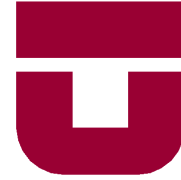


INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



**UNIVERSIDAD DE TALCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

PROYECTO DE TITULO

**PROPUESTA DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PARA  
ENFRENTAR LA POBREZA ENERGÉTICA Y MITIGAR  
EL CAMBIO CLIMÁTICO, EN EL CONTEXTO DE LAS  
ENERGÍAS RENOVABLES Y TECNOLOGÍAS  
INTELIGENTES**

AUTOR:  
MARTA SALINAS

PROFESOR GUIA:  
MARCO RIVERA

PROFESORA CO-GUIA:  
MARCIA SILVA

CURICÓ - CHILE  
JULIO DE 2022

## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Two circular stamps and signatures are present. The left stamp is blue and contains the text "UNIVERSIDAD DE TALCA", "DIRECCIÓN", "SISTEMA DE BIBLIOTECAS". A signature is written over it. The right stamp is grey and contains the text "UNIVERSIDAD DE TALCA", "SISTEMA DE BIBLIOTECAS", "CAMPUS CURICO". A signature is written over it.

Curicó, 2023

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero agradecer a mi mamá, a mi papá y a mis hermanos por apoyarme constantemente durante todos mis años de educación, por entregarme valores que me acompañarán por toda mi vida, por enseñarme la importancia de estudiar, de ser constante, perseverante y agradecida. También, quiero agradecer a mis perritos por acompañarme durante los días y noches de estudio.

Agradecer a mi Tía Nena, a mi primo Andrés y a Yerka por siempre estar atentos, dispuestos a ayudar y por pensar siempre en mí y mis hermanos.

Quiero agradecer a mi novio Andrés por su apoyo durante todos estos años y por siempre confiar en mí, aunque yo no lo hiciera. Nunca olvidaré lo vivido en el intercambio y le estaré eternamente agradecida por darme la oportunidad de ir. Espero que nuestro futuro juntos sea el más próspero. También, quiero darle las gracias a su familia por apoyarme y siempre tenerme presente.

Agradecer por el grupo de amigos que se formó durante la universidad, por su apoyo constante e incondicional a pesar de la distancia. Además, espero y anhelo continuar con esta linda amistad por muchos años más.

Quiero darle las gracias a la profesora Marcia Silva que me apoyó durante todo mi proceso de formación y fue parte importante de este trabajo. Además, quiero agradecerle al profesor Marco Rivera quién es mi profesor guía y con quien he estado trabajando este último tiempo, ya que me ha permitido participar en sus redes de trabajo y aprender sobre temas que no son propios de mi carrera.

Por último, quiero agradecer al Centro Tecnológico de Conversión de Energía y al Laboratorio Conversión de Energía y Electrónica de Potencia de la Universidad de Talca por darme la oportunidad de realizar mi memoria de título y ser parte del equipo de trabajo que participa en el proyecto “*Mitigating Climate Change with Power Electronics and Smart-technologies*” (Fondecyt Regular 1220556).

# ABSTRACT

The main objective of the project is to generate proposals for technological solutions based on renewable energy and smart technologies in order to mitigate and combat climate change and energy poverty in Chile, considering a social, economic and environmental impact study of the current technological and regulatory solutions. To achieve the above, the use of the Design Thinking methodology was proposed, since it allows empathizing with the environment and in this way better understand the problem to be able to deliver solutions ideas to prototype them, and then be evaluated.

First, the diagnosis of the current situation was made, studying the indicators that measure energy poverty, the effects of climate change in Chile and the progress of renewable energy and smart technologies in the country, to then identify existing requirements and challenges to address the problem. Then, the technological and regulatory advances associated with renewable energy, smart technologies, access to energy and energy efficiency were identified, evaluating their social, economic, and environmental impact in order to propose solutions or improvements.

Four technological solution proposals were proposed, two focused on renewable energy generation systems for the home and two proposals related to energy efficiency. Each proposal was then designed by identifying key equipment, technical specifications, and explanation. Then, the social, economic, and environmental impacts of each proposal were evaluated, in order to carry out the economic evaluation through a cost-benefit analysis. Finally, the prioritization of proposals was carried out where it was concluded that proposal 1, 2 and 4 are better suited to be carried out in a short period of time, whereas proposal 3 needs more time for its implementation.

**Keywords:** energy poverty, climate change, renewable energy, smart technologies.

**The author:**

**Marta Belén Salinas Contreras (msalinas17@alumnos.utalca.cl)**

**Student of Industrial Civil Engineering**

**Faculty of Engineering - University of Talca**

**Chile, July 2022**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El proyecto tiene como objetivo principal generar propuestas de soluciones tecnológicas basada en las energías renovables y tecnologías inteligentes con el fin de mitigar y combatir el cambio climático y la pobreza energética en Chile, considerando un estudio de impacto social, económico y ambiental de las actuales soluciones tecnológicas y reglamentarias. Para lograr lo anterior se planteó la utilización de la metodología *Design Thinking*, ya que permite empatizar con el entorno y de esa manera comprender mejor el problema para poder entregar ideas de solución con el fin de prototiparlas, para luego ser evaluadas.

Primero que nada se hizo el diagnóstico de la situación actual, estudiando los indicadores que miden la pobreza energética, los efectos que ha tenido el cambio climático en Chile y el avance de las energías renovables y tecnologías inteligentes en el país, para luego identificar los requerimientos y desafíos existentes para enfrentar el problema. Luego se identificaron los avances tecnológicos y reglamentarios asociados a la energía renovable, tecnologías inteligentes, acceso a la energía y la eficiencia energética, evaluando su impacto social, económico y ambiental con el fin de plantear propuestas de solución o de mejora.

Se plantearon cuatro propuestas de solución tecnológica, dos enfocadas en sistemas de generación de energía renovable para el hogar y dos propuestas relacionadas a la eficiencia energética. Luego se diseñó cada una de las propuestas identificando los equipos claves, sus especificaciones técnicas y explicación. Después, se evaluaron los impactos sociales, económicos y ambientales de cada propuesta, con el fin de realizar la evaluación económica por medio de un análisis costo-beneficio. Por último, se realizó la priorización de propuestas donde se llegó a la conclusión de que la propuesta 1, 2 y 4 son más idóneas para llevarse a cabo en un periodo corto de tiempo, en cambio la propuesta 3 necesita más tiempo para su implementación.

**Palabras claves:** pobreza energética, cambio climático, energías renovables, tecnologías inteligentes.

**La autora:**

**Marta Belén Salinas Contreras (msalinas17@alumnos.utalca.cl)**

**Estudiante de ingeniería Civil Industrial**

**Facultad de ingeniería - Universidad de Talca**

**Chile, julio de 2022**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	2
1.1 Descripción global de la organización.....	3
1.1.1 Elementos Estratégico .....	3
1.1.2 Estructura Organizacional .....	4
1.1.3 Líneas de investigación .....	5
1.1.4 Lugar de aplicación .....	7
1.2 Problemática .....	8
1.3 Objetivo general.....	9
1.4 Objetivos específicos .....	9
1.5 Resultados tangibles esperados.....	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA.....	10
2.1 Marco teórico.....	11
2.1.1 Pobreza energética.....	11
2.1.2 Cambio climático.....	11
2.1.3 Energía renovables .....	12
2.1.4 Tecnologías inteligentes .....	14
2.1.5 Estudio de impacto social .....	15
2.1.6 Estudio de impacto económico.....	16
2.1.7 Estudio de impacto ambiental.....	17
2.1.8 Estudio técnico .....	17
2.1.9 Evaluación económica.....	18
2.1.10 Matriz impacto-esfuerzo.....	18
2.1.11 Evaluación de proyectos .....	19
2.2 Metodologías.....	20
2.2.1 Metodología <i>Desing Thinking</i> .....	20
2.2.2 Metodología <i>Desing Sprint</i> .....	21
2.2.3 Metodología ágiles .....	23
2.2.4 Selección de metodología.....	23

2.3	Metodología de solución.....	25
2.3.1	Primera etapa: Empatizar.....	25
2.3.2	Segunda etapa: Definir .....	26
2.3.3	Tercera etapa: Idear .....	26
2.3.4	Cuarta etapa: Prototipar .....	26
2.3.5	Quinta etapa: Evaluar .....	27
2.3.5	Carta Gantt.....	27
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....		29
3.1	Diagnóstico .....	30
3.1.1	Pobreza energética.....	30
3.1.2	Cambio climático.....	38
3.1.3	Energías renovables .....	42
3.1.4	Tecnologías inteligentes .....	47
CAPÍTULO 4: AVANCES TECNOLÓGICOS Y REGLAMENTARIOS .....		50
4.1	Avances.....	51
4.1.1	Avances tecnológicos .....	51
4.1.2	Avances reglamentarios.....	59
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LOS AVANCES TECNOLÓGICOS Y REGLAMENTARIOS .....		68
5.1	Evaluación de impactos de los avances .....	69
5.1.1	Impactos de los avances tecnológicos .....	69
5.1.2	Impactos de los avances reglamentarios.....	86
CAPÍTULO 6: REQUERIMIENTOS Y DESAFÍOS PARA MITIGAR LA POBREZA ENERGÉTICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO .....		104
6.1	Requerimientos y desafíos .....	105
6.1.1	Requerimientos.....	105
6.1.1	Desafíos .....	106
CAPÍTULO 7: PROPUESTAS DE MEJORA.....		108
7.1	Propuestas de mejora .....	109
7.1.1	Propuesta N° 1: Implementación de un sistema solar híbrido fotovoltaico- térmico (PVT).....	109

7.1.2	Propuesta N° 2: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar (SHEFV)	
		109
7.1.3	Propuesta N° 3: Uso de un material ecológico como aislante térmico.....	109
7.1.4	Propuesta N° 4: Cápsulas de enseñanza de eficiencia energética .....	110
CAPÍTULO 8: FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....		111
8.1	Estudio técnico de las propuestas de mejora.....	112
8.1.1	Propuesta N° 1: Implementación de un sistema solar híbrido fotovoltaico-térmico (PVT).....	112
8.1.2	Propuesta N° 2: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar (SHEFV)	124
8.1.3	Propuesta N° 3: Uso de un material ecológico como aislante térmico.....	137
8.1.4	Propuesta N° 4: Cápsulas de enseñanza de eficiencia energética .....	142
CAPÍTULO 9: EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA .....		144
9.1	Evaluación de impactos de las propuestas de mejora .....	145
9.1.1	Propuesta N° 1: Implementación de un sistema solar híbrido fotovoltaico-térmico (PVT).....	146
9.1.2	Propuesta N° 2: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar (SHEFV)	149
9.1.3	Propuesta N° 3: Uso de un material ecológico como aislante térmico.....	151
9.1.4	Propuesta N° 4: Cápsulas de enseñanza de eficiencia energética .....	153
CAPÍTULO 10: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA..		156
10.1	Evaluación económica de las propuestas de mejora .....	157
10.1.1	Propuesta N° 1: Implementación de un sistema solar híbrido fotovoltaico-térmico (PVT).....	157
10.1.2	Propuesta N° 2: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar (SHEFV)	158
10.1.3	Propuesta N° 3: Uso de un material ecológico como aislante térmico.....	160
10.1.4	Propuesta N° 4: Cápsulas de enseñanza de eficiencia energética .....	160
CAPÍTULO 11: PRIORIZACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....		162
11.1	Priorización de las propuestas de mejora.....	163



CONCLUSIONES.....	165
BIBLIOGRAFÍA.....	168
ANEXOS.....	185

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Organigrama jerárquico del CTCE.....	4
Ilustración 2: Tabla previa para la realización de la matriz impacto-esfuerzo.....	18
Ilustración 3: Matriz impacto-esfuerzo.....	19
Ilustración 4: Clasificación de los estudios de viabilidad de un proyecto.....	20
Ilustración 5: Pasos del Desing Thinking.....	21
Ilustración 6: Pasos del Desing Sprint.....	22
Ilustración 7: Impactos del cambio climático en Energía.....	42
Ilustración 8: Sistemas eléctricos de Chile.....	43
Ilustración 9: Sistemas de transformación de energía eléctrica.....	47
Ilustración 10: Diagrama esquemático de un sistema fotovoltaico-térmico Off Grid.....	112
Ilustración 11: Diagrama esquemático de un sistema fotovoltaico-térmico On Grid.....	113
Ilustración 12: Configuración de un sistema solar térmico.....	123
Ilustración 13: Configuración del sistema fotovoltaico-térmico Off Grid.....	124
Ilustración 14: Configuración del sistema fotovoltaico-térmico On Grid.....	124
Ilustración 15: Diagrama esquemático de un sistema eólico-solar Off Grid.....	125
Ilustración 16: Diagrama esquemático de un sistema eólico-solar On Grid.....	125
Ilustración 17: Configuración del sistema eólico-solar Off Grid.....	136
Ilustración 18: Configuración del sistema eólico-solar On Grid.....	136
Ilustración 19: Proceso de fabricación del aislante de origen natural orgánico.....	137
Ilustración 20: Pasta de celulosa.....	140
Ilustración 21: Proceso de fabricación de la pasta de celulosa.....	140
Ilustración 22: Matriz impacto-esfuerzo de las propuestas de mejora.....	164

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Puntajes de criterios de cada metodología .....	24
Tabla 2: Ponderación de criterios de selección de la metodología.....	24
Tabla 3: Resultados finales de selección de metodología .....	25
Tabla 4: Carta Gantt .....	28
Tabla 5: Indicadores de la pobreza energética.....	31
Tabla 6: Sistema Eléctrico en Chile .....	42
Tabla 7: Plantas de ERNC en Chile.....	43
Tabla 8: Plantas de ERNC en operación por regiones.....	44
Tabla 9: Energía hidráulica en Chile .....	45
Tabla 10: Energía solar en Chile .....	45
Tabla 11: Energía eólica en Chile.....	46
Tabla 12: Bioenergía en Chile .....	46
Tabla 13: Energía Geotérmica en Chile .....	47
Tabla 14: Cantidad de empresas del sector eléctrico en Chile .....	48
Tabla 15: Resumen de los avances tecnológicos.....	59
Tabla 16: Resumen de los avances reglamentarios .....	67
Tabla 17: Datos de los paneles solares-térmicos a valorar.....	114
Tabla 18: Ponderación de criterios de selección del panel fotovoltaico-térmico .....	114
Tabla 19: Resultados finales de selección del panel fotovoltaico-térmico.....	115
Tabla 20: Especificaciones eléctricas del panel híbrido aH60 Optimum .....	115
Tabla 21: Especificaciones técnicas del sistema PVT según la configuración propuesta.....	116
Tabla 22: Especificaciones técnicas del inversor OMNIK-1K-TL2-M .....	118
Tabla 23: Especificaciones técnicas del controlador de carga MPPT Nat Power SR4830 ....	120
Tabla 24: Especificaciones técnicas de las baterías TP24200.....	121
Tabla 25: Especificaciones técnicas del medidor A150 electrónico monofásico.....	122
Tabla 26: Datos de los paneles solares fotovoltaicos a valorar .....	126
Tabla 27: Ponderación de criterios de selección del panel fotovoltaico.....	126
Tabla 28: Ponderación de criterios de selección del panel fotovoltaico.....	127
Tabla 29: Especificaciones eléctricas del panel RT120WM .....	127
Tabla 30: Datos de los aerogeneradores a valorar.....	128

