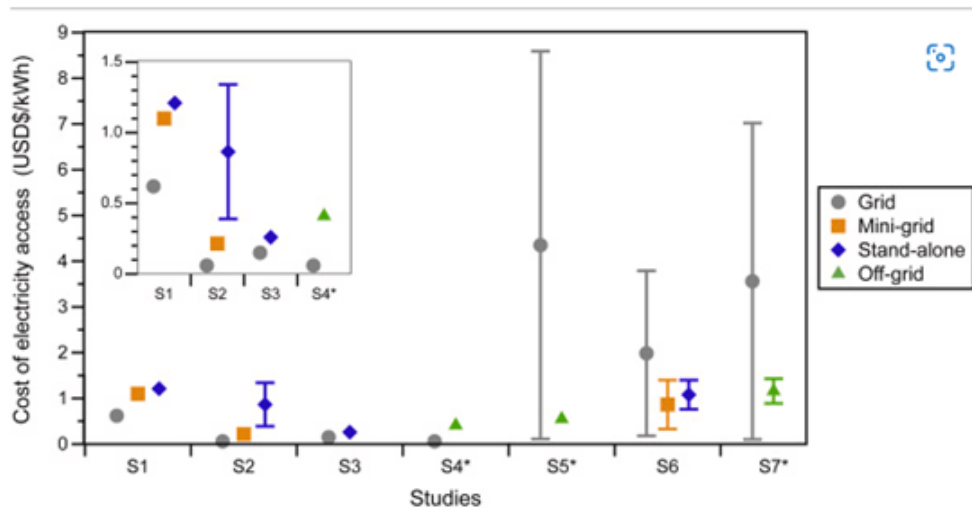


Figura 2.9: Comparación de costos de diferentes opciones de electrificación [51].

Así como [52] estudia el diseño y optimización de un sistema hidro-fotovoltaico fuera de la red, existe más literatura actual que profundiza en el diseño y optimización de sistemas híbridos fuera de la red, los cuales evidencian el porque este tipo de soluciones son viables técnica-

económicamente para satisfacer la demanda eléctrica de sectores que no están conectados a una red de distribución convencional.

El comparar y estudiar los avances en cuanto a electrificación de diversos países, permite identificar tendencias, de esta forma [53] investiga y compara los planes de electrificación rural de 20 países, Angola, Bangladesh, Burkina Faso, Chad, Congo RD, Etiopía, India, Kenia, Corea RPD, Madagascar, Malawi, Malí, Mozambique, Birmania, Níger, Nigeria, Sudán del Sur, Sudán, Tanzania y Uganda. Dentro de las principales observaciones de esta comparación, es que la mayoría de estos países centra los esfuerzos de electrificación en la extensión de la red, teniendo como consideración secundaria la generación distribuida o sistemas alternativos al uso de la red principal.

En Chile, es una realidad la existencia de viviendas sin acceso a suministro eléctrico, tal como se observó en el apartado de electrificación rural, el mapa de vulnerabilidad energética evidencia el estado de las viviendas sin acceso a electricidad y con acceso intermitente, por este motivo el estado de Chile ha buscado formas de financiamiento a este tipo de programas energéticos.[54] Es parte del programa de electrificación rural en Chile, en donde se menciona el rol participativo que busca cumplir las metas en torno a el acceso a suministro eléctrico en las viviendas a nivel nacional, mencionando diferentes formas de financiamiento y alternativas de electrificación.

Son diversos los proyectos de electrificación rural que se han realizado y que se buscan ejecutar en el país. Por ejemplo, [55] es un proyecto que benefició a 70 familias en la localidad de Victoria, región de la Araucanía, [56] y [57] son proyectos de la región de Coquimbo, [56] habla acerca de las 87 familias del valle de las camisas, de los sectores Cola de Pato, Colliguay, Peladero, El Arrayán y El Palquial que ya cuentan con suministro, [57] es un proyecto liderado por acciona, que buscará entregar electricidad de forma intermitente a 50 hogares en una caleta de pescadores de Maitencillo.

En los casos estudiados en [58] y [59] se señalan dos caras de la misma moneda, que en principio se podrían considerar opuestas, pero son posibles soluciones a un mismo problema, el de electrificación rural. Por un lado, [58] busca abastecer de energía eléctrica por medio de soluciones fotovoltaicas individuales, a familias de sectores rurales de Valdivia, las que no cuentan con acceso a energía eléctrica, por medio de redes de distribución convencionales. Por otro lado, [59] hace alusión a la electrificación en Cochamó, que pertenece a uno de los sistemas medianos en Chile, localidades que se abastecen de suministro con sistemas aislados a la red de distribución convencional.

# Capítulo 3

## Metodología

La figura 3.1, muestra los principales pasos metodológicos del trabajo de título, los cuales se deben ejecutar para conseguir entregar una propuesta de electrificación rural solar y una hoja de ruta para conseguir electrificación por red.

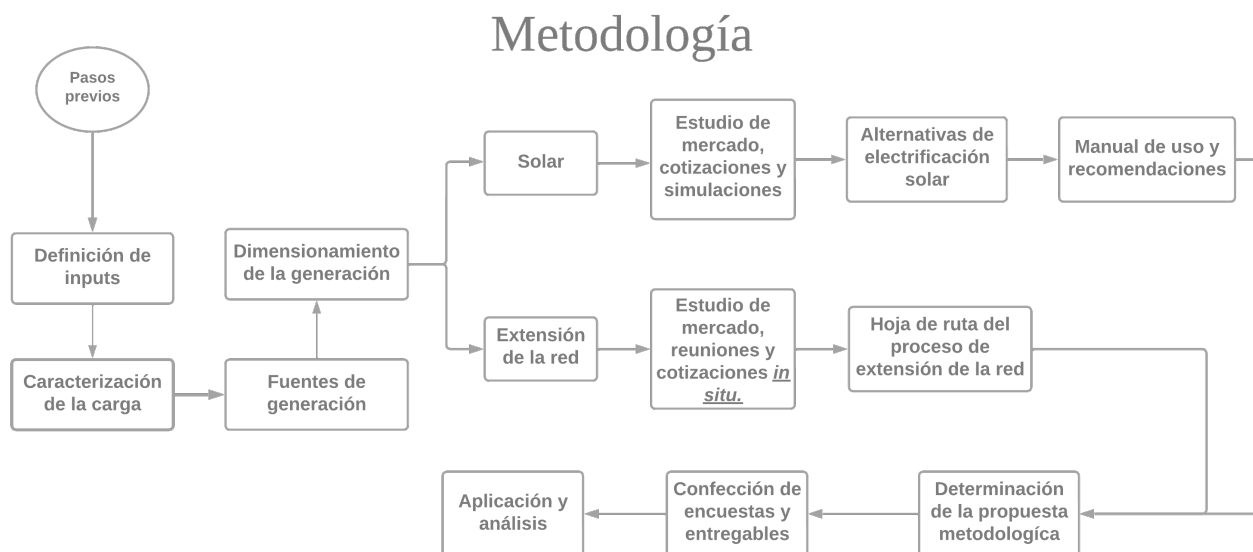


Figura 3.1: Metodología de trabajo.

### 3.1. Presentación de la propuesta metodológica

La propuesta metodológica ilustrada en la figura 3.2, será lo que el usuario final vea al momento de buscar alternativas de electrificación rural. La propuesta cuenta con 2 etapas, una de recopilación de datos y otra con los entregables que recibe el usuario, cada etapa cuenta con dos pasos principales para su ejecución.



## Propuesta Metodológica

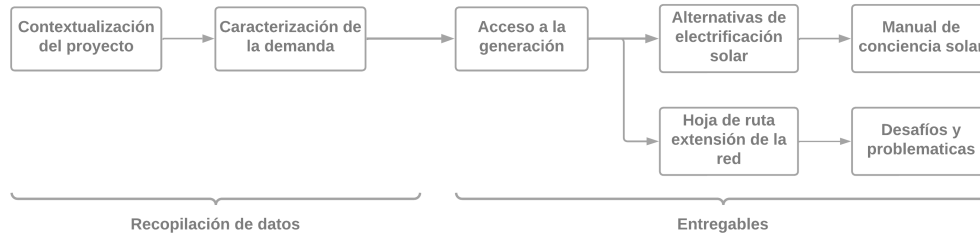


Figura 3.2: Propuesta metodológica

La primera etapa busca contextualizar el proyecto a ejecutar, se solicita una recopilación de datos por medio de dos encuestas. La primera recaba información preliminar importante para una correcta ejecución de un proyecto de electrificación rural, recopilando las principales características de la zona, habitacionales, climáticas, etc. La segunda permite caracterizar la demanda energética a abastecer.

La segunda etapa comienza a darle respuesta e información concreta acerca del proceso de electrificación rural por medio de las tecnologías de extensión de red y fotovoltaica. En primer lugar, se entrega un reporte de factibilidad, el cual para la electrificación fotovoltaica cuenta con los niveles de radiación de la región en cuestión, y la generación estimada anual con una instalación de 2 [kW]. Para la factibilidad de la extensión de la red, un reporte sobre las consideraciones a tener para la conexión a una red de distribución. En segundo lugar, en caso de ser pertinente, se entrega una o más alternativas de electrificación solar y un conjunto de recomendaciones para un uso adecuado del sistema fotovoltaico instalado. En cuanto a la extensión de la red, se entrega una hoja de ruta para conseguir suministro de esta forma y un reporte de los posibles desafíos o problemáticas con los que se puede encontrar en el proceso.

## 3.2. Pasos metodológicos

La figura 3.1, muestra la propuesta la metodología del trabajo de título que está por detrás para cumplir dichos propósitos. Pese a que el trabajo principal a desarrollar del trabajo es entorno a ER, para acotar el problema se realizó un gran levantamiento de información que encasilla el ovalo *pasos previos* que se detallan brevemente a continuación:

### 3.2.1. Pasos previos

#### 3.2.1.1. Contextualización

Al comenzar a desarrollar un trabajo de título en una nueva área y sin un tema específico a abordar, se tiene tan solo una idea general de en donde puede existir una problemática que requiere atención, por este motivo, el primer paso es contextualizar el espacio de trabajo y aterrizar las nociones que se tienen al respecto.

De esta forma, se comienza con un levantamiento de información sobre que se vive en los

asentamientos humanos rurales, recopilando información por medio de literatura, la cual se complementa con experiencias de personas que viven o conocen más de cerca esta realidad.

Lo anterior permite una buena contextualización al respecto de como se llega y porque se producen los asentamientos humanos rurales, comprendiendo además las problemáticas, desafíos y necesidades de quienes viven esta realidad.

### **3.2.1.2. Desafíos y posibles soluciones**

Al conocer acerca de los desafíos que se presentan en el área de estudio, estos se deben clasificar y ordenar según su naturaleza. En el caso de los asentamientos humanos rurales, los desafíos se clasifican en: acceso a suministro eléctrico, acceso a agua potable, acceso vial y problemas legales, donde cada uno de estos afecta a la calidad de vida de las personas.

Como aún no se tiene claridad al respecto de cual desafío enfrentar en el desarrollo de la memoria, se debe realizar un levantamiento de información en cuanto a posibles soluciones para los desafíos existentes identificados, permitiendo conocer de forma general las aristas a abordar y tener las bases necesarias para escoger en cual de ellas profundizar.

### **3.2.1.3. Acotando el problema**

Antes de comenzar el levantamiento de información de posibles soluciones, se tiene que realizar un primer filtro en cuanto a sobre que problemáticas se profundizará, debido a que la búsqueda de información útil sobre cada arista tiene un trabajo asociado. Por este motivo, en primera instancia se acota a los desafíos de acceso a luz y agua.

Obtenida la información de posibles soluciones con respecto al suministro de agua y luz, estas se analizan, estudian y visualizan como trabajo a desarrollar, decantando por continuar con los desafíos de acceso a suministro eléctrico en los sectores rurales del país.

### **3.2.1.4. Determinación y profundización en el nicho**

Con el problema acotado a este nivel se debe comenzar una profundización más exhaustiva en cuanto a la electrificación rural, ya que si bien se tiene definido el área en la que se va a desarrollar el trabajo de título, aún no se identifica realmente la magnitud de la problemática a abordar, ni la forma en la que se puede realizar.

Realizando el levantamiento de información se comienzan a comprender más a fondo las problemáticas y desafíos que se viven en torno a electrificación rural en el país y el mundo. Así comienza a tomar forma la propuesta de trabajo, teniendo como objetivo principal la elaboración de una propuesta metodológica de electrificación rural.

## **3.2.2. Definición de inputs**

Esta etapa debe identificar el sector a electrificar, para esto se debe realizar una revisión de literatura de proyectos y metodologías, para conseguir definir una plantilla y/o encuesta que recopile los datos necesarios a solicitar al mandante, para individualizar el proyecto a

abordar.

Al revisar la literatura, se debe enlistar todos los requisitos que figuren en cada documento, para posteriormente compararlos y realizar un primer filtro; con el objetivo de quitar los repetidos y/o similares. Una vez realizado el primer filtro, se realiza uno segundo, separando la información por categoría, esto con el propósito de solicitar la información de forma más ordenada. Finalmente el tercer filtro es separar la información entre: información crítica, la cual debe ser respondida de forma obligatoria; información deseable, la cual agregaría valor a la realización del proyecto; e información extraíble, la cual se puede obtener por medio de las respuestas obligatorias que proporciona el mandante.

### **3.2.3. Caracterización de la carga**

El siguiente paso debe caracterizar los niveles de potencia y energía a suministrar. Para esto se debe confeccionar una planilla que cuente con los niveles de potencia de los electrodomésticos más utilizados y enlazar con una encuesta de uso por parte del mandante, para así dimensionar los niveles de potencia y energía requeridos.

Para la confección de la planilla, por cada electrodoméstico se buscará un número representativo del mismo electrodoméstico, variando marca, modelo y potencia. Entonces, el valor de potencia que identificará a cada electrodoméstico, corresponderá al promedio de una serie de electrodomésticos del mercado. Cabe mencionar que si la potencia de alguna marca/modelo varía demasiado en comparación con la mayoría de los modelos, el modelo en cuestión no será considerado en la estadística.

Una vez confeccionada la planilla, se debe caracterizar la magnitud de energía requerida por cada artefacto, es decir, cuantificar el tiempo de uso de cada electrodoméstico, por lo que dependiendo del uso que se le de, influenciará en los niveles de consumo del hogar. Con este fin en mente, se debe generar una encuesta que recopile dicha información, la que consistirá en realizar la consulta de si se cuenta con tal electrodoméstico, la cantidad de horas que se usa diariamente y los días a la semana que se suelen usar, definiendo el consumo mensual y diario promedio de la residencia.

Paralelamente a la entrega de la plantilla, se generarán perfiles estandarizados de consumo extremo, por ejemplo; perfil ahorrador: familia prudente al respecto del uso de electrodomésticos, buscando un consumo moderado de energía y preocupados por el uso de la misma, este perfil consume "X"[kWh] al mes. Perfil derrochador: familia despreocupada por el consumo de energía, privilegiando el confort por sobre el consumo energético, este perfil consume "kX"[kWh] al mes.

A propósito del comportamiento de la carga, se debe buscar una forma de identificar dicho comportamiento en función del tiempo, considerando un intervalo de 24 horas, el que represente el comportamiento diario de la residencia, para este fin se realizan simulaciones con un uso ordinario de los electrodomésticos a abastecer.

Es claro considerar que existirán diversos comportamientos de la demanda por cada mandante y como el trabajo de título busca entregar una propuesta metodológica general, es que se usa

un consumo ordinario. Quedando como trabajo futuro el incorporar instrumentos de estudio del comportamiento residencial por medio de encuestas o perfiles estocásticos.

### **3.2.4. Fuentes de generación**

Este paso se centrará en las opciones de electrificar por medio de generación solar en conjunto de baterías y paralelamente extensión de red, debido a que tal y como se evidencio en el capitulo del marco teórico son las alternativas más utilizadas y viables bajo el contexto de electrificación rural. Quedando como trabajo futuro la incorporación de otro tipo de tecnologías.

Para contar con las consideraciones de factibilidad que requiere la electrificación solar, se confecciona una guía de los perfiles de radiación y generación solar con 2 [kW] de potencia instalada con dos puntos en cada región del país.

Dado el contexto en el que se desarrolla la memoria, se considera como otra fuente de generación la opción de electrificar por medio de una red de distribución convencional. Por lo tanto, se debe buscar todas las fuentes de información disponibles; norma técnica, videollamada con la superintendencia de energía y combustibles, experiencias de parceleros, reuniones con CGE, etc.

### **3.2.5. Dimensionamiento de la generación**

#### **3.2.5.1. Solar**

En cuanto a la generación fotovoltaica, Se realiza un estudio de mercado para dimensionar instalaciones de 2 [kW], 3[kW], 4[kW] y 5[kW], para dar respuesta a las posibles demandas del cliente.

Debido a que la radiación a lo largo de país es distinta, se separa por regiones, formando 4 zonas con radiación similar, las cuales son norte, centro, centro sur y sur, de esta forma, cada una de estas zonas cuenta con alternativas de 2, 3, 4 y 5 [kW] para poder dar respuesta a los requerimientos energéticos.

Cada alternativa estará acompañada de diferentes alternativas de costos en insumos eléctricos, sin considerar costos instalación ni envío. Además, este tipo de tecnología requiere un comportamiento distinto al requerido por recibir energía de una red convencional, por lo tanto, se entrega un manual de *conciencia solar*, que enlista los electrodomésticos que se pueden utilizar a diario y recomendaciones de operación para la alternativa sugerida.

Para definir que electrodomésticos se pueden utilizar y por cuantas horas, se realizan simulaciones usando la caracterización de la demanda previamente realizada y un uso ordinario de los electrodomésticos.

Dentro de la o las alternativas solares que se recomienden, cada una interiorizará una serie de criterios sobre porque se recomienda esta alternativa, criterios que se transparentan al usuario final, para que tenga una noción general sobre el equipamiento sugerido.

### **3.2.5.2. Extensión de la red**

En cuanto a la expansión de la red, si el solicitante se encuentra en caminos de bien nacional de uso público, la empresa de distribución que cuente con concesión en la zona, tiene la obligación de electrificar la vivienda, asumiendo todos los costos asociados a obras adicionales en la red para satisfacer el nuevo consumo, tal como indica la Norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución [60], a excepción del costo de empalme, el que debe cancelar cada mandante. Para aterrizar dicho costo, se buscará cotizar una construcción real de un empalme con diferentes empresas del sector.

Sin embargo, muchos requirentes están en caminos privados, como sucede en loteos de auto-construcción o similares, en donde deben buscar un tercero que ejecute el proyecto, permitiendo llegar a las líneas de distribución en caminos públicos. Cabe mencionar que la ejecución de los proyectos de electrificación rural en caminos privados muestran total dependencia al caso de estudio, debido a que depende de diversos parámetros que son considerablemente variables según sea el caso, tales como, ramificación y forma de los caminos, relieve de la zona, cantidad de árboles, cantidad de parceleros, distribución de los loteos, cercanía a camino de bien nacional de uso público, etc.

Para conocer los ordenes de magnitud de los costos de la extensión de la red, se buscará información en la web, se realizarán cotizaciones *in situ* para aterrizar los costos asociados, se coordinarán reuniones con la distribuidora concesionaria de la región del Maule, se realizarán video-llamadas con la SEC y se tomará contacto con toda persona que pueda entregar información relevante al respecto.

### **3.2.6. Determinación de la propuesta metodológica**

Finalizadas las etapas previas, se debe unificar y sintetizar la información en un entregable mayor, correspondiente a la propuesta metodológica. Se busca la forma en que la recepción y entrega de información hacia el mandante sea lo más sencilla posible, entregando información entendible para todo usuario.

La propuesta metodológica debe contar con dos partes. La primera, es de recopilación de información, en donde se deben confeccionar una o más encuestas para individualizar al mandante, al proyecto, a la residencia y la carga a abastecer. La segunda, debe entregar información suficiente al mandante para comprender la factibilidad solar y de extensión de la red que tiene, en conjunto con alternativas de electrificación solar de ser posible y una serie de pasos a seguir para conseguir suministro por medio de extensión de la red.

### **3.2.7. Formato entregables**

Se debe establecer un formato claro y conciso acerca de cada paso de la propuesta metodológica, ya que esta información debe ser entendida, procesada, recepcionada y respondida por personas que no necesariamente cuenten con grandes conocimientos del sector energético, personas que buscan tener solución al problema de acceso a suministro eléctrico.

El primer paso es una encuesta de recopilación de datos, la cual debe ser contestada por parte del mandante, en caso de que este no tenga las habilidades tecnológicas necesarias, esta puede ser completada vía telefónica.

El segundo paso también corresponde a una encuesta para caracterizar la demanda y conocer las preferencias de electrodomésticos del usuario.

El tercer paso corresponde a un entregable de los perfiles de generación disponibles. En cuanto al solar; se entrega el perfil de generación con una instalación de 2 [kW] con comentarios explicativos al respecto. En cuanto a la extensión de la red, se entrega un reporte sobre que hacer para conseguir electrificación por este medio.

El cuarto paso también corresponde a un reporte, acerca de los posibles costos de ambas alternativas. Para la generación solar, en caso de alinearse con la apreciación de pago, se entrega una o más recomendaciones de proyecto, explicando el porque y las consideraciones a tener de cada una. Para la extensión de la red se entrega una hoja de ruta acompañada de una serie de posibles complicaciones y desafíos del proceso.

### **3.2.8. Aplicación y análisis de la propuesta metodológica**

La propuesta metodológica será aplicada en 3 casos de estudios, su funcionamiento será aplicado en casos reales, por lo tanto se buscan 3 parceleros con interés en conseguir electrificación rural y participar del proceso.

Los primeros dos casos de estudio corresponden 2 residencias pertenecientes al loteo *Hacienda San Francisco*, en la región del Maule y el tercer caso de estudio es en una parcela del loteo *Valles de Litueche*, en la región del Libertador Bernardo O'higgins.

Luego de aplicar cada caso de estudio, se iterará en los entregables de la propuesta metodológica, considerando los comentarios y recomendaciones entregados por cada mandante.

# Capítulo 4

## Resultados

### 4.1. Información de entrada

La caracterización de datos necesarios para comenzar proyectos de electrificación se divide en 10 categorías, las cuales son:

- Características de la zona.
- Características de la infraestructura pública.
- Características habitacionales.
- Características climáticas.
- Características de la carga a abastecer.
- Antecedentes de la fuente solar.
- Antecedentes legales y reglamentarios.
- Antecedentes socio-culturales.
- Antecedentes económicos - financieros.
- Antecedentes de los establecimientos cercanos.

Además, según su naturaleza de importancia se dividen en 2: la tabla 4.2 muestra la información de carácter obligatorio y la tabla 4.1 señala la información deseable, que al contar con ella enriquecería la caracterización inicial del proyecto.

Tabla 4.1: Información de carácter deseable. Elaboración propia.

Información deseable	
<b>Caracterización de la carga</b>	<b>Establecimientos (ubicación, capacidad, superficie)</b>
Formulario de larga extensión	Centros de salud
<b>Características habitacionales</b>	Retenes
Croquis de emplazamiento	Centros comunitarios
Densidad de población	Instituciones de carácter religioso
<b>Antecedentes socio - culturales</b>	Mercados
Descripción de las instituciones activas de las cercanías	Supermercados
<b>Antecedentes económico - financieros</b>	<b>Características infraestructura pública</b>
Principales actividades económicas de la localidad	Vías de comunicación
Actividades con problemas de productividad vinculados a la energía	Servicios públicos cercanos
<b>Establecimientos (ubic, cap, sup)</b>	Equipamiento de la localidad
Escuelas	Calidad de señal telefónica

Tabla 4.2: Información de carácter obligatorio.

<b>Información Obligatoria</b>	
<b>Caraterización de la carga</b>	<b>Características habitacionales</b>
Encasillamiento en un perfil de consumo	Materialidad de la vivienda
Formulario básico	Tipo de residencia
<b>Características de la zona</b>	Número de viviendas
Nombre de la localidad	<b>Antecedentes socio - culturales</b>
Comuna	Descripción de la vecindad demográfica
Provincia	<b>Antecedentes económico - financieros</b>
Región	Apreciación de la capacidad de financiamiento
Latitud	Apreciación para el pago tarifario del servicio
Longitud	<b>Características infraestructura pública</b>
Altura sobre el nivel del mar	Descripción de caminos principales
Superficie [m <sup>2</sup> ] casa/terreno	Líneas cercanas
Distancia a camino pavimentado	Infraestructura de agua potable
Ubicación relativa del proyecto en la localidad	Alumbrado público
Facilidad de acceso	<b>Características climáticas</b>
Calidad de caminos al interior de la localidad	Hidrología (fluvial)
<b>Características habitacionales</b>	Hidrología (pluvial)
Número de habitaciones	Tipo de clima
Número de habitantes	Nubosidad
Ocupación de habitantes	

La información solicitada en la tabla 4.2 es utilizada de distintas formas en la propuesta metodológica, la sección de caracterización de la carga es utilizada para dimensionar la demanda a abastecer, las características de la zona son para conocer el espacio demográfico en el que se va a emplazar el proyecto y por ende conocer la radiación de la zona y la infraestructura de distribución y conectividad vial cercana.

Las características habitacionales son para conocer las características principales de los habitantes y la residencia en sí, lo que permite realizar un análisis de sí la demanda esperada según la caracterización de la demanda es o no congruente con esta información. Los antecedentes socio-culturales permiten conocer de forma general el entorno en el cual se encuentra la residencia.

Los antecedentes económico-financieros, permiten a la propuesta metodológica entregar una solución solar viable económicamente, mientras que las características de la infraestructura pública permiten conocer las líneas de tensión cercanas para conocer la viabilidad de extensión de la red y la infraestructura de agua potable, permite precisas la necesidad de bombas de agua. Finalmente las características climáticas permiten una aproximación cualitativa de los niveles de lluvia y nubosidad en la zona, que pueden ser considerados para la generación solar simulada.



## 4.2. Caracterización de la demanda

### 4.2.1. Plantilla de electrodomésticos

Las tablas 4.3 y 4.4 muestra en su primera columna, el electrodoméstico en cuestión, la segunda columna " $n$ " señala la cantidad de electrodomésticos consultados para obtener el promedio a utilizar, la columna *Capacidad* señala si el electrodoméstico tiene diferencias de potencia según su capacidad, o si se es estándar. La última columna es con respecto a la unidad de medida de potencia, para la tabla 4.3 está en [Wh/mes] y para la tabla 4.4 está en [W], mostrando el valor promediado obtenido.

Es importante mencionar que existen algunas particularidades en la obtención de la tabla 4.4. En cuanto al consumo del computador y el televisor, la información que figura de estos artefactos es en cuanto a las especificaciones técnicas, como tarjeta gráfica, resolución, disco duro, procesador, etc. Sin mencionar la potencia que consume. Por este motivo, se establece el consumo de los computadores según el estudio de Consumo eléctrico de las computadoras [61] y el de los televisores según la información entregada por la empresa Enel en su estudio de Consumo artefactos eléctricos [62].

También existen artefactos eléctricos de los cuales su estudio no llegó a una muestra de 20 elementos, tales como el cargador de teléfono, la radio o el aire acondicionado. En el caso del cargador de teléfono y la radio, cada elemento de la muestra coincide en los niveles de potencia y no existe una mayor cantidad de opciones de compra, por lo tanto se considera aceptable el valor de potencia a utilizar. En cuanto al aire acondicionado, no existe una gran oferta de este equipo y en las empresas especializadas como *miidea* y *cone* recalcan otras características, más no especifican el consumo. Los niveles de potencia conseguidos, coinciden de forma satisfactoria con el estudio realizado por Enel [62], motivo por el cual se consideran aceptables.

Es importante mencionar, que para todos los estudios realizados, se considera la misma demanda y eficiencia por parte del promedio entregado de consumo de los electrodomésticos, sin diferenciar entre las posibles diferencias entre un artefacto nuevo y uno con años de uso.

Otro fenómeno que ocurre, es en cuanto al estudio realizado con las ampolletas, ya que al estudiar más de 20 modelos distintos, estos van desde 3 [W] hasta más de 100 [W], con un promedio de 30 [W] y una desviación estándar de 28 [W] aproximadamente. Considerando la cantidad de ampolletas con las que cada casa cuenta, este artefacto debe ser caracterizado de forma individual, debido al impacto que puede tener en el dimensionamiento, por ejemplo: contar con 5 ampolletas de mínimo consumo encendidas durante 5 horas a lo largo del día, se traduce en 75 [Wh] de energía consumidos, mientras que 5 ampolletas de consumo máximo en las mismas características registra un consumo mayor a 2500 [Wh], diferencias significativas al momento de diseñar una planta fotovoltaica de consumo residencial o el monto a pagar por suministro eléctrico en caso de extensión de la red.

Otro comportamiento de la carga difícil de estimar, es el que producen los electrodomésticos con termo-reguladores, tales como los refrigeradores o aires acondicionados; En cuanto al re-

frigerador, la potencia de estos no figura en [W], como la mayoría de electrodomésticos, sino que en [Kwh/mes], lo que indica cuanta energía va a requerir en el mes, pero no se entrega información en cuanto a como se distribuye esa energía en función del tiempo; En cuanto al aire acondicionado, la potencia figura en un rango de [W], y se debe considerar que al alcanzar cierta temperatura el lugar a calefaccionar, el equipo disminuye la potencia, buscando mantener la temperatura y no aumentarla como al comenzar a funcionar, por lo tanto el considerar que la energía que consume en función del tiempo es lineal no es completamente cierto, pero se utiliza el promedio de este rango como aproximación de consumo.

Tabla 4.3: Potencia promedio de los refrigeradores no frost más comunes.  
Elaboración propia.

Artefacto	n	Capacidad	Potencia [Wh/mes]
Refrigerador	31	150-399 lt	23.000
		400 o más lt	31.500

Tabla 4.4: Potencia promedio de los electrodomésticos más comunes. Elaboración propia.

Artefacto	n	Capacidad	Potencia [W]
Horno	23	8-15lt	850
		18-30lt	1500
		40 o más lt	2000
Ventilador	20	Estándar	83
Secador de pelo	20	Estándar	2000
Campana de cocina	20	Estándar	155
Extractor de aire	20	Estándar	20
Calienta cama	25	1 plaza	70
		2 plazas	150
Tostador de pan	20	2 panes	855
Batidora	20	Estándar	225
Estufa eléctrica	20	Estándar	1515
Aire acondicionado	15	9000 btu	1176
		12000 btu	1240
Computador	-	Torre	400
		Notebook	200
Cargador de teléfono	10	Estándar	20
Radio	7	Estándar	7
TV	-	32"	75
		32"	120
Secadora	20	7-9 kg	2250
Aspiradora	20	Estándar	1400
Plancha	20	Estándar	1620
Lavadora	30	Hasta 22 kg	418
Licuadaora	20	Estándar	600
Hervidor	20	1 lt	1200
		1,2-2,5 lt	1850
Microondas	20	Estándar	838
Bomba de agua	-	0,5 HP	370
		1 HP	750
		1,5 HP	1125
Ampolleta	21	-	Especificar

#### 4.2.2. Comportamiento de la carga

Para caracterizar el comportamiento de la carga se cuenta con algunas alternativas:

- Perfiles de consumo: Otra parte de los usuarios, puede no tener conocimiento de su consumo o no poseer interés de completar ninguna de las encuestas, por este motivo tienen la opción de escoger el perfil que más se asemeje a su comportamiento, para contar con una primera aproximación al comportamiento de la demanda.
- Encuesta básica: Es esperable que el grueso de los usuarios tenga noción suficiente en

cuanto al tiempo y uso que les da a sus electrodomésticos de mayor potencia, por este motivo pueden caracterizar su demanda al completar el formulario básico, estimando el comportamiento de los otros artefactos del hogar.

- Encuesta full: Una parte de los usuarios puede llegar a tener un conocimiento tal, que permita cuantificar el consumo de todos los electrodomésticos que utilicen. Además, deben tener el interés de caracterizar de mejor manera su consumo y completar el formulario full.

#### **4.2.2.1. Perfiles**

La generación de perfiles cumple dos propósitos. El primero es en cuanto a los usuarios, pensando en el grupo de interesados en electrificar su hogar, que no posee el conocimiento necesario para completar alguno de los formularios de caracterización de carga y pueda identificar su comportamiento por medio de estos perfiles. El segundo propósito es interno, para tener una referencia con la cual seguir avanzando en la propuesta metodológica en cuanto a dimensionamiento de generación y costos asociados.

La mayor parte del consumo eléctrico de un hogar se debe a los electrodomésticos relacionados a la calefacción, refrigeración, lavado y secado. Se generan perfiles de uso, diferenciando en si la residencia cuenta con calefacción por corriente y secadora eléctrica o no. Para la calefacción existen sustitutos directos, como estufas de combustión lenta, gas, parafina u otros medios alternativos y para la secadora, se puede tender la ropa y esperar se seque por medios naturales.

#### **Ahorrador con calefacción por corriente**

Este perfil tiene diversas consideraciones, las más destacadas son:

- La residencia cuenta con 3 habitantes, 2 adultos y un infante.
- La residencia cuenta con buena aislación, ventanas termopanel y selladores de puerta en cada una de las puertas que dan hacia el exterior.
- Los residentes utilizan ropa adecuada para la estación.
- El uso del calefont está limitado para las duchas y no para ser usado en lavar loza.
- El horno eléctrico es utilizado solo 1 vez a la semana.
- El secador de pelo es utilizado solo en casos puntuales, prefiriendo un secado natural.
- La lavadora es utilizada a plena carga y la secadora elimina el exceso de agua, terminado el proceso de secado con la ropa tendida.
- En general utilizan justo lo necesario los demás electrodomésticos y los desenchufan cuando no están en uso.

Este perfil figura con un consumo de 222 [kWh/mes] para el mes de junio. Aproximadamente un 81 % es debido a calefacción, refrigeración, lavadora y secadora, un 8 % de electrodomésticos de altas horas de uso y el 9 % restante distribuido entre los demás artefactos del hogar.

Gran parte del 81 % del consumo es debido a calefacción, cuenta con un aire acondicionado de 9.000 btu, el cual se enciende 3 veces a la semana durante 2 horas y 30 minutos; una estufa eléctrica que se utiliza a mínima potencia durante 8 horas todas las noches. Otra parte corresponde a lavandería; cuenta con lavadora y secadora, usándolas 2 veces a la semana, con una duración de 1 hora y 30 minutos de lavado y 3 horas de secado. Finalmente para refrigeración; cuenta con un refrigerador no frost grande (mayor a 400 lt).

El 19 % restante se divide entre artefactos de altas horas de uso, de alta potencia y otros. En cuanto a artefactos con mayor cantidad de horas de uso; cuenta con una TV y 5 ampollitas de bajo consumo, todos estos encendidos 8 horas al día. En cuanto a los artefactos de alta potencia; hierve agua 1 vez cada día, utiliza un horno eléctrico de entre 40-50 litros, una vez a la semana durante 30-45 minutos, enciende el calefont de entre 7 y 9 lt de capacidad, 2 veces, 5 días a la semana y un secador de pelo que se utiliza una vez a la semana durante aproximadamente 10 minutos. Finalmente en cuanto a los otros artefactos del hogar se encuentra un notebook que se carga día por medio durante 1.5 horas, 2 cargadores de teléfonos que se cargan todos los días durante 2 horas, una campana de cocina que se enciende 4 días a la semana durante 25-35 minutos, un tostador de pan que se ocupa 8 minutos dos veces a la semana, un microondas que se utiliza 3 veces a la semana 5 minutos y un extractor de aire que se prende a diario 15 minutos.

### **Ahorrador sin calefacción por corriente ni secadora**

Este perfil cuenta con el mismo comportamiento y características del perfil ahorrador con calefacción por corriente, solo que no usa secadora eléctrica y no usa calefacción eléctrica. Figura con un consumo de 78,6 [kWh/mes], aproximadamente 65 % menos que el mismo perfil con calefacción por corriente y secadora. De esta forma el consumo esta conformado por un 47 % debido a la lavadora y el refrigerador, 22 % por los artefactos de altas horas de uso (televisor y ampollitas), un 13 % debido a los electrodomésticos de alta potencia y el 18 % restante entre otros electrodomésticos del hogar.

### **Derrochador con calefacción por corriente**

Este perfil tiene diversas consideraciones, las más destacadas son:

- La residencia cuenta con 4 habitantes, 2 adultos, un infante y un bebé.
- La residencia cuenta con buena aislación, ventanas termopanel.
- Los residentes utilizan de manera constante calefacción por corriente.
- El uso del calefont está limitado para las duchas y no para lavar la loza.
- El horno eléctrico es utilizado día por medio.
- Se utiliza la campana de cocina a diario.

- Para refrigeración cuenta con 2 refrigeradores no frost de más de 400 lt.
- Los residentes utilizan frecuentemente una gran variedad de electrodomésticos, como batidora, licuadora, plancha, aspiradora, etc.

Este perfil figura con un consumo de 1497 [kWh/mes] para el mes de junio, aproximadamente un 91 % es debido a calefacción, refrigeración, lavadora y secadora, un 5 % en electrodomésticos de altas horas de uso y el 4 % restante distribuido entre los demás artefactos del hogar.

Gran parte del 91 % del consumo es debido a calefacción, cuenta con 3 aires acondicionados de 12.000 btu, los cuales están en funcionamiento, en promedio 8 horas cada día; cuenta con una estufa eléctrica que utiliza a 1/4 de su potencia durante 10 horas todas las noches. Otra parte corresponde a lavandería; cuenta con una lavadora y secadora, utilizándolas todos los días de la semana, con una duración de 2,5 horas de lavado y 3,5 horas de secado. Finalmente para refrigeración; cuenta con dos refrigeradores no frost grandes (mayores a 400 litros cada uno).

El 9 % restante se divide entre artefactos de altas horas de uso y un 4 % en el resto. En cuanto a artefactos con mayor cantidad de horas de uso; cuenta con 3 televisores encendidos 3,5 horas día por medio; cuenta con 26 ampolletas encendidas 12 horas cada día (debido a que cuenta con lamparas con un gran número de ampolletas cada una). En cuanto a los artefactos de alta potencia; hierva agua una o dos veces al día todos los días, utiliza un horno eléctrico de entre 18-30 litros día por medio durante 15-30 minutos, enciende el calefont de entre 7 y 9 lt de capacidad, una vez cada día de la semana, utiliza el secador de pelo día por medio durante 5 minutos. Finalmente, en cuanto a los otros artefactos del hogar se encuentra un notebook que se carga 2 horas día por medio, 3 cargadores de teléfonos que se cargan todos los días durante 2 horas, una campana de cocina que se enciende día por medio durante 40-60 minutos, un microondas que utiliza 10 minutos todos los días, una plancha que se utiliza 6 días a la semana durante 10 minutos cada vez, una aspiradora que se utiliza 25 minutos día por medio y una batidora y licuadora que se usan día por medio entre 5 y 15 minutos cada una.

### **Derrochador sin calefacción por corriente ni secadora**

Este perfil cuenta con el mismo comportamiento y características del perfil derrochador con calefacción por corriente, solo que no usa secadora y no usa calefacción eléctrica. Figura con un consumo de 293 [kWh/mes], aproximadamente 80 % menos que el mismo perfil con calefacción por corriente y secadora. De esta forma el consumo esta conformado por casi un 54 % debido a la lavadora y refrigerador, un 29 % por los artefactos de altas horas de uso (televisor y ampolletas), un 6 % por artefactos de alta potencia y el 11 % restante entre otros electrodomésticos del hogar.

#### **4.2.2.2. Encuesta básica**

En base a la tabla 4.4, se confecciona una encuesta para la caracterización de la demanda; la cual recopila la información de los siguientes electrodomésticos:

- Lavadora.
- Secadora.
- Horno eléctrico.
- Refrigerador.
- Aire acondicionado.
- Estufa eléctrica.
- Ampolletas.
- Hervidor.
- Calienta camas.
- Secador de pelo.
- Televisor.
- Bomba de agua.

Dejando fuera cerca de la mitad del listado que figura en la tabla 4.4, esto debido a la información que proporcionan los perfiles ahorrador y derrochador.

Considerando una residencia de perfil ahorrador, los consumos relacionados con refrigeración, calefacción, lavado y secado de ropa abarcan cerca de un 80 % de la demanda. Agregando los electrodomésticos de alta potencia y altas horas de uso se alcanza cerca de un 95 % del consumo. Asimismo, para un perfil derrochador, los consumos relacionados a refrigeración, calefacción, lavado y secado de ropa abarcan cerca de un 91 % de la demanda. Agregando los electrodomésticos de alta potencia y altas horas de uso se alcanza prácticamente el 98 % del consumo.

De esta forma la encuesta básica es considerada una buena aproximación al consumo real, teniendo en cuenta no agobiar al mandante con las preguntas relacionadas a todos los artefactos, que por sentido común no son tan utilizados como los anteriormente mencionados.

Al completar la plantilla confeccionada para la caracterización de la demanda en base a la encuesta realizada; el perfil ahorrador simula un consumo de 222 [kWh] en el mes, figurando en la boleta un consumo real de 200 [kWh]; y el perfil derrochador simula un consumo de 1497[Kwh] en el mes y el consumo real es de 1096 [kwh], lo que genera un margen del 11 % para consumos en la magnitud del perfil ahorrador y del 43 % en consumos de la magnitud del perfil derrochador, esto justificado por el uso de promedios en la generación de la tabla 4.4 y las consideraciones mencionadas en el apartado 4.2.1, ya que el perfil derrochador cuenta con 3 aires acondicionados funcionando 8 horas cada uno, los cuales como ya se mencionó se modelan con un consumo lineal y no con las diferencias de potencia que puede generar la tecnología inverter.

#### **4.2.2.3. Encuesta full**

La encuesta full consulta por todo el resto de electrodomésticos de la tabla 4.4 que no fueron consultados en la encuesta básica, entregando una completa caracterización de los electrodomésticos a abastecer. Lo que permitirá una mejor caracterización de la carga, pudiendo conocer y modelar de mejor manera el consumo y la potencia a instalar.

### 4.3. Fuentes de Generación

Tal como se mencionó anteriormente, la extensión de la red y el uso de paneles fotovoltaicos son las opciones de electrificación rural más utilizadas, por este motivo son las alternativas que el presente trabajo de título aborda.