Tabla 31: Ponderación de criterios de selección del aerogenerador.....	128
Tabla 32: Ponderación de criterios de selección del aerogenerador.....	128
Tabla 33: Especificaciones eléctricas del aerogenerador IstaBreeze® i-700.....	129
Tabla 34: Especificación técnica de los paneles solares en el sistema EFV según la configuración propuesta .....	131
Tabla 35: Especificación técnica del aerogenerador en el sistema EFV según la configuración propuesta.....	131
Tabla 36: Especificaciones técnicas del inversor PSWGT-2500 .....	131
Tabla 37: Especificaciones técnicas del controlador de carga híbrido, MPPT de 12V, 24V, 48V, 3000W.....	133
Tabla 38: Valores de los criterios de cada material aislante.....	138
Tabla 39: Ponderación de criterios de selección del material para la aislación térmica .....	139
Tabla 40: Resultados finales de selección del material para la aislación térmica .....	139
Tabla 41: Grados/día por zonas de acuerdo con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.....	141
Tabla 42: Valores de transmitancia térmica máximos y resistencias térmicas mínimas para techumbre, muros y pisos ventilados por zona térmica.....	141
Tabla 43: Grosor del aislante térmico según la zona climática .....	142
Tabla 44: Métricas propuestas por la metodología IRIS .....	145
Tabla 45: Costos asociados a la implementación de un sistema solar fotovoltaico-térmico..	157
Tabla 46: Costos asociados a la implementación de un sistema eólico-solar .....	159
Tabla 47: Costo del material aislante .....	160
Tabla 48: Costos asociados a las cápsulas de enseñanza de eficiencia energética.....	161
Tabla 49: Evaluación de las propuestas de mejora.....	163

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Fuente de energía para Agua Caliente Sanitaria por región.....	32
Gráfico 2: Fuente de energía para la cocción por región.....	33
Gráfico 3: Porcentaje de viviendas construidas con materialidad precaria por región .....	35
Gráfico 4: Curva de potencia del aerogenerador IstaBreeze® i-700.....	129
Gráfico 5: Resultados de la simulación realizada del sistema híbrido .....	130

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de la potencia necesaria a producir por los paneles en el sistema PVT	116
Ecuación 2: Número de paneles fotovoltaicos-térmicos necesarios en el sistema PVT	116
Ecuación 3: Potencia de un sistema con paneles en serie en el sistema PVT	117
Ecuación 4: Voltaje de un sistema con paneles en serie en el sistema PVT	117
Ecuación 5: Corriente de un sistema con paneles en serie en el sistema PVT	117
Ecuación 6: Potencia de un sistema con paneles en paralelo en el sistema PVT	117
Ecuación 7: Voltaje de un sistema con paneles en paralelo en el sistema PVT	117
Ecuación 8: Corriente de un sistema con paneles en paralelo en el sistema PVT	117
Ecuación 9: Restricción relacionada a la potencia del inversor en el sistema PVT	117
Ecuación 10: Restricción relacionada al voltaje del inversor en el sistema PVT	118
Ecuación 11: Restricción relacionada a la corriente del inversor en el sistema PVT	118
Ecuación 12: Cálculo del número máximo de paneles solares en función del inversor en el sistema PVT	119
Ecuación 13: Cálculo del número máximo de paneles solares en serie en función del inversor en el sistema PVT	119
Ecuación 14: Cálculo del número mínimo de paneles solares en serie en función del inversor en el sistema PVT	119
Ecuación 15: Restricción relacionada a la potencia del controlador de carga en el sistema PVT	120
Ecuación 16: Restricción relacionada al voltaje del controlador de carga en el sistema PVT	120
Ecuación 17: Restricción relacionada a la corriente del controlador de carga en el sistema PVT	120
Ecuación 18: Cálculo de la capacidad diaria en el sistema PVT	121
Ecuación 19: Cálculo del número de baterías en paralelo en el sistema PVT	121
Ecuación 20: Cálculo de baterías en serie en el sistema PVT	122
Ecuación 21: Restricción relacionada a la potencia del inversor en el sistema EFV	132
Ecuación 22: Restricción relacionada al voltaje del inversor en el sistema EFV	132
Ecuación 23: Cálculo del número máximo de paneles solares en función del inversor en el sistema EFV	132

Ecuación 24: Cálculo del número máximo de paneles solares en serie en función del inversor en el sistema EFV .....	132
Ecuación 25: Cálculo del número mínimo de paneles solares en serie en función del inversor en el sistema EFV .....	133
Ecuación 26: Restricción relacionada a la potencia del controlador de carga de la parte solar en el sistema EFV .....	133
Ecuación 27: Restricción relacionada al voltaje del controlador de carga de la parte solar en el sistema EFV .....	134
Ecuación 28: Restricción relacionada a la corriente del controlador de carga de la parte solar en el sistema EFV .....	134
Ecuación 29: Restricción relacionada a la potencia del controlador de carga de la parte eólica en el sistema EFV .....	134
Ecuación 30: Restricción relacionada al voltaje del controlador de carga de la parte eólica en el sistema EFV .....	134
Ecuación 31: Restricción relacionada a la corriente del controlador de carga de la parte eólica en el sistema EFV .....	134
Ecuación 32: Cálculo de la capacidad diaria en el sistema EFV .....	135
Ecuación 33: Cálculo del número de baterías en paralelo en el sistema EFV .....	135
Ecuación 34: Cálculo de baterías en serie en el sistema EFV .....	135

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1: Recurso solar y eólico a lo largo de Chile .....	185
Anexo 2: Cantidad de vivienda sin electricidad y sin agua caliente sanitaria por región .....	186
Anexo 3: Tabla de potencia de la turbina eólica IstaBreeze® i-700 .....	187
Anexo 4: Ubicación de la zona 1 a la zona 4 para el sistema eólico-solar .....	187
Anexo 5: Ubicación de la zona 5 a la zona 8 para el sistema eólico-solar .....	188
Anexo 6: Ubicación de la zona 9 a la zona 12 para el sistema eólico-solar .....	188
Anexo 7: Simulación de la zona de medición 1 del sistema eólico-solar .....	189
Anexo 8: Simulación de la zona de medición 2 del sistema eólico-solar .....	189
Anexo 9: Simulación de la zona de medición 3 del sistema eólico-solar .....	190
Anexo 10: Simulación de la zona de medición 4 del sistema eólico-solar .....	190

Anexo 11: Simulación de la zona de medición 5 del sistema eólico-solar..... 191

Anexo 12: Simulación de la zona de medición 6 del sistema eólico-solar..... 191

Anexo 13: Simulación de la zona de medición 7 del sistema eólico-solar..... 192

Anexo 14: Simulación de la zona de medición 8 del sistema eólico-solar..... 192

Anexo 15: Simulación de la zona de medición 9 del sistema eólico-solar..... 193

Anexo 16: Simulación de la zona de medición 10 del sistema eólico-solar..... 193

Anexo 17: Simulación de la zona de medición 11 del sistema eólico-solar..... 194

Anexo 18: Simulación de la zona de medición 12 del sistema eólico-solar..... 194

Anexo 19: Resultados de la simulación realizada del sistema eólico-solar ..... 195

## **GLOSARIO**

**Red de Pobreza Energética (RedPE):** fomenta el establecimiento de vínculos de colaboración entre investigadores de diversas disciplinas y especialidades, con alcance nacional e internacional. El objetivo de la RedPE es la generación de nuevo conocimiento para enfrentar los desafíos que plantea la pobreza energética en Chile (Red de Pobreza Energética, 2018).

**Asociación Generadoras de Chile:** son un gremio que representa a las empresas de generación eléctrica que operan en Chile. Integran la asociación un grupo amplio y diverso de empresas que desarrollan, construyen y operan proyectos de energías en todas las tecnologías presentes en Chile (Generadoras de Chile, 2011).

**Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC):** conjunto de tecnologías desarrolladas en la actualidad para una información y comunicación más eficiente (Chen, 2019).

**Internet de las cosas (IoT):** describe la red de objetos físicos ("cosas") que llevan incorporados sensores, software y otras: tecnologías con el fin de conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet (Oracle, 2022).

**PYME:** es una abreviación de "Pequeña y Mediana Empresa", y de acuerdo a la definición proporcionada por el Ministerio de Economía son aquellas que tienen ventas anuales entre 2.400UF y 100.000UF al año (Ministerio de relaciones exteriores, 2022).

**MIPYME:** corresponde a micro, pequeña y mediana empresa, donde las ventas anuales de las microempresas no superan los 2.400UF (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2022)

# INTRODUCCIÓN

Chile es un país vulnerable a los efectos del cambio climático, lo que provoca alteraciones en la vida cotidiana de las personas, principalmente interfiere en su calidad de vida, ya que tienen un menor acceso a alimentos, tanto del área de agricultura como ganadería, existen una menor disponibilidad del recurso hídrico, lo que afecta a la entrega de servicios asociados a la energía eléctrica. Esto último se relaciona con la pobreza energética, en el Chile de 2017 existían 50.000 personas en situación de pobreza energética, ya que no contaban con la capacidad de acceder a servicios energéticos de calidad, los cuales les permitan desarrollarse como individuos. Es por esto que se plantean proponer propuestas de mejora que contribuyan a combatir el cambio climático la pobreza energética enfocándose en las energías renovables, ya que son una parte importante en la batalla contra el cambio climático.

La propuesta de solución tecnológica conlleva a la realización de nueve capítulos, en el primero se describe el lugar donde se está realizando el proyecto, también se explica la problemática y los objetivos. En el segundo capítulo se propone un marco teórico y metodológico con el cual se realizará el proyecto. El tercer capítulo en el tercer capítulo está relacionado con el diagnóstico de la situación actual donde se enfoca en la pobreza energética cambio climático energía renovable tecnologías inteligentes. El cuarto capítulo está enfocado en la identificación de requerimientos y desafíos para mitigar y combatir el cambio climático basándose en el diagnóstico. En el capítulo cinco se identifican avances tecnológicos y reglamentarios relacionados a labores energética y cambio climático. En el sexto capítulo se realiza la evaluación de impacto social económico y ambiental de los avances identificados en el capítulo anterior. En el séptimo capítulo se proponen y describen las ideas de solución o mejora. En el capítulo ocho se realiza el diseño, dimensionamiento y explicación detallada de cada una de las propuestas. En el noveno capítulo se realiza la evaluación de impacto social, económico y ambiental de las propuestas de mejora. En el décimo capítulo se desarrolla la evaluación económica a través de un análisis costo-beneficio. Finalmente, en el capítulo once se identifican las propuestas con mayor probabilidad de implementación, dependiendo de los impactos generados y esfuerzo aplicado.



# CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO

*En este capítulo se dará a conocer información relevante respecto al Centro, como su misión, visión, objetivos, líneas de investigación y estructura organizacional. Además, se planteará la problemática del trabajo, con sus respectivos objetivos y resultados esperados.*

## **1.1 Descripción global de la organización**

El Centro Tecnológico de Conversión de Energía (CTCE) es uno de los ocho centros tecnológicos de la Universidad de Talca, y uno de los dos que dependen de la Facultad de Ingeniería. Fue creado en el año 2017 por medio de la resolución universitaria N° 1193, pero comenzó a operar a mediados del 2019 y su director es el Dr. Marco Rivera A.

### **1.1.1 Elementos Estratégico**

En este punto se presentará la misión, visión y objetivos que tiene el Centro hasta el año 2021, ya que actualmente se está trabajando en un plan de desarrollo estratégico, donde los elementos en cuestión han sufrido cambios.

#### **I. Misión**

Desarrollar investigación colaborativa en el ámbito de la conversión y generación de energías y electrónica de potencia, destinada a contribuir al avance del desarrollo económico nacional, desde una óptica regional utilizando herramientas globales, a través del desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías para la conversión de energías (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

#### **II. Visión**

Ser un referente a nivel nacional e internacional en el desarrollo de investigación en conversión y generación de energías, así como también, líder de opinión en temas asociados a políticas públicas y modelos de negocio en temas relacionados con generación de energías e interconexión de sistemas distribuidos, así como también contribuir tecnológicamente a iniciativas que promuevan la descarbonización de la matriz energética y la producción de hidrógeno verde (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

#### **III. Objetivos**

El objetivo fundamental es “Convertirse en un espacio académico donde puedan encontrarse investigadores con el propósito de alinear esfuerzos, para aumentar el impacto de la investigación en indicadores relevantes para la academia, la economía nacional y la empresa, estrechando los vínculos con otros centros de investigación y de modo cooperativo, con la

comunidad, las empresas para afrontar los problemas desde la perspectiva local, pero con una proyección global” (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

Para lograr lo anterior, se cuentan con los siguientes objetivos específicos:

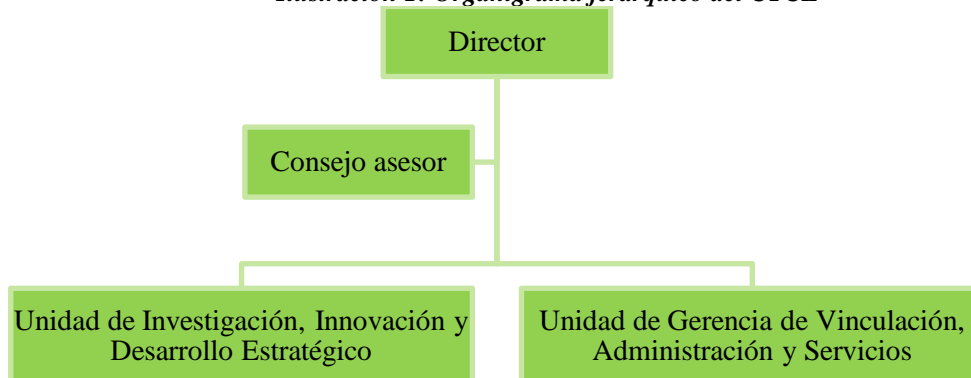
- 1 Identificar líneas prioritarias de investigación para generar publicaciones de alto impacto que lo posicionen como uno de los más relevantes a nivel nacional.
- 2 Generar una red de trabajo nacional e internacional con actores del sector público, privado y académicos que permita convertir al Centro en un referente de I+D+i en el ámbito de la energía.
- 3 Identificar y abordar oportunidades de innovación.
- 4 Formar capital humano avanzado en temas de conversión de energías y electrónica de potencia para enfrentar los desafíos actuales en temas energéticos.
- 5 Difundir a la comunidad los resultados del trabajo desarrollado.

### 1.1.2 Estructura Organizacional

La estructura organizacional que posee el Centro corresponde a un modelo matricial, el cual se caracteriza por tener una cadena de mando clara, un alto nivel de especialización y una estructura del tipo funcional.

A cargo de la organización se encuentra el director del Centro, el cual es apoyado por un consejo asesor. Además tiene dos unidades de trabajo, la primera es la una Unidad de Investigación, Innovación y Desarrollo Estratégico y la segunda es la Unidad de Gerencia de Vinculación, Administración y Servicios.

*Ilustración 1: Organigrama jerárquico del CTCE*



*Fuente: (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021)*

## **I. Director**

El director del Centro es el Dr. en Ing. Electrónica Marco Rivera, se encarga del manejo y administración del Centro, es el encargado de la comunicación y transmisión de información con la universidad, en específico con el consejo de la Facultad de Ingeniería.

## **II. Consejo Asesor**

Este organismo se encarga de apoyar al director del Centro y está compuesto por seis personas, entre ellas se encuentran actores del medio público, privado y académico.

## **III. Unidad de Investigación, Innovación y Desarrollo Estratégico**

En esta unidad se encuentran los investigadores y a los jefes de línea, por lo que es un grupo de trabajo variado y algo difícil de coordinar, ya que está integrado por 24 personas.

## **IV. Unidad de Gerencia de Vinculación, Administración y Servicios**

La unidad en cuestión se divide en tres áreas, un área técnica, una de administración y otra de gestión. La primera área está formada por un grupo de tres personas, las cuales son alumnos del magister, la segunda está conformada por una ingeniera de ejecución en administración y la última área está compuesta por dos alumnos de pregrado de la Facultad de Ingeniería.

### **1.1.3 Líneas de investigación**

Considerando el equipo de trabajo que tiene el Centro, se han desarrollado siete líneas de investigación de un amplio espectro temático, las cuales se enmarcan en las áreas de conocimiento e interés de los integrantes del CTCE.

#### **I. Electrónica de potencia**

En esta línea se abordan diversas temáticas tales como el diseño, armado y control digital de convertidores de potencia, así como también el uso de estos equipos para diferentes aplicaciones industriales que requieren el adaptar o transformar la energía eléctrica (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

#### **II. Energías renovables**

Dentro de los temas que se desarrollan en esta línea está la conversión de energía solar, eólica, mareomotriz, geotérmica a energía eléctrica, la generación de energía basada en pilas de

combustibles, el almacenamiento de energía, la producción y transformación de biomasa, el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos, las evaluaciones de impacto ambiental de plantaciones forestales para la producción de bioenergía, la búsqueda de la descarbonización y la producción de hidrógeno verde (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

### **III. Adaptación y desarrollo de materiales y tecnologías asociadas a energía**

En este caso se busca analizar los materiales y tecnologías asociadas a energía disponibles nacionalmente, además de estudiar y acondicionar estos materiales y tecnologías a la realidad nacional, considerando los conceptos de remanufacturado y economía circular. Junto con esto, se abordan temas como la eficiencia, seguridad y diseño en energías renovables a nivel domiciliario, la definición de protocolos de mantenimiento y análisis de falla asociados a energía, el prototipado, empaquetamiento e integración tecnológica, manufactura avanzada, nuevos materiales, identificación de oportunidad de creación de valor con base en diseño con tecnologías de frontera, competitivas y eficientes (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

### **IV. Sistemas inteligentes en energía**

En esta línea de investigación convergen la inteligencia artificial, internet de las cosas, sistemas de optimización, ciencias de datos, redes inteligentes, entre otros, con el fin de desarrollar soluciones holísticas a problemas en el área de la energía, en particular en los desafíos y oportunidades (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

### **V. Agua, energía y alimentos**

Esta línea de investigación se destaca debido al trabajo interdisciplinario, el cual se enfoca en utilizar de forma más eficiente posible las capacidades de diseño de circuitos eléctricos y programación de microcontroladores, junto con el uso de tecnologías aplicadas a energías renovables para abordar los desafíos de la percepción remota, teledetección, la agricultura de precisión, el control integrado en vides, agro climatología, el aumento de la eficiencia en el riego, estudios de variabilidad espacial y cambio climático (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

## **VI. Impacto social, económico y ambiental**

Esta línea consiste en realizar estudios de evaluación de impacto social, económico y ambiental a los diferentes prototipos y/o servicios desarrollados por el Centro, con el fin de asegurar un desarrollo tecnológico sostenible como un sistema global. Se considera además la declaración ambiental de productos y/o servicios. Así mismo, se está conformando un equipo de profesionales que contribuye a desarrollar propuestas de desarrollo y control estratégico, como también diagnosticar el nivel sociotécnico de las empresas y organizaciones del sector energía (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

## **VII. Minería sustentable**

En esta línea de investigación se considera la necesidad de enfocar la producción minera hacia nuevos horizontes, innovando y desarrollando tecnologías que permitan hacer los procesos mineros más amigables con el medio ambiente, contribuyendo a nuevos usos del cobre, a una minería verde, y al mismo tiempo aumentar la eficiencia en la exploración minera, la operación y planificación, el procesamiento y concentración (Centro Tecnológico de Conversión de Energía, 2021).

### **1.1.4 Lugar de aplicación**

El estudio a realizar no tiene un lugar físico de aplicación, ya que corresponde a una investigación y no un proyecto de mejoramiento. El tema a investigación es parte del proyecto CLIMAT AMSUD 22-CLIMAT-04, su título es “*Mitigating Climate Change with power electronics and Smart-technologies - MICCONS*” y es un proyecto adjudicado por el Laboratorio de Conversión de Energía y Electrónica de Potencia (LCEEP) de la Universidad de Talca, en cooperación con universidades de Argentina, Paraguay, Colombia, Francia y el apoyo de otras universidades nacionales.

El proyecto CLIMAT AMSUD 22-CLIMAT-04 durará dos años y es financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID) en Chile, el MEAE (Francia), el MinCYT (Argentina), el MINCIENCIAS (Colombia) y el CONACYT (Paraguay).

## **1.2 Problemática**

Hoy en día un hogar es energéticamente pobre cuando no cuenta con la capacidad de acceder a fuentes de energía que le permitan decidir entre una gama suficiente de servicios energéticos de alta calidad (adecuados, confiables, sustentables y seguros), que permitan sostener el desarrollo humano y económico de sus miembros (Red de Pobreza Energética, 2018), es por esto que la pobreza energética se considera como multidimensional, ya que contempla la dimensión geográfica, económica, sociocultural, ambiental y tecnológica.

La pobreza energética está asociada a tres conceptos, el acceso (umbral físico), la equidad (umbral económico) y la calidad (umbral físico, económico y cultural) del servicio energético. Según la encuesta CASEN de 2017, existen 24.556 hogares en situación de pobreza energética por no tener acceso a electricidad, a esto se le suma que el 11,1% de los hogares no cuenta con un sistema de agua caliente sanitaria lo que intensifica el problema. En la dimensión de calidad, se mide la calidad de la calefacción y de las viviendas, donde un 30% de los hogares utilizan leña como fuente de calefacción lo que produce contaminación por material particulado y problemas a la salud, además, las viviendas no cuentan con un sistema de aislación eficiente. Por último, el factor de equidad está relacionado con el porcentaje de ingresos que se gasta en electricidad, lo ideal es que no sobrepase el 10% de los ingresos familiares, pero esto se dificulta en las familias de bajos ingresos, también este grupo de personas declara pasar frío en invierno, donde en el interior de sus hogares tienen una temperatura casi 5[°C] inferior a la temperatura de confort (21[°C]) lo que puede provocar enfermedades respiratorias y cardíacas. Los efectos del cambio climático que se están viendo en el país no favorecen al problema de pobreza energética, ya que la escasez hídrica afecta directamente al suministro eléctrico y por ende a las personas que tienen menor acceso a él o las que gastan un alto porcentaje de sus ingresos en electricidad, además el cambio climático provoca alteraciones en las condiciones climáticas lo que disminuye la flexibilidad operacional de las plantas de energía renovables, las cuales podrían ser una gran solución para combatir al cambio climático. Es por esto que se tienen que buscar nuevas soluciones para ayudar a combatir la pobreza energética y el cambio climático, mediante el uso de energías renovables y tecnologías inteligentes que se puedan incorporar a alguna iniciativa del gobierno para que estén a disposición de las personas que más lo necesitan.

### **1.3 Objetivo general**

Proponer soluciones tecnológicas basadas en el uso de energías renovables y tecnologías inteligentes para enfrentar el problema de pobreza energética del país y el cambio climático, mediante el estudio social, económico y ambiental de las soluciones actuales.

### **1.4 Objetivos específicos**

Para lograr el objetivo general se propusieron los siguientes objetivos específicos.

- Realizar el diagnóstico de la situación actual a nivel país para identificar los requerimientos y desafíos que existen en torno a la pobreza energética y al cambio climático.
- Realizar propuestas de mejora en el contexto de las energías renovables y tecnologías inteligentes, basado en los avances tecnológicos y reglamentarios.
- Realizar un estudio de factibilidad técnica de las propuestas de mejora para llevar a cabo su diseño y dimensionamiento.
- Evaluar el impacto social, ambiental y económico de las propuestas de mejora con el fin de realizar un análisis costo-beneficio.
- Realizar un análisis de priorización de las propuestas de mejora para identificar las más adecuadas.

### **1.5 Resultados tangibles esperados**

A continuación, se presentarán los resultados esperados del desarrollo del trabajo.

- Reportes por cada etapa, los cuales serán insumos para políticas públicas o información que ayudará a constituir futuros proyectos.
- Reporte de resultados de simulaciones realizadas en Explorador solar y Explorador Eólico.



# **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA**

*En el siguiente capítulo se presenta el modo en el cual se aborda la problemática planteada, mencionando los elementos teóricos y técnicos a utilizar, junto con la metodología de solución.*

## **2.1 Marco teórico**

Para el desarrollo del trabajo se deben de considerar metodologías y herramientas que se puedan aplicar a la problemática y que genere elementos cuyo objetivo sea ayudar a encontrar la solución del problema.

### **2.1.1 Pobreza energética**

La pobreza energética es cuando un hogar no tiene acceso equitativo a servicios energéticos de alta calidad para cubrir sus necesidades fundamentales y básicas, que permitan sostener el desarrollo humano y económico de sus miembros (Red de Pobreza Energética, 2019).

Las necesidades fundamentales son las que tienen impactos directos en la salud humana; como la cocción y conservación de alimentos, el acceso al agua, niveles de temperatura saludable, nivel de iluminación mínima y la salud de electrodependientes. En cambio, las necesidades básicas son aquellos requerimientos energéticos que varían dependiendo de las características culturales y territoriales, entre ellas se encuentra el confort térmico, el agua caliente sanitaria, tecnologías para la educación, la iluminación y los electrodomésticos.

### **2.1.2 Cambio climático**

El cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos. Estos cambios pueden ser naturales, por ejemplo, a través de las variaciones del ciclo solar. Pero desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático (Naciones Unidas, s.f.).

Producto del cambio climático las condiciones de la tierra han variado, generando eventos de sequía extrema, escasez de agua, aumento del nivel del mar, inundaciones, deshielo de los polos, tormentas catastróficas, incendios graves y disminución de la biodiversidad. También la temperatura del planeta ha aumentado un 1,1[°C] debido a la concentración de gases de efecto invernadero (GEI).

Las condiciones climáticas no son las únicas afectadas por el cambio climático, ya que la salud de las personas se ven mermadas por los altos niveles de contaminación, lo eventos

de temperatura extrema (olas de calor y de frío), por la sequía que afecta a las plantaciones provocando una interferencia en la forma de alimentarse de las personas.

### **2.1.3 Energía renovables**

Son aquellas que provienen de fuentes consideradas inagotables, y que se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento no se consumen a escala humana, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse en el tiempo (Ministerio de Energía, 2021). Existen varios tipos de energías renovables, entre ellas se puede encontrar:

#### **I. Energía hidráulica**

Este tipo de plantas captura la energía cinética del agua que fluye, como en cascadas y ríos, para generar electricidad. Primero se convierte la energía cinética en mecánica, por medio de turbinas, para luego convertir esta energía en electricidad.

Los sistemas de energía hidráulica se pueden clasificar según el método de construcción o el tamaño, en el primero se pueden encontrar los embalses, los desvíos de agua y los almacenamientos de bombeo y el segundo se divide según su capacidad de producción, en grande, pequeño y micro.

Por otro lado, existen dos tipos de turbinas, las de impulso y las de reacción. En las turbinas de impulso la velocidad del agua se utiliza para mover las aspas y en las turbinas de reacción se utiliza la presión y la velocidad.

#### **II. Energía solar**

El sol es la mayor fuente de energía alternativa sobre toda la superficie de la tierra, pero la recolección de su energía es proceso desafiante y costoso. Existen dos métodos para recolectar esta energía, uno es a través de paneles fotovoltaicos y el otro por medio de colectores solares.

- **Panel fotovoltaico:** convierte la energía solar directamente en electricidad. Hay dos tipos instalaciones solares, el primero es el sistema autónomo (independiente de la red eléctrica) y el segundo corresponde al sistema conectado a la red eléctrica.

- **Colector solar:** convierte la energía solar en calor. Primero se absorbe la radiación solar entrante, se convierte en calor y luego este es transferido a un fluido que se mueve dentro del colector solar, el cual se utiliza para calentar agua. Existen colectores estacionarios y de concentración solar.

### III. Energía eólica

Este tipo de energía utiliza el recurso viento para generar energía mecánica y posteriormente transformarla en energía eléctrica, para ello se utilizan turbinas eólicas, las cuales están compuestas por aspas, un eje de giro (vertical u horizontal) y una torre, además en su interior tienen un generador eléctrico.

La capacidad de generación de energía por este medio dependerá de las corrientes de viento, estas pueden ser revisadas en la “rosa de los vientos”, la cual indica la velocidad y frecuencia del viento desde varias direcciones.

Las turbinas de viento pueden dividirse en dos tipos de categorías basadas en el eje de giro, este puede ser vertical u horizontal.

- **Eje vertical:** las aspas de la turbina giran en un plano horizontal, pero su eje de giro es vertical. Las ventajas de este tipo de turbinas es que no se necesita una gran torre para sostener sus componentes (generador y la caja de cambios), ya que se pueden ubicar en el costado inferior de la torre (cerca de la tierra), también no es necesario que la turbina este apuntando en dirección del viento. Dentro de las desventajas se puede encontrar que tienen una menor eficiencia y que se necesita un mayor flujo de aire cerca de la tierra para que funcionen, debido a su ubicación.
- **Eje horizontal:** las aspas de la turbina giran en un plano vertical, pero su eje de giro es horizontal. Las ventajas de este tipo de turbinas es que tienen una eficiencia mayor, un costo de manufactura menor debido a su alta producción, posee un sistema para frenar las aspas y que estas no se dañen cuando haya tormenta. Se puede señalar que las desventajas están asociadas al tamaño de la torre y de las aspas lo que dificulta su traslado, y el costo de instalación y mantención son altos.

#### **IV. Bioenergía**

Esta energía es derivada de la biomasa, la cual puede ser vegetación o desperdicios de las industrias que eliminan grandes cantidades de madera y productos vegetales. La bioenergía se puede considerar como carbono neutral, ya que el dióxido de carbono se libera nuevamente a la atmósfera cuando se quema la biomasa.

La biomasa se puede utilizar en los procesos de generación de calor y de vapor, en la generación de electricidad y en la generación de combustibles líquidos (biocombustible y biodiésel). Además, la biomasa puede tener distintos orígenes, como los residuos del procesamiento de biomasa, residuos sólidos municipales (RSU), residuos urbanos, residuos de animales, cultivos energéticos, entre otros.

#### **V. Energía geotérmica**

La energía geotérmica se puede utilizar para la generación eléctrica, para la calefacción urbana directa, para bombas de calor y para aplicaciones industriales.

Los sistemas geotérmicos están compuestos por tres elementos importantes, una fuente de calor, un depósito o embalse y un fluido. La fuente de calor puede provenir de la temperatura normal de la tierra o del magma. El depósito se puede formar naturalmente por rocas calientes permeables que calientan un fluido por medio de convección. El fluido generalmente es agua, que cuando está caliente sube y reemplaza al agua fría, debido a su menor densidad.