#### 4.3.1. Extensión de la red de distribución

La figura 4.1 muestra que dependiendo donde se encuentre la residencia que se desea electrificar, definirá el camino a seguir para conseguir suministro. En caso de que la residencia se encuentre en caminos de bien nacional de uso público, esta debe solicitar directamente a la empresa distribuidora el suministro eléctrico para su hogar, pagando solo los costos asociados al empalme. Caso contrario, de no estar adyacente a caminos privados, se debe iniciar un proyecto de electrificación privado, por ende se debe contratar a un tercero que ejecute las obras necesarias para llegar con líneas propias a los caminos de bien nacional de uso público, en donde se realiza la solicitud de conexión a la empresa concesionaria.

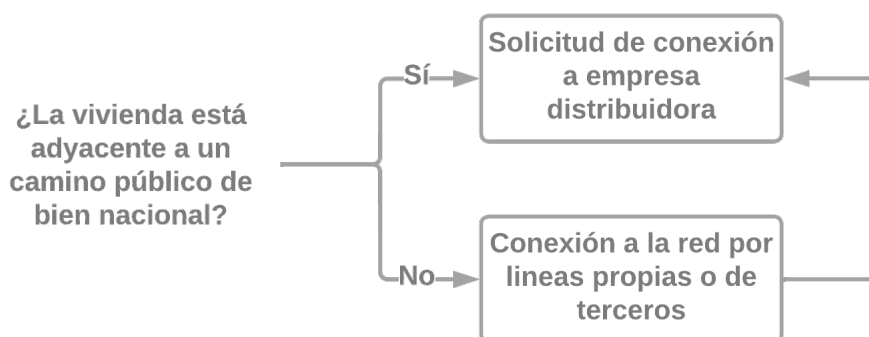


Figura 4.1: Etapas de extensión de la red. Elaboración propia.

##### 4.3.1.1. Electrificación en caminos de bien nacional de uso público

La norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución (NTCSD) [60], señala que toda persona natural o jurídica, cuya instalación esté ubicada dentro de la zona de concesión de una empresa distribuidora, o que estando fuera de ella se conecte a las instalaciones de la empresa distribuidora mediante líneas propias o de terceros, podrá solicitar la conexión de servicios.

El procedimiento para la conexión de servicios debe ser el siguiente:

1. Solicitud del requirente: El requirente, deberá comunicar a la empresa distribuidora su solicitud de conexión, indicando al menos lo siguiente:
  - Dirección de la instalación para la cual se solicita el servicio.
  - Identificación del punto de conexión (número de poste o cámara),



- Potencia a conectar en [kW].
  - Nivel de tensión del empalme requerido.
  - Cantidad de fases requeridas.
  - Croquis de ubicación de la propiedad.
  - Ubicación del o los empalmes del nuevo suministro.
  - Fecha en que el requirente solicita que el suministro esté disponible.
  - Documentación que acredite dominio de la propiedad.
2. Respuesta a la solicitud del requirente: dentro de los 8 días hábiles siguientes a la recepción de la solicitud, la empresa distribuidora deberá enviar sin costo alguno al requirente el Informe de Condiciones Previas o Factibilidad Técnica de Suministro, donde se indique cómo es factible proceder con la solicitud del requirente. En el Informe de Condiciones Previas o Factibilidad Técnica de Suministro se deberá indicar, al menos, lo siguiente:
- En el caso que sea procedente, indicar justificadamente los estudios para determinar la necesidad de obras adicionales en la red de distribución.
  - En el caso de los consumos cuya potencia instalada sea superior a 10 [kW] o si el requirente lo solicita expresamente, se deberá indicar también los niveles de cortocircuito en el transformador de distribución correspondiente al punto de conexión o en el transformador de distribución más cercano, siempre que existan razones técnicas que lo justifiquen.
  - Cuando se trate de una solicitud en media tensión, adicionalmente a lo indicado en el punto anterior se debe especificar el nivel de cortocircuito en el alimentador respectivo.
3. Necesidad de efectuar estudios: en caso de que se requieran estudios para determinar la necesidad de obras adicionales en la red de distribución, a los que se refiere el numeral 2.1, la empresa distribuidora dispondrá de un plazo máximo de 15 días hábiles, para realizar y remitir al requirente los estudios que correspondan, los que serán de cargo de la empresa distribuidora respectiva. Dichos estudios deberán contener, al menos, lo siguiente:
- el detalle de las obras adicionales requeridas en la red de distribución, sus costos y si su ejecución requiere solicitar permisos a terceros. Cada una de las obras adicionales y equipos deberán estar justificados técnicamente y desagregarse en: nuevas instalaciones, reemplazo de infraestructura existente, o adecuaciones.
  - Los planos asociados a las obras adicionales en la red de distribución detallando las que serán necesarias para permitir la solicitud del requirente.
  - La modalidad de financiamiento de dichas obras y si éstas se encuentran dentro de la zona de concesión.
  - Los plazos en que las obras adicionales en la red de distribución pueden ser implementadas.
4. Conexión de servicios: La empresa distribuidora deberá conectar los servicios del requirente que haya presentado los siguientes antecedentes:

- Acreditación del término de los trabajos previos a la conexión de la instalación y que no hayan sido contratados a la empresa distribuidora, si corresponde.
- El contrato de suministro firmado por el requirente.
- Acreditación del pago de las obras asociadas a la conexión que no formen parte de la red de distribución, las que serán de cargo del requirente, cuando corresponda.
- Autorización del condominio o comunidad para ejecutar los trabajos que sean necesarios para la conexión, en caso de que el requirente indique que dicha autorización será exigida al momento de realizar los trabajos.
- La empresa distribuidora podrá convenir con el requirente, en caso que éste aún no cuente con el contrato del punto 4.3, la entrega de una garantía, a la que se refiere el Decreto Supremo 327, de 1997 del Ministerio de Minería o el que lo reemplace. Lo anterior, con el objeto de adelantar las obras adicionales que necesita realizar la empresa distribuidora para efectos de conexión o aumento de capacidad del empalme. Esta garantía no reemplaza la declaración de puesta en servicio.

La empresa distribuidora, a solicitud del requirente, deberá verificar si las obras adicionales que fueron caucionadas están siendo utilizadas e informar al requirente y a la superintendencia de dicho análisis. Además, cada seis meses la empresa distribuidora deberá informar las garantías que haya ejecutado a la Superintendencia.

Los plazos para conectar el servicio de un requirente comenzarán a partir del día hábil siguiente al que se hayan remitido a la empresa distribuidora los antecedentes necesarios y no podrá superar los límites establecidos en la tabla 4.5, salvo acuerdo por escrito entre las partes.

Tabla 4.5: Plazos de respuesta de la empresa distribuidora [60].

Casos	Plazo (días hábiles)
No requiere obras adicionales en la red de distribución	10
Requiere obras adicionales en la red de distribución, pero no solicitar permisos a terceros	20
Requiere obras adicionales en la red de distribución y solicitar permisos a terceros	90

En caso de que los antecedentes enviados por el requirente no permitan verificar si la instalación cumple con las exigencias aplicables, la empresa distribuidora deberá solicitar al requirente, dentro de los 5 días hábiles siguientes a la recepción de éstos, el reenvío de antecedentes corregidos o adicionales que se requieran para certificar el cumplimiento de las exigencias aplicables a la instalación.

En caso de que la empresa distribuidora considere que existen limitantes que impiden dar cumplimiento a lo establecido en el presente artículo, tales como permisos de terceros que se encuentren pendientes, cuyos plazos de tramitación no dependan de la empresa distribuidora

y que hayan sido tramitados de forma diligente, ésta deberá informar a la Superintendencia las razones que justifican dicho impedimento.

La Superintendencia deberá analizar los antecedentes entregados por la empresa distribuidora, considerando para ello los tiempos de ejecución de los trabajos de la misma y los permisos de terceros que se requieran. Luego, determinar el plazo en que deberá conectar o ampliar los servicios solicitados por el requirente, lo que deberá ser comunicado por la empresa distribuidora al requirente.

Finalmente, para toda solicitud de conexión de un requirente, la empresa distribuidora deberá generar un expediente, el cual debe tener un número de identificación único, y debe contener toda la información relevante del proyecto.

#### **4.3.1.2. Electrificación en caminos privados**

Como se mencionó recientemente, la solicitud de electrificación a la empresa de distribución concesionaria en lugares de bien nacional de uso público, está normado por lo descrito en la NTCSD. Sin embargo, esta solicitud también se eleva cuando por medio de trabajos independientes o de terceros, se realizará una conexión a la infraestructura de la distribuidora, la cual cumple con otorgar las condiciones para dicha conexión.

Uno de los casos en los que se debe construir tendido eléctrico privado, es lo que ocurre con los caminos privados en loteos de auto-construcción o similares. En proyectos al interior de caminos privados, la empresa distribuidora no está obligada a dar respuesta a la solicitud del requirente, por lo tanto no entrega solución a este inconveniente. De esta forma el requirente debe contratar a una empresa o eléctrico certificado por la SEC para llevar acabo dichas instalaciones.

Empresas de ingeniería que cuentan con este servicio se pueden encontrar anexas a las mismas empresas distribuidoras, un ejemplo de esto es Comercializadora CGE, también existen empresas privadas que se dedican a este tipo de proyectos, como Procel, eléctricos certificados u otros.

Con respecto a los trabajos a realizar dentro del emplazamiento de los caminos privados, la magnitud de estos, principalmente dependerá de la extensión en [km] del tendido eléctrico y la carga en [kW] a abastecer, los principales trabajos a realizar están relacionados con las subestaciones, líneas de media y baja tensión, empalmes y con todos los equipos de seguridad que requiere cada uno de los equipos involucrados.

Es importante mencionar la complejidad y tiempos de espera asociados a este tipo de proyectos. En primer lugar, cuando se busca electrificar por medio de extensión de la red en predios de auto-construcción con diversos propietarios al interior del loteo, la arista socio-económica de coordinación entre los propietarios es el primer desafío a afrontar, debido a que se debe llegar a un acuerdo en el que todos o la mayoría quiera acceder a suministro eléctrico por medio de extensión de la red y estar dispuesto a pagar el prorrato del monto del proyecto, debido a que negarse en un principio y no ser considerado en el prorrato inicial tiene consecuencias; el pago mayor por parte de los otros propietarios del loteo y las futuras dificultades

en cuanto a futuros cobros en caso de que una vez terminado el proyecto dicho propietario, ahora quiera hacer uso del proyecto del cual se resto en un comienzo.

Una vez sorteado el primer obstáculo, estando todos, o la mayoría dispuestos a pagar por el suministro por medio de extensión de la red, está el escoger que alternativa utilizar, ya que se pueden entregar distintas opciones, las que van desde medidores individuales al comienzo del loteo, hasta un medidor residencial en cada predio, considerando todas las soluciones intermedias. Este punto genera grandes roces, debido a que según sea la ubicación relativa dentro del loteo, convendrá una u otra solución más que la otra, por lo que no necesariamente los intereses de todos los involucrados están alineados.

De esta forma se puede dar paso a la contratación de la empresa. Las cuales, según la información recopilada, pueden operar de dos modos: Primero, una de las empresas trabaja cobrando en primer lugar la elaboración del proyecto eléctrico, que consiste en la elaboración del presupuesto detallado del proyecto, el plano eléctrico, cálculos de regulación y memoria explicativa. A modo de referencia para los casos de estudio 1 y 2, la empresa *Comercializadora CGE Spa* realiza un cobro de 170 UF más IVA para el proyecto de electrificación y de 240 UF más IVA para el proyecto de electrificación y luminaria en camino privado, realizado el anteproyecto, los mandantes pueden decidir si llevarlo a cabo con la misma empresa o buscar un tercero. Estos datos fueron conseguidos por medio de reuniones y solicitudes de presupuesto para la ejecución de la electrificación en el loteo de los casos de estudio 1 y 2. Segundo, las empresas entregan un presupuesto de forma inmediata por la obra, dicho presupuesto cuenta solo con especificaciones generales del equipamiento necesario y no detalla las obras a realizar.

#### 4.3.1.3. Solicitud de empalmes

Respecto a los requisitos y documentos para presentar la solicitud de conexión de nuevos empalmes, al realizar revisión en distintas empresas de distribución, tales como CGE, Saesa y Enel. Por completitud se anuncian los requisitos que plantea Enel en la pagina web Catálogo de Trabajos Previos al Empalme [63], al ser la más exigente y prever posibles complicaciones, documentos faltantes o equipamiento ineficiente al momento de comenzar el proceso de conexión del empalme.

Los trabajos previos requeridos para la solicitud de empalme aéreo o subterráneo son de responsabilidad del cliente, se pueden apreciar gráficamente en la figura 4.2 y se enlistan a continuación, dependiendo de cada caso y según lo determine el técnico, cuáles serán solicitados para la solución de la solicitud:

1. **Poste de paso:** Es un poste donde se apoya el cable de acometida del empalme, para darle altura o desviar su trayectoria. Este poste debe tener una longitud de total de 6 m y va enterrado 1 m de profundidad, el cual deberá llenarse de concreto. Debe ser de una sola pieza y pintada con anticorrosivo.
  - Metálico: puede ser redondo de 3 pulgadas de diámetro, o un perfil cuadrado de 75x75x3 mm de espesor.
  - Madera: 6 pulgadas de diámetro.
  - **NO** se aceptan postes soldados o unidos.

2. **Línea general:** Es la línea eléctrica instalada entre el tablero general del cliente y la caja de conexiones. Puede ser instalada de forma aérea o subterránea, dependiendo del cliente.
3. **Tierra de protección:** El cliente debe disponer de un conductor de color verde en la caja de conexión, lo que permite conectar el empalme a tierra. Esta línea estará conectada a la instalación de puesta en tierra del cliente y su finalidad es proteger a las personas contra tensiones de contacto peligrosas. La instalación debe estar constituida por una barra bañada en cobre de 5/8 pulgadas por 1.5 m, con un conector de bronce para unión de los conductores. El diseño y ubicación de la puesta a tierra será determinada por el instalador eléctrico del cliente.
4. **Extensión metálica:** Es una escuadra metálica diseñada para recibir el cable de la acometida del empalme. Su ubicación será determinada en terreno por el inspector y su diseño dependerá de las características del inmueble.
5. **Poste de recepción:** Sirve para apoyar el empalme, para lo cual deberá contar con una tabla de apoyo, caja de conexión y línea general. El poste deberá tener en su parte superior un pie rack o argollas para apoyar los conductores. Para conexiones de hasta 10 [kW], el poste deberá tener un largo total de 6 m, con 1 m empotrado en el suelo y 5 m de altura sobre el nivel del suelo. La caja de empalme se deberá ubicar a 1.5 m sobre el suelo y sus dimensiones serán de 0.33 m de ancho por 0.5 m de alto.
6. **Tabla de apoyo:** Tabla de madera donde se soporta la línea general y la caja de conexiones. Debe ser de madera terciada de 22 mm de espesor. Podrá estar a una altura máxima de 1.80 metros para empalmes hasta 10 [kW].
7. **Tierra de servicio:** Corresponde a la puesta a tierra del neutro del empalme en instalaciones de baja tensión, su finalidad es proteger los equipos.
8. **Tablero general:** Es un equipo eléctrico de la instalación particular del cliente, que concentra dispositivos de protección y de maniobra o comando, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella.
9. **Norma código colores para conductores:** Adicionalmente y según la norma chilena NCh 4/2003 para las instalaciones eléctricas de baja tensión, los conductores de la canalización eléctrica deberán identificarse según el siguiente código de colores:
  - Conductor fase 1 azul.
  - Conductor fase 2 negro.
  - Conductor fase 3 rojo.
  - Conductor neutro y tierra de servicio blanco.
  - conductor de protección verde o verde/amarillo.

Nota: Para secciones superiores a 21 mm<sup>2</sup>, si el mercado nacional sólo ofreciera conductores con aislaciones de color negro, se deberán marcar los conductores cada 10 m, con un tipo de pintura de buena adherencia a la aislación u otro método que garantice la permanencia en el tiempo de la marca, respetando el código de colores.

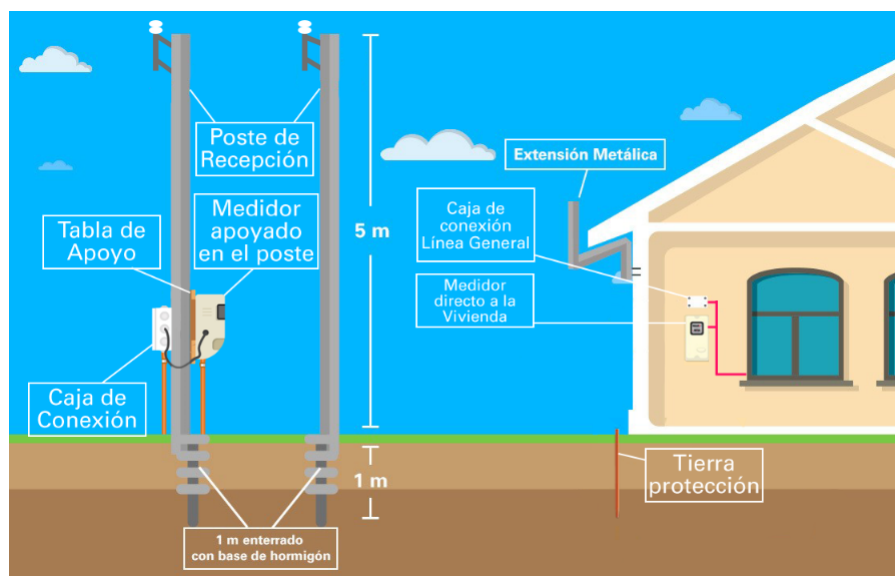


Figura 4.2: Trabajos de responsabilidad del cliente previos a la solicitud de empalme [63].

Los trabajos previos exclusivos para empalmes subterráneos se detallan a continuación:

1. **Cajón protector:** El cajón o armario protector resguarda el empalme y accesorios eléctricos de la intemperie, se requiere de un producto que permita instalarlos en cualquier lugar sabiendo que nada les pasará a pesar de agentes ambientales y personales que muchas veces los ponen en peligro. Por ello, asegura que el empalme eléctrico se encuentra seguro para cumplir su objetivo, es recomendable su uso en lugares de alto tráfico de personas o niños, como por ejemplo, centros de salud, colegios, etc. y así se evita que manipulen lo que está en su interior. Las dimensiones de este armario o cajón protector estará de acuerdo al empalme solicitado.
2. **Arranque de unión a red:** Ducto de PVC que une el arranque a la unión a red, debe ser de 50 mm de espesor entre la caja de empalme y la caja de derivación, y de 110 mm de espesor desde la caja de derivación hacia el exterior.
3. **Nicho de empalme:** Para empalmes de hasta 10 [kW], la caja de empalme deberá ubicarse a 1,5 m sobre el nivel del suelo y tendrá dimensiones de 0,33 m de ancho por 0,5 m de alto. El ducto de PVC deberá tener un diámetro de 32 mm. Debe quedar con 20cm (mínimo) fuera de la propiedad.

Al momento de pagar el presupuesto, se debe entregar un respaldo fotográfico de los trabajos previos ejecutados, los elementos que tendrán que ser fotografiados vienen explícitos en el presupuesto.

Además de cumplir con los trabajos previos a la solicitud de empalme, se debe presentar, la documentación necesaria para la solicitud, la cual se detalla para cada proyecto, en caso de que exista alguna condición particular que requiera algún otro tipo de antecedente, se informará por medio del ejecutivo de atención; a continuación se presenta un listado referencial de los documentos:

## 1. **Identificación:**

- Copia de cédula de identidad (CDI) de quien realiza la solicitud.
- Copia CDI del propietario del inmueble.
- En caso de que el propietario corresponda a una persona jurídica se necesita la copia de la constitución de sociedad o certificado de estatuto emitido dentro de los últimos 6 meses.
- En caso de que la propiedad corresponda a un ente público se necesita el documento legal que identifique la vigencia del representante y la copia de la cédula del representante oficial de la entidad.

## 2. **Acreditación del propietario:**

- Si el empalme se encuentra en propiedad privada, se necesita el certificado de dominio vigente del inmueble o contrato de comodato, además del certificado de número municipal.
- Si el empalme se encuentra en vía pública, se necesita la declaración jurada notarial de dominio de las instalaciones.
- Si las instalaciones son de propiedad de un ente público basta con declaración simple firmada y timbrada por el municipio o el ente público que corresponda.

3. **Instalaciones eléctricas interiores:** Esta documentación es emitida por un eléctrico certificado por la SEC y acredita que las instalaciones eléctricas internas soporten la capacidad eléctrica a conectar, correspondiendo al formulario TE-1 para conexiones de hasta 6 [kW] residencial.

4. **Trabajos previos realizados:** Respaldo fotográfico en formato físico o digital que permita evidenciar que los trabajos que debe realizar el cliente previo a la conexión se encuentren finalizados.

5. **Contrato de conexión:** El ejecutivo de atención proveerá un contrato de conexión con las condiciones comerciales y técnicas contratadas. Persona autorizada para firmar el contrato:

- Propietario del inmueble.
- Persona autorizada legalmente por el propietario del inmueble, acreditado con cualquiera de los documentos:
  - Declaración jurada notarial que autorice a la persona a la instalación del empalme.
  - Contrato de arriendo que declare de manera explícita autorización para instalar el suministro eléctrico.
  - Contrato de comodato.

En caso de que el propietario corresponda a una persona jurídica debe incluir:

- Certificado de estatuto actualizado (emitido dentro de los 6 últimos meses).
- Copia de cédula de identidad del representante legal.

- En el caso que se trate de una propiedad pública podrá firmar el contrato el representante oficial de la entidad (ministro, alcalde) o un tercero autorizado por medio de un decreto de nombramiento (usualmente director de obras del municipio autorizado por decreto por parte del alcalde).

Estos documentos serán solicitados al momento de requerir el pago del presupuesto y firma de contrato en cualquier oficina comercial, ya que todas atienden tarifas BT-1.

### **4.3.2. Energía solar**

Una de las formas para conocer la viabilidad técnica del uso del recurso solar, es conocer la radiación presente en la zona de emplazamiento de esta tecnología, estos gráficos se muestran en el Anexo B. Sin embargo, hay una forma más práctica para conocer la viabilidad, conociendo el potencial de generación de energía bajo una determinada potencia instalada, los gráficos de generación en las regiones del país, con una potencia instalada de 2 [kW] se muestran en el Anexo C.

Se escoge mostrar la factibilidad por medio de la generación con una instalación de 2 [kW], ya que se estima esta potencia como la potencia mínima a instalar para lograr una electrificación funcional. Además, se consideran los valores predeterminados del Explorador Solar para los cálculos de generación, utilizando un coeficiente de temperatura del panel de  $-0.45$  [%/°C], un inversor con eficiencia del 96 % y un factor de pérdidas del sistema fotovoltaico del 14 %.

Como era de esperarse, la generación está correlacionada a la radiación, cumpliendo el mismo comportamiento descrito por la radiación, observándose mayor radiación y generación en las regiones del norte del país. Además, dentro de la misma región se nota una diferencia al posicionarse en un punto más céntrico que cercano a la costa; diferencia que va disminuyendo al ir avanzando hacia las regiones del sur, al igual que la generación en estas regiones, que con la misma capacidad instalada va disminuyendo.

Cabe mencionar, que una instalación de 2 [kW] en la práctica no produce 2 [kW/h] por cada hora en la que el sol sea visible, debido a las múltiples variables involucradas en el proceso de generación solar, como la radiación, la temperatura, la nubosidad, la eficiencia de los paneles y el inversor, etc. Por lo tanto, la generación diaria esperada no se puede conseguir de un cálculo teórico de capacidad instalada por horas sol, realzando la importancia del explorador solar para las simulaciones de generación.



## 4.4. Dimensionamiento de la generación

### 4.4.1. Extensión de la red

La Norma Técnica de Calidad de Servicio para Sistemas de Distribución, indica que la empresa concesionaria debe solventar todos los gastos en obras necesarios para electrificar una vivienda que se encuentre en caminos de bien nacional de uso público, pagando el residente tan solo los trabajos asociados al empalme. Sin embargo, el trabajo se enmarca en la electrificación rural, en donde es común que los caminos a electrificar se encuentren al interior de los lotes y tengan carácter de privados, entonces la empresa de distribución concesionaria no tiene ninguna responsabilidad de atender las solicitudes de electrificación.

De esta forma, para contar con suministro por medio de extensión de la red, los interesados deben contratar una empresa eléctrica para la construcción del tendido eléctrico en caminos privados, la cual debe construir y gestionar las líneas necesarias para abastecer cada vivienda y realizar la conexión en el punto del camino de bien nacional de uso público más cercano, posibilitando los flujos de energía y potencia requeridos por el proyecto.

Con la edificación del tendido eléctrico completo, se debe solicitar a la empresa concesionaria la factibilidad y conexión de las líneas. La empresa concesionaria tiene la obligación de responder frente a estos requerimientos siempre y cuando la instalación cumpla las especificaciones técnicas en vigencia. Ante la necesidad de obras adicionales para dar una adecuada respuesta a la demanda solicitada, la distribuidora debe solventar todos los gastos incurridos por ampliar la infraestructura de distribución presente en los caminos públicos de bien nacional.

Expuesta las generalidades de la obtención de energía en sectores rurales, se aprecia que es complejo obtener presupuestos. Por una parte, si la vivienda se encuentra adyacente a un camino público de bien nacional, la empresa distribuidora de concesión corre con los gastos, por lo tanto, no tiene necesidad, ni incentivos, ni exigencias de publicar los costos asociados a las obras realizadas, por ende, se desconocen los montos utilizados en las construcciones. Por otra parte, si la vivienda se encuentra en caminos privados, un privado realiza las construcciones al interior, entonces entrega los presupuestos solo a los cotizantes, más no publicándolos, de esta forma se dificulta el acceso a presupuestos privados. Este comportamiento es lógico, debido a la existencia de competencia, las empresas no tienen incentivo de informar públicamente sus presupuestos, ya que los pondría en una desventaja estratégica.

Para sentar bases y conocer los posibles costos asociados, se sostienen reuniones con Comercializadora CGE Spa para la posible ejecución de un proyecto de electrificación del loteo San José, al cual pertenecen el primer y segundo caso de estudio. El loteo cuenta con 108 hectáreas y 216 parcelas de 5.000  $[m^2]$  cada una, ubicado en la comuna de San Javier, provincia de Linares, región del Maule.

Comercializadora CGE entrega dos opciones de trabajo; la primera, por un cobro de 180 UF + IVA, por la realización del plano, diseño y presupuesto del proyecto de electrificación rural privada, monto que al ser cancelado, comienzan los estudios y posterior entrega del presupuesto de ejecución del proyecto. La segunda, es por un cobro de 240 UF + IVA, por la

realización del plano, diseño y presupuesto del proyecto de electrificación rural y alumbrado privado (análogo al público, solo que en caminos privados), monto que al ser cancelado, comienzan los estudios y posterior entrega del presupuesto de ejecución del proyecto.

Finalizados los estudios y entregado el presupuesto de ejecución a los mandantes, estos deciden si entregar la ejecución a Comercializadora CGE u otra empresa o la misma. En caso de optar por llevarlo a cabo con Comercializadora CGE Spa, esta recibe el pago de un pie para comenzar la ejecución y el saldo se entrega en 3 cuotas mensuales, formato de pago que es común entre las empresas del rubro.

Paralelamente, se realiza contacto con otras empresas eléctricas cercanas al loteo, para solicitar un presupuesto para el proyecto de electrificación rural. Un grupo de empresas no responden los correos o llamadas telefónicas, sin embargo, Procel Talca sí responde, restándose de entregar una cotización, explicando que el tamaño del proyecto escapa de sus alcances. Respuesta que se generaliza a las empresas que no entregan respuesta, ya que de otra forma, carece de sentido no atender potenciales clientes del rubro.

Debido a la falta de acceso a presupuestos, se deben buscar nuevas formas de acceder a presupuestos, se deben realizar visitas a sectores rurales aledaños que ya cuenten con una red de distribución, realizando consultas a los lugareños sobre quien o que empresa realizó la postación existente, de esta forma personas que ya pasaron por el mismo problema y pudieron sortearlo de buena manera, pueden ser una fuente de información.

Con este método se consiguen encontrar 3 empresas para el caso de estudio del Loteo San Jose, las empresas son Colina Verde, Construcciones JM y Relmu S.P.A, quienes luego de una visita en terreno y luego de 15 días entregaron un presupuesto general sobre la ejecución del proyecto de electrificación rural.

Otra forma para buscar presupuestos o información de utilidad es realizar contacto con expertos en distribución y personas con experiencia en el área. Primero, una gran parte de las personas con las cuales se intenta tomar contacto, no responden los correos electrónicos ni llamadas telefónicas. Segundo, una menor parte contesta los correos y llamadas, expresando que la solicitud de presupuestos de proyectos pasados es muy difícil de entregar y que harán lo posible por colaborar, terminando ahí la interacción. Esto debido al bajo nivel de incentivo para colaborar con las peticiones.

Sumado a las complicaciones de acceso a la magnitud de los costos de electrificar por medio de extensión de red, existen las dificultades de coordinación socio-económicas que pueden llegar a existir en las relaciones humanas entre los parceleros del mismo loteo, ya que deben ponerse de acuerdo sobre que alternativa escoger, cumpliendo con los plazos y montos acordados de pago. Estas complicaciones se hacen más visibles a medida que el número de parceleros involucrados aumenta.

Adicional a las dificultades socio-económicas, nacen las complicaciones técnicas que conlleva la electrificación. La mayoría de los usuarios finales no conocen el comportamiento de su demanda, por lo que al momento de decidir sobre que opción tomar, no tienen las bases técnicas para escoger una propuesta, escogiendo generalmente alternativa más económica,

pudiendo no ser la más óptima en mediano y largo plazo.

#### 4.4.2. Fotovoltaica

Existe una gran oferta en cuanto a tecnología solar se refiere, existiendo soluciones on y off grid, ventas a granel, ventas por *pack*, venta por mayor, etc. Por este motivo, se realiza un estudio de mercado para fijar las cotas de los costos en los que se puede incurrir al optar por una electrificación solar off grid.

Las tablas 4.6 y 4.7 muestran las cotas superior e inferior de costos de equipos, en forma individual y en formato pack respectivamente, para una instalación de 2 [kW], con las especificaciones técnicas generales. A su vez, las tablas 4.8 y 4.9 muestran los datos para una instalación de 3 [kW], la tabla 4.10 muestra los datos para una instalación de 4 [kW] y las tablas 4.11 y 4.12 los datos para una instalación de 5 [kW].

Las tablas 4.6, 4.8, 4.10, 4.11 muestran el inversor más económico y caro de 24 [V] o 48 [V], con los paneles más económicos y caros de 12 [V] y 24 [V], respectivamente. Cabe mencionar, que todos los valores, ya sea de compra a granel o en formato pack o kit, son por los equipos eléctricos a utilizar, sin considerar costos instalación o de envío.

Dentro de las empresas en las cuales se realiza el estudio de mercado, ofrecen el servicio de instalación entre un rango de \$600.000 y \$1.000.000 para la región Metropolitana, sumándose los costos de transporte en otras regiones. Para la región del maule se encuentran precios entre \$350.000 y \$800.000 por las instalaciones, por lo tanto es esperable que los costos de instalación varíen de región en región. Adicionalmente, los costos de envío dependerán de cada empresa transportista, las características del embalaje y también la distancia de envío.

Tabla 4.6: Cotas de costos para una instalación de 2 [kW] con compras a granel.

inversor		Paneles		baterías		Precio
tipo	Voltaje [V]	Potencia [W]	Voltaje [V]	cantidad	capacidad [Ah]	
económico	24	1870	12	2	100	\$ 1.607.447
económico	24	1650	24	2	100	\$ 1.384.789
costoso	24	1850	12	2	120	\$ 2.838.000
costoso	24	2000	24	2	120	\$ 2.738.000
económico	48	1870	12	4	100	\$ 2.032.157
económico	48	1650	24	4	100	\$ 1.809.469
costoso	48	1850	12	4	120	\$ 3.388.000
costoso	48	2000	24	4	120	\$ 3.288.000

Tabla 4.7: Cotas de costos para una instalación de 2 [kW] con compras en formato pack.

inversor		Paneles		baterías		Precio
tipo	Voltaje [V]	Potencia [W]	Voltaje [V]	cantidad	capacidad [Ah]	
económico	24	560	24	2	120	\$ 990.000
costoso	24	1120	24	4	120	\$ 1.670.000

Tabla 4.8: Cotas de costos para una instalación de 3 [kW] con compras a granel.

inversor		Paneles		baterías		Precio
tipo	Voltaje [V]	Potencia [W]	Voltaje [V]	cantidad	capacidad [Ah]	
económico	24	2890	12	2	120	\$ 2.165.618
económico	24	2750	24	2	120	\$ 1.913.111
costoso	24	2960	12	6	200	\$ 6.153.000
costoso	24	3000	24	6	200	\$ 5.575.000
económico	48	2890	12	4	120	\$ 2.817.878
económico	48	2750	24	4	120	\$ 2.565.371
costoso	48	2960	12	6	200	\$ 6.144.000
costoso	48	3000	24	6	200	\$ 5.800.000

Tabla 4.9: Cotas de costos para una instalación de 3 [kW] con compras en formato pack.

inversor		Paneles		baterías		Precio
tipo	Voltaje [V]	Potencia [W]	Voltaje [V]	cantidad	capacidad [Ah]	
económico	24	560	24	2	120	\$ 1.040.000
costoso	24	2800	24	6	200	\$ 3.760.000

Tabla 4.10: Cotas de costos para una instalación de 4 [kW] con compras a granel.

inversor		Paneles		baterías		Precio
tipo	Voltaje [V]	Potencia [W]	Voltaje [V]	cantidad	capacidad [Ah]	
económico	24	3910	12	4	100	\$ 3.301.035
económico	24	3850	24	4	100	\$ 3.240.750
costoso	24	3885	12	8	200	\$ 8.034.000
costoso	24	4000	24	8	200	\$ 7.640.000

Tabla 4.11: Cotas de costos para una instalación de 5 [kW] con compras a granel.

inversor		Paneles		baterías		Precio
tipo	Voltaje [V]	Potencia [W]	Voltaje [V]	cantidad	capacidad [Ah]	
económico	48	4930	12	4	120	\$ 3.767.835
económico	48	4690	24	4	120	\$ 3.515.218
costoso	48	4995	12	8	200	\$ 9.338.000
costoso	48	5000	24	8	200	\$ 8.710.000

Tabla 4.12: Cotas de costos para una instalación de 5 [kW] con compras en formato pack.

inversor		Paneles		baterías		Precio
tipo	Voltaje [V]	Potencia [W]	Voltaje [V]	cantidad	capacidad [Ah]	
económico	24	1120	24	4	120	\$ 1.940.000
costoso	48	3920	24	5	250	\$ 5.040.000

Con respecto a los principales equipos de generación fotovoltaica:

- Inversores: existe una gran oferta en capacidades de 3 [kW] y 5[kW], la cual se ve levemente reducida para la capacidad de [2kW] y escasa en inversores de 4[kW].
- Paneles: existe una gran oferta de 12 [V] y 24 [V], existen diferentes magnitudes de potencia, que varían entre los 100 [W] y 550 [W] y pudiendo ser mono-cristalino o poli-cristalino.
- Baterías: existe una gran oferta y son todas de 12 [V], variando su capacidad entre 100 [Ah] y 250 [Ah], con distintas tecnologías, AGM, gel, litio, etc.
- Reguladores de carga: existe una gran oferta y estos pueden adaptarse a trabajar en 12[V] y 24 [V] todos, y unos pocos incluso a 48 [V], trabajan en tecnologías PWM o MPPT.
- Montaje: Existe una gran oferta y varían en cuanto a la inclinación, van desde coplanar a la zona de instalación, hasta una inclinación de 60°.

## 4.5. Recomendación solar

Tal como ya se mencionó, la oferta de equipos eléctricos de tecnología fotovoltaica es amplia, por lo tanto los costos totales en los cuales se pueden ver involucrados pueden llegar a diferir bastante, según las características de los equipos seleccionados. Por este motivo, se realizan una serie de recomendaciones en cuanto a los equipos, para tener un buen funcionamiento, equilibrando la eficiencia y calidad con los costos.

Se recomienda el uso de inversores con tecnología MPPT por sobre PWM, pese a que estos presenten costos más elevados, la ganancia es mayor; ya que estos maximizan la corriente de

salida, permitiendo hacer funcionar las placas solares en su punto de máxima potencia, para así obtener la máxima eficiencia de producción en cada instante.

Con respecto a los paneles se recomienda el uso de paneles de 24 [V], por sobre los de 12 [V], ya que son más económicos y para conexión con inversores de 24 [V] no se necesitan conexiones en serie, sino que tan solo funcionamiento en paralelo, lo que a su vez permite que en caso de falla de alguna placa solar, no afecte el funcionamiento de las demás. Además, con respecto a la cantidad de paneles a instalar, se recomienda instalar una menor capacidad en paneles que la capacidad del inversor, para brindar mayor estabilidad. En cuanto a la elección entre mono-cristalino y poli-cristalino, los paneles mono-cristalinos presentan una eficiencia levemente mayor.

Para las baterías, considerando un *trade-off* entre las especificaciones técnicas y el costo de las distintas tecnologías, se recomienda el uso de baterías de gel, ya que su vida útil es de entre 9 y 12 años, siendo mayor que la tecnología AGM o de plomo ácido. Actualmente, las baterías cuentan con descargas de ciclo profundo, es decir, que pueden llegar a entregar hasta cerca de un 80 % de la energía almacenada, sin embargo es recomendable no descargarla a tales niveles, para prolongar la vida útil, siendo aconsejable dimensionar y simular de buena forma el consumo en horas de no sol. Además, no es aconsejable conectar baterías en paralelo, debido a que pese a ser de la misma capacidad y del mismo fabricante, estas no son idénticamente iguales, por lo que las posibles diferencias de tensión también afectan la vida útil de las mismas.

En cuanto a los soportes de los paneles, usualmente se recomienda instalarlos con una inclinación de 30° orientados hacia el norte, sin embargo, se debe analizar el caso a caso y se recomienda el uso de bases con inclinación y no coplanares para aumentar la eficiencia, pese al alza de costos que esto conlleva.

Con estas consideraciones en mente y recordando que la radiación y generación varía a lo largo del país se entregan recomendaciones de electrificación solar off grid para potencias de 2 [kW], 3 [kW], 4 [kW] y 5 [kW].

Debido a las diferencias de generación de la misma instalación en el Norte y Sur de Chile, las recomendaciones dividen el país en 4 zonas;

- **Zona Norte:** Que abarca las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama.
- **Zona Centro:** Que abarca las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana y Rancagua.
- **Zona Centro Sur:** Que abarca las regiones del Maule, Ñuble y Bío Bío.
- **Zona Sur:** Que abarca las regiones de la Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes.

De esta forma, existen recomendaciones de 2, 3, 4 y 5 [kW] para el norte, centro, centro sur y sur del país. Cada una de estas recomendaciones muestra el intervalo de posibles costos,

electrodomésticos a utilizar con la instalación, manual de operación de conciencia solar, el cual entrega recomendaciones de energía, potencia y almacenamiento del sistema fotovoltaico recomendado.

A modo de ejemplo se muestra la recomendación para una instalación de 2 [kW] en la zona centro del país. Es posible encontrar todo el resto de recomendaciones en el Anexo D.

#### **4.5.1. Recomendación 2 [kW] zona centro del país**

- Alternativa más económica a granel: \$1.384.789 con 1650W en paneles y 2 baterías de 100 Ah.
- Alternativa más económica en pack: \$990.000 con 560W en paneles y 2 baterías de 120 Ah.
- Alternativa más cara a granel: \$3.338.000 con 1850W en paneles y 4 baterías de 120 Ah.
- Alternativa más cara en pack: \$1.670.000 con 1120W en paneles y 4 baterías de 120 Ah.
- Alternativa recomendada: \$1.728.360 con 1800W en paneles y 2 baterías de 150 ah.

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 refrigerador de hasta 399 litros.
- 1 lavadora.
- 10 ampolletas de bajo consumo.
- Cargador de teléfonos.
- 1 TV.
- 1 microonda.
- 1 bomba de 0.5 HP.
- 1 radio.

Se debe lavar como máximo 1 vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo de no más de 45 minutos artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora o la bomba de agua. En días de lavado, la bomba de agua puede ser usada entre 3 y 3.5 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada 4 horas.

Siempre preferir usar los electrodomésticos durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. No usar la lavadora en simultaneo con el microondas.

## 4.6. Recomendaciones de extensión de la red

El proceso de conseguir electrificación por medio de extensión de la red puede llegar a considerarse sencillo o muy complejo, pero nunca rápido. La variable inicial de la cual depende si conseguir suministro será sencillo o complejo es el carácter de los caminos adyacentes de la residencia, pudiendo ser estos de carácter privado o de bien nacional de uso público.

El proceso es más sencillo cuando la residencia se encuentra adyacente a caminos de bien nacional de uso público. Bajo este contexto, para conseguir suministro, se deben realizar 2 cosas: gestionar una solicitud de conexión a la empresa de distribución concesionaria y la construcción del empalme, para que posteriormente sea inscrito y se de orden de conexión.

En primer lugar se debe realizar la solicitud de factibilidad, la cual usualmente se hace vía internet, por la plataforma web de la distribuidora, la cual tendrá 8 días hábiles para entregar respuesta por medio del informe de factibilidad técnica de suministro. En caso de que requiera estudios adicionales dispone de 15 días hábiles.

Luego de que entregue el informe la distribuidora, el solicitante debe encargarse de la construcción del empalme a conectar, el cual según las cotizaciones conseguidas, tiene un valor entre los \$350.000 y \$650.000 pesos. El empalme debe cumplir la norma de calidad de servicio para empresas de distribución y los pliegos técnicos de la distribuidora en cuestión. Para la construcción de este empalme se debe contratar a una empresa o un grupo técnico que cuenten con la certificación SEC, debido a que luego de la construcción de este empalme, este debe ser inscrito en la superintendencia de energía y combustibles, luego de dicha inscripción, la empresa concesionaria cuenta con:

- 10 días hábiles para conectar el suministro en caso de que no se requieran obras adicionales en la red de distribución,
- 20 días hábiles para conectar el suministro en caso de que se requieran obras adicionales en la red de distribución sin permiso de terceros y
- hasta 90 días hábiles para conectar el suministro en caso que se requieran obras adicionales y solicitar permisos a terceros.