La identificación y cuantificación de los recursos geotérmicos es muy importante, ya que se tiene que recopilar y analizar información sobre el uso potencial de sitios en específico, y es necesario aplicar técnicas geológicas, hidrológicas, geofísicas y geoquímicas.

##### **2.1.4 Tecnologías inteligentes**

La tecnología inteligente es aquella que mediante procesos automatizados, estudia y toma decisiones a partir de datos recopilados, su objetivo principal es realizar los procesos de la forma más eficaz y eficiente posible (Llamas, 2021). El uso de las tecnologías inteligentes con lleva una serie de ventajas, como el aumento de la rentabilidad, mejora la experiencia del empleado y la capacidad de toma de decisiones.

Uno de los usos que se les está dando a las tecnologías inteligentes es formar *smart cities* (ciudades inteligentes), estas son ciudades sostenibles económica, social y medioambientalmente, por medio de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) con el objetivo de proveerlas de infraestructuras que garanticen un desarrollo sostenible, incremento de la calidad de vida de los ciudadanos, mayor eficacia de los recursos disponibles y participación ciudadana activa (Fundación Endesa, 2015). Este tipo de ciudades tiene subsistemas como la generación distribuida, *smart grids* (red inteligente), *smart metering* (medición inteligente), *smart buildings* (edificios inteligentes), *smart sensors* (sensores inteligentes), *eMobility*, tecnologías de la información y la comunicación y *smart citizen* (ciudadanos inteligentes). Los ciudadanos interactúan con los ecosistemas de las ciudades inteligentes en una variedad de formas utilizando teléfonos inteligentes y dispositivos móviles, así como vehículos y hogares conectados (Thales Group, 2018).

### **2.1.5 Estudio de impacto social**

Unos de los actores más relevantes que se ven afectados por el desarrollo de un proyecto son las personas, por lo que es necesario medir el impacto que se genera en la sociedad, ya sean efectos positivos o negativos, directos e indirectos.

A continuación, se presentarán algunas metodologías que se utilizan para evaluar este tipo de impactos.

#### **I. La teoría del cambio**

La teoría del cambio es una metodología utilizada para analizar el efecto causal entre las acciones empresariales y el impacto social generado. Básicamente, se trata de una hoja de ruta con el fin de examinar cómo nuestros inputs, outputs y estrategias pueden lograr producir un cambio propuesto en la sociedad (La Bolsa Social, 2019).

Esta metodología se caracteriza por realizar un análisis *backwards mapping*, es decir, de atrás a adelante. Primero se tiene que establecer los objetivos a largo plazo, para luego estudiar a las personas interesadas y a las estrategias necesarias para lograrlos.

## **II. Metodología de la EVPA**

En 2015 la *European Venture Philanthropy Association* estableció una metodología de gestión, control y medición de impacto, su objetivo era la maximización y optimización del impacto social y/o medioambiental de las empresas. Se busca formar una guía estandarizada de gestión y medición de impacto.

## **III. *Social return of investment (SROI)***

Este método consiste en la identificación, gestión y medición del impacto social y/o medioambiental generado por la actividad empresarial, asignándole un valor monetario (La Bolsa Social, 2019). Su objetivo es incorporar el valor del impacto social producido en el análisis de coste-beneficio tradicional, estableciendo una relación entre el Valor Actual Neto del impacto y el Valor Actual Neto de la inversión.

## **IV. *Impact reporting and investment standards (IRIS)***

Es una herramienta utilizada para gestionar los impactos. Esencialmente, se trata de un catálogo de métricas enfocadas a la medición del desempeño social, medioambiental y financiero, es una iniciativa desarrollada por el GIIN (*Global Impact Investing Network*) con el objetivo de mejorar la credibilidad, la transparencia y la gestión en la industria de la inversión de impacto (La Bolsa Social, 2019).

### **2.1.6 Estudio de impacto económico**

Este estudio consiste en evaluar los efectos que tiene un proyecto sobre la economía del mundo, de un país, de una región, de una comunidad o de una persona. En esta evaluación se puede analizar cómo varía la participación de un sector económico, si el proyecto generó empleos o no, el efecto en el poder adquisitivo de las personas o si produce algún ahorro significativo por la implementación el proyecto.

Para llevar a cabo este estudio se debe de conocer el detalle de los costos del proyecto, debido a que existen costos directos e indirectos, lo que afectará en la decisión de implementar o no las propuestas, por lo que se realizará un análisis costo-beneficio para facilitar la toma de decisiones.

### 2.1.7 Estudio de impacto ambiental

Un impacto ambiental se considera como tal cuando las alteraciones antrópicas afectan a cualquier componente del medio ambiente, el cual está compuesto por un medio natural (medio físico, biótico y perceptual) y por un medio social (sistema territorial, demográfico, económico y cultural).

El estudio de impacto ambiental es de carácter técnico, objetivo, multidisciplinar e interdisciplinar que tiene como finalidad predecir, valorar, corregir y vigilar los impactos ambientales que se producen por una actividad (proyecto, plan o programa). A continuación, se presentarán las acciones que se deben de realizar para desarrollar un estudio de impacto ambiental, estas son:

- **Identificar los impactos:** consiste en determinar qué actividades del proceso de construcción, funcionamiento y cese pueden producir algún impacto en el medio natural y social, para después realizar una matriz de relación causa-efecto para identificar los impactos de mayor relevancia e impacto.
- **Predecir el alcance de los impactos identificados:** corresponde a valorar el impacto negativo o positivo producido por el proyecto, plan o programa a realizar, midiendo la calidad ambiental y de vida.
- **Prevenir los impactos identificados:** tiene como objetivo lograr la compatibilidad del proyecto, plan o programa con el entorno, mediante medidas de mejora ambiental (medidas alternativas, preventivas, correctoras y compensatorias).
- **Realizar el plan de vigilancia ambiental:** consiste en revisar que el proyecto, plan o programa se realice de la forma establecida, cuidando la eficacia de las medidas de mejora ambiental.

### 2.1.8 Estudio técnico

Consiste en evaluar la factibilidad técnica de las propuestas, donde se establecen los parámetros de operación para realizar la selección de los equipos y tecnologías a utilizar, mediante un método de ponderación. Posterior a esto se debe estudiar la capacidad del equipo seleccionado, ver cuántas unidades se deben de utilizar, qué accesorios y artículos son necesarios.



### 2.1.9 Evaluación económica

Es la última etapa que se realiza para comprobar la factibilidad de un proyecto y su principal criterio de valoración es la eficiencia, la cual es medida por la maximización de ganancia o minimización de costos.

Existen distintos métodos para evaluar económicamente un proyecto, como el balance de caja que permite determinar la rentabilidad del proyecto, el diseño de costeo que ayuda a visualizar los costos y de esa manera ver opciones para disminuirlos, y el análisis costo-beneficio que permite comparar los costos y beneficios asociados al proyecto.

Dependiendo del método de evaluación se deben considerar distintos aspectos, como los costos (directos e indirectos), las ganancias, la inversión, las deudas y el método de financiamiento a utilizar. Además, se deben analizar indicadores como el VAN, la TIR, ratios financieros, entre otros.

### 2.1.10 Matriz impacto-esfuerzo

Es una herramienta utilizada para priorizar actividades, dependiendo del impacto que generan y del esfuerzo que se necesita para concretarlas. Para determinar el impacto y el esfuerzo de una actividad se deben de realizar preguntas con las cuales se pueda cuantificar cada uno de los ítems, como se muestra en la Ilustración 2.

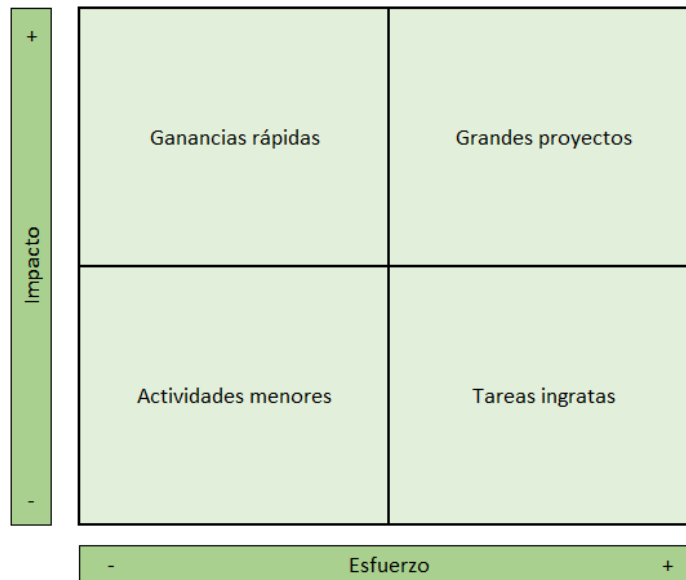
*Ilustración 2: Tabla previa para la realización de la matriz impacto-esfuerzo*

Id	Actividad	Impacto			Esfuerzo		
		Pregunta 1	Pregunta 2	Impacto total	Pregunta 1	Pregunta 2	Esfuerzo total
1							
2							
3							
4							

*Fuente: Elaboración propia*

Después de determinar el valor del impacto y del esfuerzo por cada actividad se deben ubicar en la matriz impacto-esfuerzo de la Ilustración 3, donde cada cuadrante tiene un significado distinto.

*Ilustración 3: Matriz impacto-esfuerzo*



Fuente: Elaboración propia en base a (Ariza, 2020)

A continuación, se define cada cuadrante (Ariza, 2020).

- **Ganancias rápidas:** conllevan un alto impacto y un bajo esfuerzo, por lo que son altamente convenientes de ejecutar.
- **Grandes proyectos:** implican un alto impacto y esfuerzo, por lo cual son medianamente convenientes de realizar.
- **Actividades menores:** conllevan un bajo impacto y esfuerzo, por lo tanto son medianamente convenientes de llevar a cabo.
- **Tareas ingratas:** implican un bajo impacto y alto esfuerzo, por ello son mínimamente convenientes de realizar.

### 2.1.11 Evaluación de proyectos

Es una metodología donde se estudia la viabilidad de un proyecto, ya que antes de realizar una inversión es necesario evaluar el proyecto, con el objetivo de aportar la mayor cantidad de información posible y de esa forma decidir cuál es la mejor opción para implementar. Para ello se puede realizar una serie de estudios de viabilidad, los cuales se detallarán en la Ilustración 4.

**Ilustración 4: Clasificación de los estudios de viabilidad de un proyecto**

<b>Técnica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca determinar si es posible, física o materialmente, llevar a cabo el proyecto.</li> </ul>
<b>Legal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se refiere a la necesidad de determinar tanto la inexistencia de trabas legales para la instalación y operación normal del proyecto. También se deben de analizar las normas internas de la empresa.</li> </ul>
<b>Económica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analiza si la inversión es rentable o no, mediante la comparación de los beneficios y costos estimados del proyecto.</li> </ul>
<b>De gestión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca determinar si existen las capacidades gerenciales internas en la empresa para lograr la correcta implementación y eficiente administración del negocio.</li> </ul>
<b>Política</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corresponde a la intencionalidad, de quienes deben decidir, de querer o no implementar un proyecto, independientemente de su rentabilidad.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia basada en (Sapag & Sapag, 2007)

Para recomendar la aprobación de cualquier proyecto es preciso estudiar un mínimo de tres viabilidades que condicionarán el éxito o fracaso de una inversión, estos son: la viabilidad técnica, la legal y la económica. Por otra parte, una viabilidad cada vez más exigida en los estudios de proyectos es la que mide el impacto ambiental de la inversión (Sapag & Sapag, 2007).

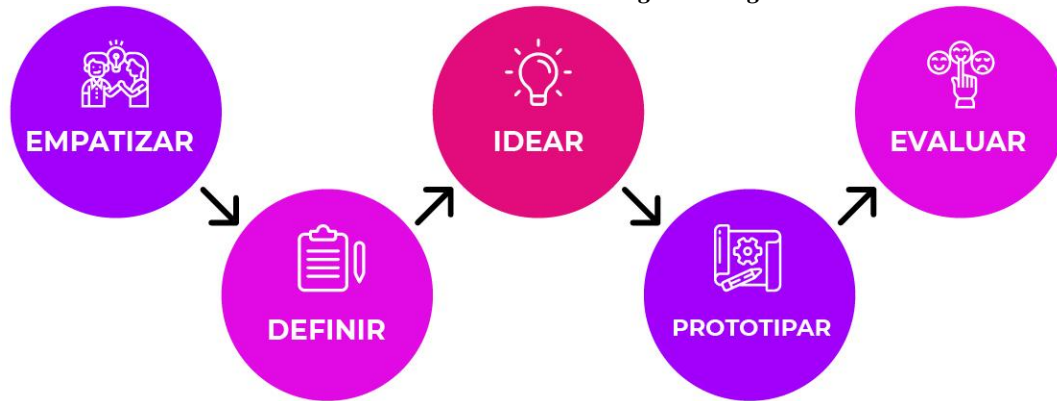
## 2.2 Metodologías

En este apartado se describirán las metodologías en las que se puede basar el desarrollo del proyecto, para posteriormente realizar la selección de una de ellas. Las metodologías a detallar corresponden a *Desing Thinking*, *Desing Sprint* y *Agiles*.

### 2.2.1 Metodología *Desing Thinking*

Es un método para generar ideas innovadoras que centra su eficacia en entender y dar solución a las necesidades reales de los usuarios. Proviene de la forma en la que trabajan los diseñadores de producto. En español se traduce de forma literal como “pensamiento de diseño”, aunque algunos prefieren llamarlo como “la forma en la que piensan los diseñadores” (Design Thinking, s.f.).

Ilustración 5: Pasos del Desing Thinking



Fuente: (Pumarega, 2019)

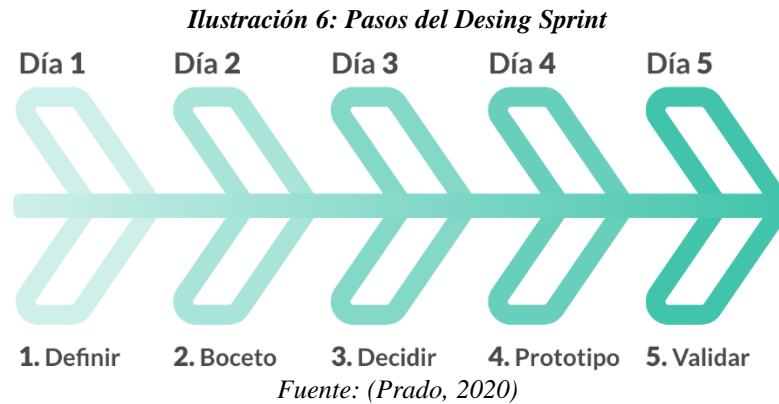
En la Ilustración 5 se presentan los a pasos a seguir al momento de realizar la metodología, los cuales serán explicados a continuación.

- **Empatizar:** este proceso consiste en investigar y comprender las necesidades y dificultades de los usuarios y su entorno.
- **Definir:** en esta etapa se debe filtrar y sintetizar la información recolectada en la etapa anterior, para definir los problemas y desafíos, con el objetivo de poder presentar soluciones acordes a la realidad.
- **Idear:** esta fase consiste en plantear ideas de solución en base a los problemas definidos, para esto se requiere un equipo de trabajo multidisciplinar, el cual tenga completa libertad para proponer ideas. Una de las técnicas más utilizadas es la lluvia de ideas.
- **Prototipar:** consiste en construir un prototipo de las ideas planteadas, lo que ayuda a visualizar las soluciones. Además, se verá la factibilidad del trabajo propuesto y se podrán refinar detalles.
- **Evaluar:** es la última etapa, en ella los usuarios prueban los prototipos realizados y se obtiene una retroalimentación de parte de ellos, con el objetivo de identificar fallas, problemas o mejoras.