Es importante mencionar que todas las obras realizadas en los caminos de bien nacional de uso público corren por cuenta de la empresa distribuidora, es decir, ellos son los encargados de realizar los estudios, ejecutar y financiar cada una de las obras adicionales para la solicitud de conexión de nuevo suministro eléctrico.

Según lo sostenido en las reuniones con Comercializadora Cge Spa y con empresas del rubro, los plazos mencionados raramente se cumplen, por lo tanto, es importante realizar la solicitud lo más pronto posible y tener en consideración que los plazos de espera más que una imposición o tiempo máximo, pasan a ser una referencia. Esto es debido a diferentes causas, entre ellas: el proceso de electrificación rural no cuenta con la especialización y personal necesaria para una ágil respuesta, existencia de diversas solicitudes en forma "simultanea.<sup>en</sup> los



plazos de cumplimiento, gestionar los permisos de terceros puede extender los plazos sin responsabilidad directa de la distribuidora, etc. Sin embargo, el responsable de las instalaciones de los empalmes, tiene el derecho y deber de cursar reclamos e informar a la SEC por las plataformas correspondientes, debido al incumplimiento de plazos establecidos.

Ahora bien, si la o las viviendas no se encuentran en caminos públicos, a la hora de encontrarse en caminos privados la situación se vuelve más complicada, pese a que en principio los pasos a realizar son similares, las complicaciones y desafíos con los que se enfrentan son más.

Para conseguir suministro en caminos privados se debe contratar a una empresa que realice la urbanización de los caminos privados o las líneas de distribución privadas. La empresa esta a cargo de la construcción, instalación y tramitación de postes, líneas de baja/media/alta, alimentadores, seccionadores, transformadores, etc. Además, se deben contratar a una empresa que realice la construcción, instalación y tramitación de todo lo relacionado a los empalmes, quedando a cargo del poste, medidor, protecciones, acometida, etc.

Una vez seleccionada la empresa y formalizado los trabajos a realizar entre la empresa y el o los mandantes, la empresa debe ingresar el proyecto a la plataforma de CGE para solicitar y analizar la infraestructura de distribución en las cercanías del proyecto, para que dependiendo de la magnitud en términos de potencia y energía a conectar, acordar las obras adicionales a realizar en las líneas de distribución de la distribuidora, obras que deben ser gestionadas y financiadas por la distribuidora. Es importante mencionar que algunas características o exigencias técnicas de la urbanización al interior de caminos privados, dependen exclusivamente de los pliegos técnicos de cada empresa distribuidora.

Una vez finalizadas las obras de urbanización y empalmes, estos deben ser tramitados e inscritos en las plataformas correspondientes y la empresa distribuidora cuenta con los mismos plazos descritos anteriormente para la conexión de los suministros.

Descrito así puede parecer que ambas alternativas resultan igual, ya que el proceso sería básicamente contratar una empresa, ver factibilidad y esperar la conexión por parte de la distribuidora. Sin embargo, el estar adyacente a un camino de bien nacional de uso público, permite hacer todas las gestiones necesarias de forma **individual**, lo que permite dar celeridad a cada proceso, ya que depende únicamente del interés y poder adquisitivo del mandante. Por el contrario, cuando se busca urbanizar caminos privados, suele ser un mayor número de residencias interesadas en la electrificación, de esta forma cada paso se debe dar de forma **colectiva**, lo que conlleva una serie de complicaciones en diferentes aristas.

Una complicación de buscar suministro para un grupo de parcelas o residencias es que es muy difícil, por no decir imposible, que la totalidad este interesada en el acceso a suministro por medio de extensión de la red, debido a que existen otras alternativas, como lo son: paneles solares, generadores Diesel, velas, baterías, etc. Lo que tiene repercusiones directas en el monto a pagar por cada parcelero interesado.

Según lo averiguado, el diseño del proyecto de tendido eléctrico se debe realizar para la totalidad del loteo, debido a que diseñar descontando a los parceleros no interesados, tiene consecuencias despreciables en el monto total del proyecto. Lo que no es despreciable, es el

valor a pagar por cada parcelero si solo una porción del total están interesados en participar, ya que a más cantidad de interesados, menor será el costo a pagar por cada uno. De esta forma es recomendable incentivar la participación de cada parcelero en el proyecto de electrificación rural.

Con respecto al financiamiento del proyecto, también influye la forma en la que se prorrata el costo total, existiendo la opción de dividir los costos según cercanía al camino principal, dividirlos en todos por igual, etc. Bajo el argumento de que las personas con mayor cercanía al camino nacional de bien público necesitan menos metros de línea, estas pueden proponer realizar la división de pagos de esta forma. Método que les favorece por estar cerca, pero que perjudica considerablemente a quienes están más alejados, debido a que deben asumir mayores costos para conseguir el suministro. El pago de todos por igual, tiene el argumento de que todos usaran las líneas, estén cerca o lejos, por ende se divide de forma equitativa. La recomendación es buscar una división de todos por igual, para poder concretar el proyecto, ya que si hay diferentes pagos dentro de la misma comunidad, generará roces y desinterés, y tal como se mencionó, mientras más participen del proyecto, mejor.

Otra complicación con respecto a los pagos, es la desconfianza que genera el depositar a una persona natural para que esta realice los pagos a la empresa contratada, existiendo 2 posibles formas para disminuir esta desconfianza:

- Conformación de una junta de vecinos o comité de adelanto: Una vez legalizado y establecido puede obtenerse una cuenta corriente de empresa en algún banco de su preferencia, cuenta en la cual se deben juntar 2 o más firmas digitales para los retiros de dinero, de forma que sea más difícil caer en fraudes. Así, se debe llevar contabilidad de quienes han realizado los pagos, para posteriormente desde la cuenta empresa cancelar los servicios contratados.
- Contrato por notaría entre la empresa y cada firmante. Esta alternativa la ofrecen algunas empresas, en donde se individualiza a cada parcelero como responsable por el monto a pagar del prorrata del costo total del proyecto, en donde cada interesado asume las responsabilidades de pago por medio de su firma en notaría. De esta forma no hay intermediarios para el pago percapita y es tratado de forma directa entre la empresa y el beneficiario final.

Ambas formas son válidas para disminuir la desconfianza, sin embargo, ambas presentan sus propios desafíos para lograr su cumplimiento. Por un lado, la conformación del comité de adelanto o junta de vecinos, requiere gente que de forma voluntaria conformen esta organización y realicen las tramitaciones necesarias, tramitaciones que normalmente son presenciales, existiendo por lo general falta de voluntad de la mayoría de la gente para asumir responsabilidades adicionales. En cuanto al contrato por notaría, no todas las empresas ofrecen esta forma de actuar y para validarlo, todos los interesados deben firmar, por lo que sí alguno se demora, retrasa el comienzo del proyecto.

Es importante que dentro del loteo existan personas con la disposición de llevar adelante los proyectos, es decir, que hagan uso de su tiempo para buscar empresas para ejecutar las obras, que hagan las gestiones en la municipalidad para conformar la personalidad jurídica, que busquen organizar a un grupo numeroso de personas, entre otras. Además, suele suceder

que cuando se trabaja con un grupo, en principio, completamente distintos entre sí, los roces, las discusiones e incluso las faltas de respeto afloran al tener puntos de vista distintos, lo que hace más complejo la misión de buscar un punto neutro en que la mayoría este de acuerdo. Por este motivo, la recomendación es tomar el liderazgo para buscar cumplir el objetivo de electrificar, y en caso de no poder o querer tomar ese rol, es importante ser participativo y expresar cada punto de vista con respeto y teniendo siempre en vista el poder avanzar en post del objetivo y no solo dificultar los avances.

Con respecto a conseguir empresas dispuestas a electrificar los caminos privados, es importante buscar diversas empresas, para lo que existen diferentes formas de conseguir esta información, sin embargo, la más importante es por medio de contactos entregados por personas que ya han pasado por situaciones similares.

Al recibir recomendaciones de empresas que potencialmente puedan realizar la urbanización, se reciben correos electrónicos o más comúnmente número telefónicos. Luego, al hacer los contactos, es normal que por parte de la empresa se soliciten los planos del lugar y se coordine una visita a terreno, haciendo imposible conseguir presupuestos de forma remota. Describir el proyecto vía telefónica o por correo electrónico, no genera un incentivo suficiente para que las empresas entreguen presupuestos, de esta forma se debe disponer tiempo en terreno para conseguir aproximaciones a los costos de electrificar. Por esto es importante que el mayor número de personas busque empresas, de esta forma el trabajo de atender la visita a terreno se hace menos pesado para cada uno, además de compartir la información entre quienes están trabajando en la búsqueda de empresas, para no repetir las visitas.

En cuanto a las empresas, existen grandes empresas, como la distribuidora concesionaria y pequeñas empresas del sector. Entonces la oferta y forma en que trabajan puede llegar a diferir en gran medida, por esto es importante tener una serie de consideraciones al momento de analizar los presupuestos recibidos y no tan solo dejarse llevar por el presupuesto más económico.

En el presupuesto o como información adicional se debe entregar al menos lo siguiente:

- RUT de la empresa, para la revisión de posibles causas judiciales o dicom.
- Datos del o los representantes legales, para la revisión de posibles causas judiciales o dicom.
- Información financiera, que pueda acreditar que la empresa no esta en riesgo de quiebra.
- Los presupuestos deben señalar: vigencia, plazo de ejecución, forma de pago, obras a realizar, equipos a utilizar, especificaciones y características de los materiales a usar, como potencia de los transformadores, largo de los postes, capacidad de los empalmes, cantidad de protecciones, etc.
- Información de proyectos realizados anteriormente, para visualizar sin han realizados proyectos de la envergadura del proyecto en cuestión y demostrar la experiencia en el tema.

El presupuesto o contrato, también debe contar con el compromiso de realizar las gestiones

para conectar la construcción del proyecto a la infraestructura de distribución de la empresa concesionaria. Si bien, este costo se menciona que es negociable y por este motivo no figura dentro del presupuesto, todo lo necesario para realizar la conexión, véase, informes, plantillas, etc, deben estar estipulados ser cumplidos por la empresa contratada.

También es importante tener cuidado de que presupuestos se aceptan y comunican a todos los interesados, debido a que tomar presupuestos que *a priori* se ven de poca seriedad, sin antes haber estudiado las empresas y considerando todo lo mencionado anteriormente, puede restar al momento de escoger sí realizar el proyecto o no, ya que debido a esto mismo, que el presupuesto no es formal y serio, el valor propuesto puede distar de la realidad, siendo menor, quedando una impresión entre los parceleros que se puede acceder a suministro eléctrico por medio de extensión de la red por costos similares a ese, cuando es posible, que luego empresas que detallen y cubiquen mejor los valores, entreguen un costo más alto, pero más real en cuanto a la ejecución del proyecto.

De esta forma la recomendación es analizar la empresa en la cual se va a depositar la confianza de la ejecución de la electrificación, ya que pueden llegar presupuestos de empresas falsas o no aptas para el trabajo, que luego de ser ejecutado el proyecto no cumplan con las normativas vigentes para entrar en conexión a la red distribución o que debido a la magnitud y características propias de cada proyecto, no puedan llegar a ser capaces de consolidar lo dicho, quedando con una infraestructura deficiente, complejizando más el objetivo de conseguir suministro, debido a que ya se gasta dinero en algo inservible y que para solucionarlo se requiera más del dinero presupuestado en un comienzo.

En cuanto a la forma de trabajo, todas las empresas piden un adelanto al momento de iniciar el proyecto, adelanto que ronda entre el 30 % y 50 % del total, esto justificable por los materiales a comprar. El resto de saldo lo dejan a pagar en 2 o 3 cuotas, seguidas al pago inicial o una vez finalizado el proyecto. Es importante considerar que estas facilidades de pago deben ser cumplidas por parte del mandante.

Otra diferencia es la forma en la que entregan un presupuesto. Existen empresas que no entregan un proyecto de ejecución, sino que trabajan con pre-proyectos, una empresa que trabaja de esta forma es Comercializadora CGE. Este tipo de empresas realizan un cobro por la confección de un presupuesto detallado, con rutina de cálculo y todos los estudios necesarios para cubicar en detalle el proyecto a ejecutar. Comercializadora CGE, realiza un cobro de 170 UF + iva por estos trabajos, dando como resultado las obras a realizar con detalle y el presupuesto asociado al trabajo. Otras empresas, luego de la visita a terreno (la cual puede tener un costo asociado o no, en caso de existir ronda los \$20.000) generan un presupuesto, el cual puede ser muy general o con cierto nivel de detalle, pero ninguno entrega el detalle tan específico como las empresas que trabajan con pre-proyecto. El mayor detalle lo entregan solo previo al momento de concretar legalmente la contratación, es decir, cuando ya se llega a un acuerdo entre las partes para ejecutar el proyecto con dicha empresa.

Si el valor a pagar prorrateado en los interesados es menor o accesible para dichos interesados, la recomendación es pagar ese precio por un pre-proyecto hecho de forma profesional. En caso de no acordar este pago previo a la obtención de un presupuesto, optar por la empresa que cumpla las condiciones detalladas con anterioridad, como lo son, solidez, experiencia, seriedad,

confianza y seguridad, excluyendo a toda empresa que no sea transparente con cualquier tipo de información solicitada.

También existen diferencias en cuanto a que empresa distribuidora realizará la conexión del proyecto de electrificación, debido a que las exigencias técnicas de la instalación pueden ser diferentes, teniendo posibles implicancias de ejecución y costos.

Por una parte, pueden diferir en el largo de los postes de tensión, los postes de los empalmes, la cantidad de transformadores por clientes, etc. Ya que dependiendo de la empresa que ejecute la obra, sus propios pliegos técnicos pueden especificar diferencias en estos ítem, siempre estando alineados con lo que indica la norma técnica.

Por otra parte, Una diferencia sustancial puede suceder en cuanto a la forma de medir el consumo de energía, todas las empresas exigen un medidor totalizador al inicio del proyecto, para controlar los posibles hurtos de energía. Sin embargo, hacia el interior de los loteos existen diferencias, ya que algunas empresas exigen solo el uso de remarcadores, sin la opción de medidores individuales para cada residencia interesada. Existen otras empresas que entregan ambas opciones, y algunas que exijan un medidor individual por cada residencia interesada.

Entonces, en caso de poder escoger a que empresa distribuidora conectarse, la recomendación es conectarse a la que tenga la opción de un medidor individualizado para cada residencia, debido a que de esta forma, cada propietario es el encargado de cancelar su cuenta de luz para seguir con suministro. Mientras que si se escoge la opción de un totalizador para todos y remarcadores individuales, cabe la posibilidad de que algún residente con remarcador se niegue a pagar su parte de la luz por algún motivo, lo que provocaría un déficit en el pago de la boleta, que posiblemente nadie quiera asumir, lo que terminaría en un corte de suministro para todos los propietarios. Teniendo como solución asumir los costos de energía consumidos no pagados por el residente y realizar el trabajo de cortar el suministro en las líneas interiores a la residencia que no quiere pagar.

Además de todas estas consideraciones a tener previas a la construcción del proyecto de electrificación, se debe tener en cuenta una serie de aspectos a *posteriori* de que el proyecto este ejecutado.

Una de ellas es con respecto a esa porción de residentes que no se hicieron parte del proyecto de electrificación, ya sea por no tener interés, por estrategia, por no contar con el poder adquisitivo al momento de la realización del proyecto u otro. Una vez el resto de residencias cuenten con suministro eléctrico, parte de este grupo que aún no cuenta con suministro por medio de extensión de red, puede querer hacer uso de las redes existentes para conectar un empalme a su residencia, para lo que él deberá solicitar la conexión de suministro a la empresa distribuidora y la solicitud de conexión a los dueños de las líneas, es decir, al grupo de propietarios que pagaron por la construcción del proyecto.

En principio, luego de la construcción de las líneas al interior de los caminos privados, estas son privadas, es decir, los dueños de ella son las personas que contrataron a la empresa, los cuales antes la solicitud de conexión a estas líneas privadas, pueden cobrar por dicha conexión, lo que estimen conveniente, debido a que las líneas son propias. Esto puede conllevar a una

serie de inconvenientes, debido a que nuevamente se debe llegar a un acuerdo de forma colectiva, sobre el valor a cobrar en caso de que suceda el hecho descrito y luego se debe determinar que hacer con este pago, para lo que existen diversas opciones:

- Devolución prorrateada en el total de personas que pagaron.
- Guardarlo para eventualidades que involucren a la comunidad.
- Destinarlo para mejoras en los espacios comunes o que velen por el bien común.

Cada alternativa tiene sus ventajas y desventajas. La devolución tiene como ventaja el no tener que ponerse de acuerdo con la comunidad y recibir el dinero de forma individual, considerando que el monto a recibir por cada uno no tendrá el mismo orden de magnitud que el pagado por el proyecto, ya que este es prorrateado entre todos los mandantes. Guardarlo para eventualidad o mejores de los espacios comunes, conlleva el guardar el dinero en una cuenta común o de una persona natural a cargo de la tesorería, ambas pueden llevar a cierto nivel de desconfianza. Además, se debe llegar a un acuerdo para decidir a que tipo eventualidades o en que mejoras se destinaran dichos pagos en caso de existir.

Una de las eventualidades que pueden existir es que existan fallas en las líneas de distribución privadas. Cuando existen fallas de cortes de luz en casas del radio urbano, el proceder es llamar a la empresa distribuidora, la que atiende al problema a la brevedad con las cuadrillas destinadas a este fin, trabajos que no figuran en las cuentas de luz y los clientes finales no ven estos cobros como adicionales. Sin embargo, al ser estas líneas de carácter privado, se puede realizar el llamado a la empresa distribuidora o a la empresa que construyó las líneas, con la salvedad de que alguien debe permitir el acceso y este servicio debe ser pagado, ya que es un trabajo que no estaba contemplado en la ejecución del proyecto.

Como se mencionó, en principio las líneas son privadas, por lo tanto para la nueva conexión se debe solicitar autorización a los dueños de dichas líneas. No obstante, esta edificación puede ser cedida a la empresa distribuidora concesionaria, para que esta las gestione y atienda cualquier falla o eventualidad que pueda ocurrir al interior de los caminos, de esta forma, pasarían a funcionar como una línea más de la infraestructura de distribución que posee la distribuidora, así evitando tener que realizar las gestiones y pagos en caso de fallas.

La recomendación es hacer un híbrido entre las dos soluciones, cediendo en comodato la infraestructura construida, pero estipulando que al ingresar nuevas personas a la línea, estas deben pagar un monto a los mandantes iniciales y prorratear ese pago entre ellos. Sin embargo, está es la solución ideal, que en la realidad, es difícil de conseguir, por lo que la recomendación final, dependerá de lo que estimen de mutuo acuerdo los mandantes iniciales.

Otra característica a tener en consideración, es que cada proyecto de extensión de la red en caminos privados es diferente del otro, debido a las características intrínsecas de cada proyecto. Se debe considerar que en ocasiones el camino publico de bien nacional no está en las afueras del sector a electrificar, sino que acaba metros o incluso kilómetros más distante, se debe considerar las características de los caminos, como lo son sus ramificaciones interiores, los relieves, el material del que está constituido, etc. Por norma general es más sencillo realizar tendido eléctrico en caminos rectos, ya que cada cruce o rama complejizan el trabajo, lo que

eleva los costos, también las características de la flora y fauna presentes en la zona puede provocar mayores desafíos, la distribución de los terrenos de cada parcelero o residencia, también determinan parte importante de la distribución de los posteados, ya que no es igual diseñar para terrenos con deslindes regulares, que con deslindes irregulares. Entre otras consideraciones particulares de cada sector a electrificar.

## 4.7. Propuesta metodológica

Tal y como indica la figura 3.2, la propuesta metodológica tiene dos etapas diferenciadas por su naturaleza, las cuales son: recolección de datos y reportes de información al usuario final.

### 4.7.1. Encuesta de contextualización del proyecto

La encuesta de recopilación de datos para la caracterización inicial del proyecto, es una encuesta realizada en Microsoft Forms y tiene por nombre *Recopilación de datos para la caracterización del proyecto* [63] y se puede observar en la figura 4.3.

Recopilación de datos para la caracterización del proyecto

\* Obligatorio

Individualización del mandante

Con el objetivo de verificar la legalidad del terreno e individualización del mandante

1. Nombre del mandante \*

Escribe tu respuesta

2. Rut del mandante

En caso de ser una persona natural, enviar CDI al correo electrónico yerko.meza@ug.uchile.cl

En caso de ser una personalidad jurídica enviar la copia de la constitución de sociedad al correo electrónico yerko.meza@ug.uchile.cl \*

Escribe tu respuesta

Figura 4.3: Encuesta de recopilación de datos.

### 4.7.2. Encuesta de caracterización de la demanda

Para la caracterización de la demanda se cuenta con dos encuestas, ambas realizadas en Microsoft Forms. En primer lugar está la encuesta de nombre *Caracterización de la demanda* [64] que se observa en la figura 4.4. La segunda tiene por nombre *Caracterización de la demanda 2* [65] y se aprecia en la figura 4.5. Ambas encuestas consultan si se cuenta con tal electrodoméstico, las horas de uso y los días a la semana que se utiliza.

## Caracterización de la demanda

Este formulario busca caracterizar el consumo de su vivienda durante el periodo de invierno, por lo tanto contestar teniendo en mente los meses de junio - julio, los cuales son los más fríos en el país. El objetivo de esta encuesta es diseñar la planta fotovoltaica que mejor se adapte a sus requerimientos de potencia y energía.

1. ¿Tiene o tendrá lavadora?

Sí

No

2. ¿Tiene o tendrá secadora?

Sí

No

Figura 4.4: Encuesta caracterización de la demanda.

## Caracterización de la demanda 2

Con el fin de complementar la anterior encuesta de caracterización de la demanda, se consulta con respecto a los otros posibles electrodomésticos.

1. ¿Tiene o tendrá campana de cocina?

Sí

No

2. ¿Tiene o tendrá extractor de aire?

Sí

No

Figura 4.5: Encuesta caracterización de la demanda 2.

La encuesta Caracterización de la demanda, consulta acerca del uso de los electrodomésticos que representan la mayor parte del consumo residencial, los relacionados a calefacción, refrigeración y lavado, junto a los de mayores niveles de potencia y mayores horas de uso en el día.

La encuesta Caracterización de la demanda 2, consulta acerca de todo el resto de electrodomésticos de la tabla 4.4 que no fueron consultados en la primera encuesta. Esta encuesta funciona de manera complementaria a la primera, debido que busca terminar de caracterizar la demanda de los usuarios interesados en definir con mayor exactitud su consumo.



### **4.7.3. Entregable de acceso a la generación**

Para conocer el acceso a la generación de las fuentes más utilizadas, este entregable presenta un breve reporte de factibilidad, contando con dos apartados, uno para la tecnología fotovoltaica y otro para la extensión de la red.

Según la información recopilada en la encuesta de contextualización del proyecto, se conocerá la ubicación demográfica de la residencia en cuestión, por lo tanto el apartado de factibilidad solar, contará con la generación mensual con una potencia instalada de 2 [kW] en la región de interés. Acompañado de una explicación sobre el porqué se diseña en función del mes con menor radiación y se mencionan los electrodomésticos que podría utilizar con dicha capacidad instalada.

Toda la información recopilada es llevada a 2 planillas excel que permiten la generación de alternativas de electrificación solar, tienen por nombre *Perfiles de consumo* y *Simulación* [66], acompañadas de las observaciones generales para su uso.

Con respecto a la extensión de la red, se explican brevemente las condiciones necesarias para acceder a esta, explicando las principales dificultades y solicitudes, dependiendo de la calidad de los caminos en los que se encuentre (caminos privados o de bien nacional de uso público).

### **4.7.4. Entregables de distintas tecnologías de electrificación**

#### **4.7.4.1. Solar**

Se informa el rango de costos asociados a los principales equipos fotovoltaicos, entregando una o más alternativas de electrificación solar, indicando los electrodomésticos que se pueden utilizar, en conjunto con una lista de recomendaciones para un uso adecuado de la instalación. Además, se explica el porqué de la recomendación y las diferencias que existen entre contar con suministro por medio de paneles solares y extensión de la red.

Debido a que cada recomendación de electrificación rural por medio de tecnología solar es distinta, esta se muestra en el siguiente apartado de Aplicación y Análisis para cada caso de estudio.

#### **4.7.4.2. Extensión de la red**

Se entrega una hoja de ruta para acceder a electrificación por medio de extensión de la red, en conjunto con un listado de recomendaciones, desafíos y problemáticas con las que posiblemente se encuentre una persona o un grupo de personas interesadas en conseguir suministro por medio de una red de distribución convencional.

La factibilidad y la hoja de ruta es transversal para cualquier persona que busque electrificar por medio de extensión de la red en un contexto rural, entonces, es prácticamente idéntica en los 3 casos de estudio. Por lo tanto, será mostrada una vez, pero es entregada a los 3 mandantes estudiados.

## 4.8. Factibilidad de extensión de la red

Al igual que para el caso solar, desde un punto de vista técnico, siempre va a ser posible conseguir suministro por medio de extensión de la red, sin embargo, es posible que se necesiten esfuerzos comunitarios y pagar grandes montos de dinero.

Cuando la residencia que necesita suministro se encuentra adyacente a algún camino público, la factibilidad es más sencilla, debido a que se debe realizar la construcción del empalme, lo que puede es posible tenga un costo que ronde los \$500.000 y luego se solicita la factibilidad a CGE para conseguir suministro.

Cuando la residencia no se encuentra en caminos públicos, es decir, adyacente a un camino privado, la factibilidad es más compleja, ya que se debe realizar la construcción de tendido eléctrico, la cual dependerá de muchas variables, por lo que no es posible entregar una referencia sobre el posible monto a pagar. Además, se deben construir los empalmes (al igual que el caso anterior), para posteriormente solicitar la factibilidad de conexión a CGE para conseguir suministro por medio de los postes construidos.

## 4.9. Hoja de ruta para extensión de la red

La figura 4.6 muestra la hoja de ruta simplificada de la extensión de la red, la cual cuenta con diferencias sí el camino en el que se encuentran es de carácter público de bien nacional o privado, dejando ver que las grandes diferencia entre uno u otro son la construcción de líneas privadas y la cantidad de veces que se necesita coordinación para conseguir el objetivo de contar con suministro eléctrico.

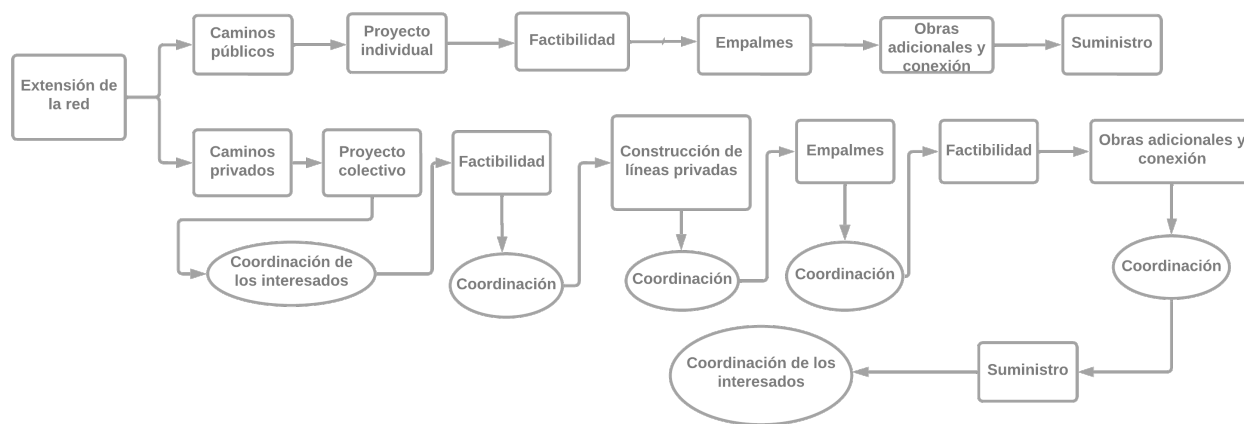


Figura 4.6: Hoja de ruta para extensión de la red.

### 4.9.1. Extensión en caminos públicos de bien nacional

Al encontrarse en sectores rurales, adyacentes a caminos de bien nacional de uso público, el proyecto de electrificación es de carácter individual y se deben seguir los siguientes pasos

para la obtención de suministro eléctrico:

- Solicitud de factibilidad a la empresa de distribución concesionaria, solicitud que se hace vía online y la empresa cuenta con entre 8 y 15 días hábiles para dar respuesta, la cual viene acompañada de un informe de factibilidad, no teniendo costos asociados.
- Construcción de empalmes para la conexión de suministro, se debe contratar una empresa o persona certificada por la superintendencia de energía y combustibles para la construcción, tramitación e inscripciones de todo lo relacionado al empalme, lo cual demora entre 2 y 20 días hábiles con costos entre los \$350.000 y \$650.000 dependiendo a quien se contrate. Una vez terminado este proceso el encargado debe subir la documentación a las plataformas correspondientes.
- En el informe de factibilidad, la empresa concesionaria entrega las obras adicionales que se deben realizar en el tendido eléctrico para poder conectar el suministro, esto puede tomar desde 1 día hábil, hasta un máximo de 120 días hábiles, posterior al cumplimiento de este plazo el servicio debe estar conectado.
- Una vez que el suministro esté conectado, ya se cuenta con electricidad como si se estuviese en el radio urbano y se debe dar uso adecuado y pago del consumo de manera mensual.

Es importante estudiar la empresa o técnico eléctrico que se contratará para gestionar y construir los empalmes, ya que ellos serán los encargados de realizar las obras físicas de construcción respetando las normas técnicas y legales, asimismo deben gestionar los permisos, informes, inscripciones y certificados necesarios para la conexión a la red de distribución. Recordando que la celeridad de cada uno de estos aspectos, tendrá estrecha relación con el tiempo que tome contar con suministro.

#### **4.9.2. Extensión en caminos privados**

Al encontrarse en sectores rurales, en caminos privados, es probable que estén en loteos de auto-construcción o similares, por este motivo el buscar electrificación por extensión de la red es un trabajo colectivo, ya que se deben ampliar la red de distribución al interior de los caminos privados. De esta forma, se deben seguir los siguientes pasos para la obtención de suministro eléctrico:

- Solicitud de factibilidad a la empresa de distribución concesionaria, solicitud que se hace vía online y la empresa cuenta con entre 8 y 15 días hábiles para dar respuesta, la cual viene acompañada de un informe de factibilidad, no teniendo costos asociados.
- Construcción del tendido eléctrico al interior de los caminos privados, se debe contratar una empresa que cuente con experiencia, conocimiento de las normas técnicas vigentes, solides económica y personal que realice la construcción, tramitación e inscripciones de todo lo asociado al tendido eléctrico del interior de los caminos privados, lo que dependiendo de la magnitud del proyecto puede tomar entre 30 y 120 días. Los costos asociados no pueden ser generalizables, debido a la fuerte dependencia de las características de cada caso.

- Construcción de empalmes para la conexión del suministro, se debe contratar a una empresa o persona certificada, pudiendo ser la misma u otra de la que realizó el tendido eléctrico. Esta empresa se debe encargar de la construcción, tramitación e inscripciones de todo lo relacionado al empalme, lo cual demora entre 2 y 60 días hábiles, con costos entre \$350.000 y \$650.000, dependiendo de quien se contrate y del número de empalmes a construir. Este trabajo puede realizarse de forma paralela a la construcción de tendido, pudiendo agilizar los plazos. Una vez que la construcción de tendido y empalme estén terminados, se debe subir la documentación a las plataformas correspondientes.
- Factibilidad, la empresa de tendido eléctrico realiza las conversaciones con la empresa distribuidora sobre los trabajos a realizar por parte de la distribuidora para cumplir con las exigencias de energía y demanda de la construcción realizada.
- En el informe de factibilidad, la empresa concesionaria entrega las obras adicionales que se deben realizar en el tendido eléctrico para poder conectar el suministro, esto puede tomar desde 1 día hábil, hasta un máximo de 120 días hábiles, posterior al cumplimiento de este plazo el servicio debe estar conectado.
- Una vez que el suministro esté conectado, ya se cuenta con electricidad en cada parcela, entonces se debe realizar el pago mensual del consumo según sean las condiciones de la conexión, pudiendo ser un pago individual por cada parcelero o un pago común.

A diferencia del proceso en caminos públicos, tal como se observa en la figura 4.6, la obtención de suministro está marcada por la coordinación entre quienes compartan los caminos privados, lo que conlleva a una serie de complicaciones, desafíos y dificultades que se deben considerar:

- El costo total del proyecto se divide entre los interesados, por lo tanto, a mayor número de interesados, menor el total a pagar por cada uno. Se debe considerar que por diversas razones, un grupo de *vecinos* no se sumará al proyecto. La recomendación es que participe el mayor número de personas.
- Forma de dividir el pago total, todos pagando por igual o según distancias u otra. Es recomendable dividir el pago de todos por igual.
- Método de pago a la o las empresas contratadas. Existe desconfianza de entregar el pago a una persona, por lo que es recomendable la conformación de un comité de adelanto o junta de vecinos.
- Liderazgo del grupo. Para avanzar es necesario que un grupo de personas realice los contactos y gestiones para obtener suministro, acompañado de una participación activa del resto de interesados, teniendo siempre en mente el avanzar y no solo formar discusiones. de esta forma, es recomendable participar en el liderazgo del grupo.
- Contacto con empresas. El conseguir empresas que realicen los trabajos no es un trabajo sencillo, se debe investigar en las cercanías, consultar con personas que hayan pasado por lo mismo, e investigar en terreno, ya que esta información es de fácil acceso.
- Confiabilidad y solidez de la empresa. Dentro de las potenciales empresas a ejecutar el proyecto, pueden figurar algunas con poca popularidad, por lo tanto es importante realizar un estudio acerca de las finanzas, trabajos previos y solidez de la empresa para la ejecución del proyecto.

- Desinformación. Para conseguir electrificación rural por extensión de la red, existe gran desinformación, por lo que compartir rumores, ya sean de valores de empresas, valores de tecnología solar u otros, solo entorpece el avance.
- Formas de pago. Las empresas piden cerca de un 50 % al iniciar las obras y el resto en 2 o 3 cuotas, considerando que no son montos despreciables, es importante contemplar el cumplimiento del plazo con los pagos.
- Presupuesto pagado o presupuesto gratis. Existen empresas que entregan presupuestos de forma gratis, luego de una visita a terreno, realizan una serie de estudios y cálculos para la entrega de presupuesto. Sin embargo, existen otras empresas que cobran por un presupuesto detallado, con rutina de calculo, especificación de obras a realizar y materiales, etc.
- Medidores individuales o remarcadores. La empresa concesionaria de distribución, según su forma de trabajo puede ofrecer solo una de estas opciones o ambas, recomendando siempre preferir a la empresa distribuidora que entregue la opción de medidores individuales.
- Mantener las líneas privadas o cederlas. Una vez construido el tendido eléctrico interior, los mandantes pueden decidir que sigan en su propiedad, lo que conlleva realizar cobros si alguien se quiere conectar después, preocuparse de las fallas y mantenimiento. También existe la opción de ceder toda la construcción a la empresa concesionaria y ellos se preocupan de todo.

Cada proyecto de electrificación rural en caminos privados es distinto de otro, debido a la múltiple cantidad de variables a considerar, por este motivo el listado anterior es una serie de recomendaciones y puntos a considerar al momento de buscar obtener suministro por medio de la extensión de la red, proporcionando una ruta de los pasos a seguir y en que cosas prestar atención para poder hacer más sencillo el cumplimiento del objetivo.

El monto a pagar no es posible estandarizarlo de forma directa, debido a que finalmente el valor de proyecto dependerá de cada caso, influyendo en este el número de viviendas existentes en los caminos privados, el número de viviendas que buscan obtener suministro, los metros lineales a construir, la ramificación, los relieves, y las características de los caminos, la infraestructura de distribución cercana, etc.

De esta forma se le insta a que pueda seguir los pasos indicados para conseguir suministro por medio de la extensión de la red, teniendo en cuenta cada una de las consideraciones entregadas para poder realizar este arduo trabajo con estos conocimientos previos.

# Capítulo 5

## Aplicación y análisis

### 5.1. Caso de estudio 1

El primer caso de estudio corresponde a la señora Alejandra Cáceres, quien por medio de la encuesta expresa que la casa corresponderá a su segunda vivienda y edificará sobre un radier con material ligero y techumbre de zinc, utilizando cerca de  $100\text{ m}^2$  para la casa, de los  $5.000\text{ m}^2$  disponibles de su terreno. Además, la casa contará con 3 dormitorios, cocina, baño, comedor, living, quincho y piscina.

El loteo al cual pertenece la señora Alejandra, lleva por nombre *Hacienda San Francisco* y está ubicado en la Región del Maule, comuna de San Javier y provincia de Linares. El loteo cuenta con 108 hectáreas subdivididas en 216 parcelas de  $5.000\text{ m}^2$  cada una. En las cercanías se encuentra el río Loncomilla y el pueblo de Huerta de Maule, el cual cuenta con una escuela, negocio locales, una junta de vecinos, reten de carabineros y una posta de salud.

El loteo cuenta con un portón de acceso y caminos interiores de carácter privado, los cuales que en palabras de la señora Alejandra son relativamente malos, con una serie de eventos, blandos y con baches.

En cuanto a la accesibilidad vial al loteo indica que se puede llegar al ingreso de forma fácil en vehículo propio, ya que luego de tomar la vía local que se encuentra pavimentada, son aproximadamente 3,5 kilómetros de camino de tierra en buen estado para llegar a la parcela. Sin embargo, para llegar por transporte público, este deja a las pasajeros en donde comienza el camino de tierra, teniendo que caminar los 3,5 kilómetros.

Con respecto a la infraestructura existente, menciona que no hay infraestructura de agua potable ni de alumbrado público. En cuanto a líneas de distribución: por fuera del loteo existe una línea monofásica de media tensión y en el pueblo de Huerta de Maule existe una línea trifásica de media tensión.

Al interior del loteo ya existen vecinos que cuentan con sus casas, algunos con pozos profundos para la obtención de agua por medio de napas subterráneas, algunos vecinos cuentan con generadores Diesel y otros pocos con paneles y luminaria solar.

El clima del sector es cálido y seco durante primavera-verano y abundantes lluvias y viento en el periodo de invierno, con presencia de gran nubosidad en la mayor parte del año. Las principales actividades económicas menciona que son la agricultura, apicultura, ganadería y comercio local.

En cuanto a la apreciación del pago por electrificación, la señora Alejandra expresa que está dispuesta a pagar \$1.000.000 por conseguir energía por medio de extensión de la red, pero que si se le entrega la opción de pago en cuotas por un monto mayor, en sus propias palabras indica que *tendría que hacerlo, no se puede vivir sin luz* y para paneles solares, indica que pagaría menos, ya que la comodidad no es la misma.

El consumo de la señora Alejandra se estima en 277,51 [Kwh/mes], como es su segunda residencia, este consumo está concentrado en los fines de semana. De esta forma, el consumo diario sería aproximadamente 34 [kWh], compuesto en un 35 % calefacción, un 20 % en refrigeración, un 14 % en el uso de bomba de agua, un 14 % en lavadora y secadora y el 17 % restante entre el resto de electrodomésticos a utilizar.

Emplazar una instalación solar de 4,5 [kW] de potencia instalada en el sector, tiene una generación diaria aproximada de 17,92 [kWh], mientras que el consumo pronosticado por la señora Alejandra es de 34 [kWh] diario, lo que deja un claro déficit entre las exigencias energéticas y la capacidad de generación diaria del sistema descrito. Sin embargo, es interesante analizar la generación mensual del sistema emplazado, el cual en el mes de junio, correspondiente al de menor generación tiene una generación de 286 [kWh], y las exigencias mensuales de la señora Alejandra son de 277[kWh] aproximadamente, entonces con una instalación de 4,5 [kW] sería posible suplir la demanda mensual.

De esta forma, se podría analizar el sistema de baterías necesario, que tenga la capacidad de acumular energía entre lunes y viernes para entregarla en los fines de semana en los cuales es demandada. No obstante, una instalación de 4,5 [kW] tiene un costo de a lo menos \$3.000.000, con una capacidad instalada en baterías que se carga durante el día y se ocupa por la noche, es decir, no está dimensionado para acumular la generación durante días y liberarla en otros. Mientras que la apreciación de la señora Alejandra es de \$1.000.000 para extensión de la red y en palabras de ella misma: *menos de eso*, para el uso de paneles, por lo tanto detallar más no tiene incentivo al no ser viable económicamente.

Es importante mencionar, que la hoja de ruta para la extensión de la red, se confeccionó en gran parte por los esfuerzos realizados para conseguir electrificación rural en el caso de estudio de la señora Alejandra, por lo tanto, este caso de estudio cuenta con gran información adicional, al haber ejecutado la hoja de ruta en paralelo a la confección de la misma.

La señora Alejandra compró el terreno anteriormente descrito en el verano de 2022, luego de unos meses, por iniciativa de un grupo de parceleros se realiza la primera reunión presencial para la elección de una directiva "provisoria" para gestionar mejoras en el loteo, tales como: averiguaciones para retiro de basura en aseo y ornato, rondas del plan cuadrante de carabineros en el sector, electrificación, entre otras.

La recomendación para la reunión es que sea de carácter online, debido a que en el contexto

de la ruralidad y del loteo en particular, diversos propietarios compraron como 2º vivienda o como inversión, entonces por la distancia no se pudieron hacer presentes un número no menor de parceleros interesados en mejorar el loteo. De esta forma, desde un comienzo existen visiones contrapuestas; por una parte, la gente que no participó de la reunión, si la directiva electa no actúa conforme sus expectativas, se escudan bajo los argumentos de "no fue electo por todos", "porqué lo eligieron si no estábamos todos en la reunión", etc. Por otra parte, esta la gente que busca agilizar todo y pese a quizás no haber un número representativo de los dueños, insistieron en la elección de una directiva para avanzar.