### 2.2.2 Metodología *Desing Sprint*

Es una metodología para desarrollar una hipótesis, crear prototipos, y probar y validar una idea en solo 5 días. El objetivo de emplear *Design Sprint* es aportar más agilidad al entorno

corporativo. Por lo tanto, cuanto más rápido un equipo pueda determinar si una idea es buena, mala o necesita ajustes para cambiar un proyecto, menos tiempo y menos dinero se gasta (MJV, 2020).



A continuación, se detallará la secuencia de pasos a seguir de la metodología, la cual se muestra en la Ilustración 6.

- **Definir:** en esta etapa se realiza un mapa para identificar y comprender el problema en su totalidad, con el objetivo de establecer una estrategia de trabajo y una meta en función de las necesidades de los usuarios y la competencia. Además, cada integrante del equipo de trabajo entrega su opinión desde su punto de vista y experiencia.
- **Boceto:** cada integrante del equipo debe realizar un bosquejo de sus ideas de solución, esto se debe realizar de manera individual para que nadie influya en las propuestas. Los bocetos deben ser en papel, ya que de esa manera es más rápido y fácil de hacer algún cambio.
- **Decidir:** consiste en seleccionar las ideas más adecuadas para realizar un prototipo de ellas. Es importante determinar de qué manera estas soluciones pueden generar conflictos con los objetivos, clientes, usuarios, recursos o el propio negocio.
- **Prototipo:** en esta fase se realizan los prototipos de las ideas y soluciones, donde se prioriza más la usabilidad que el diseño. Al mismo tiempo se tienen que coordinar las entrevistas y las pruebas.
- **Validar:** se presentan los prototipos a los usuarios e interesados, para conocer lo que piensan de ellos, ver que cosas funcionan y que hay que cambiar.

### 2.2.3 Metodología ágiles

Esta metodología permite adaptar la forma de trabajo según los requerimientos de cada proyecto, logrando flexibilidad y rapidez en la respuesta para ajustar el proyecto y su desarrollo según las circunstancias del entorno. Por otra parte, la metodología no evita fallos ni contratiempos, más bien ayuda al equipo de trabajo a estar mejor preparados para enfrentar los cambios.

El uso de estas metodologías aporta diferentes ventajas dentro del desarrollo de un proyecto, ya que se les da una mayor importancia a los interesados que a metodología a usar. Además, existe una colaboración continua con el cliente que permite obtener un producto final más adecuado a lo que desea el interesado y de mejor calidad. A continuación, se presentan otras ventajas que conlleva la aplicación de estas metodologías, las cuales son:

- Mejora de la calidad del producto.
- Mayor satisfacción del cliente.
- Mayor motivación de los trabajadores.
- Trabajo colaborativo.
- Uso de métricas más relevantes.
- Mayor control y capacidad de predicción.
- Reducción de costes.

### 2.2.4 Selección de metodología

Para determinar la metodología a utilizar se debe de realizar una la selección multicriterio. Lo primero que se debe de hacer es definir bajo qué criterios se realizará la selección y como va a actuar cada criterio. A continuación, se detallan los criterios que serán utilizados para la selección de la metodología.

- **Adaptación al proyecto:** en este criterio consiste en la adaptabilidad que tienen las metodologías para desarrollar el proyecto planteado, se consideran aspectos como la cantidad de personas que se necesitan para formar el equipo de trabajo, la cantidad de veces que deben de intervenir, el tiempo que se tiene para aplicar la metodología y el

enfoque principal de la metodología. En este caso entre mayor adaptabilidad haya mayor será su valoración.

- **Facilidad de aplicación:** se requiere que la metodología sea fácil de aplicar considerando las circunstancias y contexto del proyecto. Además, se evalúa que la metodología no exija tener un amplio conocimiento de los temas abordados. Para este criterio se tomará en cuenta que entre mayor sea la facilidad de aplicación mayor será su valor.
- **Intervención de los interesados:** hace referencia a la cantidad de tiempo o de veces que los usuarios o interesados intervienen en la aplicación de la metodología. Para el proyecto se considerará que entre menor sea la intervención de los interesados mayor será la valoración.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta el puntaje que obtiene cada metodología según los criterios, se utilizó una escala de uno a diez, donde el uno corresponde al valor más bajo y el diez el más alto. LA asignación de estos valores se base en la teoría de cada metodología en el contexto del proyecto y los temas abordados en él.

*Tabla 1: Puntajes de criterios de cada metodología*

Criterio	Desing Thinking	Desing Sprint	Agiles
Adaptación al proyecto	9	4	5
Facilidad de aplicación	7	5	3
Intervención de los interesados	8	7	4

*Fuente: Elaboración propia*

En la Tabla 2 se muestra la importancia que tiene cada criterio en comparación con otro, y se presenta la valoración final de cada criterio (ponderación), donde la adaptabilidad al proyecto tiene el mayor valor, es decir, es el criterio de mayor relevancia.

*Tabla 2: Ponderación de criterios de selección de la metodología*

N°	Criterio	1	2	3	Suma	Importancia
1	Adaptación al proyecto	-	0,6	0,7	1,3	43%
2	Facilidad de aplicación	0,4	-	0,55	0,95	32%
3	Intervención de los interesados	0,3	0,45	-	0,75	25%

*Fuente: Elaboración propia*

Por último se debe calcular la ponderación que tiene cada metodología por cada criterio, estos valores se pueden apreciar en la Tabla 3, donde los valores de cada metodología se deben de multiplicar por la importancia del criterio correspondiente, de esa forma se obtendrá la metodología que mejor se acomode al proyecto.

**Tabla 3: Resultados finales de selección de metodología**

<b>Criterio</b>	<b>Importancia</b>	<b>Desing Thinking</b>	<b>Desing Sprint</b>	<b>Agiles</b>
Adaptación al proyecto	43%	0,50	0,22	0,28
Facilidad de aplicación	32%	0,47	0,33	0,20
Intervención de los interesados	25%	0,42	0,37	0,21
<b>Total</b>		<b>47%</b>	<b>29%</b>	<b>24%</b>

Fuente: Elaboración propia

La metodología seleccionada corresponde a *Desing Thinking*, debido a que no necesariamente se debe tener un equipo de trabajo multidisciplinar para todo el desarrollo del proyecto, solo se requiere en la etapa de “Idear”. También, el tiempo de ampliación de la metodología es indeterminado, los interesados y usuarios solo intervienen activamente en la etapa de “Evaluar” lo que se ajusta a la realidad del proyecto, las etapas de “Empatizar” y “Definir” ayudan a comprender los temas del trabajo por lo que no es necesario tener conocimientos específicos de los temas.

## 2.3 Metodología de solución

Al tener definida la problemática, los objetivos, el marco teórico y la metodología base se puede establecer la metodología a seguir, la cual se dividirá en cinco partes y cada una de ellas tendrá una secuencia de subetapas para desarrollar en el presente trabajo.

### 2.3.1 Primera etapa: Empatizar

Esta etapa consiste en el levantamiento de información relacionada al problema y a los temas de solución, por lo que se realizará el diagnóstico de la situación actual, para luego determinar los avances tecnológicos y reglamentarios (iniciativas) existentes, con el fin de realizar una evaluación de impacto social, económico y ambiental de ellos.

#### I. Diagnosticar la situación actual

En primer lugar se debe de realizar el diagnóstico de la situación actual del país en torno al cambio climático, la pobreza energética, las energías renovables y las tecnologías inteligentes,



con ello se podrá identificar las causas principales de la pobreza energética lo que ayudará a enfocar las propuestas de mejora.

## **II. Determinar los avances tecnológicos y reglamentarios**

Se deben determinar los avances tecnológicos realizados en materia de energías renovables y tecnologías inteligentes usados para combatir la pobreza energética y el cambio climático. También, se tiene que identificar cuáles son los programas gubernamentales existentes que utilizan estos avances.

## **III. Evaluar los impactos de los avances tecnológicos y reglamentarios actuales**

Se debe realizar un estudio del impacto social, económico y ambiental que generan los avances tecnológicos y reglamentarios anteriormente identificados, con el objetivo de analizar cada avance y de esa manera poder identificar con mayor precisión las posibles soluciones.

### **2.3.2 Segunda etapa: Definir**

La etapa de empatizar ayudará a realizar la identificación de los requerimientos y desafíos para mitigar el problema, ya que permitirá enfocar de mejor manera las posibles soluciones.

#### **I. Identificar los requerimientos y desafíos para mitigar la pobreza energética y el cambio climático**

En esta etapa se tiene que identificar los requerimientos y desafíos existentes para combatir el la pobreza energética y el cambio climático, esto se realizará en base a los resultados y conclusiones del diagnóstico. Además, se revisará bibliografía relacionada.

### **2.3.3 Tercera etapa: Idear**

En esta parte se utilizarán los conocimientos adquiridos y las conclusiones obtenidas de las etapas anteriores, con el fin de plantear propuestas de mitigación contra la pobreza energética y el cambio climático, centradas en el uso de energías renovables y tecnologías inteligentes.

### **2.3.4 Cuarta etapa: Prototipar**

En esta etapa se desarrollarán los prototipos conceptuales de las ideas propuesta con anterioridad, lo que consiste en realizar el estudio de factibilidad técnica, ya que se debe

diseñar cada idea por medio de cálculos, elección de equipos y simulaciones en el *Simulador Solar* y *Simulador Eólico*.

### **2.3.5 Quinta etapa: Evaluar**

Esta etapa consiste en evaluar los impactos que se podrían producir si se implementan las propuestas de solución, en realizar el análisis económico costo-beneficio y en priorizar las propuestas.

#### **I. Evaluar los impactos de las propuestas**

Se tiene que desarrollar un estudio del impacto social, ambiental y económico de las propuestas de mejora planteadas, donde se le dará un énfasis al estudio ambiental, ya que esta perspectiva es clave para mitigar la pobreza energética y el cambio climático.

#### **II. Realizar análisis costo-beneficio**

El análisis consiste en comparar los costos asociados a cada propuesta con los beneficios que se esperan obtener de ellas, estos últimos se relacionarán a los impactos identificados con anterioridad.

#### **III. Priorizar propuestas**

Se utilizará la matriz impacto-esfuerzo para realizar la priorización de las propuestas y de esa manera sugerir cuáles son las más convenientes para llevar a cabo.

### **2.3.5 Carta Gantt**

En la Tabla 4 se presenta la calendarización de actividades a seguir, la cual considera un periodo de catorce semanas, donde la primera semana inicia el 07 de abril y la última semana termina el 14 de julio. La planificación muestra cuándo se tiene que realizar cada una de las etapas del trabajo, las fechas de entrega y presentación de cada avance.

Tabla 4: Carta Gantt

Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14
Etapas de empatizar: Diagnóstico	Avanzar	Avanzar												
Etapas de definir: Requerimientos y desafíos		Avanzar	Avanzar											
Entregar Avance 1			27-abr											
Etapas de definir: Avances tecnológicos				Avanzar	Avanzar									
Etapas de definir: Avances reglamentarios						Avanzar	Avanzar							
Etapas de definir: Evaluación de impactos							Avanzar	Avanzar						
Etapas de idear: Propuestas de mejora								Avanzar	Avanzar					
Entregar Avance 2										14-jun				
Etapas de prototipar: Factibilidad técnica									Avanzar	Avanzar	Avanza			
Etapas de evaluar: Evaluación de impactos												Avanzar	avanzar	
Etapas de evaluar: Factibilidad económica													Avanzar	Avanzar
Entregar Borrador														12-jul

Fuente: Elaboración propia

# **CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

*En el presente capítulo se realiza el diagnóstico de la situación actual de la pobreza energética, cambio climático, energías renovables y tecnologías inteligentes en el país.*

## **3.1 Diagnóstico**

En este apartado se verá la situación actual de la pobreza energética en los ámbitos de acceso, equidad y calidad, además se analizará cómo el cambio climático ha afectado doce áreas relevantes para el país. Al mismo tiempo, se detallará el estado actual de las energías renovables y tecnologías inteligentes en Chile.

### **3.1.1 Pobreza energética**

Como se ha mencionado anteriormente la pobreza energética está relacionada con los conceptos de acceso, equidad y calidad, los cuales están sujetos a las necesidades fundamentales y básicas de energía, así como sus potenciales satisfactores y los servicios energéticos asociados. Esto constituye el umbral sociocultural, que involucra la necesidad de observar cómo se construye la demanda energética en el país y cómo esta se convierte en funcionamiento energético, tomando en cuenta las distintas condiciones geográficas y demográficas.

Para medir la pobreza energética se utilizan nueve indicadores (ver Tabla 5), los cuales se centran en el acceso y la equidad del servicio energético, la Red de Pobreza Energética propone que un hogar se encontrará en situación de pobreza energética cuando tengan al menos cuatro indicadores bajo el umbral de privación, independiente de la dimensión a la que correspondan.

A continuación, se detallará y mostrará la situación actual de los indicadores mencionados en la Tabla 5, los cuales se dividen en los aspectos de acceso, equidad y calidad.

Tabla 5: Indicadores de la pobreza energética

Dimensión	Indicador	Indicador
Alimentación e Higiene	Fuente de energía y artefacto utilizado para cocinar	Hogar utiliza parafina, leña húmeda (>25%) para cocinar
	Sistema de Agua Caliente Sanitaria	No tiene Sistema de Agua Caliente Sanitaria cuando exista pertinencia territorial
Iluminación y dispositivos eléctricos	Acceso a electricidad	Hogar no está conectado a la red de distribución eléctrica, con conexión ilegal o utiliza un generador propio cuya fuente de combustible se adquiere a más de una hora de la vivienda
	Índice de duración de interrupción promedio del sistema (SAIDI)	Suministro eléctrico tiene interrupciones promedio de más de 1 hora (sin considerar fuerza mayor)
Climatización de la vivienda	Fuente de energía y artefacto utilizado para calefaccionar	Hogar utiliza basura, carbón, leña húmeda (>25% humedad) o parafina para calefacción, mediante un artefacto que posee su fuente de combustión permanentemente abierta a la vivienda
	Eficiencia energética de la vivienda	Vivienda con eficiencia energética F o menor, o vivienda construida antes del 2001
	Confort térmico	Hogar declara pasar frío al interior de la vivienda durante los meses de invierno
Equidad en gasto energético	Gasto excesivo de energía	Ingreso disponible del hogar – (Costos de vivienda + Gasto energético del hogar) < Línea de pobreza equivalente
	Sub-gasto de energía	Gasto energético del hogar < ½ de la mediana de gastos de viviendas del mismo tipo y composición (dentro de los primeros 8 deciles)

Fuente: (Red de Pobreza Energética, 2019)

## I. Acceso al servicio energético

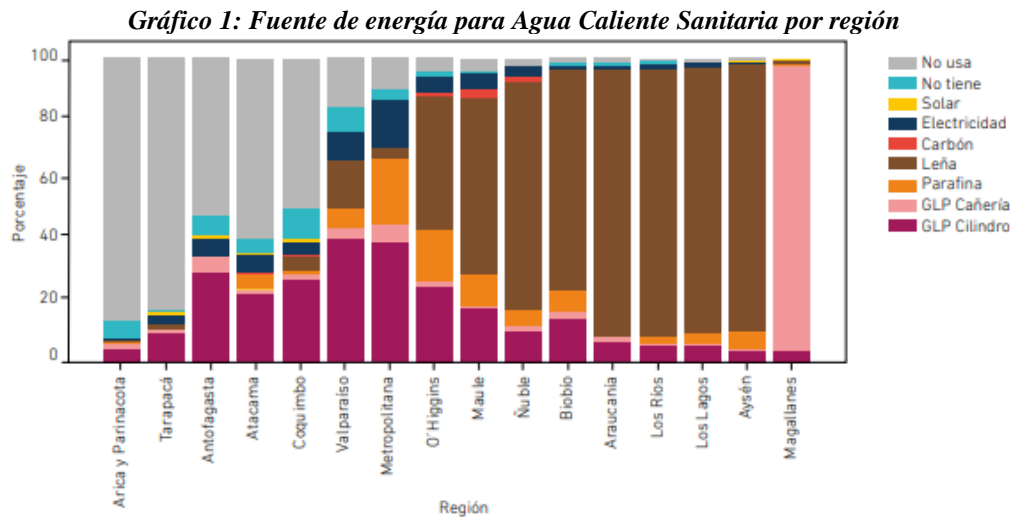
Esta dimensión se relaciona con los diferentes umbrales físicos que se constituyen en barreras de acceso a la energía, como la existencia de condiciones de conectividad, suministro y tecnologías apropiadas. Para ello se deben de considerar las limitaciones geográficas, de infraestructura y de tecnología.