Luego de la elección de la directiva, la cual se compuso de un presidente, un secretario y una tesorera, tomaron la carga que significa liderar a un grupo numeroso de personas. En dicha primera reunión, se fijó una cuota de \$1.000 mensuales, para temas de transporte de la directiva, para gestiones para el loteo y arreglos menores.

La directiva se acercó a la localidad de Huerta de Maule para realizar las averiguaciones y entender que necesitaban conformar un comité de adelanto o una junta de vecinos para poder avanzar en comunidad, allí la junta de vecinos de Huerta de Maule entrega información de como conformar una personalidad jurídica como el comité de adelanto y referencia a algunas personas que viven una situación similar de buscar electrificar, para tomar contacto con ellas y conocer como han sorteado las dificultades de tener una vivienda en la ruralidad.

Luego, al llegar el otoño y comenzar abundantes lluvias en la zona, los caminos interiores comenzaron a deteriorarse, provocando que sectores del interior quedaran intransitables en vehículos pequeños, permitiendo solo el paso de vehículos con tracción 4x4. Frente a esta eventualidad, la directiva llama a una reunión, esta vez online por las fuertes lluvias en el sector no permitir una reunión presencial. Esta reunión tubo una mejor coordinación que la primera, ya que hubo un moderador que marcó los tiempos de habla y como existía una preocupación en común, el buscar mejorar los caminos se toman acuerdo y se avanza.

Existieron 2 grandes acuerdos de dicha reunión. El primero, fue el pago de una cuota de \$15.000 por parcela para la compra de materiales (tierra, bolones, ripio) y el pago por maquinaria de compactación, en conjunto a una solicitud a la empresa por material adicional para mejorar los caminos que ellos previamente habían entregado. El segundo, fue el primer catastro de los parceleros interesados en conseguir electrificación por medio de extensión de la red, en donde el presidente de la comunidad solicita la inscripción para comenzar la búsqueda de empresas que ejecuten el proyecto.

De manera unilateral, el presidente de la comunidad, debido a su profesión de topólogo, realiza un estudio de suelo para solicitar la entrega de materiales, para el arreglo de los caminos, informe de topología que cobra a la comunidad. Al tener el informe listo, lo envía a la empresa que vendió los lotes y esta responde que pese a no tener ningún deber o responsabilidad de entregar material (ya que cada comprador firma una declaración de recibir conforme), entregará de manera exclusiva 5 bateas de material para compactar el suelo, y que estarán disponibles cuando se soliciten considerando 2 semanas de anticipación y en la respuesta en copia a cada propietario, señala que en ningún momento solicitó un informe topológico para la entrega de materiales.



En lo relatado existen aciertos y errores. Con respecto a los aciertos, el realizar la reunión de forma remota, el definir un moderador y el compartir previamente los temas a tratar son un total acierto. La existencia de un grupo de personas interesados en usar su tiempo para mejorar las condiciones de la comunidad, también es un acierto, sin embargo, se comete el error de que solo el presidente comience a tomar todas las cargas y trabajos a realizar para la comunidad, lo que da pie al siguiente error cometido, tomar una decisión de forma unilateral y peor aún, una decisión que tiene impacto económico en el resto de parceleros, como lo fue el realizar un estudio topológico sin que nadie lo haya solicitado.

Además, una vez disminuidas las lluvias, el presidente realiza las gestiones necesarias para conseguir el material y con las cuotas pagadas de los parceleros compra más material y contrata la maquinaria necesaria para realizar el trabajo en algunos caminos, ya que no alcanza ni el material ni el dinero para mejorar todos los caminos, privilegiando los caminos más cercanos al ingreso, entendiendo que todos deben transitar por ellos.

Una vez hechos los arreglos, comienzan las discusiones, por diversos motivos, que se resumen a continuación:

- El presidente es un aprovechador al realizar un estudio que nadie le pidió y cobrar por el.
- Todos los arreglos están mal hechos, una vecino que arreglo un pedacito de camino con pala, le quedó mejor.
- Nunca he confiado en él, cambiemos la directiva.

Luego de muchas discusiones por el grupo de whatsapp referente a esto, se decide seguir con la directiva, debido a que no hay muchos interesados en participar y se concluye que avanzar un poco es mejor que no avanzar nada.

Entonces, el presidente realiza las gestiones de contactar empresas para realizar el tendido eléctrico al interior del loteo, luego de 3-4 meses, a comienzos de noviembre del 2022, cita a una reunión presencial para dar a conocer 3 presupuestos obtenidos por él, recibiendo las visitas de los técnicos eléctricos en el loteo y haciendo los presupuestos como el presidente de mandante.

Paralelo a eso, uno de los dueños de un predio realiza contacto con la empresa de distribución concesionaria de la zona, correspondiente a CGE, en la cual levanta la información del proyecto y gestiona 2 reuniones para poder obtener presupuestos para el proyecto.

El primer paso fue entregar una carta formal en las oficinas de CGE en Talca. Luego de esta entrega, la distribuidora tiene 10 días hábiles para entregar respuesta, la cual se recibe mediante correo electrónico citando a una reunión remota con Carolina, jefa del área comercial de Talca - Constitución, quien da indicaciones generales sobre como conseguir electrificación rural, explicando principalmente que al ser caminos privados, la empresa no tiene ninguna responsabilidad con las residencias del interior del loteo, sin embargo entrega el contacto de Comercializadora CGE y Procel Talca, indicando que ellos pueden tomar el proyecto de urbanización del loteo.

Al tomar contacto con la empresa Procel y explicar las características generales del proyecto, estos indican que no pueden tomar el proyecto debido a la envergadura del mismo. Por otra parte, en la reunión remota sostenida con Comercializadora CGE con Matías, ejecutivo de negocios explica la separación entre la empresa comercializadora y distribuidora que se dio a partir de este año, por este motivo estos trabajos los toma comercializadora CGE y no la empresa distribuidora como tal. Y explica que ellos no trabajan con la entrega de presupuestos, sino que con ante-proyectos, es decir, que ellos tienen un cobro de 170 UF + IVA para realizar un presupuesto y rutina de cálculo del proyecto de electrificación rural, y un cobro de 240 UF + IVA para la confección del presupuesto y rutina de cálculo del proyecto de electrificación rural con alumbrado privado. Finalmente se le solicita a Matías la entrega de algún presupuesto de otro proyecto que la comercializadora haya ejecutado, para tener una noción previa del monto a pagar y no tan solo "pagar a ciegas" por un proyecto que *quizás* después es inviable económicamente.

En la reunión citada por el presidente, se entrega la información recabada desde comercializadora CGE y los 3 presupuestos obtenidos por el presidente. El primer presupuesto es sumamente general y es realizado por la empresa denominada Colina Verdez tiene un costo de \$131.675.000 por el posteo y de \$485.000 por la instalación de cada empalme. El segundo presupuesto es levemente más detallado y es presentado por la empresa construcciones JM", entregando un valor de \$113.950.000 por el posteo y de \$420.000 por cada empalme. El tercer presupuesto es entregado por Relmu Spa, que es literalmente idéntico en el detalle al segundo, entrega un valor de \$98.175.000 por el posteo y de \$416.500 por cada empalme. (todos los valores son los precios finales entregados, con IVA incluido.)

Una vez entregada la información, ningún parcelero le pareció atractivo contratar el pre-proyecto de CGE, debido a rumores de que sus obras son demasiado caras y habían presupuestos de forma inmediata del orden de los \$100.000.000. Por otra parte, un grupo de los parceleros quería acelerar el proceso y escoger la opción más barata para comenzar lo más luego posible, sin embargo, otro grupo de parceleros cuestiona los presupuestos entregados, alegando que no parecen ser empresas confiables, por lo tanto insta a entregar un tiempo para estudiar las empresas en cuestión, ya que los montos a entregar por los parceleros interesados no son despreciables en caso de incurrir en estafa o que la empresa no tenga la capacidad para dar a basto con lo comprometido.

De esta investigación se obtiene lo siguiente:

- Ninguna empresa específica como se realiza la conexión a la línea de media tensión, solo específica lo siguiente en su presupuesto "LOS DERECHOS DE CONEXIÓN SERÁN RESPONSABILIDAD DEL MANDANTE", lo que genera desconfianza.
- Ninguna empresa cuenta con experiencia en proyectos de la envergadura del proyecto que están licitando, lo que genera desconfianza por temor de no tener el personal necesario para la ejecución de la obra.
- Según un trabajador de CGE (distribuidora concesionaria de la zona), ninguna empresa cumple las normas técnicas para solicitar la conexión a la red.
- Al contactarse vía telefónica con las empresas, ninguna presenta gran seriedad y formalidad a la hora de responder a las dudas e inquietudes, de hecho JM construcciones

nunca contestó.

- La empresa Colina Verde utilizaba el logo administrativo de otra empresa.
- Ningún presupuesto contaba con el rut de la empresa y la especificación de por cuantos días era vigente el presupuesto.

Luego de todas estas averiguaciones, comenzaron nuevamente las discusiones y faltas de respeto por el grupo de whatsapp, indicando que los presupuestos son truchos, que había intención de estafa, que quizás el presidente estaba coludido, que todos los arreglos que ha hecho están malos (aludiendo al tema pasado de los caminos), etc. Posterior a esto, es que se levanta un nuevo grupo de parceleros interesados en guiar el camino hacia la electrificación rural, los cuales conversan con las 3 empresas que presentaron presupuesto, se les expone que no están en norma y que es de interés que puedan hacer los ajustes necesarios para poder participar de la licitación, en donde tan solo una de las tres acepta la invitación. Además, luego de 15 días, gracias a referencias de personas que pasaron por el mismo problema de electrificar se llega a las empresas Darko y Luxs, quienes ofrecen una reunión previa a la entrega del presupuesto con todos los interesados, para explicar como funciona la urbanización y aclarar inquietudes.

Esta reunión se celebra el 19 de noviembre, la cual se guía en parte por la empresa Darko, explicando a grandes rasgos las obras a realizar para el tendido eléctrico y se detalla gracias a las intervenciones de un parcelero con preguntas técnicas del proyecto. Además, se agrega a la discusión la posibilidad de extender la línea trifásica que existe a pocos kilómetros, en la localidad de Huerta de Maule. Luego toma un tiempo Luxs, encargado de los empalmes de cada interesado, entregando información detallada del proceso. Se explican además que se realiza un contrato en donde cada interesado debe firmar, disminuyendo la desconfianza de depositar los dineros a solo una persona para que realice el pago total. Finalmente, los presentes quedan conformes y las empresas acuerdan entregar el presupuesto dentro de 7 días corridos.

La empresa tomo más tiempo, entregando los presupuestos el día 30 de noviembre. Se entregan dos presupuestos de postación, más detallados que los entregados por el presidente, pero tampoco es completamente detallado, sin embargo, entregan cosas básicas que los otros no, como lo son el rut de la empresa, el compromiso de revisión previa por parte de CGE para asegurar la futura conexión, entregan la opción de una conexión bifásica y trifásica considerando la magnitud de la potencia y energía demandada por el loteo. El presupuesto de urbanización trifásico es de \$210.000.000 y el bifásico es de \$191.000.000. En cuanto a los empalmes entregan un presupuesto aparte, el cual es sumamente detallado, indicando los trabajos a realizar y proponiendo 2 tipos de empalme, metálico y de madera impregnado, con un valor de \$494.148 y \$429.744 respectivamente.

Además, la empresa siempre sugirió que el pago debía ser de todos por igual y nunca insinúo ni nombro la posibilidad de prorratar por distancia desde la entrada, y cada interesado firmaba el contrato, quedando responsabilidades y deberes con cada uno, de esta forma es que esta empresa se posicionó como la más confiable y sentó valores como nuevas referencias de costos asociados al proyecto, a la espera de que otras empresas puedan entregar el presupuesto para la ejecución del proyecto.

Como ya se mencionó, el loteo está compuesto por 216 parcelas de 5.000  $m^2$ , de las cuales 15 parcelas se encuentran adyacentes a un camino de bien nacional de uso público y las 201 restantes se encuentran en los caminos privados interiores.

10 de las 15 parcelas adyacentes al camino público, ejecutan la hoja de ruta de extensión de caminos públicos de bien nacional, contratando un grupo técnico en electricidad, por medio del cual solicitan la factibilidad a la empresa distribuidora y esta en 8 días entregó respuesta, en el informe de factibilidad, otorgando a una la factibilidad inmediata a posterior construcción del empalme, debido a que por la ubicación del loteo, contaba justo con un transformador a una distancia adecuada y las otras 9 parcelas fueron respondidas con factibilidad en 60 y 90 días hábiles luego de la construcción del empalme, por las obras adicionales a realizar para realizar la correcta conexión.

De esta forma, estas 10 parcelas pagan \$480.000 cada una por concepto de empalme, y la empresa técnica construye los empalmes, una vez hecho esto, los sube a la plataforma CGE y SEC, para que comience a correr el tiempo dado por CGE para realizar las obras adicionales. Debido a que al momento de comprar en enero 2022, no conocían la hoja de ruta, les tomó alrededor de 9 meses hacer las averiguaciones necesarias, contratar una empresa y comenzar con las solicitudes de conexión de suministro. Actualmente, a diciembre 2022, se encuentran en el periodo de tiempo de espera entregado por CGE.

De las otras 201 parcelas, 133 parcelas manifiestan su interés por conseguir electrificación por medio de extensión de la red. De esta forma, considerando el presupuesto trifásico de extensión de la red, para cada interesado pagaría un monto de \$1.578.947 por el posteo y \$494.148 o \$429.744 para empalme metálico o de madera, dando un total de \$2.073.095 o \$2.008.691 según el tipo de empalme que escojan.

Siendo la diferencia entre los empalmes de \$64.404, se recomienda preferir el empalme metálico, ya que este va enterrado con mezcla de cemento, lo que proporciona mayor firmeza que el de madera, que solo va compactado con tierra. Además, sería recomendable, aumentar el número de parceleros interesados en esta opción, ya que subir el número de interesados disminuye el pago percapita de cada uno. Por ejemplo, si los interesados subieran a 151, el monto disminuiría en un 10% por cada uno, equivalente a \$188.219.

Actualmente, se encuentran a la espera de más presupuestos para poder comparar precios y escoger a que empresa adjudicar el proyecto. La empresa Relmu Spa realizó una reunión, en la cual explicó que el presupuesto que ellos enviaron no consideraba ciertas cosas por petición del presidente del loteo, entonces se comprometen a actualizar el presupuesto que cumpla las normas en la brevedad. Uno de los parceleros tiene un amigo en Procel Talca, una de las empresas que se resto por la envergadura del proyecto, al contactarse con él, le solicita un presupuesto, que es realizado por dicha persona, respondiendo que ellos no ejecutan el proyecto, pero espera que sirva como referencia, entregando un presupuesto por la urbanización con un costo de \$267.914.088.

Como se evidencio en los 3 presupuestos entregados por el presidente, se debe tener cuidado con los presupuestos que se consiguen y muestran a la comunidad, ya que esto puede provocar sesgos económicos, si es muy barato, la gente querrá un presupuesto serio por ese valor, cuando

quizás no es posible. En caso de que sea muy caro, puede restar a gente potencialmente interesada y esto es contraproducente al momento de buscar incentivar a la mayor cantidad de parceleros. Entonces se debe ser cauteloso entre el grupo que está realizando las gestiones, previamente a la entrega a la comunidad

De esta forma, la señora Alejandra Cáceres ha vivido la mayoría de los desafíos y complicaciones con los que se puede encontrar al buscar urbanización en caminos privados, y sus "vecinos" de las parcelas adyacentes a caminos públicos realizan la hoja de ruta correspondiente y tan solo les queda esperar para conseguir el anhelado suministro eléctrico.

### 5.1.1. Entregables

La señora Alejandra recibe los entregables de factibilidad de extensión de la red y hoja de ruta ya mostrados, además de la factibilidad solar y recomendación solar que se detalla a continuación.

#### 5.1.1.1. Factibilidad solar

Estimada señora Alejandra Cáceres, desde un punto de vista técnico, siempre va a ser factible tener paneles solares que respondan a todos los requerimientos de energía, sin embargo, mientras más grande sea la instalación, mayores serán los costos en los que incurrir.

Considerando que la residencia de estudio se encuentra en la región del Maule, provincia de Linares, comuna de San Javier, la figura 5.1 muestra la radiación global horizontal y la figura 5.2 la generación con una potencia instalada de 2 [kW] en la zona.

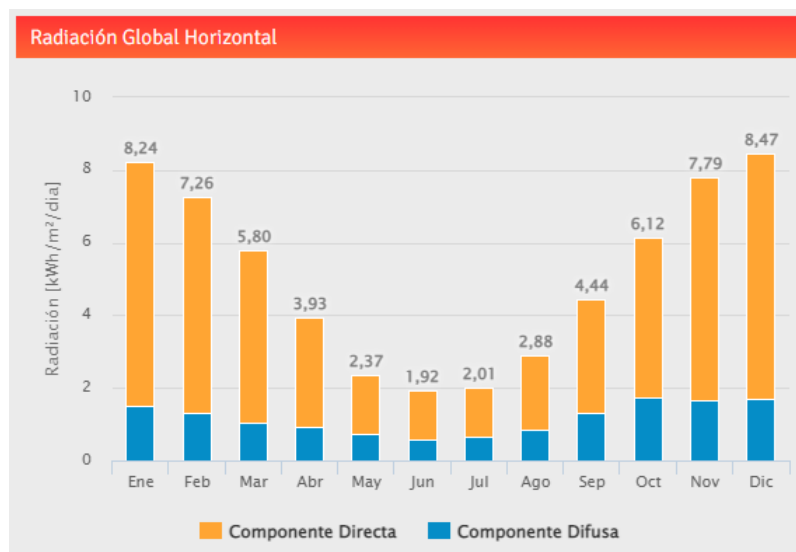


Figura 5.1: Radiación en el centro de la región de estudio.

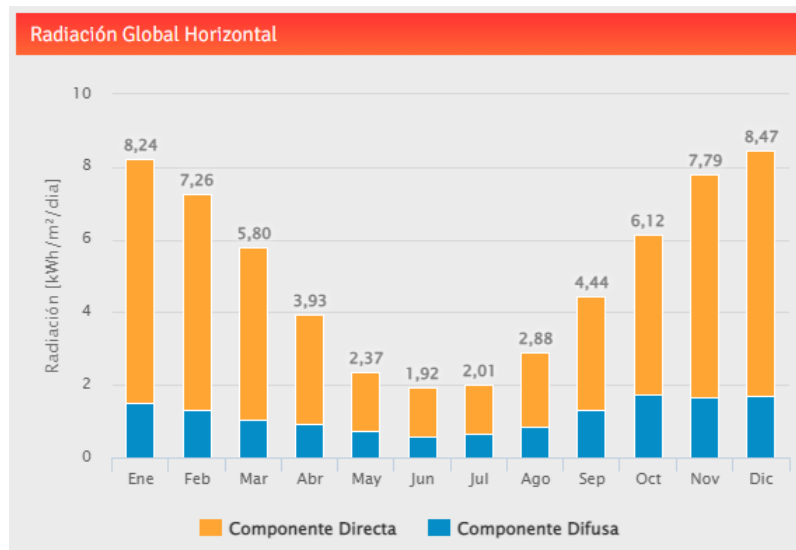


Figura 5.2: Generación con una instalación de 2 [kW] en el centro de la región de estudio.

De ambas imágenes se puede observar como el mes de junio es el que cuenta con valores más bajos, esto es debido a que los paneles solares dependen de las condiciones climáticas, y en el mes de junio al ser invierno, se presenta menos sol, más frío y mayor nubosidad.

De esta forma, la instalación que se realice, no es capaz de generar la misma cantidad de electricidad durante todo el año, por este motivo, es que se diseña considerando el mes más desfavorable.

Una instalación de 2 [kW] que produce la generación de la figura 5.4, tiene costos entre \$990.000 y \$3.338.000 en equipos eléctricos y es tan variable, debido a lo distinto que puede ser cada instalación. Cabe mencionar, que estos valores no consideran los costos de envío, que dependen de la empresa de transporte, teniendo en cuenta que la mayoría de insumos los venden empresas ubicadas en Santiago y tampoco se consideran los costos de instalación, que también pueden variar de región en región, por ejemplo en Santiago pueden variar entre \$600.000 y \$1.000.000 y en regiones parten desde los \$350.000.

Finalmente, para aterrizar todo lo anterior en términos de uso diario, pueden utilizar estos electrodomésticos sin mayores inconvenientes que seguir una serie de recomendaciones:

1. Refrigerador no frost de hasta 399 lt.
2. 8 ampolletas de bajo consumo.
3. tv.
4. bomba de 0.5 HP.
5. lavadora
6. Cargador de teléfonos.
7. radio.

### 5.1.1.2. Alternativa de electrificación solar

Estimada Alejandra Cáceres, en primer lugar, debe tener en consideración que utilizar energía solar para abastecer los requerimientos energéticos, es distinto de obtener energía por medio de una red convencional. La generación solar se produce solo en las horas que nosotros percibimos el sol y es mayor alrededor de las 13:00 horas. La energía que no se consume cuando se genera es guardada en baterías, estos dispositivos son esenciales para tener energía en las horas que no hay sol (ya que no hay generación de energía), por lo que son parte de una instalación solar que no está conectada a la red. El proceso de guardar energía es complejo y costoso, por lo que las baterías en general son de baja capacidad y sus costos son elevados.

Por estos motivos, tener exclusivamente una instalación solar para abastecer la demanda de una residencia es necesario tener conciencia sobre cuando y como se genera la energía solar. Por una parte, hay que tener la capacidad de gestionar demanda, es decir, tener un comportamiento adecuado del consumo, siguiendo las horas de mayor generación solar. Por otra parte, hay que tener la capacidad de gestionar el almacenamiento, guardando energía para las horas nocturnas y usando cuidadosamente la energía durante la noche.

En segundo lugar, según la encuesta Caracterización de la demanda, se estima su consumo en 277 [kWh/mes] concentrado en los fines de semana, esto se traducen en un consumo diario de 34 [kWh/día].

Para poder dar respuesta a estos requerimientos, se necesita una gran capacidad de almacenamiento, es decir, una gran cantidad de baterías, lo que aumenta los costos de la instalación a construir, de esta forma, considerando su apreciación de pago, es que no es viable económicamente conseguir suministro por este medio.

## 5.2. Caso de estudio 2

El segundo caso de estudio corresponde a la señora Fabiola Espinoza, quien por medio de la encuesta expresa que no tendrá en sí una casa, sino que corresponderá a un lugar de trabajo de Spa y dispondrá de 2 containers de 12  $m^2$  cada uno instalados como palafitos, una terraza de madera de 40  $m^2$  aproximadamente y 2 domos de 5 metros de diámetro aproximadamente, teniendo un total de 105  $m^2$  construidos aproximadamente. Un container tendrá 1 baño y dos habitaciones con camas para masajes y el otro tendrá 1 habitación para masajes, la cocina y una oficina. Utilizando así 105  $m^2$  de los 5.000  $m^2$  disponibles del terreno, quedando el resto a disposición para ser recorrido por los posibles clientes al poseer abundante flora.

El loteo al cual pertenece la señora Fabiola, lleva por nombre *Hacienda San Francisco* y está ubicado en la Región del Maule, comuna de San Javier y provincia de Linares. El loteo cuenta con 108 hectáreas subdivididas en 216 parcelas de 5.000  $m^2$  cada una. En las cercanías se encuentra el pueblo de Huerta de maule, el cual cuenta con una escuela, negocio locales, una junta de vecinos, reten de carabineros y una posta de salud.

El loteo cuenta con un portón de acceso y caminos interiores de carácter privado, los cuales que en palabras de la señora Fabiola son transitables, pese a los desperfectos.

En cuanto a la accesibilidad vial al loteo indica que se puede llegar al ingreso de forma fácil en vehículo propio, ya que luego de tomar la vía local que se encuentra pavimentada, son aproximadamente 3,5 kilómetros de camino de tierra en buen estado para llegar a la parcela. Sin embargo, para llegar por transporte público, este te deja en donde comienza el camino de tierra, teniendo que caminar los 3,5 kilómetros.

Con respecto a la infraestructura existente, menciona que no hay infraestructura de agua potable ni de alumbrado público. En cuanto a líneas de distribución: por fuera del loteo existe una línea monofásica de media tensión

Al interior del loteo ya existen vecinos que cuentan con sus casas, incluso algunos con negocios, animales, ahumadores, otros con pozos profundos para la obtención de agua por medio de napas subterráneas, algunos vecinos cuentan con generadores Diesel y otros pocos con paneles e iluminaria solar.

El clima del sector es cálido y seco durante primavera-verano y abundantes lluvias y viento en el periodo de invierno. Las principales actividades económicas menciona que son la agricultura, ganadería, venta de leña y comercio local.

En cuanto a la apreciación del pago por electrificación, la señora Fabiola expresa que está dispuesta a pagar poco más de \$2.000.000 por conseguir energía por medio de extensión de la red y que ella ha cotizado la opción solar por un costo similar, en palabras de ella *“una opción que me sirve a mí sipo”*. Menciona que a ella le gustaría la opción solar y que ella cuenta con un generador en base a bencina de 8.000 W de 25 litros de estanque, que le serviría en caso de necesitar más energía, pero que estar conectada “como en su casa, le entrega con mayor tranquilidad”.

Además menciona que en caso de extender la red, le gustaría pagar en formato de un pie más cuotas, pero en caso de ser la opción solar, ella sabe que tiene que pagar todo junto, pero que después, en palabras de ella "nunca más paga una cuenta de luz, lo que me serviría para mi negocio".

El consumo de la señora Fabiola, se estima en 640,72 [kWh/mes], como es un espa, se espera tenga funcionamiento todos los días del año, entre 09:00 y 18:00 horas en otoño - invierno y 08:00 a 22:00 horas en primavera - verano. El consumo está compuesto en un 70 % por las bombas de agua correspondientes a una de 2 HP para sacar agua de los pozos profundos y 3 bombas de 1 HP con la que cuenta cada tinaja, un 9 % el horno eléctrico, un 7 % en aspiradora y el 14 % restante entre los demás electrodomésticos utilizados.

Sostener un consumo de 640 [Kwh/mes] durante invierno requiere una instalación de al menos 9 [kW] de potencia instalada, lo que se aleja demasiado de la apreciación de pago de la Señora Fabiola, sin embargo, como ella expresa le interesa la opción solar y el usar el generador que posee, es que se realiza un estudio de sensibilidad para poder optar por el uso de paneles.

Considerando que el horno eléctrico tiene un sustituto directo, como lo es el horno por gas que potencialmente podría tener en la cocina, es la primera disminución de consumo eléctrico propuesta. Luego, el consumo sin considerar ninguna bomba de agua es 135 [kWh/mes].



La señora Fabiola menciona que debido a que su esposo es maestro en carpintería, el podría construir un lugar adecuado para las baterías y el soporte con la inclinación adecuada para los paneles, de esta forma se pueden prescindir de esos costos. Suponiendo un costo de \$600.000 incluidos instalación y transporte, emplazar una planta residencial de 2 [kW] de potencia instalada tiene un costo de \$2.142.160 y una de 3 [kW] tiene un costo de \$2.732.250.

El comportamiento de la demanda, sin considerar el funcionamiento de las bombas, es bastante similar a lo largo del tiempo, al iniciar la jornada laboral utilizar la aspiradora para limpieza y usar los implementos del desayuno (tostador de pan y hervidor), la radio y la tv estarán sonando durante toda la jornada laboral y así sucesivamente con los otros electrodomésticos. Sin embargo, el uso de las bombas depende exclusivamente de la cantidad de clientes, y los extremos son muy distintos. Por una parte, el extremo de menor consumo es que no hayan clientes, por lo tanto el consumo de las bombas de agua de las tinajas es de 0 y al estar solo los trabajadores, el uso de la bomba de agua del pozo profundo también tenderá a 0. Por otra parte, el otro extremo es que este siempre lleno de clientes usando la bomba (ya que podrían estar usando las tinajas sin el hidromasaje que proporciona el uso de la bomba) lo que tendría una demanda de 2.250 [W/h] durante las 9 horas de la jornada laboral.

Como los extremos de demanda energética por parte de las bombas de agua son tan distintos, es que se utilizará un promedio para diseñar el posible funcionamiento, teniendo un consumo de 3.000 [Wh/día] cada tinaja, ya que la tinaja se usaría 6 horas, pero el hidromasaje estaría activo 3 horas, ya que la Señora Fabiola menciona que no lo tienen siempre activo y la bomba de agua tendría un consumo de 4.500 [Wh/día], teniendo así en conjunto una demanda de 13.500 [Wh/día].

De esta forma, se podría emplazar la instalación con el generador bencinero de 8.000 [W] y una instalación fotovoltaica. En caso de usar una instalación de 2 [kW], durante el mes de junio (menor generación), el consumo que no corresponde a las bombas necesitaría tomar 7.460 [Wh/mes] del generador, y el generador por lo general, debiese ser llenado 2 veces cada día, una vez cerca de las 11 AM y otra al finalizar el día, consumiendo 43 litros de bencina diarios. Durante el mes de enero (mayor generación), el consumo que no corresponde a las bombas tiene excedentes de 205.540 [Wh/mes], los cuales se traducen en 6.851 [Wh/día] que sería inyectados a lo requerido por las bombas, el generador por lo general, debiese ser llenado solo al finalizar el día, consumiendo 21 litros diarios de bencina.

En caso de usar una instalación de 3 [kW], durante el mes de junio (menor generación), el consumo que no corresponde a las bombas tiene excedentes de 56.540 [Wh/mes], los cuales se traducen en 1885 [W/día] que serían inyectados a los requerido por las bombas, el generador por lo general debiese ser llenado solo al finalizar el día, consumiendo 36,5 litros diarios. Durante el mes de enero (mayor generación), el consumo que no corresponde a las bombas tiene excedentes de 375.540 [Wh/mes], los cuales se traducen en 12.518 [Wh/día] que serían inyectados a lo requerido por las bombas, el generador por lo general, debiese ser llenado solo al finalizar el día, consumiendo 3 litros diarios de bencina.

Es importante recordar que estos valores están asociados al consumo promedio descrito, por lo tanto es importante realizar un constante sondeo del nivel de gasolina cuando exista una gran afluencia de clientes. Además, es necesario el uso de un switch de transferencia automática

(ATS), para tener la opción preferente de inyectar energía desde el sistema fotovoltaico y tomar energía desde el generador bencinero cuando los paneles no tengan la capacidad de entregar la energía. El ATS se puede conseguir a un valor de \$57.243, lo que se debe sumar a los costos del proyecto.

La tabla 5.1 muestra los costos de inversión y el pago de bencina anual promedio para una electrificación por medio de una instalación de 2 [kW] y 3 [kW] de potencia solar en conjunto con el generador bencinero. El pago anual puede entenderse como la tarifa por suministro eléctrico, ya que este se debe pagar al cargar el generador con bencina para proporcionar la energía eléctrica demandada.

Tabla 5.1: Costos por instalación fotovoltaica y generador bencinero.

Capacidad instalada	Inversión	Pago mensual promedio otoño-invierno	Pago mensual promedio primavera-verano	Pago anual
2 [kW]	\$2.199.403	\$ 1.704.950	\$ 828.100	\$15.198.300
3 [kW]	\$2.789.493	\$ 1.447.225	\$ 118.300	\$ 9.393.150

La tabla 5.2 muestra los costos de inversión y tarifa anual, asociados a electrificación por medio de extensión de la red sin instalación de paneles y con una instalación de una potencia instalada de 2 [kW] y 3 [kW], acompañada de, en el caso de contar con generación solar, el ahorro en el pago de la tarifa y los años en los que se recupera la inversión.

Tabla 5.2: Costos por extensión de la red y paneles fotovoltaicos

	Sin instalación	2 [kW]	3 [kW]
Tarifa por suministro anual	\$ 1.197.420	\$ 744.906	\$ 518.805
Ahorro anual	0	\$ 452.514	\$678.615
Inversión	\$ 2.073.095	\$ 3.885.538	\$4.385.188
Años para recuperar inversión	-	8,6	6,5
Tarifa mensual promedio	\$ 99.785	\$ 62.076	\$ 43.234
Ahorro mensual promedio	-	\$ 37.710	\$ 56.551

Desde el punto de vista técnico-económico es claro notar la mejor opción de la señora Fabiola es optar por la extensión de la red bajo el presupuesto obtenido, ya que tiene diferentes ventajas en comparación a la opción híbrida solar-bencina.

Con respecto a los costos de inversión, la opción de la extensión de la red es levemente inferior, sin embargo, en cuanto a la tarifa a pagar existe gran diferencia, debido a la cantidad de combustible que utiliza el generador y el precio de este. En cuanto a la facilidad de uso también tiene ventajas la extensión de la red, ya que elimina la logística asociada a monitorear y cargar el generador cada vez que este se encuentre con bajo nivel de combustible.

Por otra parte, es interesante analizar la opción de extensión de la red, con una instalación solar on grid. Como muestra la tabla 5.2, esta alternativa tiene mayores costos de inversión

debido a utilizar dos tecnologías, como lo es la extensión de la red y el uso de paneles solares, tiene un beneficio a largo plazo, el cual es el ahorro en términos de pago de tarifa lo que permitiría recuperar la inversión y la obtención de beneficios al considerar que esta instalación tiene una vida útil de al menos 20 años y no hay reinversión en baterías al ser una opción on grid.

De esta forma, en el caso particular de la señora Fabiola, si ella solo cuenta con los \$2.000.000 como indica su apreciación de pago, se recomienda tomar esta opción para electrificar su spa. No obstante, si ella tiene la capacidad de financiar de instalar una planta on grid, se aconseja hacerlo, ya que de esta forma podría estar consumiendo energía más limpia, puede llegar a ser atractivo y generar marketing para su negocio, y en caso de que algún día no haya flujo de clientes, podría estar generando excedentes a la red.

La referencia de costo de extensión de la red utilizado para estudiar el caso de la señora Fabiola, se utiliza para este caso de estudio, ya que tanto la señora Fabiola, como la señora Alejandra son dueñas de una parcela en el loteo San Francisco.

Sin embargo, la forma en la que la señora Fabiola vivió el proceso de comunidad y coordinación entre los parceleros para la obtención de presupuestos, difiere un poco a la de la señora Alejandra, ya que Fabiola compró a finales de Julio de 2022.

Al ingresar más tarde, ella no vivió en carne propia todas las discusiones anteriores, por lo que se fue formando una opinión de lo sucedido en base a conversaciones con los vecinos al interior del loteo y las conversaciones y discusiones por el grupo de whatsapp existente. Por este motivo, ella no confía mucho en el actuar del presidente, lo que incentiva aún más sus deseos de no contar con electrificación por medio de extensión de la red, ya que considera que, en palabras de ella, “todo lo que haga este caballero es medio trucho” y preferir utilizar paneles solares.

Sin embargo, cuando un nuevo grupo de personas comienza a buscar otros presupuestos, luego de la entrega de los primeros presupuestos por parte del presidente, ella nota mayor seriedad en el trabajo realizado y conociendo los valores de estas cotizaciones y siguiendo recomendaciones que entregan los mismos vecinos del loteo, ella ve la opción de extensión de la red de una manera más confiable, entendiendo los beneficios que estas puede traer a su negocio por el costo señalado.

### **5.2.1. Entregables**

La señora Fabiola recibe los entregables de factibilidad de extensión de la red y hoja de ruta ya mostrados, además de la factibilidad y recomendación solar que se detalla a continuación.

#### **5.2.1.1. Factibilidad solar**

Estimada señora Fabiola Espinoza, desde un punto de vista técnico, siempre va a ser factible tener paneles solares que respondan a todos los requerimientos de energía, sin embargo, mientras más grande sea la instalación, mayores serán los costos en los que incurrir.

Considerando que la residencia de estudio se encuentra en la región del Maule, provincia de Linares, comuna de San Javier, la figura 5.3 muestra la radiación global horizontal y la figura 5.4 la generación con una potencia instalada de 2 [kW] en la zona.

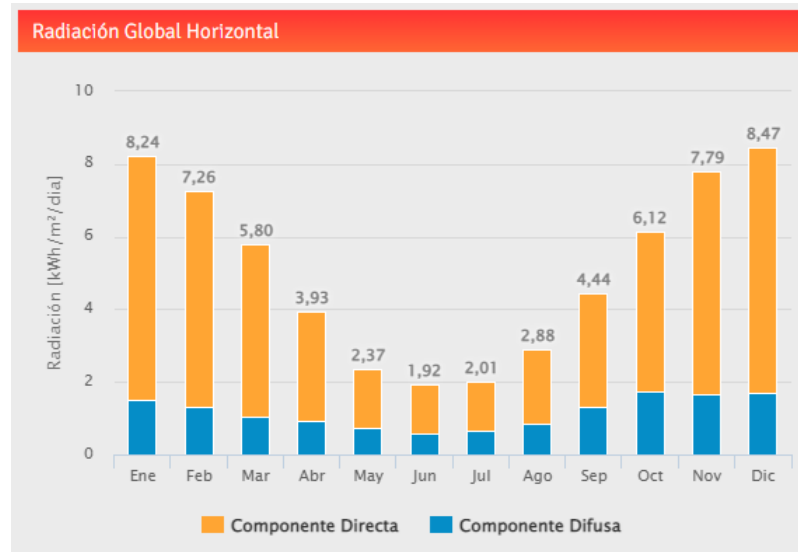


Figura 5.3: Radiación en el centro de la región de estudio.

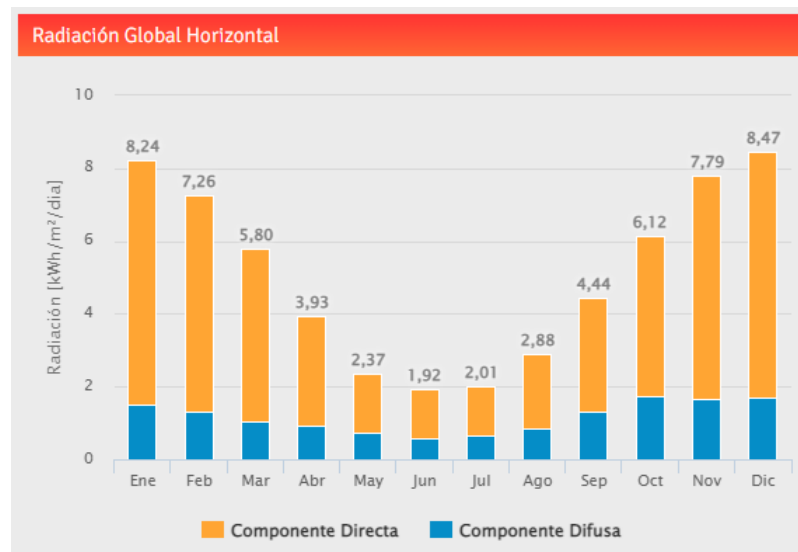


Figura 5.4: Generación con una instalación de 2 [kW] en el centro de la región de estudio.

De ambas imágenes se puede observar como el mes de junio es el que cuenta con valores más bajos, esto es debido a que los paneles solares dependen de las condiciones climáticas, y en el mes de junio al ser invierno, se presenta menos sol, más frío y mayor nubosidad.

De esta forma, la instalación que se realice, no es capaz de generar la misma cantidad de electricidad durante todo el año, por este motivo, es que se diseña considerando el mes más desfavorable.

Una instalación de 2 [kW] que produce la generación de la figura 5.4, tiene costos entre \$990.000 y \$3.338.000 en equipos eléctricos y es tan variable, debido a lo distinto que puede ser cada instalación. Cabe mencionar, que estos valores no consideran los costos de envío, que dependen de la empresa de transporte, teniendo en cuenta que la mayoría de insumos los venden empresas ubicadas en Santiago y tampoco se consideran los costos de instalación, que también pueden variar de región en región, por ejemplo en Santiago pueden variar entre \$600.000 y \$1.000.000 y en regiones parten desde los \$350.000.

Finalmente, para aterrizar todo lo anterior en términos de uso diario, pueden utilizar estos electrodomésticos sin mayores inconvenientes que seguir una serie de recomendaciones:

1. Refrigerador no frost de hasta 399 lt.
2. 8 ampolletas de bajo consumo.
3. tv.
4. bomba de 0.5 HP.
5. lavadora
6. Cargador de teléfonos.
7. radio.

#### **5.2.1.2. Alternativa de electrificación solar**

Estimada Fabiola Espinoza, en primer lugar, debe tener en consideración que utilizar energía solar para abastecer los requerimientos energéticos, es distinto de obtener energía por medio de una red convencional. La generación solar se produce solo en las horas que nosotros percibimos el sol y es mayor alrededor de las 13:00 horas. La energía que no se consume cuando se genera es guardada en baterías, estos dispositivos son esenciales para tener energía en las horas que no hay sol (ya que no hay generación de energía), por lo que son parte de una instalación solar que no está conectada a la red. El proceso de guardar energía es complejo y costoso, por lo que las baterías en general son de baja capacidad y sus costos son elevados.

Por estos motivos, tener exclusivamente una instalación solar para abastecer la demanda de una residencia es necesario tener conciencia sobre cuando y como se genera la energía solar. Por una parte, hay que tener la capacidad de gestionar demanda, es decir, tener un comportamiento adecuado del consumo, siguiendo las horas de mayor generación solar. Por otra parte, hay que tener la capacidad de gestionar el almacenamiento, guardando energía para las horas nocturnas y usando cuidadosamente la energía durante la noche.

En segundo lugar, según lo que respondió a la encuesta Caracterización de la demanda y lo conversado, suponiendo el uso de cada bomba de agua en 4 horas su consumo se estima en 640 [kWh/mes], lo que se traduce en un consumo diario aproximado de 21,5 [kWh/día] durante la jornada laboral. Las bombas de agua que se mencionan representan el 70% del consumo, el horno un 9%, la aspiradora un 7% y el resto de los electrodomésticos en su conjunto el 14% faltante.

Considerando su disposición a utilizar una instalación solar en conjunto del generador que usted posee, su apreciación de pago y las cotizaciones de extensión de la red, es que se diseñan posibles soluciones a sus requerimientos energéticos presentados.

La energía mensual y diaria a abastecer es alta, por lo que la apreciación de pago de \$2.000.000

queda por debajo económicamente para presentar una solución puramente solar, sin embargo es posible presentar una solución combinada entre la generación solar y el uso de su generador bencinero.

Una opción es construir una planta solar de 2 [kW] de potencia instalada, con un costo total aproximado de \$2.199.403, lo que cubriría parte de la energía demandada, supliendo la diferencia el generador bencinero, el cual durante los meses de otoño-invierno debiese ser llenado dos veces al día, consumiendo cerca de 43 litros diarios y durante los meses de primavera-verano, debiese ser llenado 1 vez al día, consumiendo cerca de 21 litros.

Otra opción es construir una planta solar de 3 [KW], con un costo total aproximado de \$2.732.250, lo que cubriría parte de la energía demandada, supliendo la diferencia el generador bencinero, el cual durante los meses de otoño-invierno debiese ser llenado dos veces al día, consumiendo cerca de 37 litros diarios y durante los meses de primavera-verano, debiese ser llenado 1 vez al día, consumiendo cerca de 3 litros.

Además, es importante considerar los presupuestos de electrificación que ha recibido el loteo al cual usted pertenece, teniendo la potencial opción de conseguir suministro eléctrico por medio de la extensión de la red por un monto aproximado de \$2.073.095 en caso de escoger un empalme con perfil de metal o un monto de \$2.008.691 en caso de escoger un empalme de madera impregnada.

Al tomar la opción de conseguir energía por medio de la red eléctrica, no necesita utilizar el generador bencinero, ya que no tendría necesidades energéticas, pero a diferencia de las alternativas anteriormente señaladas, con esta opción tendrá que pagar de forma mensual la cuenta de la luz, cuenta que no debe pagar con las otras opciones, pero si debe hacer gastos diarios por el combustible consumido.

Otra alternativa es realizar un mayor esfuerzo y tener la opción de conseguir suministro por una opción híbrida entre la red y el uso de paneles solares, por lo que se propone además considerar la instalación de una planta solar de 2 y 3 [kW] sin baterías, ya que si necesita energía en horas donde no hay sol, la red se la proporcionaría.

Como es recomendable utilizar el empalme con el perfil metálico, se utilizará este valor para los gastos asociados a la red. Suministrar energía por medio de la red y una instalación solar de 2 [kW] tiene un costo aproximado de \$3.885.538 y escoger una de 3 [kW] tendría un costo de \$4.385.188. Es importante considerar que contar con paneles solares y energía por medio de la red, disminuye el pago mes a mes en la cuenta de la luz, ya que la energía proporcionada por medio de los paneles no se paga.

Considerando el costo de la bencina de 93 octanos en \$1.300, la tabla 5.3 muestra un resumen aproximado del pago mensual y anual de bencina, diferenciado por meses de otoño-invierno y primavera verano. Además, considerando el costo de 1 [kKh] en \$133, la tabla 5.4 muestra el resumen de los costos de inversión, pago de tarifa y ahorro mensual de escoger la opción de extensión de la red y solar.

Tabla 5.3: Costos por instalación fotovoltaica y generador bencinero.

Capacidad instalada	Inversión	Pago mensual promedio otoño-invierno	Pago mensual promedio primavera-verano	Pago anual
2 [kW]	\$2.199.403	\$ 1.704.950	\$ 828.100	\$15.198.300
3 [kW]	\$2.789.493	\$ 1.447.225	\$ 118.300	\$ 9.393.150

Tabla 5.4: Costos por extensión de la red y paneles fotovoltaicos

	Sin instalación solar	2 [kW]	3 [kW]
Tarifa por suministro anual	\$ 1.197.420	\$ 744.906	\$ 518.805
Ahorro anual	0	\$ 452.514	\$678.615
Inversión	\$ 2.073.095	\$ 3.885.538	\$4.385.188
Años para recuperar inversión	no se recupera	8,6	6,5
Tarifa mensual promedio	\$ 99.785	\$ 62.076	\$ 43.234
Ahorro mensual promedio	-	\$ 37.710	\$ 56.551

Es claro notar que el pago anual es menor al escoger la opción de extensión de la red y los costos de inversión son similares. Además, el escoger la opción de extensión de la red no necesitaría prestar especial atención en la forma de utilizar energía o estar monitoreando el nivel de bencina en el generador, por lo tanto, la primera recomendación es tomar la opción de extensión de la red.

Sin embargo de la tabla 5.4, también se puede apreciar que utilizar la extensión de la red en conjunto con paneles solares conlleva no solo un ahorro en el pago de la cuenta de luz, sino que permite recuperar la totalidad de la inversión realizada para conseguir suministro.

En el caso de utilizar una instalación de 2 [kW], se recupera la totalidad inversión en 8 años con 8 meses y con una instalación de 3 [kW] la inversión total se recupera en 6 años con 6 meses, mientras que escoger solo la opción de extensión de la red, no se recupera la inversión y el monto mensual a pagar es mayor.

Entonces, pese a que según la apreciación por pago es inferior a lo montos señalados, se recomienda utilizar esta opción híbrida, pudiendo quizás incorporarla un tiempo después, considerando los múltiples beneficios que entrega esta opción; tales como económicos, por el ahorro mensual; ambientales, por abastecer los requerimientos energéticos con energía limpia; marketing, publicitar el spa como ecológico, entre otros.

### 5.3. Caso de estudio 3

El tercer caso de estudio corresponde al señor Andrés Caba, quien por medio de la encuesta expresa que tiene una casa que corresponde a su segunda vivienda, que visita principalmente en los fines de semana. La vivienda cuenta con una base de hormigón y estructura de madera,

utilizando 36 [m<sup>2</sup>] para la casa, de los 5.000 [m<sup>2</sup>] disponibles. Además, la casa cuenta con 2 dormitorios, 1 baño y 1 living-comedor y pasa un estero por por el predio.

El loteo al cual pertenece el señor Andrés, lleva por nombre *Valles de Litueche* y está ubicado en la región del libertador Bernardo O'higgins, comuna de Litueche y provincia de Navidad. El loteo cuenta con 50 hectáreas subdivididas en 100 parcelas de 5.000 [m<sup>2</sup>] cada una. En las cercanías, a 13 [km] aproximadamente se encuentra la ciudad de Litueche, la que cuenta con escuela, negocios locales, reten de carabineros y centros de salud.

El loteo cuenta con portón de acceso y caminos interiores de carácter privado, de tierra, con baches y pendientes pero en general transitables. Además, varios vecinos cuentan con pozos profundos, paneles solares y generadores.

En cuanto al acceso vial, este es por medio de caminos de tierra con pendientes. Desde el camino pavimentado más cercano hasta la entrada de la localidad hay una distancia aproximada de 1,5 [km] y luego desde la entrada hasta la residencia de Andrés son otros 1,5 [km].

Con respecto a la infraestructura existente, menciona que no hay infraestructura de alumbrado público ni agua potable, la cual se consigue por medio de camiones aljibes. La señal telefónica es mala y existen líneas de distribución que pese a no conocer los niveles de tensión, indica que se encuentran solo a un par de kilómetros.

El clima del sector tiene las estaciones bien marcadas, es decir, en verano es seco y caluroso con escasa presencia de nubes, en otoño comienzan las lluvias moderadas y en invierno hay abundantes precipitaciones.

En cuanto a la apreciación de pago, Andrés expresa que está dispuesto a hasta \$2.000.000 por conseguir energía por medio de extensión de la red o por paneles, ya que ambas opciones despiertan su interés como una solución para el problema de acceso a suministro eléctrico.

El consumo del señor Andrés se estima en 49,76 [kWh/mes], como es su segunda vivienda este consumo está concentrando en un día del fin de semana, de esta forma, el consumo diario sería aproximadamente de 7.010 [kWh]. El consumo mensual está compuesto en un 46 % por el refrigerador, un 39 % por la bomba de agua, un 8 % por los cargadores de teléfono y el 7 % restante por las ampolletas, televisor y radio. Sin embargo, el consumo diario corresponde un 64 % a la bomba, un 14 % a los teléfonos, un 11 % en el refrigerador y el 11 % restante entre los otros electrodomésticos.

El comportamiento indicado por Andrés en la encuesta, menciona que tiene disposición a cargar 6 teléfonos durante toda la noche, lo que se estimo en 8 horas de consumo de 6 cargadores. Considerando que la opción solar requiere seguir el patrón de generación, es que la primera recomendación es cargar los 6 teléfonos por hasta 5 horas entre el bloque horario de 12 a 18 horas lo que reduce el consumo en un 7 %. Sin embargo se recomienda cargarlos solo hasta que la batería este por sobre el 90 % y luego desconectarlos (lo que deberían ser 2 horas aproximadamente).



Considerando que la apreciación de pago es inferior a los 2 millones, es que se analiza la opción de una instalación fotovoltaica de 2 [kW] de potencia instalada, la cual en equipamientos tiene un costo de \$1.710.160, con un inversor de 2 [kW], 1800 W instalados en paneles solares y 2 baterías de 120 Ah de capacidad. Estimando los costos de envío e instalación en \$600.000 el proyecto tendría un costo aproximado de \$2.310.160.

Para ajustarse a la generación y almacenamiento del proyecto mencionado, es que se deben hacer ciertos esfuerzos por parte del mandante, el cual indica que el uso de la bomba sería de 4 horas, lo que es equivalente a 240 minutos, lo que no es posible durante los meses de junio y julio, debido a la generación es la menor en estos meses. De esta forma al ir por un día (24-30 horas) el consumo diario debiese limitarse a 200 minutos y en caso de querer ir por 2 o más días, se debe limitar a 150 minutos, siempre prefiriendo el uso de la bomba de agua y el resto de electrodomésticos entre 12 y 18 horas.

Luego, durante los meses de mayo y agosto, que son los que siguen en orden de menos consumo, la bomba podría ser utilizada durante un día por hasta 230, presentando especial atención al consumo entre 19 y 11 horas. En caso de ir 2 días o más debiese ser utilizada hasta 185 minutos diarios y siempre prefiriendo el consumo de la bomba entre 12 y 18 horas, cuidando el tiempo fuera de este rango horario al mínimo.

En los meses de abril y septiembre, el consumo por un día puede ser de las 4 horas, presentando especial atención al consumo entre 19 y 11 horas. En caso de ir 2 días o más, la bomba debe ser utilizada por hasta 220 minutos diarios, siempre prefiriendo el consumo de la bomba entre 12 y 18 horas, cuidando el tiempo fuera de este rango horario al mínimo.

En el resto de los meses la bomba puede ser utilizada durante las 4 horas al ir un día o de forma permanente, sin embargo siempre es importante ser conscientes con el uso del agua, privilegiando utilizar la bomba entre 12 y 18 horas, reduciendo el consumo al mínimo fuera de este rango horario.

Debido a que Andrés no se encuentra conectado a la red, es que en los días donde no visita la residencia, los paneles solares estarán generando energía que no será consumida, provocando lo que se conoce como vertimiento, causado por fuentes de generación que no son capaces de transportar la energía a centros de consumo.

En cuanto a la opción de conseguir suministro eléctrico por medio de extensión de la red, se aconseja seguir la hoja de ruta.

### **5.3.1. Entregables**

El Señor Andrés recibe los entregables de factibilidad de extensión de la red y hoja de ruta ya mostrados, además de la factibilidad y recomendación solar que se detalla a continuación.

#### **5.3.1.1. Factibilidad solar**

Estimado señor Andrés Caba, desde un punto de vista técnico, siempre va a ser factible tener paneles solares que respondan a todos los requerimientos de energía, sin embargo,

mientras más grande sea la instalación, mayores serán los costos en los que incurrir.

Considerando que la residencia de estudio se encuentra en la región del Libertador Bernardo O'higgins, provincia de Navidad, comuna de Litueche, la figura 5.5 muestra la radiación global horizontal y la figura 5.6 la generación con una potencia instalada de 2 [kW] en la zona.

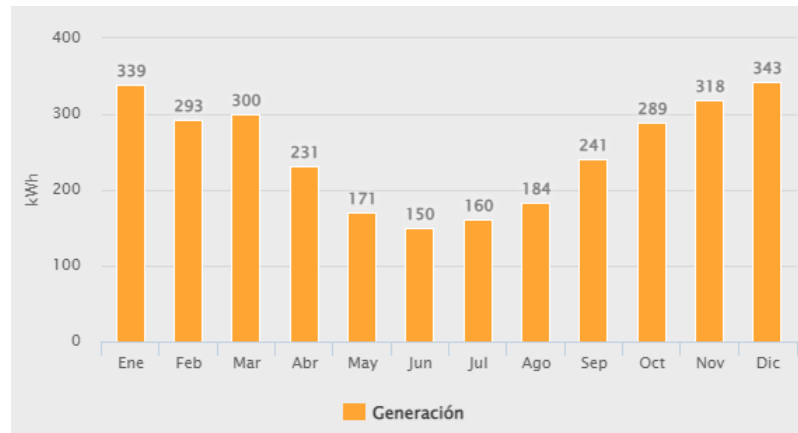


Figura 5.5: Radiación en el centro de la región de estudio.

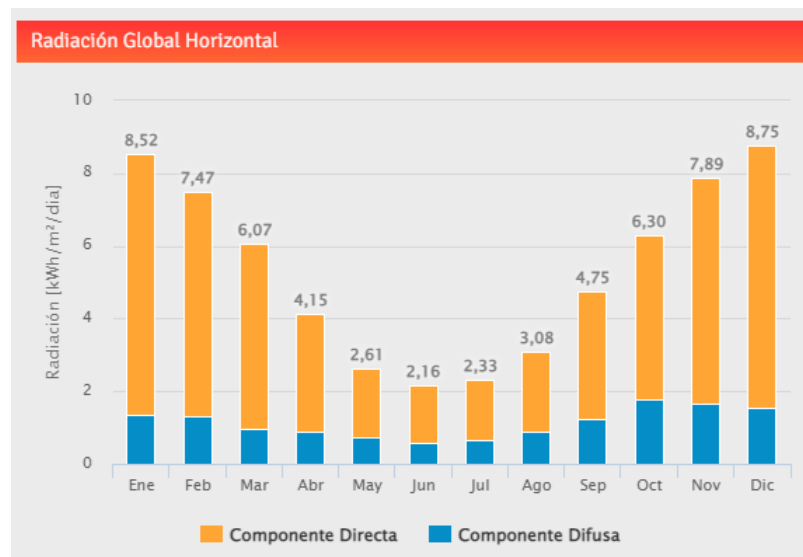


Figura 5.6: Generación con una instalación de 2 [kW] en la región de estudio.

De ambas imágenes se puede observar como el mes de junio es el que cuenta con valores más bajos, esto es debido a que los paneles solares dependen de las condiciones climáticas, y en el mes de junio al ser invierno, se presenta menos sol, más frío y mayor nubosidad.

De esta forma, la instalación que se realice, no es capaz de generar la misma cantidad de electricidad durante todo el año, por este motivo, es que se diseña considerando el mes más desfavorable.

Una instalación de 2 [kW] que produce la generación de la figura 5.4, tiene costos entre

\$990.000 y \$3.338.000 en equipos eléctricos y es tan variable, debido a lo distinto que puede ser cada instalación. Cabe mencionar, que estos valores no consideran los costos de envío, que dependen de la empresa de transporte, teniendo en cuenta que la mayoría de insumos los venden empresas ubicadas en Santiago y tampoco se consideran los costos de instalación, que también pueden variar de región en región, por ejemplo en Santiago pueden variar entre \$600.000 y \$1.000.000 y en regiones parten desde los \$350.000.

Finalmente, para aterrizar todo lo anterior en términos de uso diario, pueden utilizar estos electrodomésticos sin mayores inconvenientes que seguir una serie de recomendaciones:

1. 1 refrigerador de hasta 399 litros.
2. 10 ampolletas de bajo consumo.
3. 1 TV.
4. 1 bomba de 0.5 HP.
5. 1 lavadora.
6. Cargador de teléfonos.
7. 1 microonda.
8. 1 radio.

### **5.3.1.2. Alternativa de electrificación solar**

Estimado Andrés Caba, en primer lugar, debe tener en consideración que utilizar energía solar para abastecer los requerimientos energéticos, es distinto de obtener energía por medio de una red convencional. La generación solar se produce solo en las horas que nosotros percibimos el sol y es mayor alrededor de las 13:00 horas. La energía que no se consume cuando se genera es guardada en baterías, estos dispositivos son esenciales para tener energía en las horas que no hay sol (ya que no hay generación de energía), por lo que son parte de una instalación solar que no está conectada a la red. El proceso de guardar energía es complejo y costoso, por lo que las baterías en general son de baja capacidad y sus costos son elevados.

Por estos motivos, tener exclusivamente una instalación solar para abastecer la demanda de una residencia es necesario tener conciencia sobre cuando y como se genera la energía solar. Por una parte, hay que tener la capacidad de gestionar demanda, es decir, tener un comportamiento adecuado del consumo, siguiendo las horas de mayor generación solar. Por otra parte, hay que tener la capacidad de gestionar el almacenamiento, guardando energía para las horas nocturnas y usando cuidadosamente la energía durante la noche.

En segundo lugar, según la encuesta Caracterización de la demanda, se estima su consumo en 49,76 [kWh/mes] concentrado en un día de los fines de semana, esto se traduce en un consumo diario de 7.010 [Wh/día]. El consumo diario se compone en un 64% por la bomba de agua, un 14% por los teléfonos, un 11% restante por el refrigerador y el 11% restante en el resto de electrodomésticos.

Dentro del comportamiento de la demanda, mencionas que utilizarías 6 cargadores de teléfonos dejándolos cargar toda la noche, este comportamiento no va en la misma dirección que los requisitos de operación de una planta solar, por lo que la primera recomendación es modificar el horario de carga de los teléfonos, desplazándolo entre 12 y 18 horas y en lo posible, que una vez los teléfonos estén cargados sobre el 90% desconectarlos.

Considerando que la apreciación de pago es a lo más \$2.000.000, se propone una instalación lo más cercana posible a este valor y que de una respuesta adecuada a los requerimientos expresados por medio de la encuesta.

El equipamiento solar a utilizar tiene un costo aproximado de \$1.710.160, considerando un inversor de 2 [kW], 1800 [W] instalado en paneles, 2 baterías gel de 120 Ah y soporte con inclinación para mejorar la generación de energía. Además, se debe considerar un costo estimado de unos \$600.000 por concepto de instalación y costos de envío, dejando el proyecto en un total aproximado de \$2.310.160.

Es importante mencionar que como se mencionó en el apartado anterior, la instalación tiene una gran oscilación de precios en el mercado, debido a las características de los equipos, las marcas, calidad, etc. De esta forma, la alternativa recomendada cumple los siguientes criterios:

- Se escogen inversores de tecnología MPPT, debido a que son capaces producir energía de manera más eficiente, pese a que los costos pueden ser levemente superior a otros inversores.
- Los soportes de paneles cuentan con libertades de inclinación, para ajustar los paneles de forma que su producción sea la mayor posible, si la residencia cuenta con una inclinación adecuada, podría disminuirse costos en este ítem.
- La capacidad instalada en paneles se ajusta levemente por debajo a la capacidad del inversor, esto presenta mayor estabilidad al sistema.
- Se escogen paneles de 24 [V], para el uso de conexión paralelo, que coincide con el voltaje de los inversores, en caso de falla de algún panel no afecta a los demás.
- Se privilegia el uso de paneles monocristalinos, debido a que cuentan con mayor eficiencia que las otras tecnologías, pese a poder presentar levemente mayores costos que los policristalinos.
- Se escogen baterías de gel de ciclo profundo, debido a que esta tecnología cuenta con un buen equilibrio entre precio, vida útil y calidad. Además, se dimensiona el comportamiento en horas de no sol con tal de alargar la vida útil de las baterías, la cual ronda entre 8 y 12 años.
- Para el resguardo de las baterías se escoge un gabinete apto para un correcto resguardo de estas, se puede prescindir de este si el mandante cuenta con un lugar apropiado para protegerlas de la intemperie.

### **5.3.1.3. Manual de conciencia solar: Operación y uso adecuado de la instalación**

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un buen funcionamiento de la instalación realizada.

Los electrodomésticos considerados para la instalación y posterior recomendaciones son:

- Bomba de 1.5 HP.
- 1 refrigerador no frost de hasta 399 litros.
- 6 cargadores de teléfono.
- 7 ampolletas de bajo consumo.
- 1 hervidor de hasta 2,5 litros de capacidad.
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM. De ser posible, concentrar el uso de la bomba de agua entre 12 y 17 horas.

Nunca usar al mismo tiempo la bomba de agua y el hervidor, esperar que hierva el agua, desenchufar el hervidor y usar el agua.

Se debe modificar el horario de carga de los teléfonos, desplazandolo entre 12 y 18 horas y en lo posible, que una vez los teléfonos estén cargados sobre el 90 % desconectarlos.

Se solicita un uso de la bomba durante 4 horas, es decir, 240 minutos. Este uso se debe concentrar mayormente entre las 12 y 18 horas, haciendo un uso medido en los otros horarios, velando no ocuparlo por más tiempo del indicado en la tabla 5.5.

Debido a que los meses de junio y julio son los con menor generación, la bomba podría ser utilizada hasta 200 minutos en caso de ir por un día (30 horas) y en caso de querer ir por 2 días o más, solo 150 minutos diarios. Durante mayo y agosto, para ir durante un día se puede ocupar hasta 230 minutos, para ir 2 días o más hasta 185 minutos. En los meses de Abril y septiembre, por un día se podría ocupar las 4 horas, pero reduciendo al mínimo el consumo de agua entre 19 y 11 hrs. En caso de ir más de 2 días, se podría usar hasta 220 minutos. En el resto de los meses, se pueden usar las 4 horas visitando la residencia 1 día o de forma permanente, siempre procurando concentrar el uso entre 12 y 17 horas.

Tabla 5.5: Minutos de uso de la bomba de agua según mes del año.

Meses	Días	Minutos	Días	Minutos
Junio y julio	1	200	2 o +	150
Mayo y agosto	1	230	2 o +	185
Abril y septiembre	1	240*	2 o +	220
Enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre	1	240	2 o +	240

El conectar la residencia al tendido eléctrico puede traer mayores beneficios, como lo son el vender la energía que no consume al no estar en la residencia, y no tener que prestar mucha atención en los horarios en los que consume energía, por lo que de igual manera es recomendable que siga la hoja de ruta que se entrega para conseguir acceso a suministro por medio de la extensión de la red.

# Capítulo 6

## Conclusiones y trabajo futuro

### 6.1. Conclusiones

Desarrollado el trabajo de título se puede concluir que la electrificación rural aún tiene mucho por avanzar, mejorar, planificar y aclarar en cuanto a la forma de acceso a suministro eléctrico y las posibles soluciones solares para atender el desafío de conseguir suministro eléctrico.

Al momento de llegar a sectores rurales, en muchas ocasiones se enuncian con factibilidad de agua y factibilidad de luz, sin embargo, no se explica ni aterriza en que consiste dicha factibilidad. Desde un punto de vista técnico, siempre va a ser factible construir lo necesario para tener suministro eléctrico, no obstante, los costos asociados pueden hacer inviable económicamente la opción de acceso a suministro, terminando con una factibilidad fuera del alcance de muchos.

Otra información importante que debiese ser aclarada, es la gran diferencia que existe entre tener una residencia adyacente a caminos públicos de bien nacional o a caminos privados, debido a que las gestiones a realizar para conseguir suministro por medio de extensión de la red tienen diferencias considerables.

En cuanto a las personas que buscan electrificar en caminos privados, toma mucha importancia el rol social, debido a que un grupo numeroso de personas, en principio desconocidas, deben ser capaces de coordinar, tomar decisiones, gestionar y financiar el proyecto de electrificación rural. Toda relación social entre desconocidos tendrá roces por diferencias de opinión, por eso es importante que surja un grupo que lidere a los interesados y que cada miembro sea capaz de manifestarse con respeto y con el objetivo de avanzar en post de conseguir suministro eléctrico.

Los proyectos de electrificación rural son sumamente particulares, ya que cada proyecto depende de tantas variables, que generalizar en sí las obras o costos asociados es sumamente complejo. Cada proyecto puede contar con diferencias en las ramificaciones de los caminos interiores, en la distribución de las residencias o predios, la distancia al camino público más cercano, las características del suelo, las líneas de distribución cercanas, la flora y fauna de la zona, las empresas del sector, la empresa distribuidora del sector e incluso cada proyecto contará con diferentes personas interesadas en concretarlo.

Es posible que realizar un cambio de normativa en cuanto a la venta de predios o residencias en sectores rurales pueda mejorar el acceso a suministro eléctrico, ya que realizarlo previo a la venta, elimina todas las complicaciones sociales de coordinar entre pares y posiciona a la empresa como única responsable del proyecto. Sin embargo, es claro que esto aumentaría los costos finales para el cliente final, lo que podría hacer menos atractiva la opción de compra, debido a que este cliente final, no tiene el conocimiento de los costos y trabajos necesarios para conseguir suministro en un predio en caminos privados.

Por otra parte, se evidencia la falta de protocolos en las empresas distribuidoras para las solicitudes de conexión rural, ya que según lo averiguado no cuentan con un departamento especializado en dichos proyectos, lo que sumado a la complejidad de conseguir acceso a la red por este medio, aumenta los plazos de espera en cada respuesta.

El contar con suministro eléctrico exclusivamente por medio de paneles solares, es muy distinto a tener suministro por medio de la red, debido a que esta tecnología sigue el comportamiento de la radiación solar, presentando normalmente generación entre las 8 y 18 horas, teniendo el peak de generación alrededor de las 13:00 horas. Estos usuarios deben contar con la capacidad de gestionar su demanda en los horarios de generación, acomodando los mayores niveles de consumo al momento de mayor generación y la capacidad de gestionar almacenamiento, guardando energía para las horas nocturnas y ocupando de forma controlada la energía en horas donde no existe generación. Por este motivo, existen empresas que solo entregan soluciones solares on grid, donde la solución apunta a tener un consumo más limpio y reducir los gastos mensuales por tarifa eléctrica.

Además, existe un grupo de empresas solares que no proporcionan la información completamente clara sobre las alternativas de electrificación solar off grid que ofrecen y publicitan. Por ejemplo, publicitar kit solares de 5 [kW], cuando solo el inversor tiene esta capacidad, pero en paneles solares la capacidad instalada es considerablemente menor, cerca de los 2 [kW] o 3 [kW], lo que tendría una menor generación que un kit de 5[kW] en la capacidad del inversor y una capacidad instalada en paneles más cercana a dicha potencia.

Otro punto donde falta aclarar la información es en la estandarización y uso de las potenciales soluciones solares. Como se evidenció en el trabajo, la radiación y generación es mayor en las regiones de más al norte del país y disminuye considerablemente en las regiones más australes. Entonces la misma instalación en el norte del país no tiene el mismo comportamiento que si estuviese emplazada en el sur del país, por lo tanto la operación de dicho sistema es distinta y requiere cuidados y uso diferente, el cual generalmente no es explicado al momento de cotizar.

El trabajo da cumplimiento al objetivo general, ya que al aplicarlo en los casos de estudio la propuesta metodológica planteada, cuando es posible, entrega alternativas de electrificación solar y en cada caso entrega la hoja de ruta para acceder a suministro por medio de la extensión de la red.

Los objetivos específicos se desarrollan de manera intrínseca al trabajo y se ven reflejados en la propuesta metodológica. La propuesta metodológica cuenta con dos encuestas; la primera, que recopilan la información o datos de entrada para comenzar el potencial proyecto y la

segunda, que permite caracterizar la demanda a abastecer.

Se conocen los ordenes de magnitud de los costos asociados a equipamiento solar para instalaciones off grid de 2, 3, 4 y 5 [kW] y se estiman los costos de instalación y envío. Sin embargo, no es posible estandarizar los costos para la alternativa de extensión de la red, debido a que como se mencionó anteriormente, son demasiadas las variables que influyen en cada caso y es uno de los principales problemas para quienes les interesa esta opción.

Se logra identificar y explicar las principales diferencias entre electrificación por medio de la red y de generación solar a los clientes finales, por medio de los entregables de la propuesta metodológica.

Finalmente, el aplicar el trabajo realizado en los casos de estudio, enriquece los análisis a la propuesta realizada al ser tan distintos entre sí. El primer caso de estudio es una segunda residencia con gran consumo en los fines de semana y en horario nocturno, con nula demanda entre semana, haciendo inviable económicamente para el mandante la opción solar. El segundo caso de estudio es para un lugar de trabajo, un spa, que tendrá una gran demanda diaria debido a las bombas de agua que necesita para funcionar, por lo que se proporcionan alternativas que se acomoden a las apreciaciones de pago del mandante, considerando los costos de extensión de la red que maneja al momento de realizar la encuesta.

El trabajo realizado apertura un nicho de estudio no muy explotado por parte de la academia, siendo un trabajo que unifica información, itera en cada paso por inconsistencias o vacíos existentes y abre la opción a una serie de profundizaciones y trabajos futuros para aportar al aún más al sector por medio de la ingeniería civil eléctrica.

## **6.2. Trabajo futuro**

La entrega de alternativas de electrificación solar, recibe una serie de datos, que una vez manipulados permite entregar diferentes opciones de electrificación que se adapten a los datos recibidos, dejando la apertura de automatizar este proceso de entrega de alternativas.

El trabajo realizado usa las fuentes de generación más utilizadas mundialmente para dar respuesta a los requisitos energéticos en sectores rurales, como lo son la energía por medio de la red y paneles solares. Incorporar al diseño la posibilidad de generación eólica e hidráulica queda propuesto como trabajo futuro para enriquecería el uso y análisis de recursos renovables en este contexto.

Estudiar los sistemas de protección y fallas en sistemas solares off grid es de interés, ya que el utilizar este tipo de sistemas requiere determinado comportamiento del usuario en cuanto a la potencia conectada y la demanda de energía, entonces si este comportamiento no es considerado, puede provocar daños en los equipos que no fueron considerados en este trabajo.

Un fenómeno que puede llegar a ocurrir en plantas solares residenciales no conectadas a la red, es que la generación en algunas horas del día sea mayor que el consumo, lo que provoca



vertimiento de energía. El vertimiento, es la pérdida que experimentan las plantas energéticas que generan energía que no puede ser transportada a los lugares de consumo, este es un problema que ocurre desde plantas residenciales hasta las grandes centrales de generación conectas al sistema eléctrico nacional, por lo tanto, es un área de interés a abordar.

Modelar el comportamiento estocástico de la demanda residencial siempre ha sido un desafío en el sector energético, por lo que realizar estudios y generar perfiles de demanda, puede mejorar diversos análisis en el sector energético, como lo es el comportamiento que se debe tener al utilizar opciones solares o incluso, para programar la generación a nivel macro.

Realizar un trabajo similar, pero no orientado al cliente final, sino que desde el punto de vista de una empresa privada o distribuidora que se dedique a electrificar sectores rurales, con la posible creación de protocolos y plantillas que mejoren la gestión de este tipo de proyectos.

El documento realizado trabaja por separado el acceso a suministro por medio de posteo eléctrico privados y generación solar, las que si se unen pueden dar paso a analizar la electrificación rural por medio de microredes, utilizando generación solar o con otras tecnologías renovables en conjunto con una red de distribución interna que permita a las residencias conseguir suministro.

Otro supuesto del trabajo, es que el comportamiento de electrodomésticos con tecnologías inverter o termo-reguladores tienen un comportamiento lineal, estudiar y modelar el comportamiento de estos artefactos también es una arista de interés que levanta el trabajo realizado.

Finalmente, el levantamiento de información inicial evidencia desafíos en otro ámbitos distintos al de suministro eléctrico. Por lo tanto, investigar y ahondar en posibles mejoras en cuanto al acceso a suministro de agua potable, conexión vial y conectividad en general son aristas para desarrollar a futuro.

# Bibliografía

- [1] "Programa de asentamientos rurales en Chile", *Ciudades para un futuro más sostenible*, Marzo 1995.
- [2] Masificación de los “loteos brujos” - La Tercera. (2022, 7 de febrero). La Tercera.
- [3] J. Osandon, “Loteos brujos”, en el territorio rural, una acción normalizada por la incapacidad administrativa y de fiscalización del Estado. Caso de estudio: El Principal de Pirque", memoria de grado, Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020.
- [4] Vascon Inversiones - Venta de terrenos.
- [5] Loteos Chile – Compra de terrenos Inteligente, Loteos Chile – Compra de terrenos Inteligente.
- [6] "Asentamientos humanos rurales en Chile, clasificación comunal", División de Políticas y Desarrollo Territorial Departamento de Estudios y Análisis Territorial, Santiago, Documento, 2020.
- [7] "Apoyo a una descentralización efectiva", Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo, Santiago, Informe técnico, 2021.
- [8] "Gestión del Desarrollo Rural con Enfoque Territorial", Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Núcleo de Capacitación en Políticas Públicas y Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo, Santiago, Documento, 2021.
- [9] "Sustentabilidad de asentamientos humanos rurales en Chile. Análisis desde los comités de agua potable rural - provincia de Petorca", Gobierno de Chile, Ministerio de obras públicas, Dirección general de aguas y Dirección de obras hidráulicas, Santiago, Informe Final S.I.T N°375, 2019.
- [10] "Sustentabilidad de asentamientos humanos rurales en Chile. Análisis desde los comités de agua potable rural - Cuenca del Río Elqui y Río los Choros", Gobierno de Chile, Ministerio de obras públicas, Dirección general de aguas y Dirección de obras hidráulicas, Santiago, Informe Final S.I.T N°455, 2020.
- [11] "Sustentabilidad de asentamientos humanos rurales en Chile. Análisis desde los comités de agua potable rural - Cuenca del Aconcagua", Gobierno de Chile, Ministerio de obras públicas, Dirección general de aguas y Dirección de obras hidráulicas, Santiago, Informe Final S.I.T N°452, 2019.
- [12] BID, Mejorando Vidas, "Tecnología e innovación para llevar agua y saneamiento a todos en América Latina y el Caribe", *Volvamos a la fuente*, Septiembre 2019
- [13] Grupo Aganova, Sistema Nautils - Aganova, Aganova, 2022.

- [14] Baseform, Software Baseform, 2022.
- [15] Naciones Unidas Chile, ".Escasez hídrica en Chile: Desafíos pendientes", *Aportes para un desarrollo sostenible*, vol:1, Febrero 2021.
- [16] Acciona Chile, "Potabilización del agua", Acciona, Business As Unusual, Experts in designing a better planet.
- [17] A. León, R. Córdoba, S. Carreño, Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos", *Revista Tecnura*, pp 141-153, 2016.
- [18] J. Martínez, "Mejoramiento al sistema de recolección de aguas lluvias (SCALL)", monografía de grado, Universidad La Gran Colombia, 2018.
- [19] B. Velasquez, ".Estudio de la viabilidad técnica para la recolección de aguas lluvias mediante la utilización de atrapanieblas y/o celdas acuacell en zona rural del municipio de Macanal - Bocayaca", memoria de grado, Universidad Católica de Colombia, Bocaya, 2021.
- [20] Ministerio de Energía. (s. f.). Ruta de la Luz | Ministerio de Energía. Ministerio de Energía |.
- [21] Ministerio del Interior, Comisión Nacional de Energía y Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. "Programa de electrificación rural", (Informe Final), 2005.
- [22] Energía para el futuro. "Herramientas para soluciones de electrificación en sistemas aislados - Energía para el Futuro". Energía para el Futuro.
- [23] A. González & I. Pérez, "Sistemas integrados de suministro eléctrico aislado y conectado a la red: innovación y gobernanza organizativa para el acceso universal", *Universal Energy Access Lab IIT-Comillas & MIT*, pp 101-112, 2014.
- [24] C. Peña, "Microrredes y sistemas híbridos en zonas rurales, localidades aisladas y de frontera de país", *Revistaenergía.pe*, pp 83-90, Agosto 2021.
- [25] Instrucción técnica general ITG N°01/2020: diseño y ejecución de las instalaciones fotovoltaicas aisladas de las redes de distribución", Ministerio de Energía y Superintendencia de Energía y Combustibles, Santiago, Informe técnico, 2020.
- [26] Instrucción técnica RGR N°02/2020: diseño y ejecución de las instalaciones fotovoltaicas conectada a redes de distribución", Ministerio de Energía y Superintendencia de Energía y Combustibles, Santiago, Informe técnico, 2020.
- [27] Instrucción técnica RGR N°03/2020: diseño y ejecución de las instalaciones de generación eólica conectadas a redes de distribución", Ministerio de Energía y Superintendencia de Energía y Combustibles, Santiago, Informe técnico, 2020.
- [28] "Mapa de vulnerabilidad Energética, Síntesis metodológica y resultados", Ministerio de Energía, Santiago, Informe de resultados, Mayo 2020.
- [29] W. Brokering, R. Palma, *Atrapanando el sol en los sistemas eléctricos de potencia*, Primera edición, Santiago, 2018.
- [30] L. Mazorra, "L. Mazorra, "Modelo predictivo de radiación solar mediante técnicas de machine learning. Aplicación a la isla de Gran Canaria", Tesis doctoral, Departamento de ingeniería eléctrica, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 2015.

- [31] J. Antonanzas, N. Osorio, R. Escobar, R. Urraca, F.J. Martinez-de-Pison, F. Antonanzas-Torres, Review of photovoltaic power forecasting, *Solar Energy*, Volume 136, 2016, Pages 78-111.
- [32] D.W. van der Meer, J. Widén, J. Munkhammar, Review on probabilistic forecasting of photovoltaic power production and electricity consumption, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 81, Part 1, 2018, Pages 1484-1512.
- [33] J. Cornejo, "Análisis de restricciones de transmisión en la zona Sur de Chile: vertimientos y propuesta de soluciones", memoria de grado, Departamento de ingeniería eléctrica, Universidad de Chile, Santiago, 2021.
- [34] H. Rudnick, *Energías no convencionales: energía sustentables para Chile*, Colegio de ingenieros de Chile A.G., 2010.
- [35] D. Soler, "Efectos técnico-económicos en la operación del sic por ingreso de centrales ERNC", memoria de grado, departamento de ingeniería eléctrica, Universidad de Chile, Santiago, 2013.
- [36] A. Castro, "Minicentrales hidroeléctricas", *Manuales de energías renovables*, pp 5-174, Octubre 2016.
- [37] J. Sanz, *Energías renovables: Energía hidroeléctrica*, 2º edición, Prensas de la universidad de Zaragoza, 2016.
- [38] P. Mentado, "¿Qué es la Mini Hidráulica y cuál es su impacto?", *Energía hoy*, Mayo 2020.
- [39] N.N, "Trabajo acerca de distribución eléctrica", memoria de grado.
- [40] J. Juárez, "sistemas de distribución de energía eléctrica", Primera edición, Azcapotzalco, Mexico, 1995.
- [41] Tesla - Facultad de ingeniería - UNLP, "Distribución de energía eléctrica", Facultad de ingeniería.
- [42] F. Ventura, "Sistemas de distribución A4".
- [43] P. Bobenrieth, "Alternativas de abastecimiento energético para Rapa Nui", memoria de grado, departamento de ingeniería eléctrica, Universidad de Chile, Santiago, 2020.
- [44] J. Osorio, "Sistemas aislados. Una mirada descriptiva de las experiencias en la región de Aysén", Universidad Austral de Chile, Campus Patagonia, Coyhaique, Diciembre 2018.
- [45] La micro red y sus tipologías, Grupo novelec, España, Diciembre 2021.
- [46] V. Gonzales, "Diferencias entre el sistema on grid y sistema off grid para la generación de energía", *Cite energía*, Lima, Perú,
- [47] G. Gomez, "Instalaciones eléctricas residenciales: qué son y como se realizan", Diciembre 2020.
- [48] K. Tapias, "Instalaciones eléctricas residenciales", Kronoz, Mayo 2022.
- [49] Sushil Rajagopalan, Hanna L. Breetz, Niches, narratives, and national policy: How India developed off-grid solar for rural electrification, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Volume 43, 2022, Pages 41-54.
- [50] Jinze Li, Pei Liu, Zheng Li, Optimal design of a hybrid renewable energy system with grid connection and comparison of techno-economic performances with an off-grid system: A

- case study of West China, *Computers & Chemical Engineering*, Volume 159, 2022.
- [51] P. Ortega-Arriaga, O. Babacan, J. Nelson, A. Gambhir, Grid versus off-grid electricity access options: A review on the economic and environmental impacts, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 143, 2021.
- [52] Bo Zhang, Rui Qiu, Qi Liao, Yongtu Liang, Haoran Ji, Rui Jing, Design and operation optimization of city-level off-grid hydro–photovoltaic complementary system, *Applied Energy*, Volume 306, Part B, 2022.
- [53] Siyuan Ma, Johannes Urpelainen, Distributed power generation in national rural electrification plans: An international and comparative evaluation, *Energy Research Social Science*, Volume 44, 2018, Pages 1-5.
- [54] "Financiamiento Estatal en Chile, Programa de electrificación rural (PER)", Gobierno de Chile, Santiago, Workshop, 2015.
- [55] "La Araucanía: inauguran anhelado proyecto de electrificación rural para familias de Victoria", Municipalidad de Victoria, Enero 2020.
- [56] ".En 40 días comenzarán obras de electrificación rural para familias de Salamanca", Municipalidad de Coquimbo, Enero 2021.
- [57] Acciona, ".Acciona impulsa proyecto de electrificación en la región de Coquimbo", *Revistaei*, Noviembre 2021.
- [58] F. Lopez, ".Ectrificación rural: monitorean avances en sector costero de Valdivia", *Revistaei*, febrero 2021.
- [59] C. Klagges, "Proyecto generación de energía eléctrica localidad de Chochamó", Plan de negocios para grado de magíster, postgrado economía y negocios ,Universidad de Chile, Santiago, 2018.
- [60] Norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución, Comisión nacional de energía, Santigo, Diciembre, 2019.
- [61] Keep Services, "Consumo eléctrico de las computadoras", Septiembre, 2018. available:<https://keepservices.com/2018/09/08/consumo-electrico-de-las-computadoras/>
- [62] Enel, "Consumo artefactos eléctricos en el hogar", Mayo. 2020. available:<https://www.enel.cl/es/clientes/tarifas-y-regulacion/consumo-artefactos-electricos.html>
- [63] Encuesta de elaboración propia, "Recopilación de datos para la caracterización del proyecto", 2022. Available:<https://forms.office.com/r/s3imd2rVa3>
- [64] Encuesta de elaboración propia, "Caracterización de la demanda", 2022. Available:<https://forms.office.com/r/TVQVYQn2vD>
- [65] Encuesta de elaboración propia, "Caracterización de la demanda 2", 2022. Available:<https://forms.office.com/r/vJAGTcwZcb>
- [66] Excel de la propuesta metodológica, "Perfiles de consumoz "Simulación". 2022. Availanle:[https://drive.google.com/drive/folders/1brLSohTInwoAEB\\_BSm1ipl0jdVh70xjD?usp=sharelink](https://drive.google.com/drive/folders/1brLSohTInwoAEB_BSm1ipl0jdVh70xjD?usp=sharelink)

# ANEXOS

## Anexo A

En el trabajo se utilizaron distintas capas de información geográfica, las que se detallan a continuación:

### Capas de información en el ámbito energético

- Redes de distribución eléctrica, junio 2018. Fuente: SEC.
- Zonas de concesión de distribución eléctrica, junio 2018. Fuente: SEC.
- Puntos de consumo, junio 2018. Fuente: SEC.
- Sistemas aislados de generación eléctrica, marzo 2018. Fuente: Ministerio de energía.
- Sistemas individuales de autogeneración eléctrica, marzo 2018. Fuente: Ministerio de energía.