Contar con acceso al servicio eléctrico es relevante para el progreso de las personas, ya que se ha demostrado el efecto positivo en el desarrollo socioeconómico, oportunidades educacionales y laborales de los miembros de un hogar, cuando éstos tienen acceso a la electricidad, tecnologías de información y comunicación (TIC) y a un ambiente libre de contaminantes atmosféricos (Rehfuess & OMS, 2006).

El acceso a la energía se puede dividir en tres aspectos, la alimentación e higiene, la iluminación y dispositivos eléctricos, y la climatización de la vivienda, cada uno de ellos tiene indicadores y parámetros que son medidos para dimensionar el problema de pobreza energética relacionada al acceso a los servicios eléctricos.

### ***Cocción de alimentos e higiene***

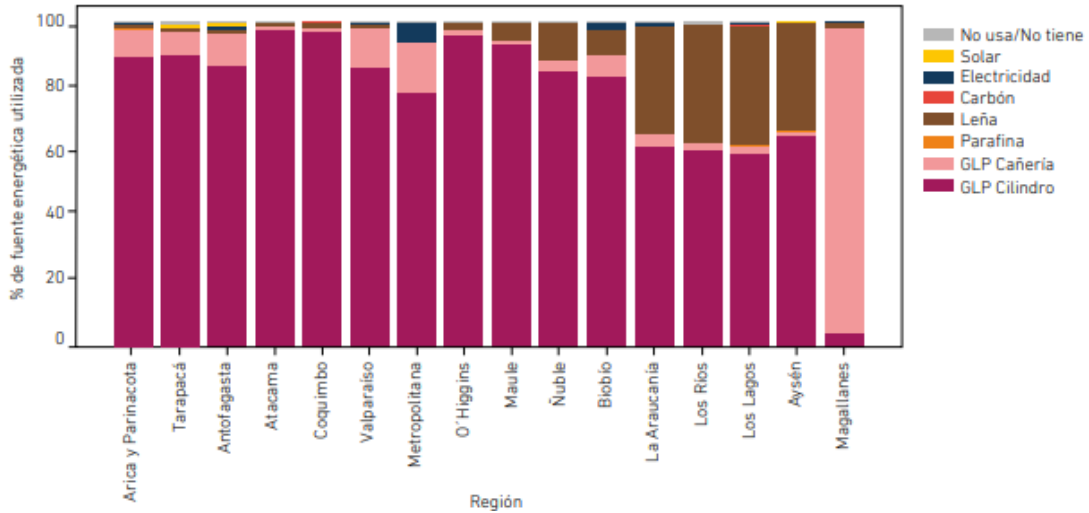
La Red de Pobreza Energética establece que el 11,1% de los hogares en Chile no utiliza o no cuenta con un sistema de agua caliente sanitaria en la vivienda, lo que es evidente en los quintiles más pobres y en las zonas rurales. En el Gráfico 1 se puede observar que se utilizan distintas fuentes de energías para calentar el agua, donde la mayoría de los hogares utilizan gas y solo 3,4% usan leña.



Fuente: (Red de Pobreza Energética, 2022)

Respecto a los alimentos el 6,7% de los hogares utilizan la leña como fuente de energía para su cocción, esto conlleva serios problemas a la salud, ya que la leña emite altos niveles de contaminantes, principalmente material particulado fino (MP2,5) el cual circula al interior de la vivienda.

Gráfico 2: Fuente de energía para la cocción por región



Fuente: (Red de Pobreza Energética, 2022)

El Gráfico 2 muestra que el gas licuado de petróleo (GLP) en cilindros es la principal fuente de energía utilizada por los hogares chilenos para la cocción de alimentos. Además, alrededor de un 30% de los hogares en las regiones de la zona sur utilizan leña para cocinar, lo que contribuye a los altos niveles de contaminación intradomiliaria.

Por otro lado, 25.937 viviendas no cuentan con un refrigerador para conservar sus alimentos y un 30% de las viviendas no cuenta con un refrigerador eficiente.

### ***Iluminación y dispositivos electrónicos***

La encuesta CASEN 2017 estableció que existen 29.642 viviendas sin energía y/o con suministro parcial lo que equivale a cerca 90.000 personas. El 17% de las viviendas tiene un suministro parcial y el 83% restante no cuenta con acceso a energía, lo que corresponde a 24.556 viviendas a nivel nacional y el 27% de esos hogares tienen algún proyecto de electrificación en construcción o próximo a construir. Además, 2.496 viviendas tienen un sistema individual de autogeneración de energía, donde 2.233 viviendas tienen un suministro parcial y 263 uno permanente.

Un factor importante que considerar es el índice SAIDI, el cual mide la duración de la interrupción del suministro eléctrico, donde el promedio nacional para el año 2020 fue de 12,1 horas y para el 2021 fue de 11,8 horas



Otro elemento crítico que se debe medir es la cantidad de electrodomésticos que pueden ser utilizados de forma simultánea y la calidad de las instalaciones eléctricas en el hogar. También se debe considerar la iluminación con la que cuenta el hogar, la cantidad de fuentes lumínicas eléctricas disponibles y la calidad de estas.

### ***Climatización de la vivienda***

La climatización de la vivienda es transcendental para mantener un buen estado de salud y calidad de vida en la población, para esto se debe contar con una temperatura confortable dentro del hogar. La OMS recomienda mantener en la vivienda entre 18[°C] y 23[°C] cuando se encuentre habitada, considerando que bajo los 16[°C] aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias y bajo los 12[°C] de enfermedades cardiovasculares (Collins, 1986; Press 2003).

El 29,6% de los hogares utiliza leña como fuente de energía para calefaccionar sus viviendas y cerca de un 4% usa leña húmeda o carbón (CDT, 2015), lo que contribuye a la fuertemente a la contaminación intradomiciliaria.

Dentro de la climatización de la vivienda es importante a considerar la eficiencia energética, ya que 66,2% de los hogares presenta problemas con este sentido, esto se debe a la calidad del revestimiento térmico de las viviendas, de las fuentes de energía y las tecnologías utilizadas. El problema de la eficiencia energética dificulta mantener un hogar a una temperatura estable y confortable, lo que genera que las personas pasen frío al interior de su vivienda, el 23% de los hogares en Chile declaran pasan por esta situación, lo que afecta directamente a la salud de las personas.

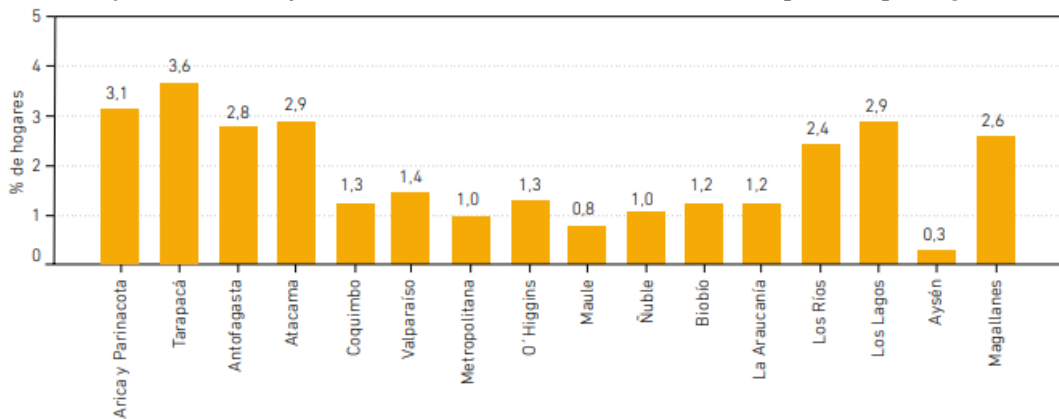
Es relevante estudiar la envolvente térmica de las viviendas, ya que es crucial para alcanzar niveles de confort térmico, debido a que es una de variable que determina la demanda energética. En el 2000 se hizo el primer reglamento nacional, donde se normaba la transmitancia térmica de la techumbre en las viviendas. En el 2007 se sumaron estándares para muros, ventanas y pisos ventilados. Luego en el 2015 se añadieron exigencias adicionales en nueve ciudades del centro-sur que cuentan con Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA), en esos caos existen mayores estándares de aislación para todos los elementos de la envolvente, mayores niveles de hermeticidad, mayor desempeño de puertas y

ventanas y se regula la cantidad de ventanas dependiendo de la orientación (Red de Pobreza Energética, 2019).

Por otro lado, la calidad de las edificaciones afecta la capacidad de la vivienda para lidiar con las altas temperaturas. En el verano se generan las islas de calor, que son características de la climatología urbana y las cuales suceden cada vez más seguido.

En el Gráfico 3 se presenta el porcentaje de viviendas construidas con materiales precarios por región, lo que en su totalidad corresponde al 1,3% de las viviendas del país, es decir, 90.164 viviendas.

**Gráfico 3: Porcentaje de viviendas construidas con materialidad precaria por región**



Fuente: (Red de Pobreza Energética, 2022)

Se considera materialidad precaria cuando las paredes exteriores son de tabique sin forro interior, de adobe, barro, quincha, pirca, materiales precarios (lata, cartón, plástico, etc.), el piso es de baldosa de cemento, cemento sobre tierra, tierra o que está directamente conectado al suelo, sin ventilación y cuando los techos son de paja, coirón, materiales precarios o sin cobertura de techo que provoca infiltraciones del exterior (Red de Pobreza Energética, 2022).

## II. Equidad del servicio energético

Esta dimensión está relacionada con los umbrales económicos y la asequibilidad a los servicios energéticos, se consideran dos aspectos dentro de esta dimensión. El primero es el gasto excesivo en servicios energéticos respecto a los ingresos mensuales, estos se ven afectados por la calidad y el costo de las fuentes de energía, la calidad de las edificaciones y

sus revestimientos térmicos. El segundo aspecto considera el confort térmico y lumínico, además de la capacidad de acceder a fuentes de energía y bienes asociados.

En algunos casos los miembros de un hogar sacrifican otras necesidades básicas para cubrir sus gastos efectivos de energía, el 22,6% de los hogares de los centros urbanos del país (EPF, 2017) se encuentran en esta situación, gastando en promedio cerca de \$41.000 en energía con un ingreso cercano a los \$332.000. Considerando solo los costos de electricidad, un hogar de 3 a 4 personas gasta alrededor de \$22.000 en Santiago y \$30.000 en regiones como La Araucanía (Asociación de Empresas Eléctricas, 2019). Estos valores pueden verse incrementados debido al alza en la electricidad lo que potenciaría el problema de pobreza energética.

### ***Gasto excesivo***

El gasto excesivo en energía tiene consecuencias sobre el bienestar y la salud de las personas, debido a que limita el presupuesto familiar para suplir otras necesidades (se conoce como pobreza energética oculta) y genera endeudamiento, situaciones que pueden provocar estrés.

Existen cerca de 1.160.426 de hogares de los centros urbanos chilenos (39,5%) que tienen un gasto excesivo o insuficiente en energía. Respecto al gasto excesivo, hay 22,6% de hogares que no pueden cubrir los costos de las necesidades básicas y sus gastos de energía.

### ***Sub-gasto***

Para el año 2017 se contabilizó que el 16,9% de las viviendas gasta menos comparándolos con hogares del mismo tipo y composición familiar (EPF, 2017), con un gasto promedio de \$11.800 y un ingreso familiar de \$578.900.

Diversos estudios han demostrado que los hogares consumen menos energía que lo estimado para alcanzar temperaturas de confort por modelos de simulación (Rojo, Fissore, & De Herde, 2017; CIVA, 2012).

### ***Confort térmico***

Otro termino asociado a la equidad del servicio energético es la sensación de frío, la cual está relacionada con el confort térmico, donde un 34% de las personas segmentadas como “pobres”, un 27% de los “vulnerables” y un 21% de la “clase media baja” declararon pasar

frío en el invierno del 2015 (ENE 2016). Estos datos junto a los presentados en el ítem Gasto excesivo demuestra que los segmentos más pobres del país gastan una mayor cantidad de su presupuesto en energía y son los que pasan más frío en invierno.

Como se mencionó en el apartado Climatización de la vivienda, es importante mantener una vivienda sin húmedas y en un rango de temperatura confortable, ya que una temperatura inferior puede tener repercusiones en la salud física y mental, provocando síntomas de ansiedad, depresión y otros trastornos del ánimo e incluso, bajo rendimiento escolar.

### **III. Calidad del servicio energético**

La calidad se refiere a los umbrales de tolerancia respecto de las fuentes de energía utilizadas, los servicios energéticos requeridos, las condiciones habitacionales, el acceso y la estabilidad del suministro de energía.

La eficiencia energética de las viviendas, la climatización y la estabilidad del suministro energético tienen una mayor relevancia ya que están directamente relacionadas con las proyecciones actuales del cambio climático y los riesgos de desastres socio-naturales.

#### ***Adecuación***

Hace referencia a que las tecnologías y fuentes de energía utilizadas para satisfacer las necesidades deben ser adecuadas. Por ejemplo, tecnologías debidamente certificadas para el uso requerido.

#### ***Confiabilidad***

Está relacionada con la frecuencia y duración de las interrupciones del servicio eléctrico que puedan limitar el cumplimiento de su función.

#### ***Seguridad***

Se asocia al riesgo de accidentes causados por el uso de servicios energéticos. Por ejemplo, existe el riesgo de un incendio si las fuentes de combustión a leña no se les realiza las mantenciones correspondientes.

### ***Contaminación intradomiciliaria***

Se refiere a la cantidad de material dañino para la salud que son emitidos por los servicios energético al interior y exterior de la vivienda, este último puede ocurrir debido a las malas condiciones de hermeticidad. La leña húmeda (humedad mayor al 25%) es de las materias primas que generan mayor nivel de emisiones de contaminantes.