### Capas de información censal y otro ámbitos

- Viviendas rurales Pre-Censo 2016. Fuente: INE.
- División política y administrativa del país. Fuente: SUBDERE
- Cartografía Censo 2017, límites y fronteras, entidades censales. Fuente: INE.
- Cabeceras comunales. Fuente: INE.
- Redes viales a nivel nacional. Fuente: MOP.

### Antecedentes entregados por otras instituciones

asldksajd

- Información de proyectos de ER. Fuentes: SNI, SUBDERE, Empresas distribuidoras y cooperativas eléctricas y el ministerio de energía.
- Información sobre viviendas sin acceso a energía eléctrica, sistemas aislados e individuales de generación. Fuentes: gobiernos regionales, municipalidades y ministerio de energía.

# Anexo B

Para conocer la viabilidad técnica de el uso del recurso solar se debe conocer la radiación presente en la zona de emplazamiento de esta tecnología, de esta forma, las figuras 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18, 6.19, 6.20, 6.21, 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27, 6.28, 6.29, 6.30 y 6.31 muestran la radiación presente en cada una de las regiones del país en dos puntos de la misma, por regla general; uno en una posición céntrica del mapa y otro más cercano a la costa; existiendo excepciones en la región metropolitana con un valor en el centro y otro hacia la cordillera; en la región de Los Lagos con un punto ubicado en Osorno y otro más hacia el sur en Puerto Montt y en Aysen solo un punto.

Más información con respecto a la ubicación exacta utilizada para extraer los gráficos de radiación global horizontal se encuentra en el Anexo B.

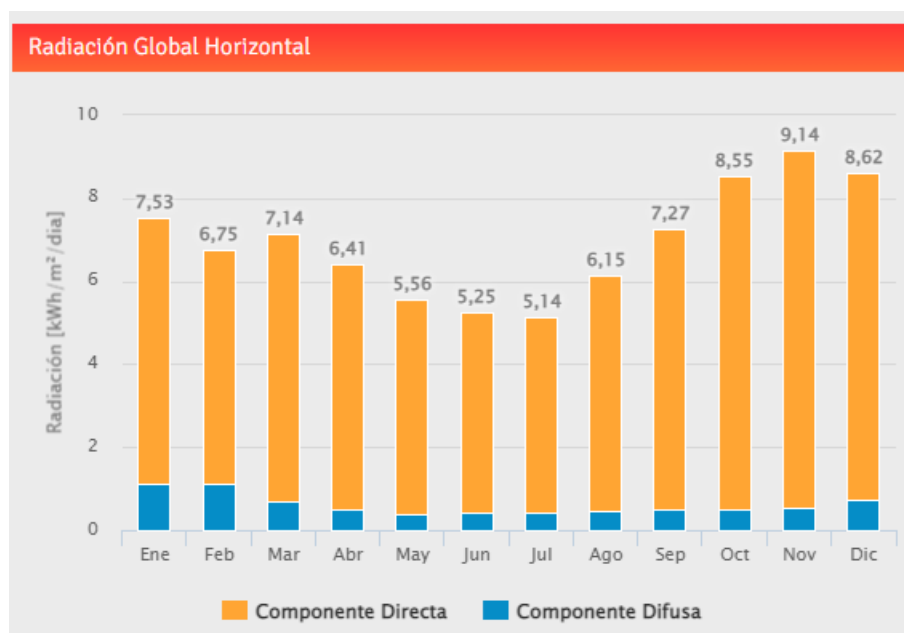


Figura 6.1: Radiación global horizontal de la región de Arica y Parinacota, en un punto céntrico del mapa.

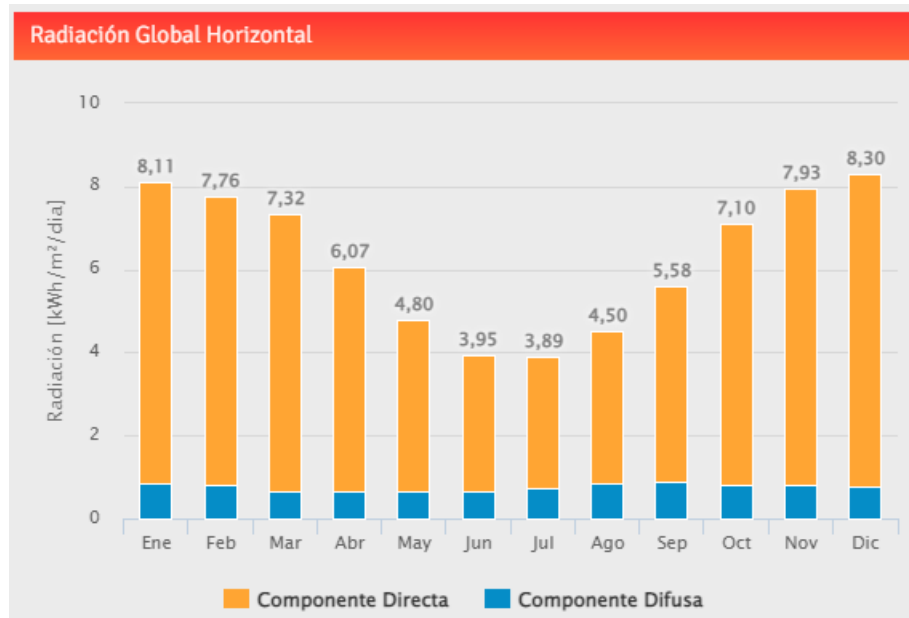


Figura 6.2: Radiación global horizontal de la región de Arica y Parinacota, en un punto cercano a la costa.

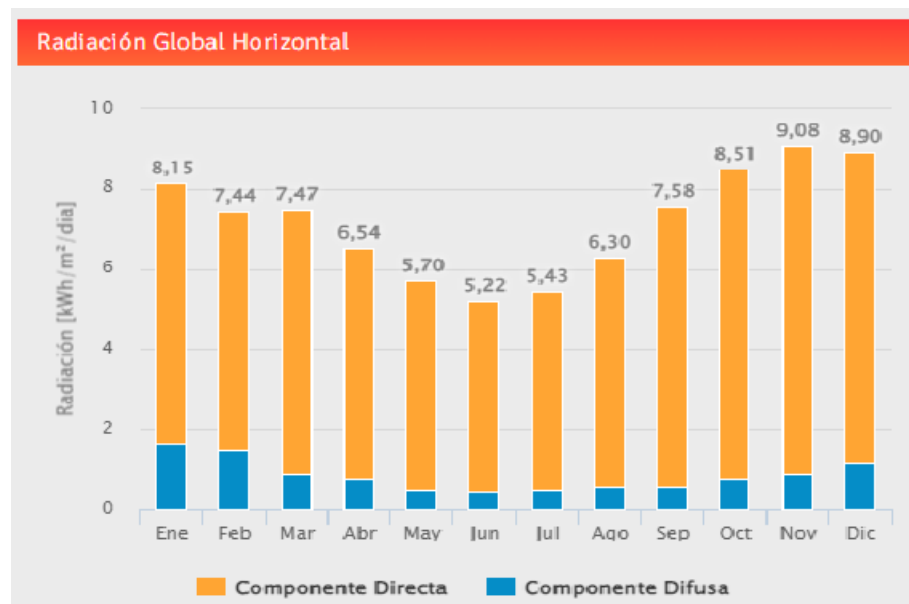


Figura 6.3: Radiación global horizontal de la región de Tarapacá, en un punto céntrico del mapa.



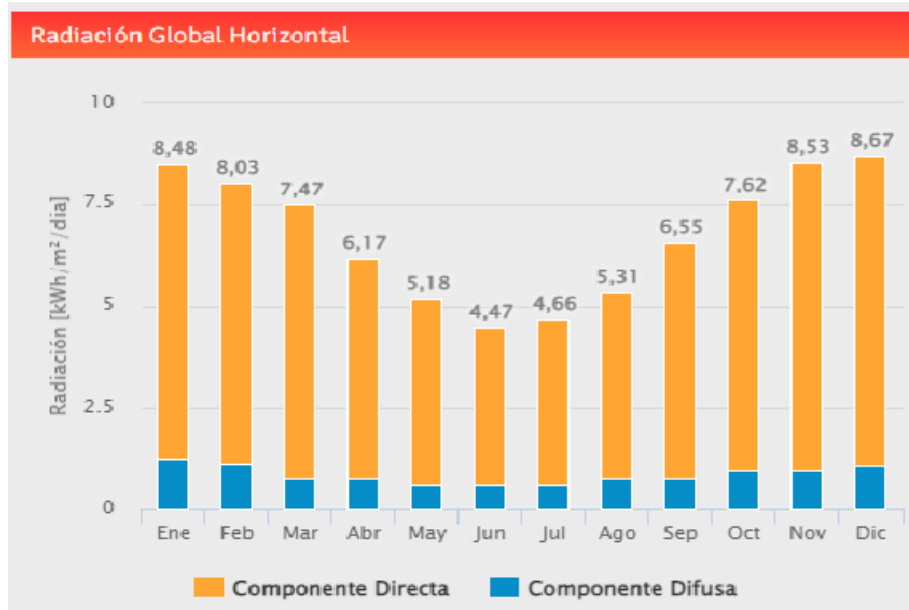


Figura 6.4: Radiación global horizontal de la región de Tarapacá, en un punto cercano a la costa.

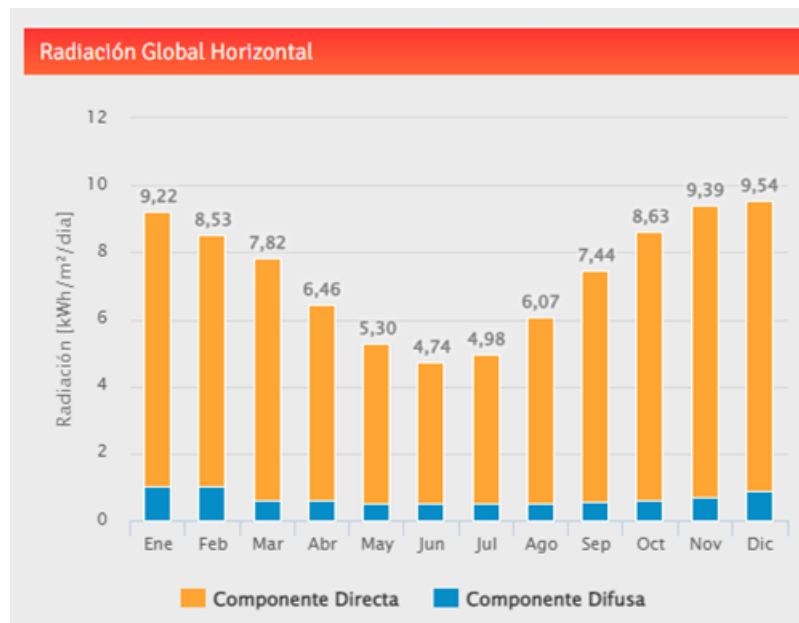


Figura 6.5: Radiación global horizontal de la región de Antofagasta, en un punto céntrico del mapa.

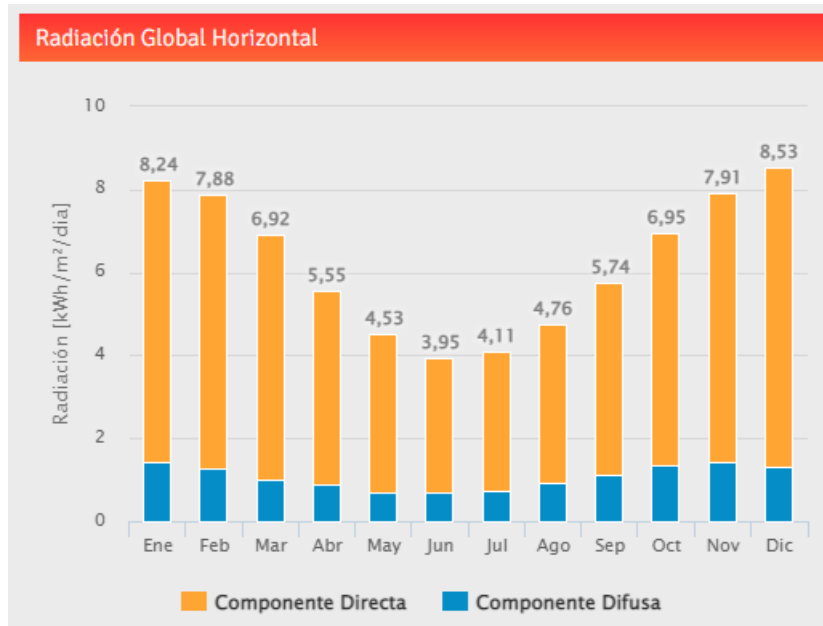


Figura 6.6: Radiación global horizontal de la región de Antofagasta, en un punto cercano a la costa.

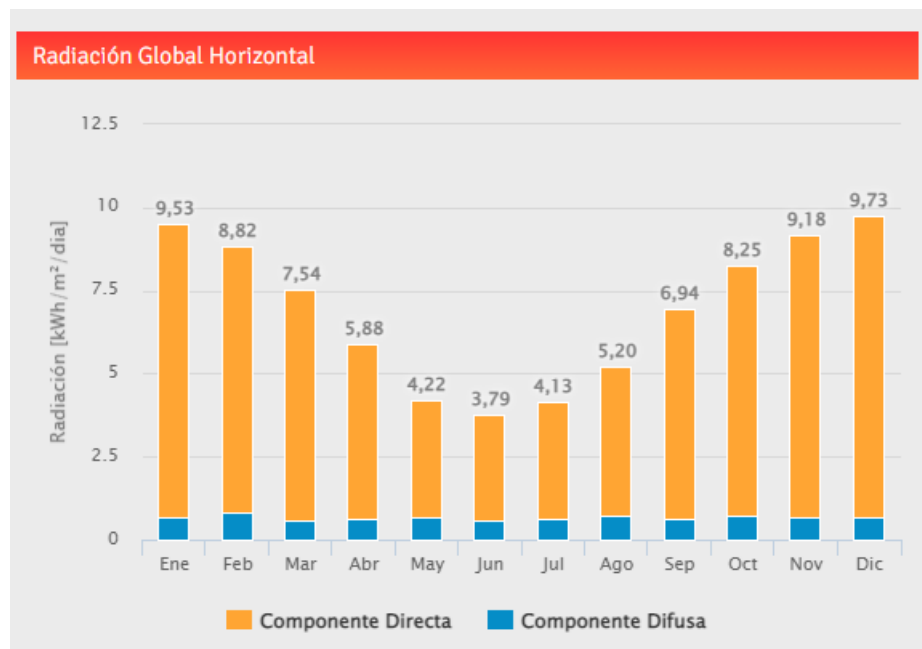


Figura 6.7: Radiación global horizontal de la región de Atacama, en un punto céntrico del mapa.

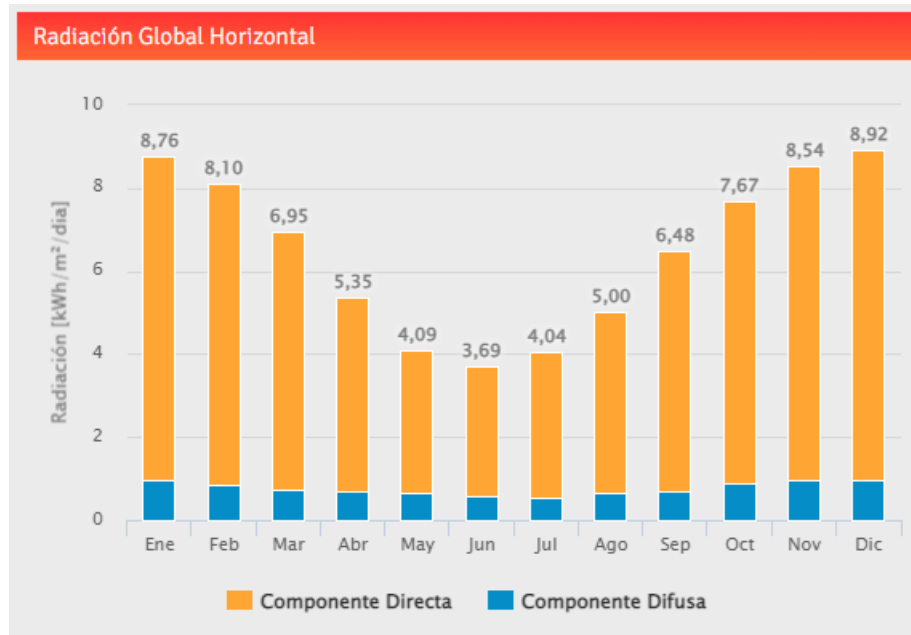


Figura 6.8: Radiación global horizontal de la región de Atacama, en un punto cercano a la costa.

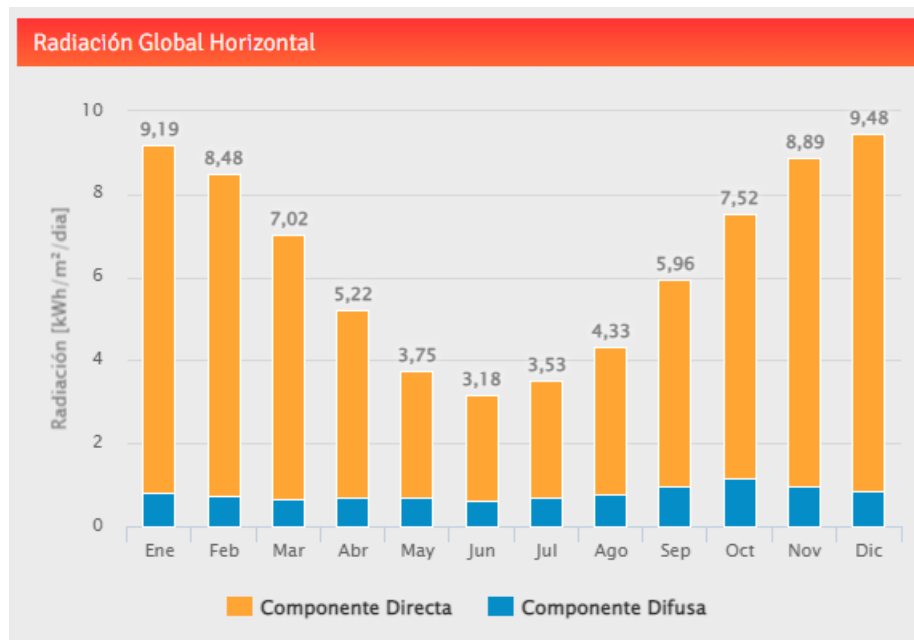


Figura 6.9: Radiación global horizontal de la región de Coquimbo, en un punto céntrico del mapa.

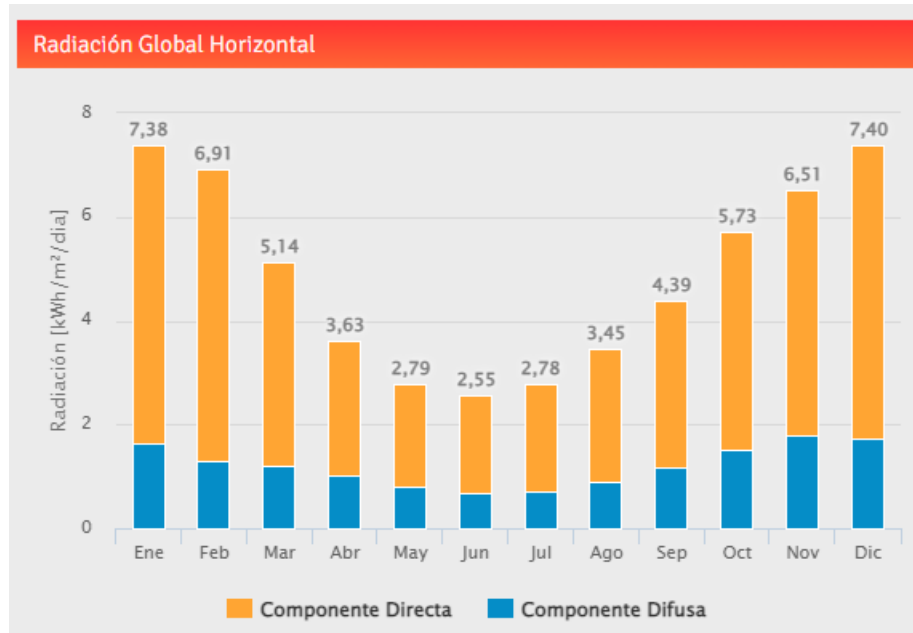


Figura 6.10: Radiación global horizontal de la región de Coquimbo, en un punto cercano a la costa.

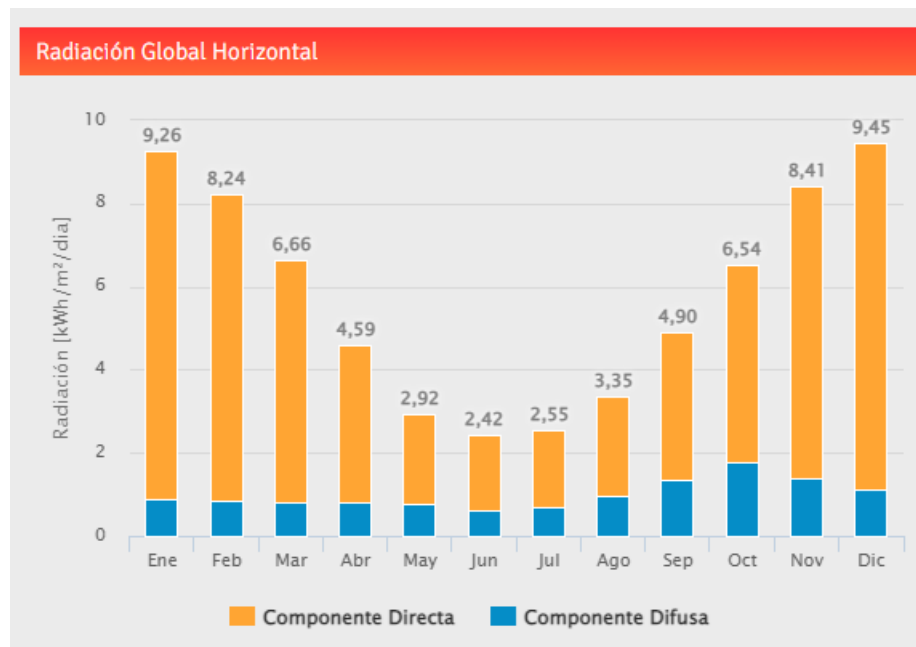


Figura 6.11: Radiación global horizontal de la región de Valparaíso.

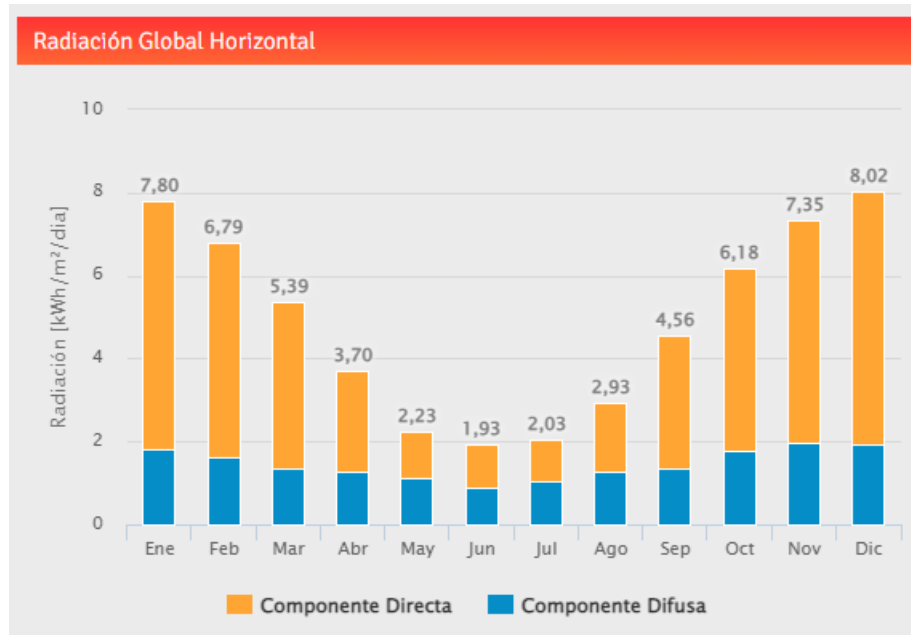


Figura 6.12: Radiación global horizontal de la región de Valparaíso, en un punto cercano a la costa.

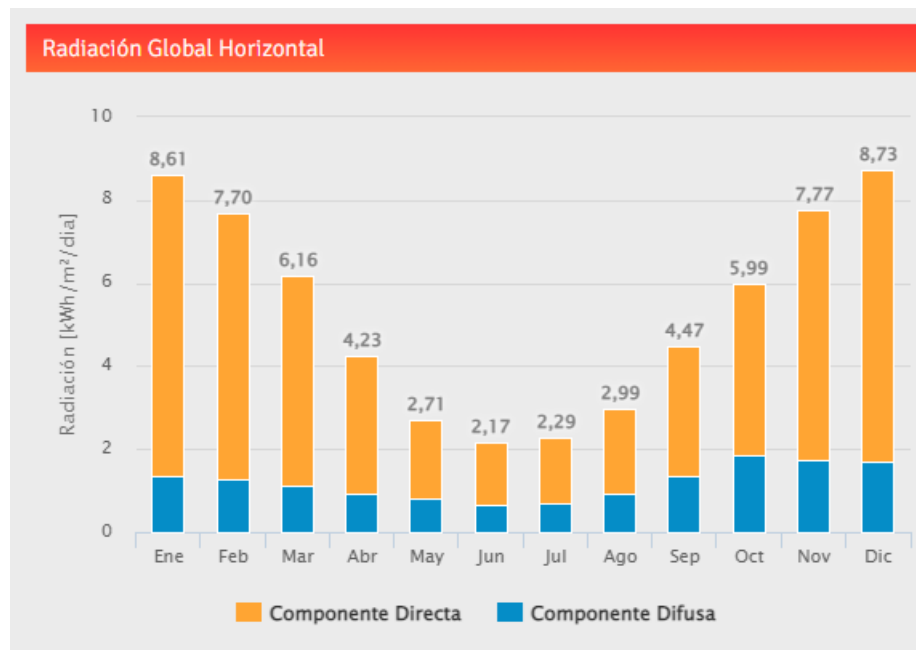


Figura 6.13: Radiación global horizontal de la región Metropolitana, en un punto céntrico.

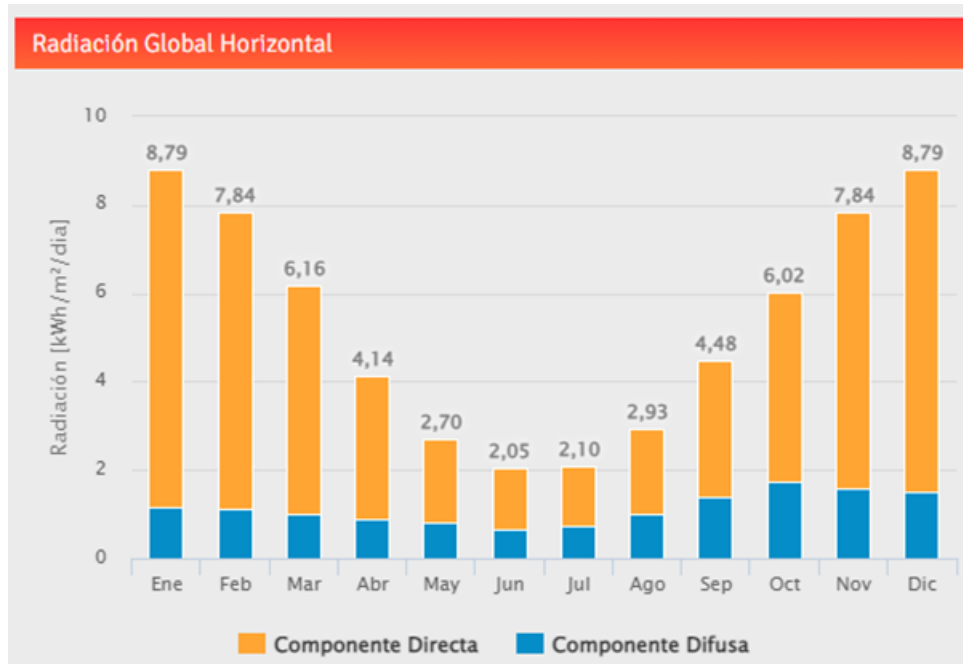


Figura 6.14: Radiación global horizontal de la región Metropolitana, en un punto cordillerano.

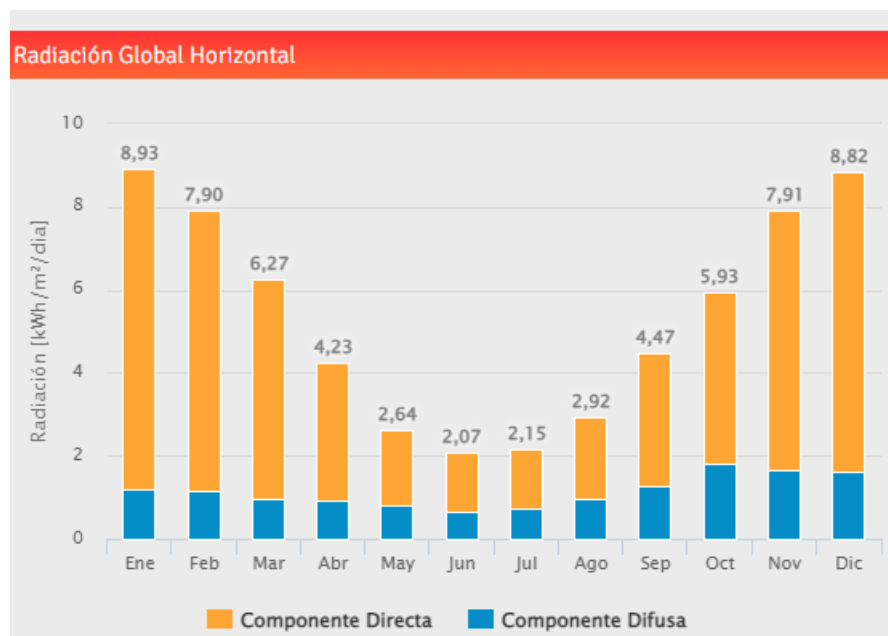


Figura 6.15: Radiación global horizontal de la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en un punto céntrico del mapa .

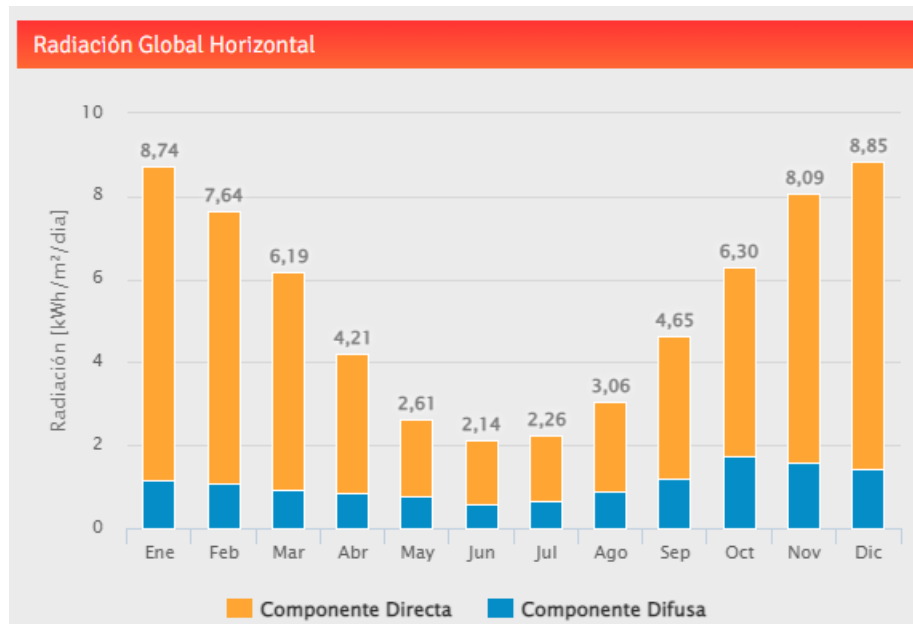


Figura 6.16: Radiación global horizontal de la región de la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en un punto cercano a la costa .

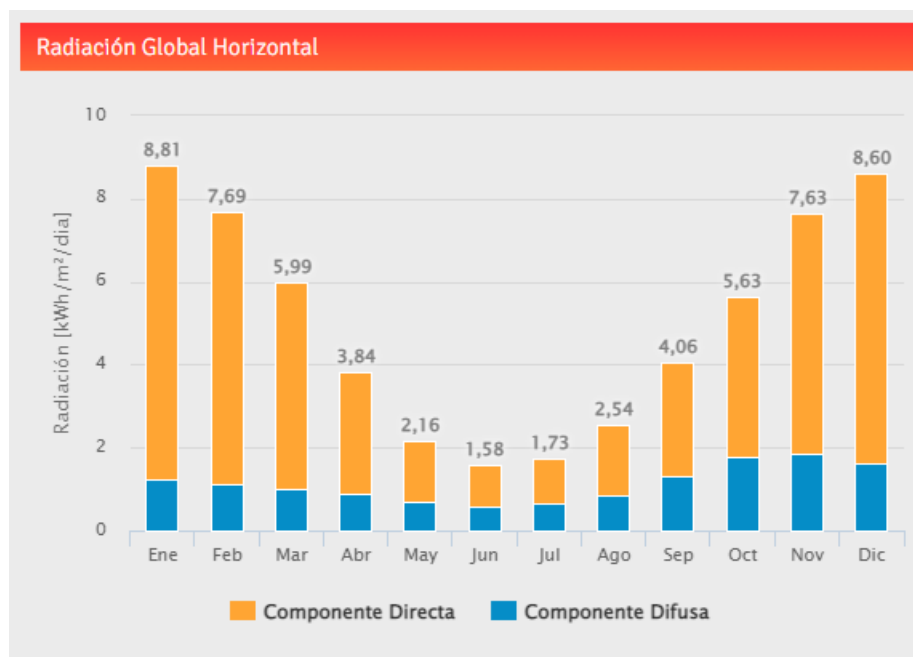


Figura 6.17: Radiación global horizontal de la región del Maule, en un punto céntrico del mapa.

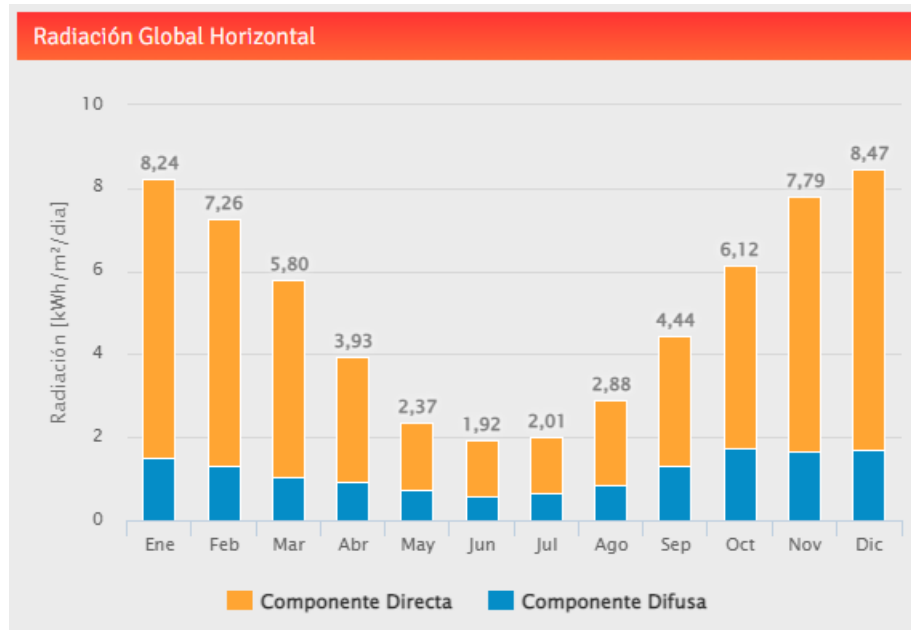


Figura 6.18: Radiación global horizontal de la región del Maule, en un punto cercano a la costa.

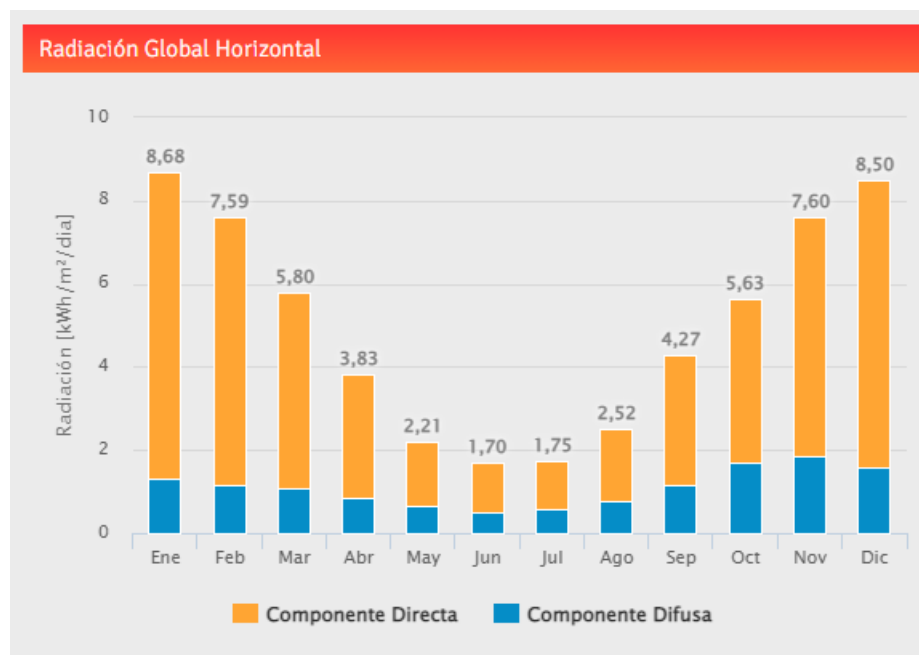


Figura 6.19: Radiación global horizontal de la región de Ñuble, en un punto céntrico del mapa.



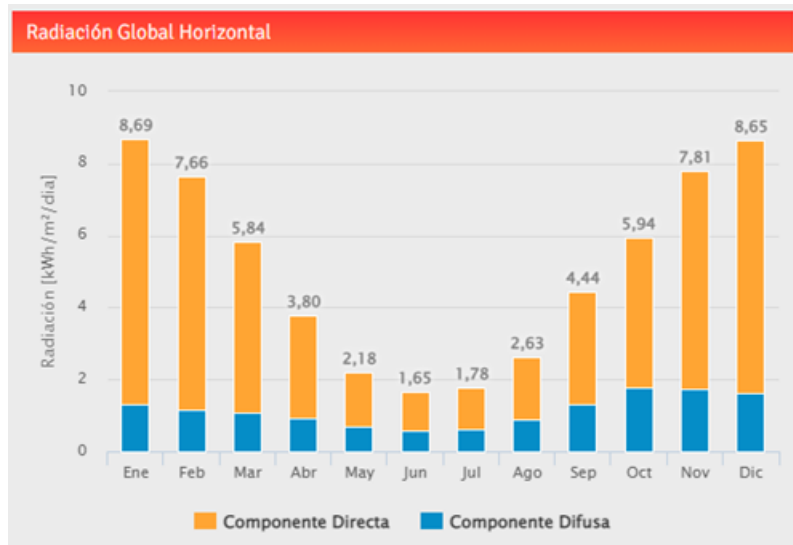


Figura 6.20: Radiación global horizontal de la región de Ñuble, en un punto cercano a la costa.

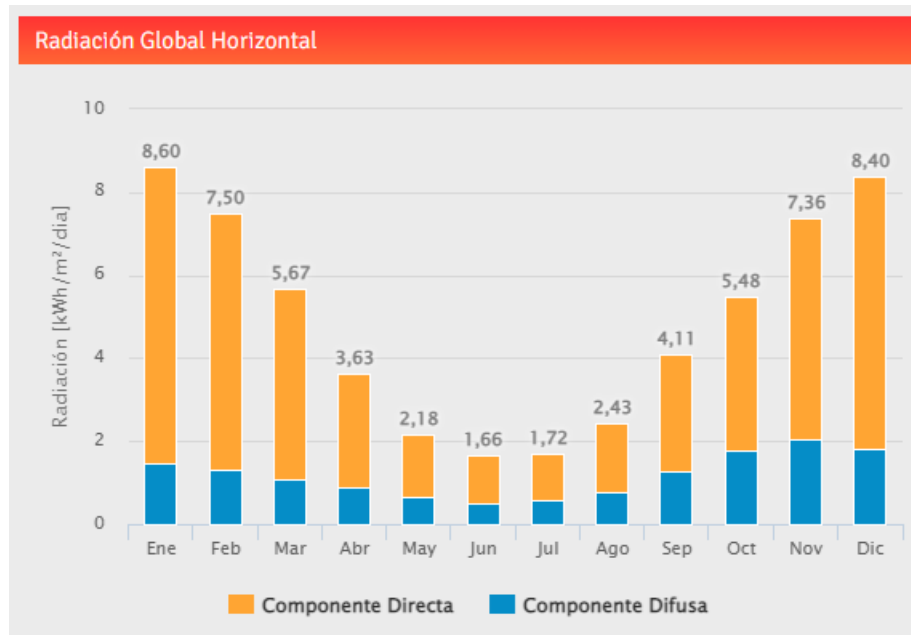


Figura 6.21: Radiación global horizontal de la región del Biobío, en un punto céntrico del mapa.

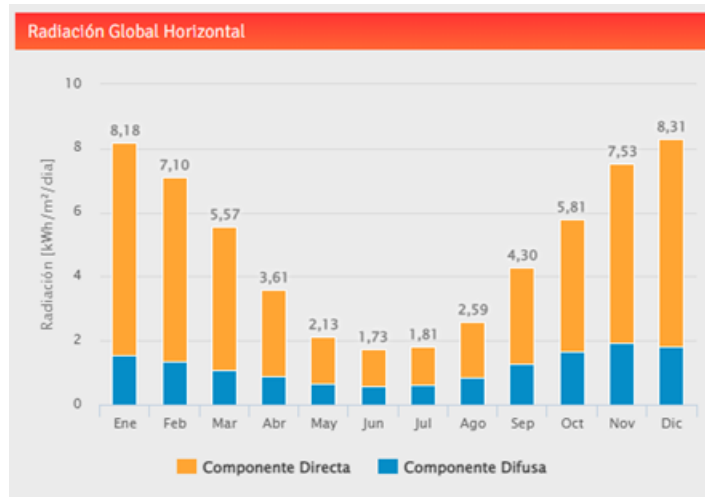


Figura 6.22: Radiación global horizontal de la región del Biobío, en un punto cercano a la costa.

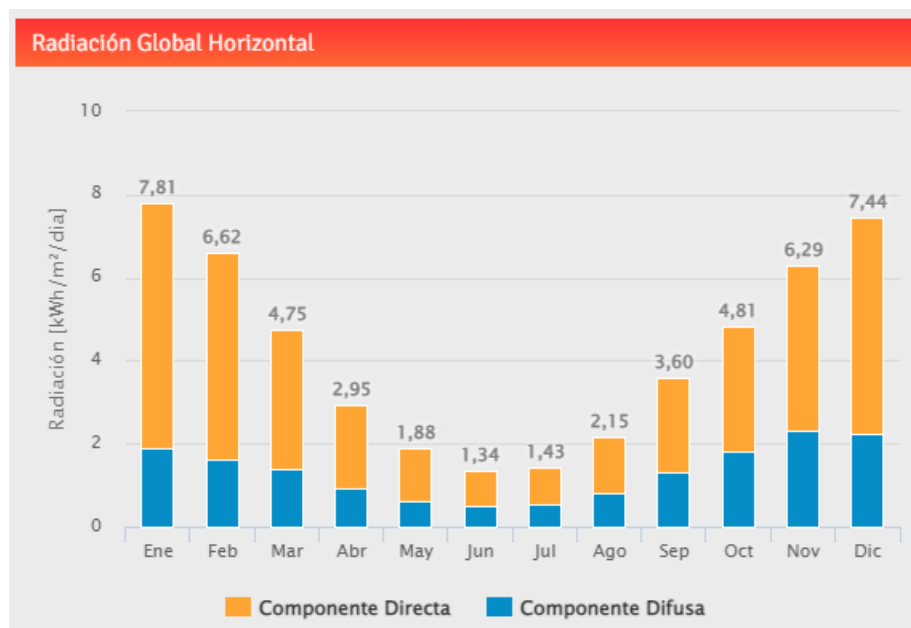


Figura 6.23: Radiación global horizontal de la región de la Araucanía, en un punto céntrico del mapa.

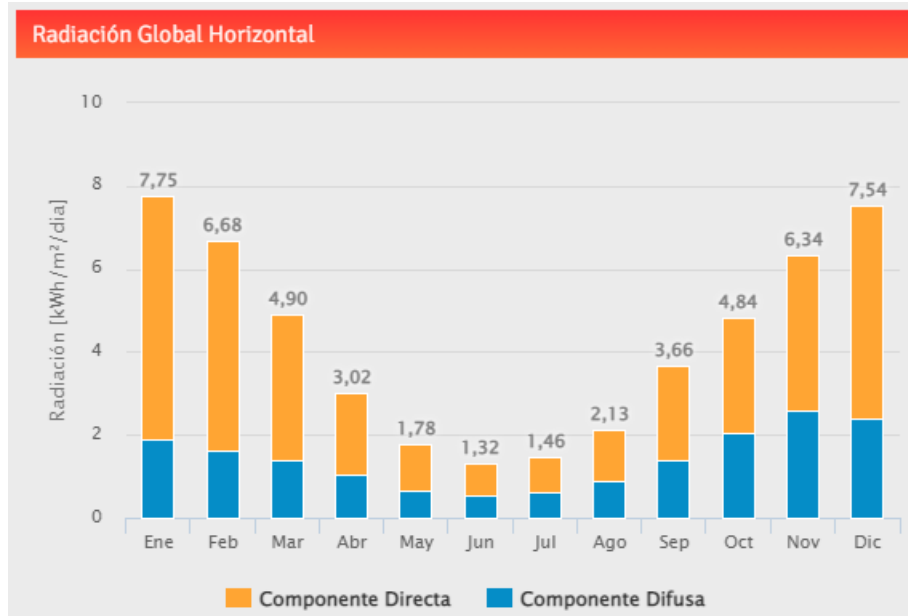


Figura 6.24: Radiación global horizontal de la región de la Araucanía, en un punto cercano a la costa.

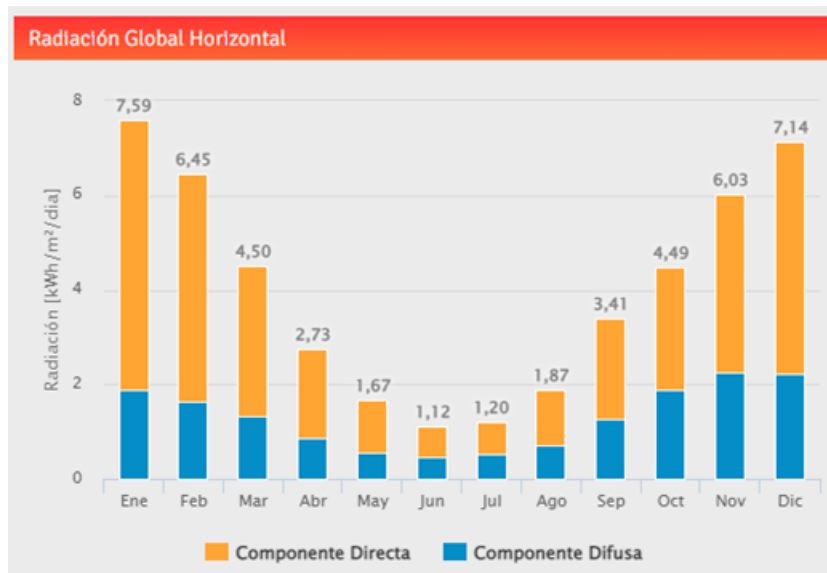


Figura 6.25: Radiación global horizontal de la región de Los Rios, en un punto cercano a la costa.

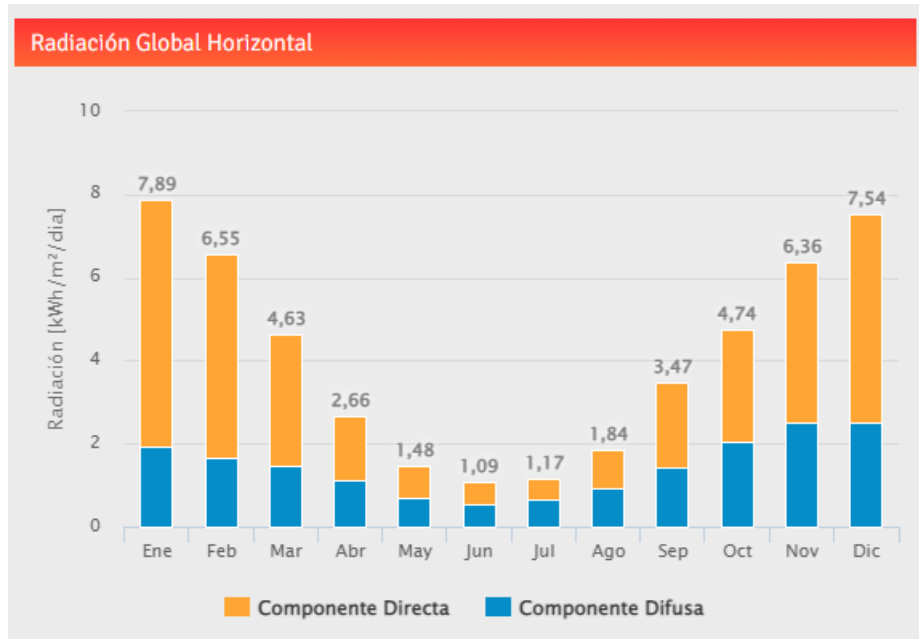


Figura 6.26: Radiación global horizontal de la región de Los Ríos, en un punto céntrico del mapa.

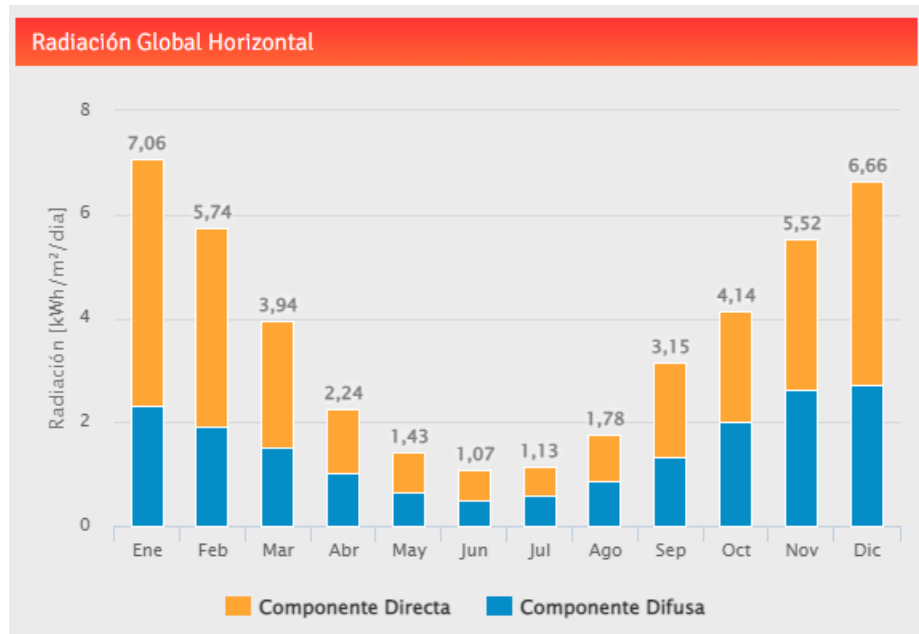


Figura 6.27: Radiación global horizontal de la región de Los Lagos, en las cercanías de Osorno.

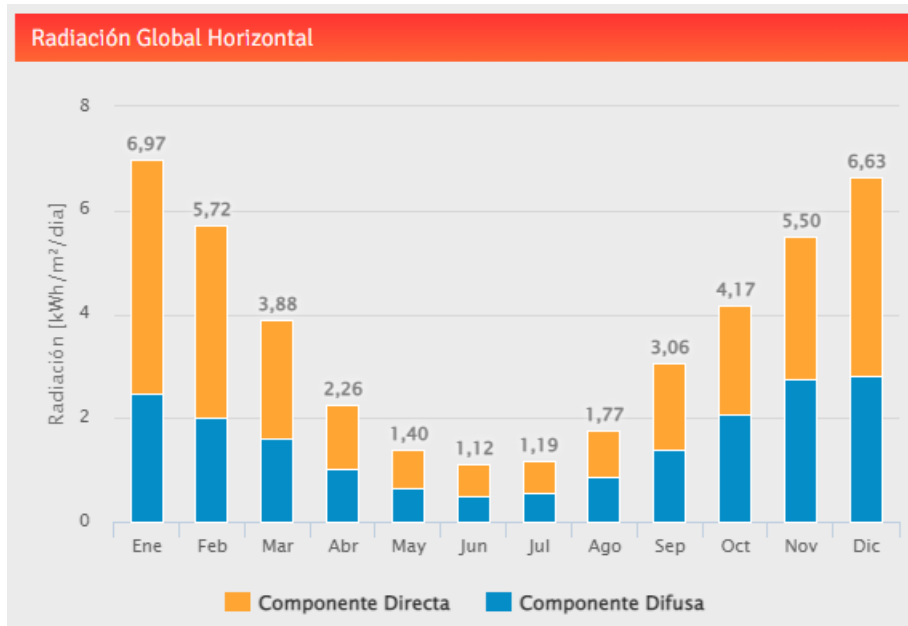


Figura 6.28: Radiación global horizontal de la región de Los Lagos, en las cercanías de Puerto Montt.

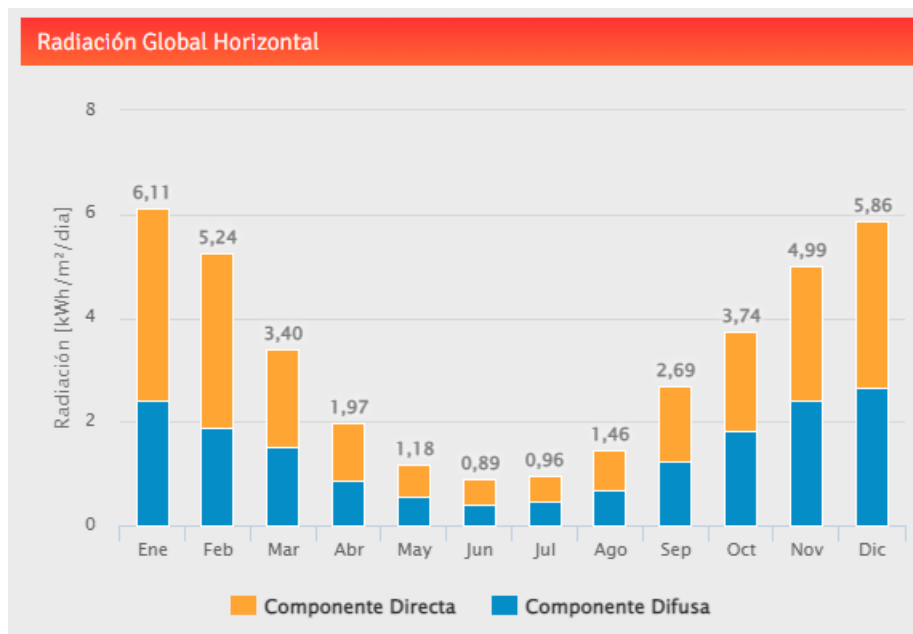


Figura 6.29: Radiación global horizontal de la región de Aysen del General Carlos Ibañez del Campo.

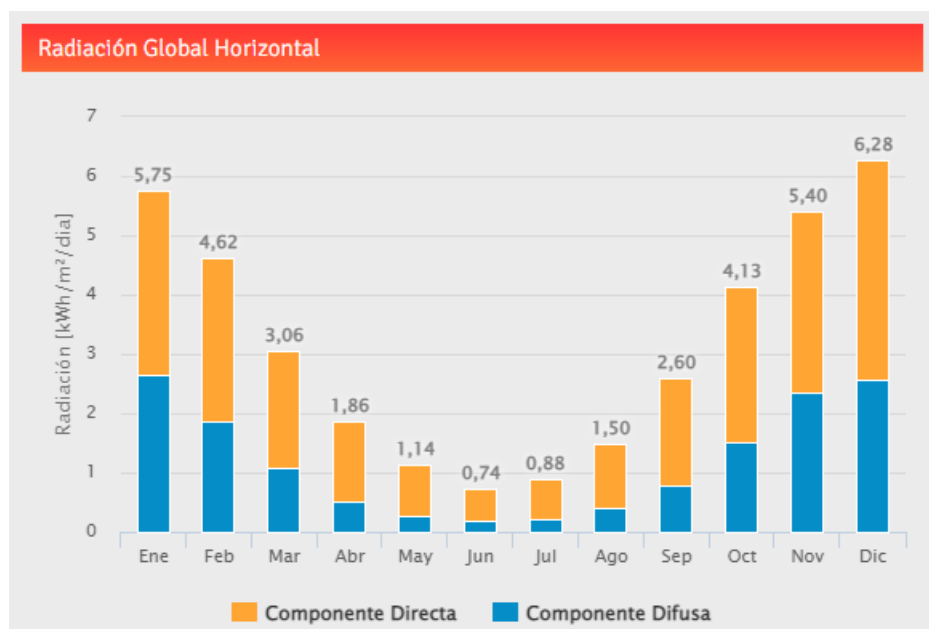


Figura 6.30: Radiación global horizontal de la región de Magallanes, en las cercanías de Puerto Natales.

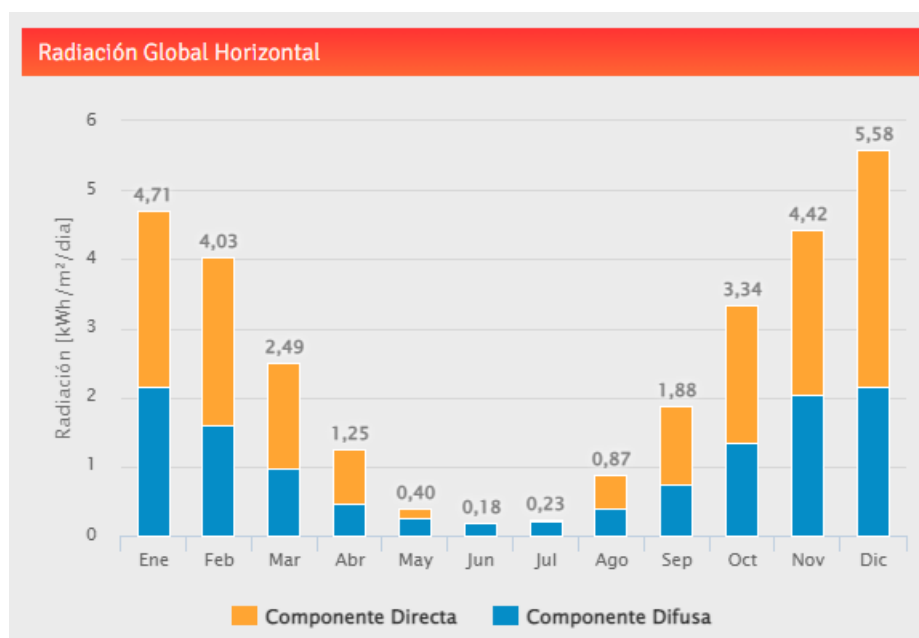


Figura 6.31: Radiación global horizontal de la región de Magallanes, en un punto cercano a la costa.

Tal y como era de esperarse, hacia el norte del país la radiación es mayor, desde la región de Rancagua hacia el norte, sin considerar la región metropolitana, la radiación es mayor que en el resto del país. Luego desde la región del Maule hasta la región del Biobío va disminuyendo de forma gradual, marcando nuevamente un cambio en las regiones de la Araucanía y Los Ríos, siendo las con menos radiación las regiones del extremo sur. Además, la radiación en

la regiones con mayor radiación es menor en las cercanías de la costa, mientras que esta diferencia se va haciendo menos considerable a medida que se avanza hacia las regiones de más al sur, en donde la radiación es muy similar en todo el ancho de la región. Sin embargo, en la región de Magallanes ocurre justamente lo contrario, en donde la radiación es mayor al estar cerca de la costa y menor al estar más alejado de esta.

La tabla 6.1, muestra información exacta acerca de los puntos de radiación de las figuras del presente anexo, indicando la latitud, longitud y metros sobre el nivel del mar (msnm) del punto graficado. Además muestra características atmosféricas relacionadas con la frecuencia de nubosidad, la temperatura ambiental y la velocidad del viento.

Tabla 6.1: Información demográfica y atmosférica de los puntos de radiación mostrados

Región	Latitud [°]	Longitud [°]	msnm	Frecuencia de Nubes [%]	T° Ambiental [°C]	Viento [m/s]
Arica y parinacota	-18,46	-69,62	2.955	5	11	3,4
Arica y parinacota	-18,46	-70,29	0	11	19,4	1,1
Tarapaca	-20,21	-69,38	1.690	5	18,8	3,8
Tarapaca	-20,21	-70,09	858	9	15,4	2,3
Antofagasta	-23,64	-69,26	1913	3	15,2	2,9
Antofagasta	-23,64	-70,33	549	12	15,6	4
Atacama	-27,38	-69,74	3017	5	8,8	4,9
Atacama	-27,38	-70,32	401	9	17,1	1,7
Coquimbo	-29,95	-70,81	1144	7	16,1	2,4
Coquimbo	-29,96	-71,22	152	21	14,2	1,6
Valparaiso	-33,06	-70,01	1251	13	11,2	3,8
Valparaiso	-33,05	-71,61	99	22	14	2
Metropolitana	-33,65	-70,35	975	15	14,9	2,3
Metropolitana	-33,45	-70,67	539	14	15,5	1
O'Higgins	-34,18	-70,52	994	16	13,4	2,4
O'Higgins	34,32	71,78	266	15	11,5	2,5
Maule	-35,45	-71,27	291	19	13,9	2
Maule	-35,37	-72,36	174	17	13	2
Ñuble	-36,63	-71,79	279	17	13,1	1,9
Ñuble	-36,51	-72,68	40	17	12,9	1,6
Biobio	-37,44	-72,02	328	18	12,8	2,7
Biobio	-36,84	-73,09	7	19	13,2	3
Araucania	-38,76	-72,17	387	24	11,2	1,9
Araucania	-38,76	-73,27	166	24	11,3	2,8
Los Rios	-39,83	-73,28	55	26	12	2,4
Los Rios	-39,83	-72,06	158	25	12,4	2,4
Los Lagos	-40,58	-72,73	149	29	11	2,6
Los Lagos	-41,51	-73,45	0	9	10,8	2,4
Aysen	-43,03	-72,82	2	30	10	6
Magallanes	-52,74	-70,91	4	23	6,9	5,6
Magallanes	-52,25	-74,04	176	26	5,9	3,8

La tabla 6.2, muestra información específica acerca de la radiación de los puntos graficados, señalando la radiación global horizontal, global inclinada, directa normal y difusa horizontal.



Tabla 6.2: Información acerca de la radiación de los puntos de estudiados.

Región	Radiación anual [kWh/m <sup>2</sup> /día]			
	Global horizontal	Global inclinado	Directa normal	Difusa horizontal
Arica y parinacota	6,96	7,26	8,86	0,62
Arica y parinacota	6,28	6,47	8,2	0,76
Tarapaca	7,19	7,61	10,01	0,86
Tarapaca	6,76	7,08	9,09	0,86
Antofagasta	7,34	7,88	10,81	0,67
Antofagasta	6,26	6,62	8,22	1,07
Atacama	6,93	7,52	9,36	0,67
Atacama	6,47	7,03	8,94	0,77
Coquimbo	6,29	6,94	8,8	0,8
Coquimbo	4,89	5,25	5,99	1,2
Valparaiso	5,77	6,25	7,82	1
Valparaiso	4,91	5,17	5,82	1,45
Metropolitana	5,32	5,73	6,27	1,13
Metropolitana	5,32	5,74	6,95	1,2
O'Higgins	5,35	5,8	6,79	1,15
O'Higgins	5,39	5,89	7,18	1,07
Maule	5,02	5,39	6,59	1,14
Maule	5,1	5,56	6,76	1,17
Ñuble	5,01	5,47	6,82	1,1
Ñuble	5,09	5,53	6,72	1,14
Biobio	4,9	5,37	6,51	1,19
Biobio	4,89	5,36	6,48	1,19
Araucania	4,26	4,65	5,26	1,34
Araucania	4,28	4,62	5,05	1,42
Los Rios	4,12	4,36	4,79	1,45
Los Rios	4,02	4,36	4,84	1,3
Los Lagos	3,65	3,91	4,08	1,51
Los Lagos	3,64	3,91	4,08	1,56
Aysen	3,51	3,86	3,99	1,44
Magallanes	3,16	4,7	4,88	1,2
Magallanes	2,45	2,6	2,9	1,04

# Anexo C

Las figuras 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18, 6.19, 6.20, 6.21, 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27, 6.28, 6.29, 6.30 y 6.31 muestran la generación presente en la zona con una potencia instalada de 2 [kW].

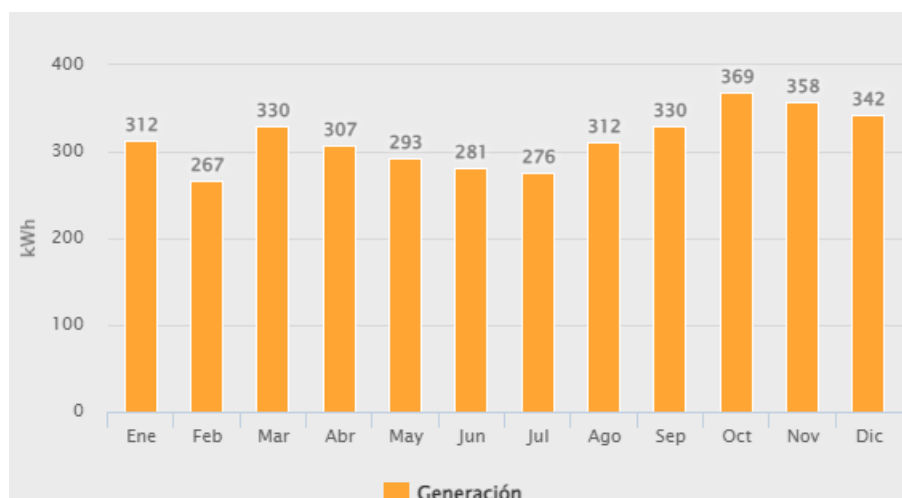


Figura 6.1: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Arica y Parinacota, en un sector céntrico del mapa.

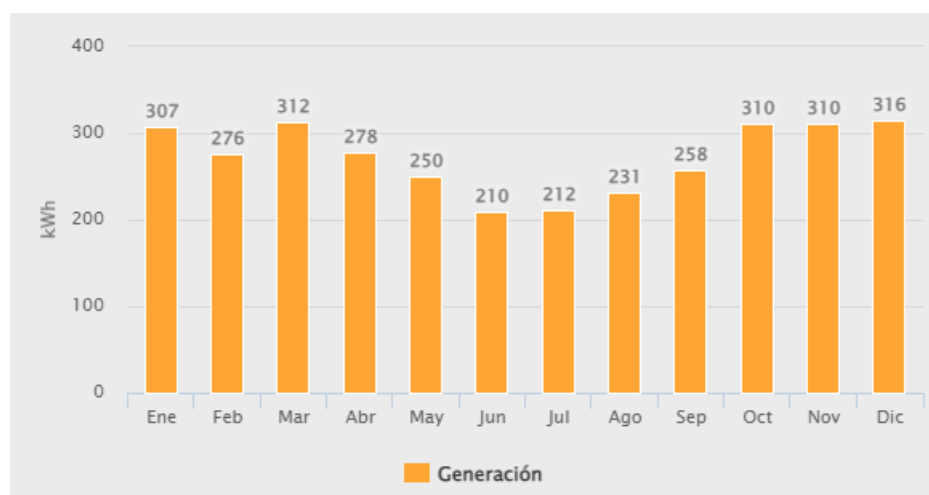


Figura 6.2: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Arica y Parinacota, en un sector cercano a la costa.

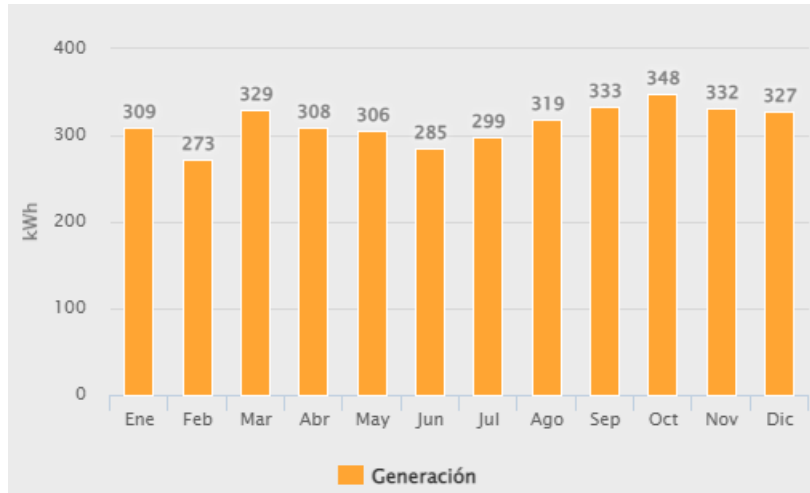


Figura 6.3: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Tarapacá, en un sector céntrico del mapa.

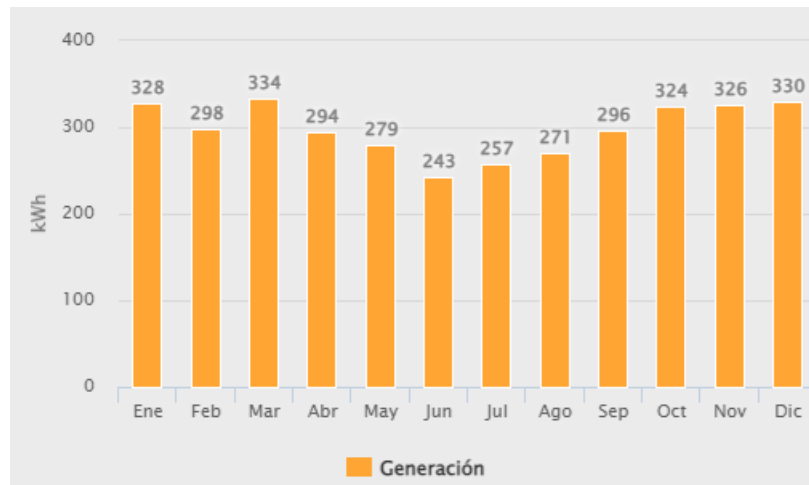


Figura 6.4: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Tarapacá, en un sector cercano a la costa.

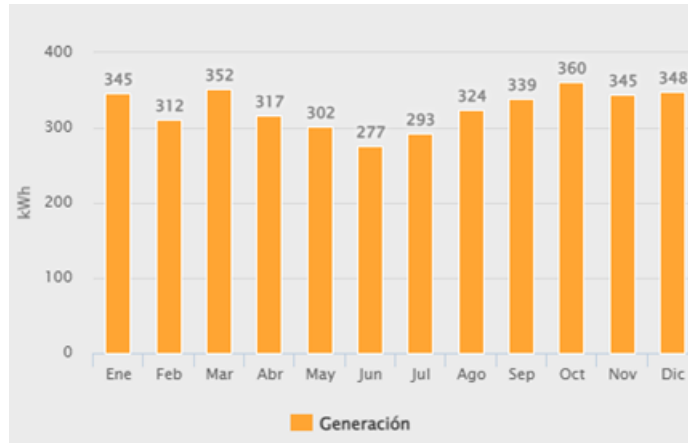


Figura 6.5: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Antofagasta, en un sector céntrico del mapa.

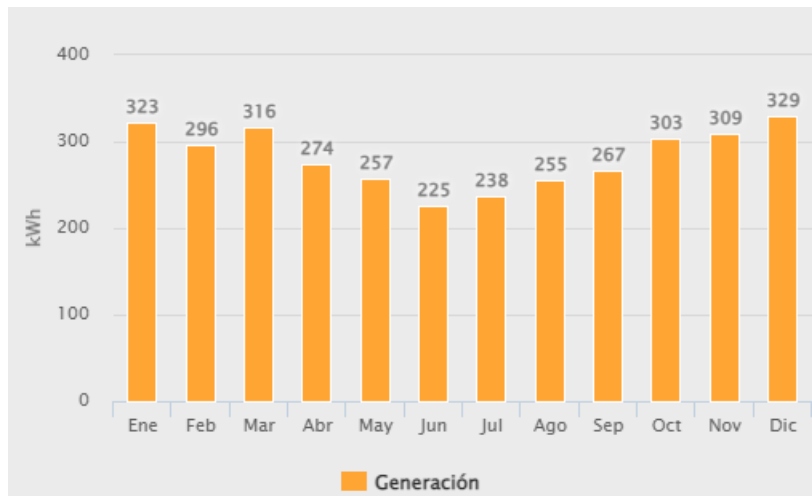


Figura 6.6: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Antofagasta, en un sector cercano a la costa.

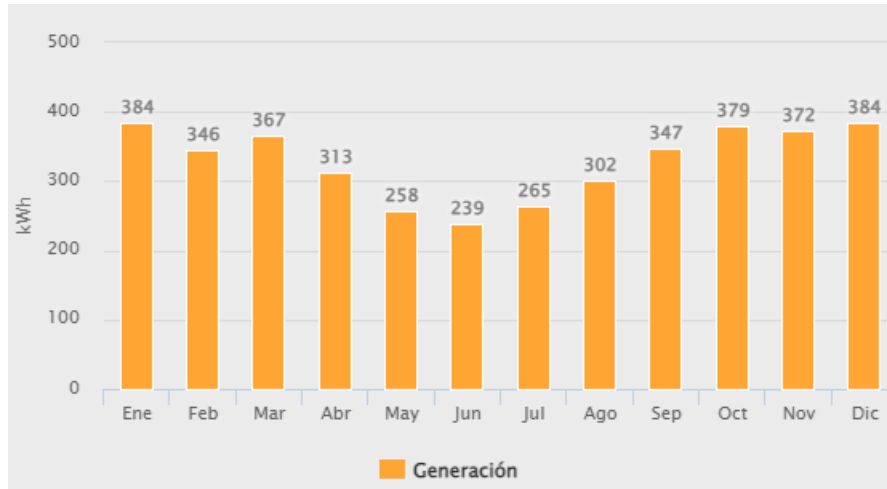


Figura 6.7: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Atacama, en un sector céntrico del mapa.

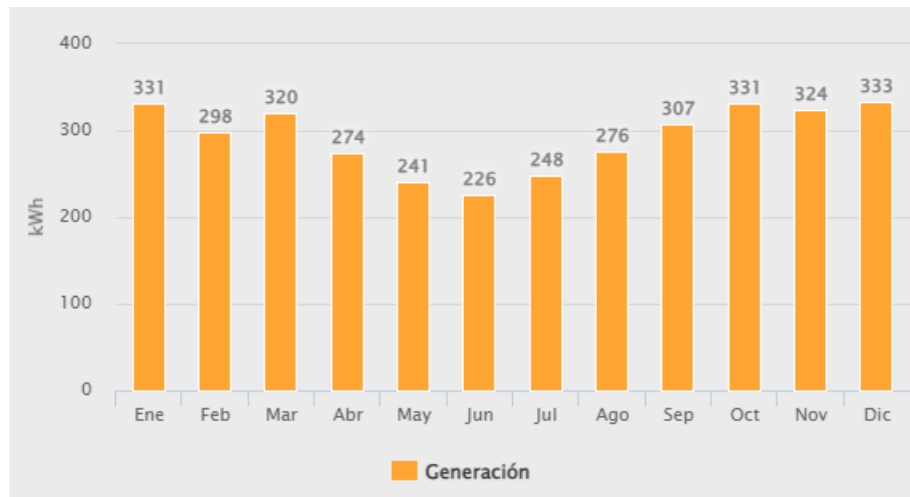


Figura 6.8: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Atacama, en un sector cercano a la costa..

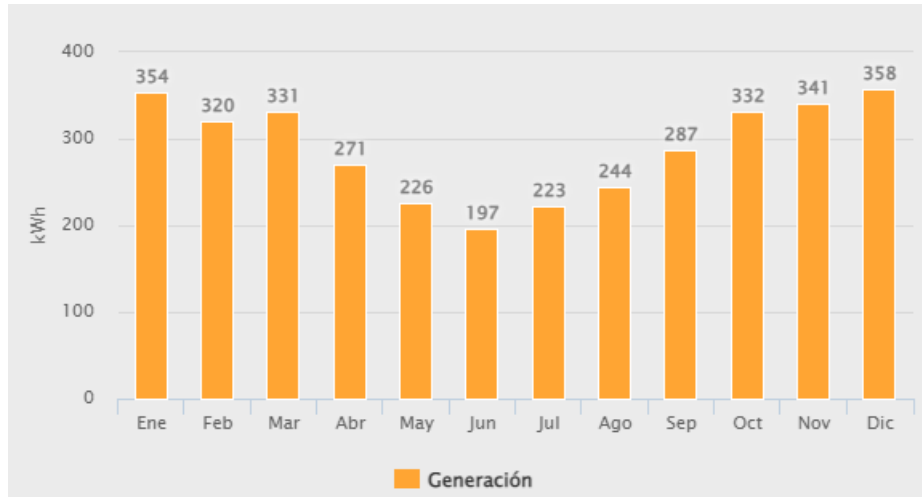


Figura 6.9: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Coquimbo, en un sector céntrico del mapa.

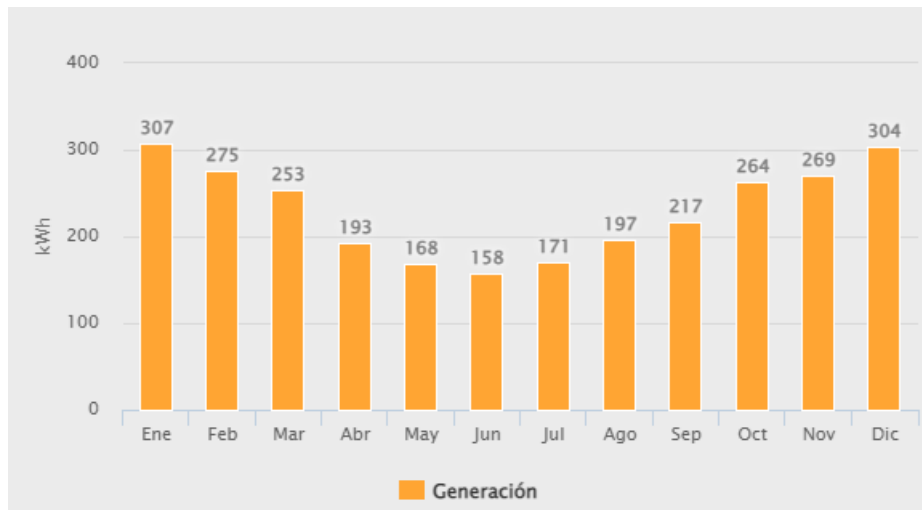


Figura 6.10: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Coquimbo, en un sector cercano a la costa.

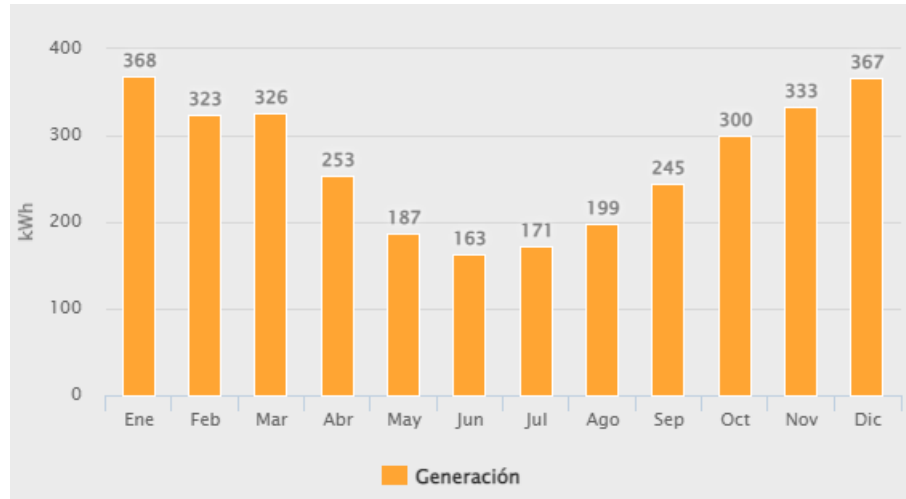


Figura 6.11: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Valparaiso, en un sector céntrico del mapa.

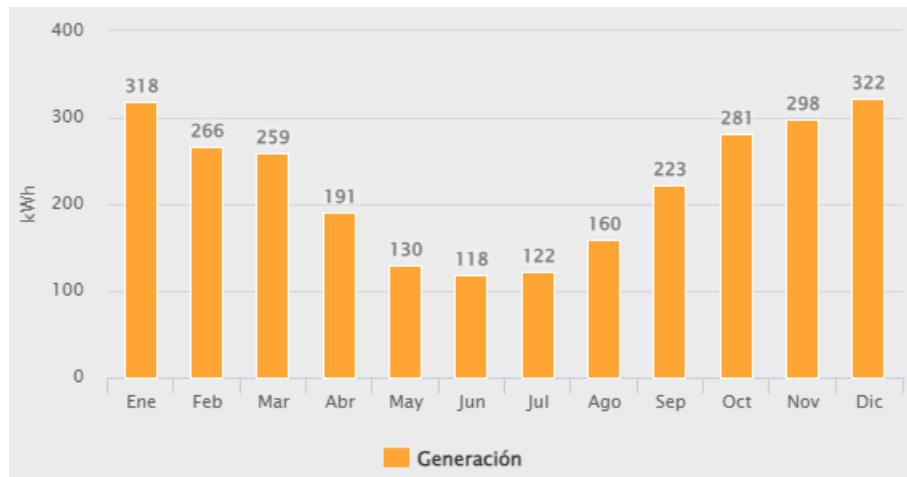


Figura 6.12: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Valparaiso, en un sector cercano a la costa.