### **3.1.2 Cambio climático**

Chile es un país altamente vulnerable al cambio climático, cumpliendo con la mayoría de los nueve criterios de vulnerabilidad enunciadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), a saber: posee áreas costeras de baja altura; zonas áridas y semiáridas; zonas de bosques; territorio susceptible a desastres naturales; áreas propensas a sequía y desertificación; zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; y ecosistemas montañosos. (Ministerio del Medio Ambiente, 2017)

De acuerdo con el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) 2017-2022, son doce las áreas que impactarán a nuestro país por los efectos del cambio climático:

#### **I. Temperatura**

Se registran aumentos de temperatura en el valle central y la cordillera, y en las zonas costeras ha disminuido la temperatura pero no de forma significativa. Los estudios indican que a futuro se experimentaría un aumento de las temperaturas en todo el país, siendo mayor en la zona norte (U. de Chile, 2012).

#### **II. Precipitación**

Las precipitaciones han disminuido drásticamente en la zona centro-sur del país y en la zona semiárida se han caracterizado por la sucesión de años lluviosos y sequías multianuales. Se espera que en el año 2030 las precipitaciones disminuyan entre un 5% y un 15%, para la zona comprendida entre las cuencas de los ríos Copiapó y Aysén.

#### **III. Eventos climáticos extremos**

Se espera un aumento de los eventos de sequía, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XXI, proyectándose hacia fines de siglo una ocurrencia de más de 10 veces en 30 años (CEPAL, 2009).

Como se mencionó anteriormente los eventos de precipitación extrema han disminuido en gran parte del país, pese a esto el número de eventos de alta precipitación con temperaturas elevadas irán en aumento.

#### **IV. Biodiversidad**

Se proyecta una pérdida importante del patrimonio genético nacional, caracterizado por un alto nivel de endemismo. Al año 2050, se estima que los pisos vegetacionales como el bosque caducifolio templado-antiboreal andino de *Nothofagus pumilio* y *Maytenus disticha*; el bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* y *Ribes punctatum*, y el bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* y *Prosopis chilensis* serían los más afectados ya que los bioclimas asociados a ellos parecen desconfigurarse (Santibáñez, y otros, 2013). También, se espera un efecto importante sobre los sistemas *hotspot* de biodiversidad, tales como los humedales alto andino en la zona norte y especies de flora endémicas clasificadas como vulnerables o en peligro de extinción (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).

#### **V. Recursos hídricos**

Se proyecta una reducción significativa de los caudales medios mensuales en las cuencas entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos (30 a 42°LS) y un elevación de la isoterma de 0[°C], que trae como consecuencia la reducción de las reservas de agua en las cabeceras de cuencas nivales y nivo-pluviales y el aumento del riesgo de desastre, durante eventos de precipitación extrema y altas temperaturas, durante los cuales aumenta considerablemente el caudal de los ríos, pudiendo generar inundaciones y aluviones. El retroceso de glaciares sería significativo, afectando los aportes de agua en los períodos secos. En el extremo austral (entre 50 y 55°LS), se espera un leve aumento de los caudales disponibles. Para el Norte Grande y Norte Chico, habría una mayor ocurrencia de períodos de escasez hídrica y eventos de lluvias extremas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).

#### **VI. Salud**

Los cambios en los niveles de precipitación, humedad y temperatura podrían aumentar la ocurrencia de algunas enfermedades y facilitar la introducción de otras. También, la disminución de la calidad y disponibilidad de agua y alimentos podría generar impactos en la

nutrición y calidad de vida de las personas. Además, el aumento de los eventos climáticos extremos podría tener impactos directos en la salud física y mental de las personas.

## **VII. Infraestructura**

Los eventos hidrometeorológicos extremos, como las precipitaciones extremas pueden provocar aluviones, aludes, desbordes de ríos e inundaciones, lo que pone en riesgo las infraestructuras construidas. Además, se espera un aumento en la intensidad y frecuencia de las marejadas, poniendo en riesgo a los habitantes y a las construcciones aledañas al borde costero.

## **VIII. Ciudades**

El aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones genera preocupación en las ciudades, ya que es donde se concentra la mayor cantidad de la población y la demanda del recurso hídrico va en aumento, por lo que se debe generar un plan de urbanización que considere una demanda superior en los servicios de agua potable, alcantarillado, salud, transporte y sistemas de energía. Además, se prevén graves problemas de contaminación atmosférica.

## **IX. Sector Silvoagropecuario**

Se prevé que los cultivos se trasladen al sur del país debido a la baja disponibilidad de agua para el riego, provocando cambios en la producción de alimentos influyendo directamente en la calidad y precio de ellos.

## **X. Pesca y acuicultura**

La captura de anchoveta podría verse incrementada si la temperatura superficial del mar (TSM) disminuye en  $0,02[^\circ\text{C}/\text{año}]$  pero ocurriría lo contrario si aumenta en  $0,034$  o  $0,025[^\circ\text{C}/\text{año}]$  (Yañez, Barbieri, Plaza, & Silva, 2014). Se esperan leves disminuciones (alrededor del 5%) en las capturas de la pesca con palangre del pez espada si la TSM aumenta entre  $1,0$  y  $2,3[^\circ\text{C}]$  hacia el año 2050 (Silva, Yañez, Barbieri, Bernal, & Aranís, 2015). El cambio climático podría reducir significativamente la capacidad reproductiva de peces pelágicos (anchoveta, jurel, sardina) en la surgencia de Humboldt (Brochier, y otros, 2013). El nivel medio del mar se incrementaría entre  $5$  y  $10[\text{cm}]$  al año 2050 y entre  $12$  y  $28[\text{cm}]$  al año 2100 (Fuenzalida, Schneider, Blancos, Garcés-Vargas, & Bravo, 2007).

## **XI. Turismo**

El norte del país se está convirtiendo en una zona más tropical lo que favorece el turismo en esa, sin embargo esta misma situación produce efectos negativos como el ascenso de la línea de nieves, el derretimiento de glaciares, la aceleración de los ciclos reproductivos de distintas plagas (Centro de Cambio Global, 2013) y la incidencia de eventos extremos.

En el sur de Chile los campos de hielo y glaciares de la zona austral se han visto afectados por el aumento en la temperatura, generando efectos negativos sobre el turismo, el cual es una actividad muy importante en la zona.

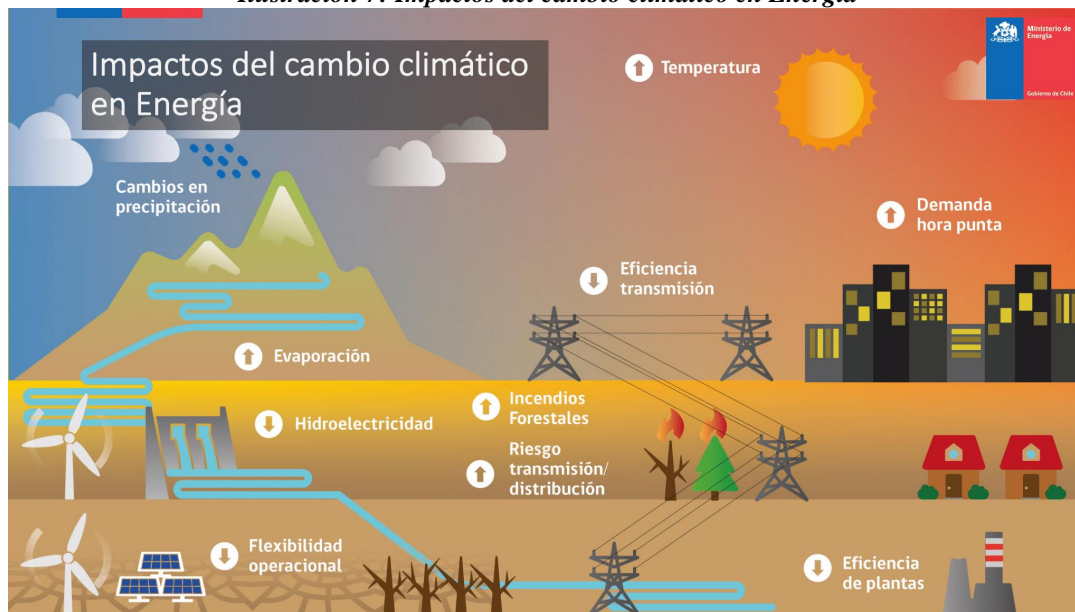
## **XII. Energía**

Los principales impactos están relacionados con la disponibilidad y la temporalidad de los caudales en cuencas con generación hidroeléctrica. Considerando el escenario A2 de emisiones de GEI, el potencial de generación hidroeléctrica del Sistema Interconectado Central (SIC) presentará disminuciones que irán de un 11% (período 2011-2040) a un 22% (período 2071-2099); para el escenario B2, las disminuciones de este potencial serían del orden de 10% y 16% para los mismos períodos (CEPAL, 2012).

Se podría esperar que las energías renovables fueran una solución concreta para el cambio climático, pero como se puede ver en la Ilustración 7 este tipo de energía también se verían afectada, ya que las corrientes de aire y los niveles de radiación solar van cambiando lo que genera una menor flexibilidad operacional. Además, a esto se le suma el aumento de demanda energética y el problema de las hidroeléctricas ya mencionado.



Ilustración 7: Impactos del cambio climático en Energía



Fuente: (Ministerio de Energía, 2020)

### 3.1.3 Energías renovables

Chile es un país con grandes ventajas para desarrollar plantas de energías renovables, tiene uno de los mayores niveles de radiación solar en el mundo, cuenta con fuertes vientos de norte a sur, posee una larga costa con la que puede progresar en energía marina, tiene una gran capacidad para desarrollar biogás y un recurso geotérmico a lo largo de nuestra cordillera.

En la Tabla 6 se presenta la capacidad instalada y la generación bruta de energía producida por energías renovables y no renovables, para diferentes años. También, se puede apreciar que la capacidad instalada y la generación bruta por medio energías renovables ha ido en alza, aumentado cerca de un 3% cada año.

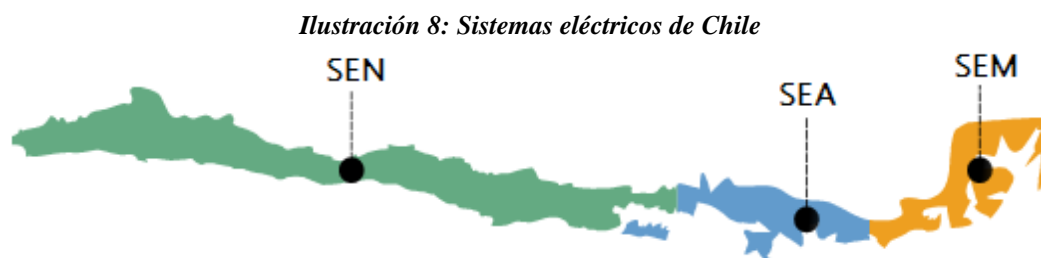
Tabla 6: Sistema Eléctrico en Chile

Capacidad Instalada	2017	2018	2019	2020
Energía Renovable [MW]	11.141	11.380	12.307	13.412
Energía No Renovable [MW]	12.570	13.175	12.905	12.899
<b>Total [MW]</b>	<b>23.729</b>	<b>24.586</b>	<b>25.512</b>	<b>26.310</b>

Generación Bruta	2017	2018	2019	2020
Energía Renovable [GWh]	31.525	34.792	34.108	36.125
Energía No Renovable [GWh]	42.562	41.393	43.204	41.626
<b>Total [GWh]</b>	<b>74.223</b>	<b>76.528</b>	<b>77.312</b>	<b>77.351</b>

Fuente: Elaboración propia basada en (Generadoras de Chile, 2019) (Generadoras de Chile, 2021)

En la Ilustración 8 se muestran los sistemas eléctricos presentes en Chile y la zona que cada sistema abastece.



*Fuente: (Comisión Nacional de Energía, 2022)*

El mercado eléctrico chileno está compuesto por tres sistemas independientes.

- **Sistema Eléctrico Nacional (SEN):** sistema compuesto por los antiguos sistemas Interconectado Central (SIC) e Interconectado del Norte Grande (SING). A enero de 2022 cuenta con una capacidad instalada de 31.466[MW] (Generadoras de Chile, 2021).
- **Sistema Eléctrico de Aysén (SEA):** sistema que produce electricidad para abastecer la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. A enero de 2022 posee una capacidad instalada neta de 66[MW] (Generadoras de Chile, 2021).
- **Sistema Eléctrico de Magallanes (SEM):** sistema que produce electricidad para abastecer las Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. A enero de 2022 posee una capacidad instalada neta de 116[MW] (Generadoras de Chile, 2021).

En la Tabla 7 se presentan la cantidad de plantas de energía renovables que se encuentran presentes en el país a diciembre de 2021. El número de centrales se eleva a 1.437, pero solo 506 se encuentran en operación.

*Tabla 7: Plantas de ERNC en Chile*

Estado de la planta	Hidráulica	Solar	Eólica	Bioenergía	Geotérmica
En calificación	1	159	21	1	0
Con resolución de calificación ambiental aprobado	49	383	57	11	0
En construcción	7	153	8	1	0
En pruebas	4	34	7	1	1
En operación	121	304	48	32	1
Caducado	7	1	4	1	0
Concesión	0	0	0	0	20

*Fuente: Elaboración propia basada en (Ministerio de Energía, 2021)*

Por lo que se puede apreciar en la Tabla 8 solo existen dos centrales de energía renovable en operación adheridas al SEA y una al SEM, las cuales corresponden a parques eólicos, esto significa que 99,41% de las centrales de energías renovables pertenecen al SEN.

*Tabla 8: Plantas de ERNC en operación por regiones*

Región	Hidráulico	Solar	Eólico	Bioenergía	Geotérmico
Arica y Parinacota	2	2	-	-	-
Tarapacá	4	9	-	-	-
Antofagasta	-	21	4	-	1
Atacama	1	24	5	-	-
Coquimbo	3	34	11	-	-
Valparaíso	3	47		2	-
Metropolitana de Santiago	12	51	-	6	-
O'Higgins	6	56	3	3	-
Maule	15	35	-	4	-
Ñuble	-	21	-	2	-
Biobío	18	4	14	12	-
La Araucanía	15	-	5	2	-
Los Ríos	19	-	-	1	-
Los Lagos	19	-	3	-	-
Aysén	4	-	2	-	-
Magallanes	-	-	1	-	-

*Fuente: Elaboración propia basada en (Ministerio de Energía, 2021)*

## I. Energía hidráulica

De acuerdo con el estudio de cuencas del Ministerio de Energía, en Chile existe un potencial hidroeléctrico de 15.938[MW], concentrando el mayor potencial en la cuenca del Biobío con un 18%, Baker con un 12% y Palena con un 11% (Ministerio de Energía, 2016).

La Tabla 7 indica que existen 121 centrales hidroeléctricas en operación, de las cuales casi el 59% se encuentran en la zona sur del país. Por otro lado, este tipo de energía es la que tiene mayor capacidad instalada y generación bruta de energía por parte de las energías renovables, teniendo más de un 50% de participación en cada categoría. Esto se puede observar en la Tabla 9.