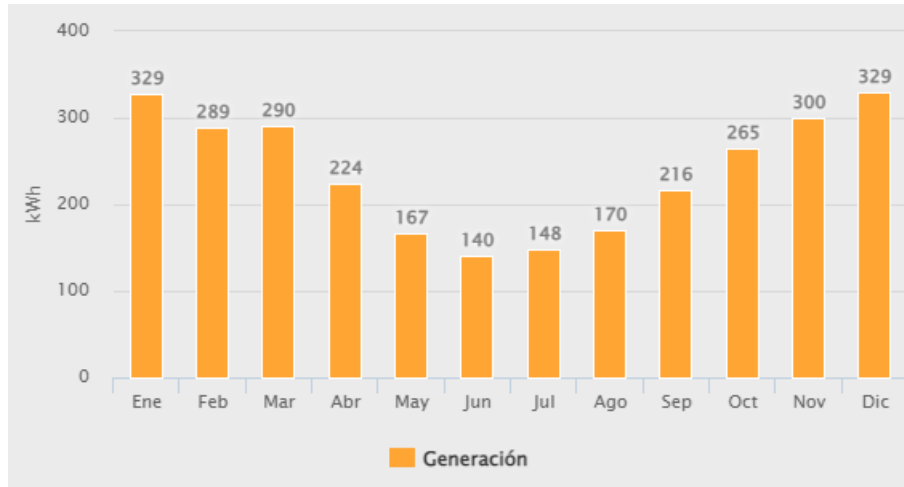


Figura 6.13: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región Metropolitana, en un sector céntrico de la región.

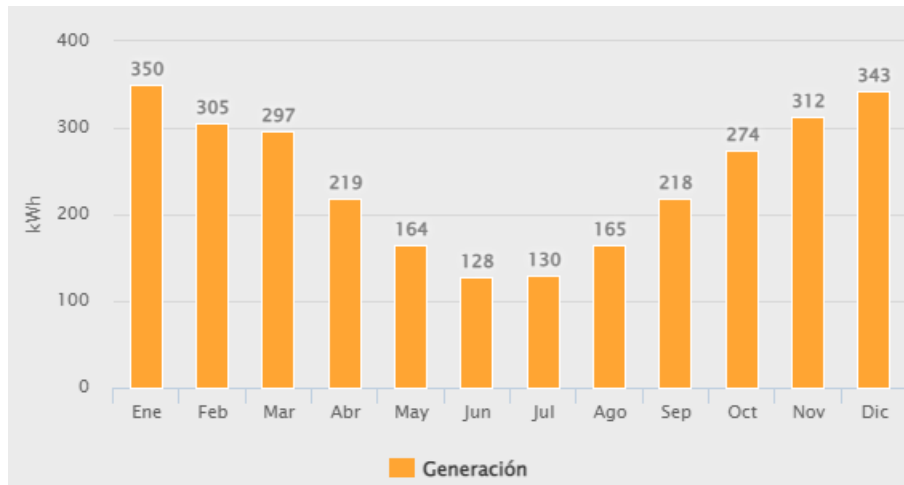


Figura 6.14: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región Metropolitana, en un punto cordillerano.



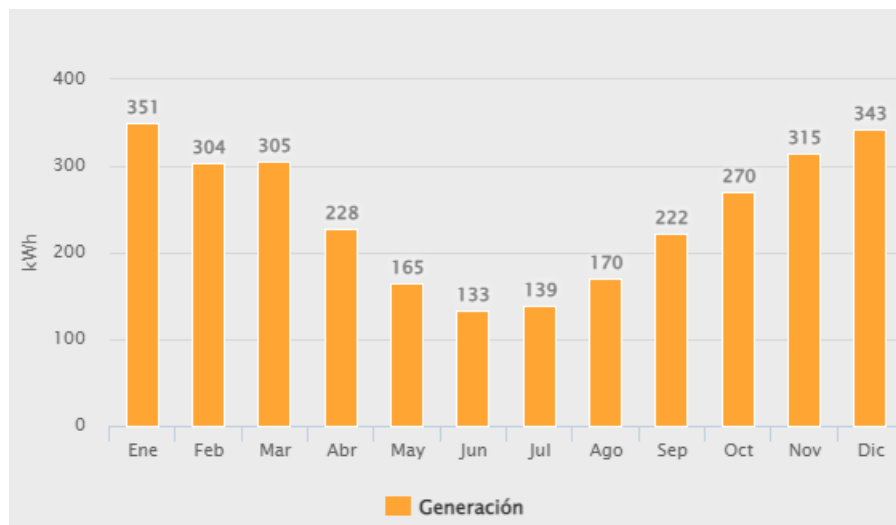


Figura 6.15: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en un sector céntrico del mapa.

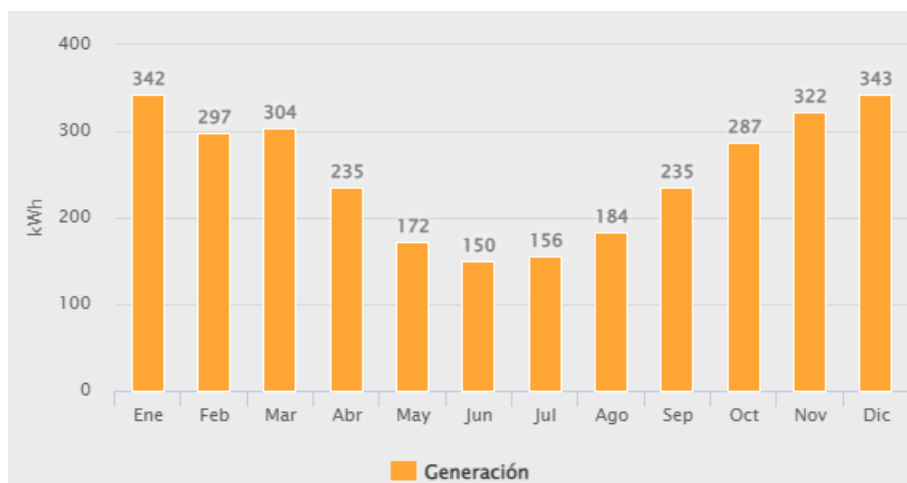


Figura 6.16: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en un sector cercano a la costa

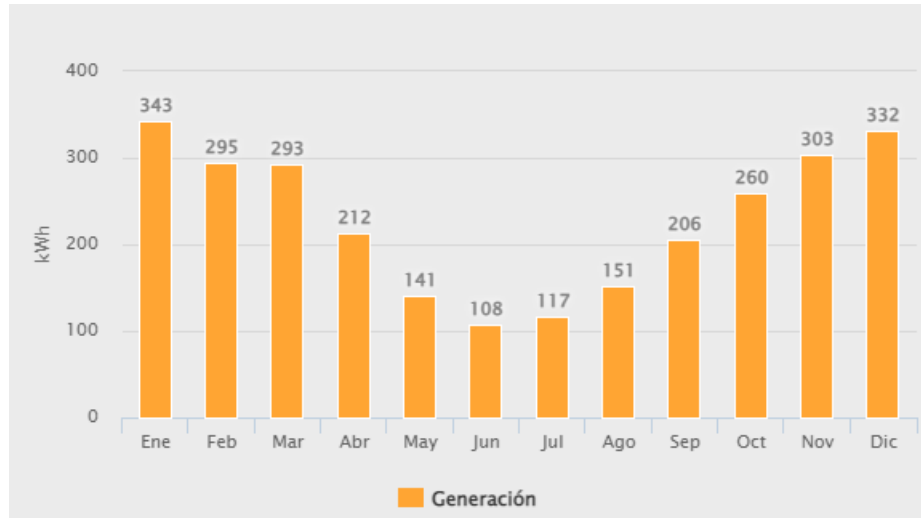


Figura 6.17: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Maule, en un sector céntrico del mapa.

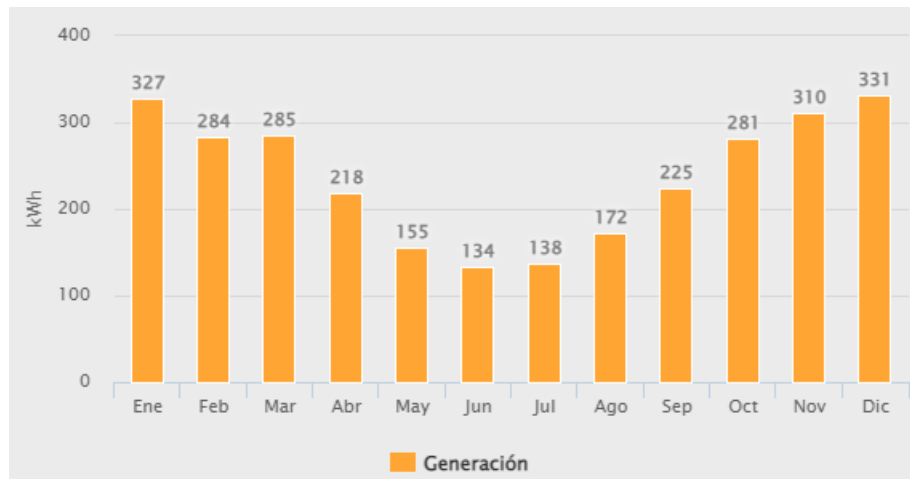


Figura 6.18: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Maule, en un sector cercano a la costa.

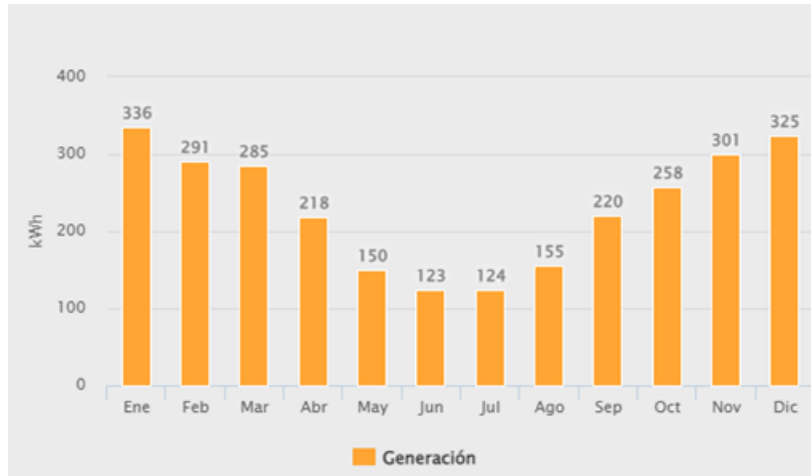


Figura 6.19: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Ñuble, en un sector céntrico del mapa.

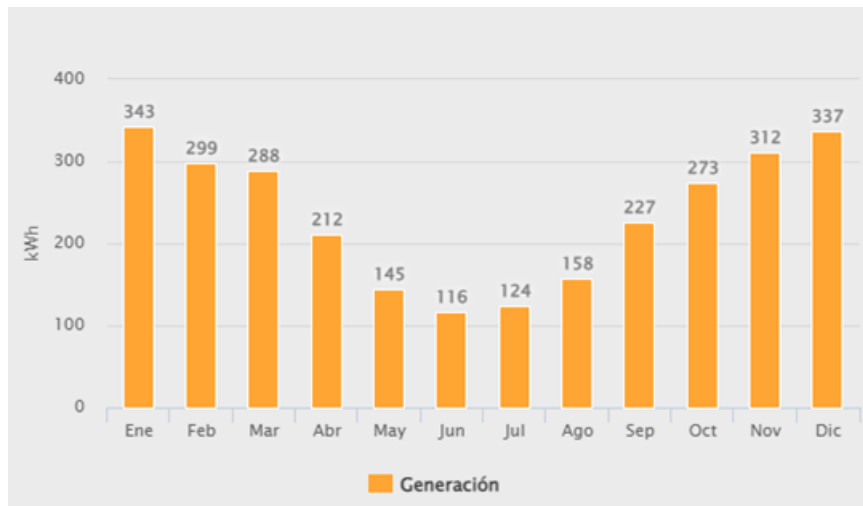


Figura 6.20: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Ñuble, en un sector cercano a la costa.

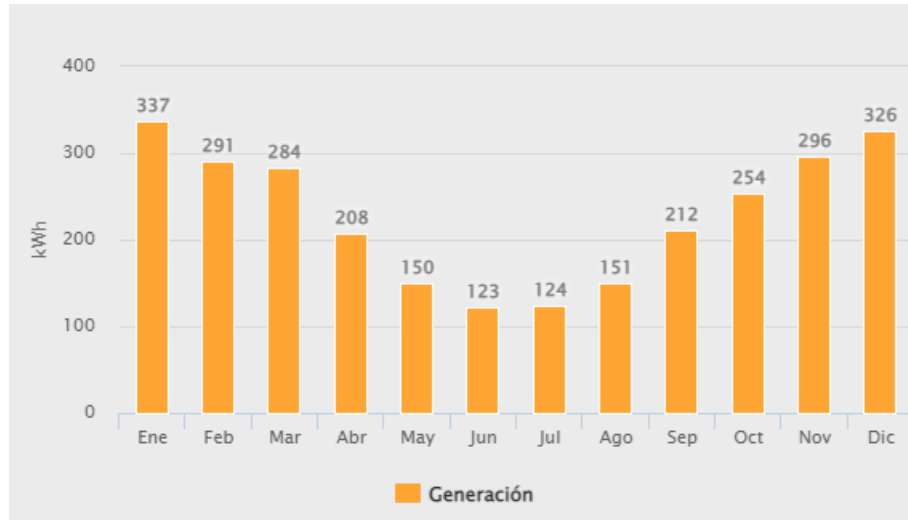


Figura 6.21: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Biobío, en un sector céntrico del mapa.

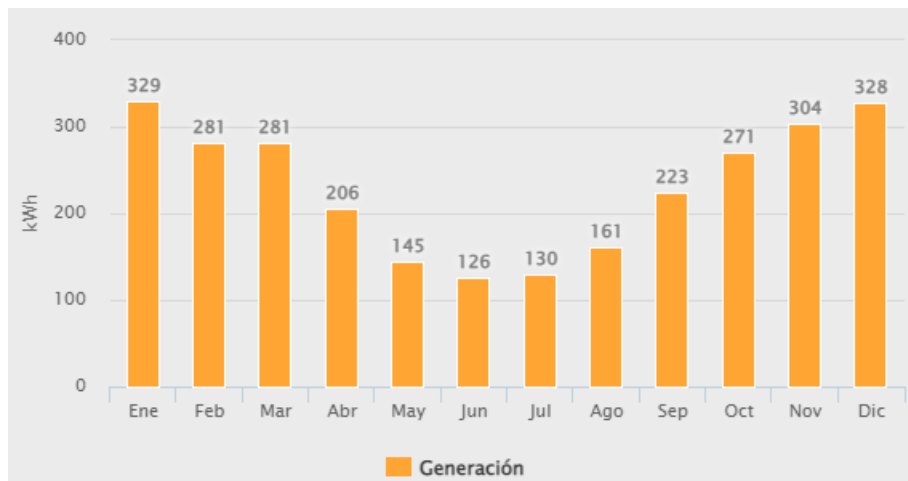


Figura 6.22: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región del Biobío, en un sector cercano a la costa.

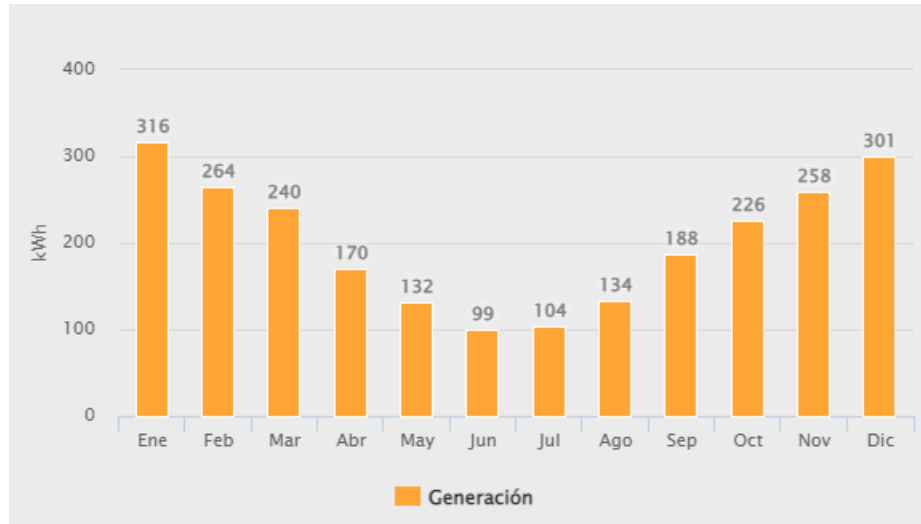


Figura 6.23: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de la Araucanía, en un sector céntrico del mapa.

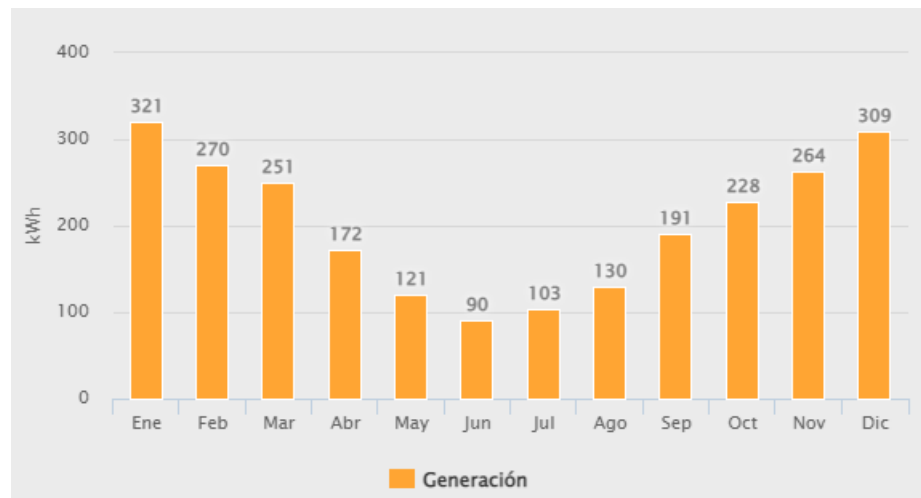


Figura 6.24: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de la Araucanía, en un sector cercano a la costa.

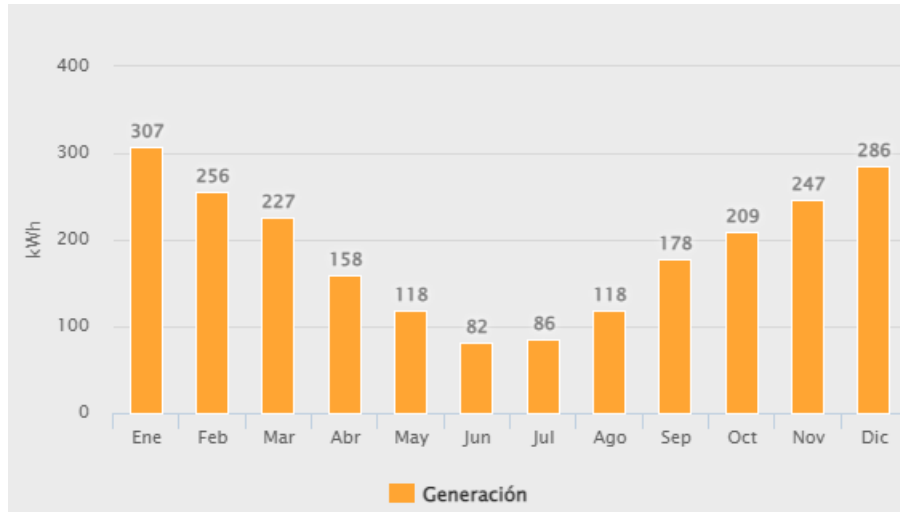


Figura 6.25: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Los Ríos, en un sector céntrico del mapa.

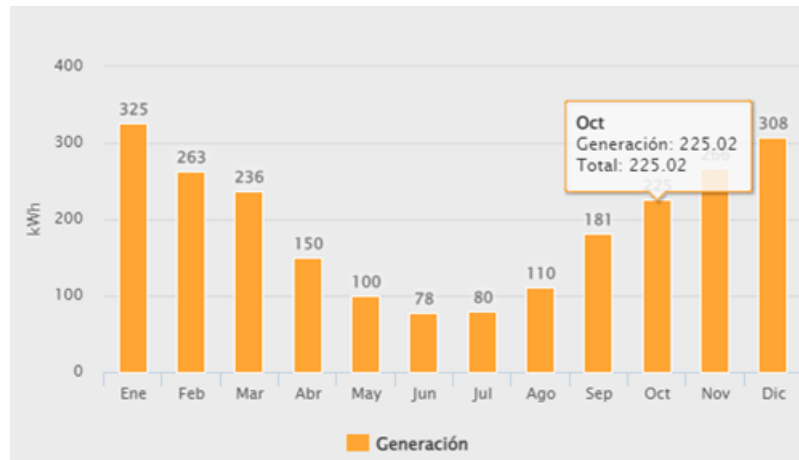


Figura 6.26: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Los Ríos, en un sector cercano a la costa.

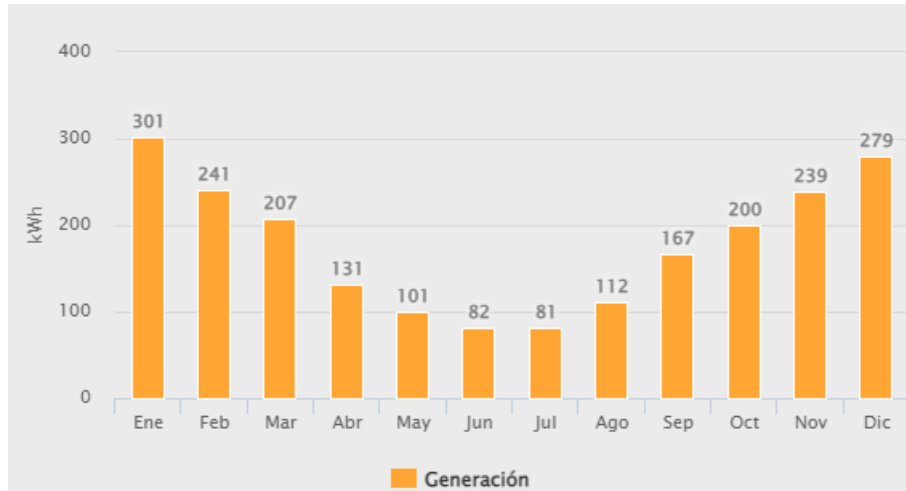


Figura 6.27: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Los Lagos, en las cercanías de Osorno.

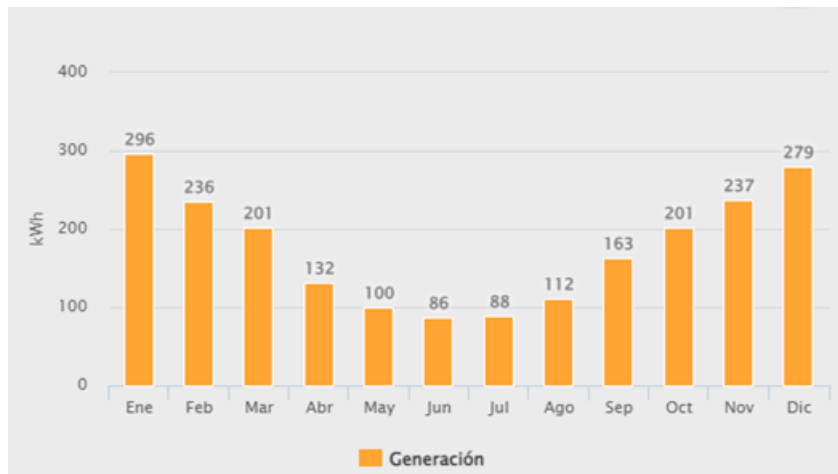


Figura 6.28: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Los Lagos, en las cercanías de Puerto Montt.

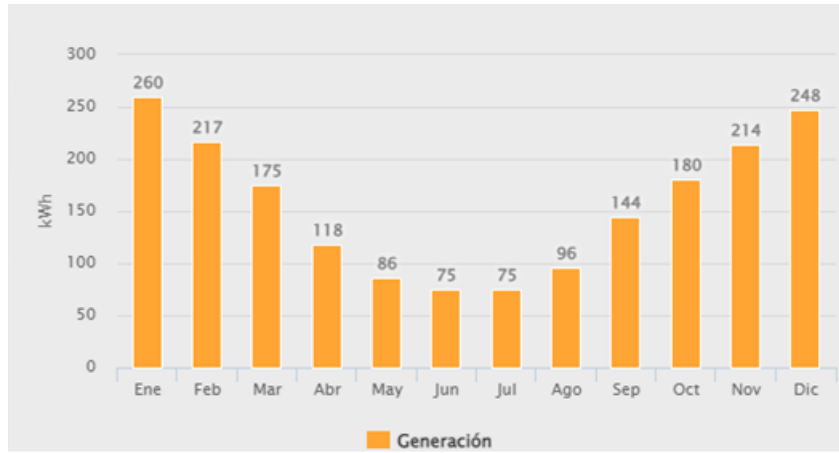


Figura 6.29: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Aysen del General Carlos Ibañez del Campo.

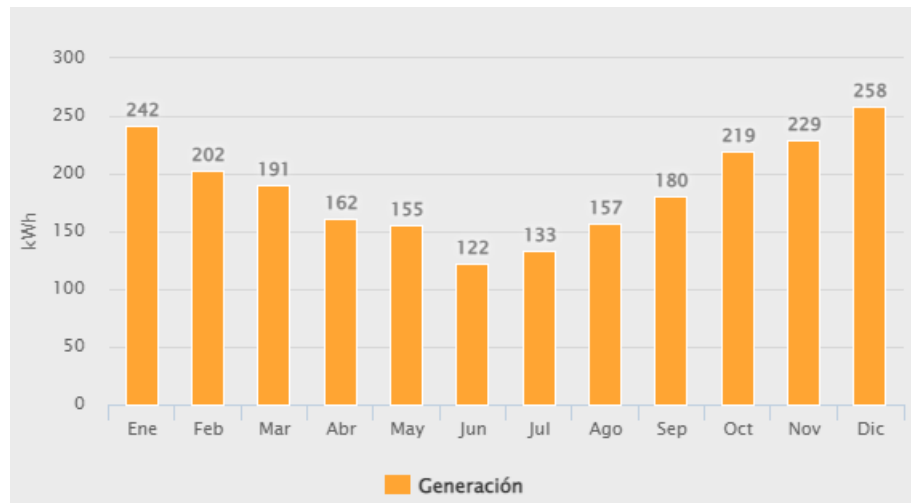


Figura 6.30: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Magallanes, en las cercanías de Puerto Natales.



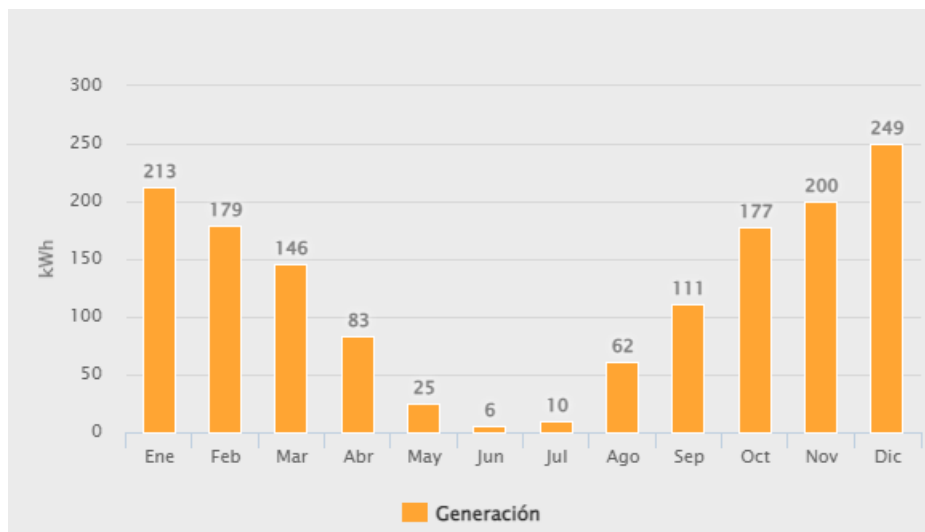


Figura 6.31: Generación mensual con potencia instalada de 2 [kW] en la región de Magallanes, en un punto cercano a la costa.

La tabla 6.1, muestra información acerca los ángulos de inclinación y azimut de la ubicación de los paneles, indica los metros sobre el nivel del mar, la generación diaria en [kWh] promedio, la generación anual en [kWh] y el factor de planta de la instalación.

Tabla 6.1: Información de la generación fotovoltaica emplazada en los puntos de estudio, con instalación de 2 [kW] de potencia.

Región	msnm	Inclinación [°]	Azimut [°]	Generación diaria [kWh]	Generación Anual [kWh]	Factor de Planta [%]
Arica y parinacota	2.955	19	16	10,34	3.775	22
Arica y parinacota	0	20	-38	8,96	3.270	19
Tarapaca	1.690	21	4	10,32	3.768	22
Tarapaca	858	19	-1	9,81	3.580	20
Antofagasta	1.913	23	1	10,73	3.915	22
Antofagasta	549	23	15	9,29	3.391	19
Atacama	3.017	25	-2	10,84	3.955	23
Atacama	401	27	-18	9,61	3.508	20
Coquimbo	1.144	26	-9	9,54	3.483	20
Coquimbo	240	30	-36	7,61	2.778	16
Valparaiso	1.251	27	-15	8,86	3.235	18
Valparaiso	99	27	-27	7,37	2.688	15
Santiago	975	26	2	7,96	2.905	17
Santiago	539	26	-7	7,86	2.868	16
Rancagua	994	27	-13	8,07	2.946	17
Rancagua	266	28	-7	8,29	3.027	17
Maule	291	28	-19	7,56	2.760	16
Maule	174	28	-12	7,83	2.859	16
Ñuble	279	29	-11	7,63	2.785	16
Ñuble	40	28	-14	7,76	2.833	16
Biobio	328	29	-7	7,55	2.756	16
Biobio	7	30	-14	7,63	2.785	16
Araucania	387	31	-21	6,66	2.432	14
Araucania	166	30	-19	6,71	2.448	14
Los rios	55	30	-27	6,37	2.324	13
Los rios	158	30	-15	6,22	2.271	13
Los lagos	149	34	-38	5,86	2.140	12
Los lagos	0	34	-33	5,84	2.131	12
Aysen	0	33	-23	5,17	1.888	11
Magallanes	4	48	-16	6,17	2.252	13
Magallanes	176	32	-11	4	1.460	8

# Anexo D

## Recomendación 2 [kW]

- Alternativa más económica a granel: \$1.384.789 con 1650W en paneles y 2 baterías de 100 Ah.
- Alternativa más económica en pack: \$990.000 con 560W en paneles y 2 baterías de 120 Ah.
- Alternativa más cara a granel: \$3.338.000 con 1850W en paneles y 4 baterías de 120 Ah.
- Alternativa más cara en pack: \$1.670.000 con 1120W en paneles y 4 baterías de 120 Ah.
- Alternativa recomendada (excluye norte): \$1.728.360 con 1800W en paneles y 2 baterías de 150 ah.
- Alternativa recomendada (norte): \$1.856.880 con 1800W en paneles y 2 baterías de 200 ah.

## Norte

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 refrigerador de hasta 550 litros.
- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 1 TV.
- 1 hervidor.
- 1 bomba de 0.5 HP.
- 1 lavadora.
- Cargador de teléfonos.
- 1 microondas.

- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo 1 vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo de no más de 30 minutos artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora o la bomba de agua. En días de lavado, la bomba de agua puede ser usada 3 horas diarias aproximadamente y en días que no se lave, puede ser usada 4 horas.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. Al momento de usar el hervidor procurar tener encendido el menor número de ampolletas, y **no tener encendido ningún otro electrodoméstico distinto al refrigerador.**
3. No usar la lavadora en simultaneo con el microondas.

## Centro

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 refrigerador de hasta 399 litros.
- 10 ampolletas de bajo consumo.
- 1 TV.
- 1 bomba de 0.5 HP.
- 1 lavadora.
- Cargador de teléfonos.
- 1 microonda.
- 1 radio.

Se debe lavar como máximo 1 vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo de no más de 45

minutos artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora o la bomba de agua. En días de lavado, la bomba de agua puede ser usada entre 3 y 3.5 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada 4 horas.

Siempre preferir usar los electrodomésticos durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. No usar la lavadora en simultaneo con el microondas.

## **Centro Sur**

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 refrigerador de hasta 399 litros.
- 8 ampolletas de bajo consumo.
- 1 TV.
- 1 bomba de 0.5 HP.
- 1 lavadora.
- Cargador de teléfonos.
- 1 radio.

Se debe lavar como máximo 1 vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo de no más de 30 minutos artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora o usar una hora más la bomba de agua. En días de lavado, la bomba de agua puede ser usada hasta 2.5 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada 4 horas.

Siempre preferir usar los electrodomésticos durante el día, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.

## Sur

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 refrigerador de hasta 399 litros.
- 7 ampolletas de bajo consumo.
- 1 bomba de 0.5 HP.
- Cargador de teléfonos.

La bomba de agua puede ser usada hasta 2.5 horas diarias

Siempre preferir usar los electrodomésticos durante el día, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.

## Recomendación 3 [kW]

- Alternativa más económica a granel: \$1.913.11 con 2750W en paneles y 2 baterías de 120 Ah.
- Alternativa más económica en pack: \$1.040.000 con 560W en paneles y baterías de 120 Ah.
- Alternativa más cara a granel: \$6.153.000 con 2960W en paneles y 6 baterías de 200 Ah.
- Alternativa más cara en pack: \$3.760.000 con 2800W en paneles y 6 baterías de 200 Ah.
- Alternativa recomendada (Norte): \$ 2.652.650 con 2750W en paneles y 2 baterías de 250 Ah.
- Alternativa recomendada (Centro): \$ 2.291.250 con 2750W en paneles y 2 baterías de 150 Ah.
- Alternativa recomendada (Centro sur y Sur): \$ 2.200.810 con 2750W en paneles y 2 baterías de 120 Ah.

## Norte

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de agua 1 HP.
- 1 horno eléctrico de hasta 50 litros.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 1 hervidor de hasta 2,5 litros
- 1 tv.
- 1 lavadora.
- 1 microondas.
- Cargador de teléfonos.
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas.

El horno eléctrico debe ser usado máximo durante una hora diaria entre 13-17 horas. La bomba puede ser usada a diario hasta 4 horas, sin embargo, en días de no uso de horno se puede usar por hasta 6 horas.

Ante la necesidad de usar otro tipo de electrodomésticos de bajo consumo, como tostadora eléctrica, batidora o licuadora, no utilizar el horno el mismo día y además preferir estos consumos entre 11-18 horas.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. **No usar en simultaneo**, Horno, microondas, hervidor y/o lavadora.

## Centro

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de agua de 0.5 HP.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 1 tv.
- 1 lavadora.
- 1 microondas.
- Cargador de teléfonos.
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo de no más de 45 minutos artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora o la bomba de agua. En días de lavado la bomba de agua puede ser usada hasta 4 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada cerca de 5 horas.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. **No usar la lavadora en simultaneo** con el microondas.
3. No usar el hervidor después de las 17 horas. (sino aumentar baterías)

## Centro Sur

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:



- 1 bomba de agua de 0.5 HP.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 12 ampolletas de bajo consumo.
- 1 tv.
- 1 lavadora.
- 1 microondas.
- Cargador de teléfonos.
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo 1 vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo de no más de 30 minutos artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora o usar una hora más la bomba de agua.

En días de lavado, la bomba de agua puede ser usada hasta 4 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada durante más tiempo.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.

## Sur

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 refrigerador de hasta 399 litros
- 10 ampolletas de bajo consumo.
- 1 bomba de 0.5 HP.
- 1 lavadora.
- Cargador de teléfonos.

Siempre preferir usar los electrodomésticos durante el día, es decir entre 7 AM y 6 PM.

La bomba de agua puede ser usada hasta 4 horas diarias

Se debe lavar como máximo 1 vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo de no más de 30 minutos artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora o usar una hora más la bomba de agua.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.

## Recomendación 4 [kW]

- Alternativa más económica a granel: \$3.084.350 con 3850 W en paneles con 4 baterías de 100 Ah.
- Alternativa más cara a granel: \$8.034.000 con 3885 W en paneles con 8 baterías de 200 Ah.
- Alternativa recomendada Norte y Centro: \$3.483.150 con 3850W en paneles y 2 baterías de 250 Ah.
- Alternativa recomendada Centro Sur y Sur: \$3.250.270 con 3850W en paneles y 2 baterías de 200 Ah.

## Norte

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de agua 1 HP.
- 1 horno eléctrico de hasta 50 litros o aire acondicionado de 9000 btu.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 1 hervidor de hasta 2,5 litros
- 2 tv.
- 1 lavadora.

- 1 plancha
- 1 secador de pelo
- 1 microondas
- Cargador de teléfonos
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 5 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas.

El horno eléctrico o el aire acondicionado debe ser usado máximo durante 2.5 horas diarias entre 12-17 horas.

La bomba puede ser usada a diario hasta 4 horas, sin embargo, en días de no uso de horno se puede usar por más tiempo sin problemas.

No usar plancha, secador de pelo entre 6 PM y 7 AM.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. **No usar en simultaneo**, Horno, microondas, hervidor, aire acondicionado, secador de pelo, plancha y/o lavadora.

## Centro

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de agua de 1 HP.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 2 tv.
- 1 lavadora.

- 1 hervidor.
- 1 microondas.
- Cargador de teléfonos.
- 1 radio.
- 1 horno de hasta 15 litros.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo máximo de una hora, artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora.

En días de lavado la bomba de agua puede ser usada hasta 4 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada hasta 4.5 horas

El horno debe ser usado entre 12 y 17 horas por hasta 90 minutos.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. No usar en simultaneo lavadora, horno y/o microondas.

## Centro Sur

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de agua de 0.5 HP.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 2 tv.
- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 1 horno eléctrico de hasta 15 litros.
- 1 hervidor.

- 1 lavadora.
- 1 microondas.
- Cargador teléfono.
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo máximo de una hora, artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora.

En días de lavado la bomba de agua puede ser usada hasta 4 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada hasta 4.5 horas. Además, el horno debe ser usado entre 12 y 17 horas por máximo 1 hora.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. No usar en simultaneo lavadora, horno y/o microondas.

## Sur

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de agua de 0.5 HP.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 1 tv.
- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 1 microondas.
- 1 lavadora.
- Cargador de teléfonos.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo máximo de una hora, artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora.

En días de lavado la bomba de agua puede ser usada hasta 4 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada hasta 4.5 horas

Con respecto al uso de potencia:

- En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.

## Recomendación 5 [kW]

- Alternativa más económica en pack: \$1.940.000 con 1120 W en paneles y 4 baterías de 120 Ah.
- Alternativa más cara en pack: \$5.040.000 con 3920 W en paneles y 6 baterías de 250 Ah.
- Alternativa más económica a granel: \$3.693.718 con 4690 W en paneles y 4 baterías de 120 Ah.
- Alternativa más cara a granel: \$9.327.000 con 4995 W en paneles y 8 baterías de 200 Ah.
- Alternativa recomendada: \$5.236.000 con 4690 W en paneles y 4 baterías de 250 Ah.

## Norte

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de agua 1 HP.
- 1 horno eléctrico de hasta 50 litros
- 1 aire acondicionado de 9000 btu.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 15 ampolletas de bajo consumo.

- 1 hervidor de hasta 2,5 litros
- 2 tv.
- 1 lavadora.
- 1 plancha
- 1 secador de pelo
- 1 microondas
- Cargador de teléfonos
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 5 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas.

El horno eléctrico puede ser usado máximo durante 2,5 horas y el aire acondicionado por hasta 4 horas diarias entre 12-17 horas.

La bomba puede ser usada a diario hasta 4 horas, sin embargo, en días de no uso de horno se puede usar por más tiempo sin problemas.

No usar plancha, secador de pelo entre 6 PM y 7 AM.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. **No usar en simultaneo**, Horno, microondas, hervidor, aire acondicionado, secador de pelo, plancha y/o lavadora.

## Centro

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de agua de 1 HP.
- 1 horno eléctrico de hasta 50 lt.

- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 2 tv.
- 1 hervidor de hasta 2.5 litros.
- 1 lavadora.
- 1 microondas.
- Cargador de teléfonos.
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo máximo de una hora, artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora.

En días de lavado la bomba de agua puede ser usada hasta 4 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada hasta 4.5 horas

El horno debe ser usado entre 12 y 17 horas por hasta 90 minutos.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. No usar en simultaneo lavadora, horno y/o microondas

## Centro Sur

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de 1 HP.
- 1 horno de hasta 30 litros.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros



- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 2 tv.
- 1 hervidor de hasta 2.5 litros.
- 1 lavadora.
- 1 microondas.
- Cargador de teléfonos.
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo máximo de una hora, artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora.

En días de lavado la bomba de agua puede ser usada hasta 4 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada hasta 4.5 horas

El horno debe ser usado entre 12 y 17 horas por máximo 1 hora.

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.
2. No usar en simultaneo lavadora, horno y/o microondas.

## **Sur**

Recordar que la electrificación por medio de energía solar, es muy distinta a una electrificación por medio de una red convencional, por este motivo debe tener cuidado con su consumo y tener la capacidad de gestionar su demanda y gestionar el almacenamiento para un funcionamiento óptimo de la instalación realizada.

Puede utilizar diariamente los siguientes electrodomésticos:

- 1 bomba de 0.5 HP.
- 1 refrigerador no Frost de hasta 550 litros.
- 15 ampolletas de bajo consumo.
- 1 hervidor de hasta 2.5 litros.

- 2 tv.
- 1 lavadora.
- 1 microondas.
- Cargador de teléfonos.
- 1 radio.

Siempre preferir usar los electrodomésticos y bomba de agua durante las horas sol, es decir entre 7 AM y 6 PM.

Se debe lavar como máximo una vez al día, entre el rango horario de 11-15 horas. Además, durante los días que no haga uso de lavadora puede usar por un tiempo máximo de una hora, artefactos de bajo consumo, tales como; tostadora, batidora o licuadora.

En días de lavado la bomba de agua puede ser usada hasta 4 horas diarias, en días que no se lave, puede ser usada hasta 4.5 horas

Con respecto al uso de potencia:

1. En lo posible, desenchufar los electrodomésticos y apagar las luces que no se estén ocupando.