**Tabla 9: Energía hidráulica en Chile**

<b>Año</b>	<b>Capacidad instalada [MW]</b>	<b>Capacidad instalada total ER [MW]</b>	<b>Generación bruta [GWh]</b>	<b>Generación bruta total ER [GWh]</b>
2017	6.737	11.141	21.808	31.525
2018	6.753	11.380	23.192	34.792
2019	6.827	12.307	20.797	34.108
2020	6.814	13.412	20.737	36.125

Fuente: Elaboración propia basada en (Generadoras de Chile, 2019) (Generadoras de Chile, 2021)

## II. Energía solar

En Chile la energía solar es la de segunda energía renovable con mayor participación, en cuanto a la capacidad instalada, con un valor entre 20% y 27% dependiendo del año, teniendo un aumento significativo desde el año 2019 al 2020.

**Tabla 10: Energía solar en Chile**

<b>Año</b>	<b>Capacidad instalada [MW]</b>	<b>Capacidad instalada total ER [MW]</b>	<b>Generación bruta [GWh]</b>	<b>Generación bruta total ER [GWh]</b>
2017	2.266	11.141	3.902	31.525
2018	2.412	11.380	5.325	34.792
2019	2.799	12.307	6.347	34.108
2020	3.575	13.412	7.638	36.125

Fuente: Elaboración propia basada en (Generadoras de Chile, 2019) (Generadoras de Chile, 2021)

En la Tabla 7 se puede observar que hay 304 plantas de energía solar en operación, donde el 70% de las centrales se concentran en la zona centro.

## III. Energía eólica

Durante las últimas décadas los costos de la tecnología eólica han disminuido notablemente y por ende la capacidad instalada ha aumentado (Generadoras de Chile, 2021). Por ejemplo, desde el año 2017 hasta el 2020 la capacidad instalada aumento poco más de 1.000[MW], lo que representa un 78% de crecimiento.

La cantidad de electricidad generada por parte de la energía eólica corresponde a un 15% para el año 2020, en el contexto de las energías renovables.

**Tabla 11: Energía eólica en Chile**

<b>Año</b>	<b>Capacidad instalada [MW]</b>	<b>Capacidad instalada total ER [MW]</b>	<b>Generación bruta [GWh]</b>	<b>Generación bruta total ER [GWh]</b>
2017	1.420	11.141	3.552	31.525
2018	1.741	11.380	3.922	34.792
2019	2.162	12.307	4.812	34.108
2020	2.527	13.412	5.537	36.125

Fuente: Elaboración propia basada en (Generadoras de Chile, 2019) (Generadoras de Chile, 2021)

Para fines de 2021 había 48 parques eólicos en operación a lo largo de Chile, pero en la zona norte y sur se encontraban la mayoría de las centrales, con más del 40% en cada zona.

#### **IV. Bioenergía**

La participación de la bioenergía en la capacidad instalada y la generación bruta de electricidad ha ido disminuyendo con el paso de los años, teniendo un 3,4% y 5,1% respectivamente de participación para el año 2020.

**Tabla 12: Bioenergía en Chile**

<b>Año</b>	<b>Capacidad instalada [MW]</b>	<b>Capacidad instalada total ER [MW]</b>	<b>Generación bruta [GWh]</b>	<b>Generación bruta total ER [GWh]</b>
2017	664	11.141	2.199	31.525
2018	429	11.380	2.139	34.792
2019	474	12.307	1.820	34.108
2020	451	13.412	1.833	36.125

Fuente: Elaboración propia con información de (Generadoras de Chile, 2019) (Generadoras de Chile, 2021)

En la Tabla 7 se puede apreciar que para 2021 existían 32 centrales en operación, de las cuales 17 se están en la zona centro y 15 en la zona sur.

#### **V. Energía geotérmica**

El potencial de energía geotérmica es muy grande, pero sólo una fracción puede ser utilizada dependiendo de las condiciones geológicas. Chile al formar parte del cinturón de Fuego del Pacífico contiene un gran potencial geotérmico estimado en 2.000[MW] en el norte grande y 1.350[MW] en la zona central (Generadoras de Chile, 2021), pero para el 2020 solo contaba con 45[MW] de capacidad instalada, por lo que falta desarrollar aún más este tipo de energía.

Tabla 13: Energía Geotérmica en Chile

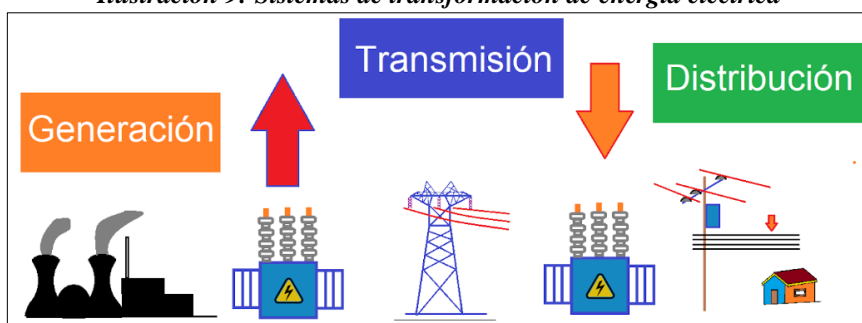
Año	Capacidad instalada [MW]	Capacidad instalada total ER [MW]	Generación bruta [GWh]	Generación bruta total ER [GWh]
2017	55	11.141	64	31.525
2018	45	11.380	214	34.792
2019	45	12.307	202	34.108
2020	45	13.412	246	36.125

Fuente: Elaboración propia basada en (Generadoras de Chile, 2019) (Generadoras de Chile, 2021)

### 3.1.4 Tecnologías inteligentes

Considerando el contexto del proyecto que se está realizando, primero se debe de analizar la situación actual del proceso de transformación de energía eléctrica y luego se debe examinar los subsistemas de *smart grids* y *smart metering*.

Ilustración 9: Sistemas de transformación de energía eléctrica



Fuente: (Área Tecnología, 2021)

La Ilustración 9 representa los sistemas existentes en el proceso de transformación de energía eléctrica, los cuales serán explicados a continuación.

- **Sistema de generación de energía eléctrica:** la energía puede ser generada por cualquier tipo de planta productora, como hidroeléctrica, termoeléctrica, centrales solares, granjas eólicas, etc.
- **Sistema de transmisión de energía eléctrica:** consiste en transportar grandes cantidades de energía eléctrica por medio de líneas de alta tensión, las cuales están configuradas por torres aéreas o líneas subterráneas, que conectan los centros de generación con los centros de consumo. Este sistema está compuesto por transformadores, equipos de protección y de control.

- **Sistema de distribución de energía eléctrica:** corresponde a distribuir la energía hacia los consumidores finales y esta constituidos por las líneas, subestaciones y equipos que permiten prestar el servicio de distribución de electricidad.

Los sistemas de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica están a cargo de empresas del sector eléctrico, las cuales pueden ser públicas o privadas. En la Tabla 14 se puede observar el número de empresas que existen en Chile en el área de generación, transmisión y distribución de energía.

**Tabla 14: Cantidad de empresas del sector eléctrico en Chile**

	<b>Generadoras</b>	<b>Transmisoras</b>	<b>Distribuidoras</b>
N° de empresas	212	49	26

Fuente: Elaboración propia basada en (Coordinador Eléctrico Nacional, 2022)

El número de empresas generadoras es muy superior que los otros dos tipos de empresas, esto se debe a que hay un número elevado de centrales de generación de energía de distintos tipos y potencias.

*Smart grid* consiste en la evolución de la red eléctrica tradicional a una red eléctrica inteligente con flujos de energía y datos bidireccionales, conformando un sistema cibernético (de información y control) y ciberfísico de carácter complejo y dinámico, ambos basados en la retroalimentación y auto-regulación (Cigre, 2022).

*Smart metering* se basa en el uso de *smart meters*, el cual es un medidor eléctrico digital que recopila información sobre el uso de la energía y la envía de forma segura al centro de operaciones y control de la *smart grid* (Fundación Endesa, 2022). Además, este sistema optimiza la distribución y la generación de energía eléctrica, lo que mejora la eficiencia energética, el ahorro de energía, los servicios innovadores, el empoderamiento del consumidor, la protección ambiental y la eficiencia de la red de distribución.

En el distrito ciudad empresarial de Santiago y en tres sectores residenciales cercanos se implementó un proyecto sobre un prototipo de barrio inteligente y fue desarrollado por Enel Distribución. El proyecto consistía en instalar 100 *smart meters*, sistemas de iluminación inteligente y eficiente en espacios públicos y privados, sistemas de automatización de la red y

la incorporación de vehículos eléctricos, evaluando los aspectos económicos, técnicos y sociales.

En febrero de 2019 se aprobó la Ley N° 21.076 que modificó la Ley General de Servicios Eléctricos, con el fin de imponer a la empresa distribuidora de energía la obligación de solventar el retiro y reposición del empalme y medidor en caso de inutilización de las instalaciones por fuerza mayor, quedando la propiedad de los medidores en las empresas (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2019).



# **CAPÍTULO 4: AVANCES TECNOLÓGICOS Y REGLAMENTARIOS**

*En el presente capítulo se presentan avances tecnológicos por cada una de las energías renovables anteriormente vistas y avances reglamentarios auspiciados por el gobierno de Chile.*

## 4.1 Avances

Un avance consiste en el progreso o mejora de una situación u objeto, en el contexto del proyecto que se está realizando se debe de investigar los avances tecnológicos y reglamentados centrados en la generación de energía, eficiencia y ahorro energético.

### 4.1.1 Avances tecnológicos

Las investigaciones, estudios y avances tecnológicos son clave para desarrollar soluciones que combatan el cambio climático y el aumento de la demanda de energía, lo principal es enfocar las ideas de solución en las energías renovables, es por esto que se ha recopilado información sobre los recientes avances tecnológicos en energía hidráulica, solar, eólica, geotérmica y bioenergía. A continuación, se detallará cada uno de los avances encontrados para cada tipo de energía renovable anteriormente mencionado.

#### I. Energía hidráulica

La energía hidráulica funciona principalmente en el ámbito industrial, es por esto que los avances tecnológicos están enfocados en esa área. Los avances se centran en maximizar la producción de energía y en utilizar la tecnología para lograr un mejor funcionamiento y evitar fallas.

- **Central hidroeléctrica reversible:** este tipo central hidroeléctrica funciona como todas las demás, aprovecha la energía potencial del agua para generar electricidad, pero a su vez tiene la capacidad de funcionar de forma inversa, consume energía eléctrica para elevar agua y de esa manera aumentar su energía potencial. Cuando la demanda energética es baja la central funciona en modo bombeo para almacenar agua y cuando la demanda es alta funciona en modo de turbina para generar electricidad (twenergy, 2019).
- **Monitoreo y mantenimiento asistido:** corresponde a utilizar tecnologías innovadoras para mejorar la seguridad y el rendimiento de las centrales. Se puede implementar el uso drones y robots que faciliten las inspecciones en lugares de difícil acceso, que controlen el estado de la planta tanto en el exterior como en el interior y que optimicen la frecuencia y el proceso de mantenimiento (Enel Green Power, 2018).

- **Digitalización:** consiste en incorporar el uso del internet de las cosas (IoT) y sensores inalámbricos en distintos procesos y equipos, esto permitirá recolectar una gran cantidad de datos, los cuales serán analizados para lograr un diagnóstico inteligente y un mantenimiento predictivo. La incorporación de estas tecnologías permitirá reducir costos en las instalaciones y mejorar la eficiencia de las operaciones (Enel Green Power, 2018).

## II. Energía solar

La energía solar es una de las energías que más se adaptan a la vida urbana, ya que es más fácil de incorporar debido a su tamaño y no interfiere en las actividades diarias de los humanos, es por esto que muchos de los avances están enfocados en soluciones urbanas que maximizan la generación de energía mediante nuevos formatos de paneles solares fotovoltaicos. Por otro lado, existen avances enfocados en la industria que tienen que ver con el uso de la tecnología para el monitoreo asistido de centrales y el pronóstico de generación de energía en base a la radiación solar

- **Ventanas solares:** mediante la aplicación de diferentes tecnologías una ventana podría utilizarse como un panel solar transparente, capaz de generar electricidad a través de ondas infrarrojas y ultravioletas. Esta tecnología tiene inconvenientes como un alto costo de producción y una eficiencia baja, sin embargo, la mayor ventaja que tienen las ventanas solares es la facilidad de incorporarlas a los edificios sin que utilicen espacio extra (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2022).
- **Hidricity:** es un sistema inventado por investigadores de Estados Unidos y Suiza, el cual consiste en la cogeneración de electricidad a través de energía solar térmica y de hidrógeno. Se propone aumentar la temperatura de funcionamiento a 725°C en las centrales de energía termosolar o termoeléctrica con el objetivo de separar los componentes del agua (hidrógeno y oxígeno) para almacenarlos y utilizarlos como fuente energía en las noches (Noticias de la ciencia, 2020).
- **Solar roadways:** consiste en formar estacionamientos, aceras, caminos de acceso, ciclovías y carreteras con paneles solares, lo que ayudará a producir energía eléctrica en los lugares que antes era imposible, además, ayudará con el problema de espacio en

las grandes ciudades. En este caso los paneles solares utilizados deben ser de estructura fuerte, modulares e inteligentes (Solar Roadways, 2021).

- **Celdas solares en tándem:** son celdas individuales que se encuentran apiladas una sobre la otra, cada una de ellas convierte una longitud de onda específica en energía, dejando que la luz restante sea absorbida y convertida en electricidad en la celda de abajo. Esta tecnología ha permitido elaborar las celdas solares más eficientes del mundo, permitiendo convertir el 46% de la luz en electricidad. El gran problema de este tipo de celdas solares es su costo de fabricación debido al valor de los materiales, esto no ha permitido que se habrá pasa en el mercado (International Renewable Energy Agency, 2019).
- **Passivated emitter rear cell (PER):** este tipo de celdas están formadas por silicio y su construcción no es muy diferente a las celdas típicas (monocristalina), la diferencia que tienen es que las celdas PER tienen añadida una capa de pasividad de la superficie posterior que mejora la eficiencia de la celda a través de la reducción de recombinación de electrones, el aumento de la absorción de la luz y el aumento de la reflectividad interna (International Renewable Energy Agency, 2019). La implementación de la capa de pasividad aumenta cerca de un 1% la eficiencia absoluta (Shravan, K. and Chunduri, K., 2018).
- **Módulos solares bifaciales:** este tipo de módulos pueden captar luz por la parte frontal y posterior del panel, esto se debe a que se captura la luz reflejada por el suelo. Al incorporar la tecnología PER la eficiencia efectiva a corto plazo puede mejorar del 5% al 20%. A pesar del desarrollo tecnológico que han tenido estos módulos aún existen obstáculos que superar como la falta de un estándar internacional de pruebas, no hay puntos en común para el etiquetado de energía o la fijación de precios, y la simulación de rendimiento y cuestiones de bancabilidad (International Renewable Energy Agency, 2019).
- **Tejas solares:** son paneles solares, los cuales están diseñados para asemejarse a los materiales comúnmente utilizados en los techos y producir electricidad. Las tejas solares tienen varias ventajas, la primera es que eliminan la necesidad de cinta, ya que se conectan las celdas como tejas. En segundo lugar, al eliminar la cinta de los paneles mejora su estética debido a que los módulos quedan de un color

homogéneo. Finalmente, por el diseño técnico que tienen las tejas se produce una disminución en el sombreado y mejora la potencia de salida de la celda (International Renewable Energy Agency, 2019).

- **Sistemas fotovoltaicos integrados en construcciones:** son sistemas que se pueden aplicar en distintas superficies como techos (tejas solares), ventanas y paredes. Esta tecnología es una solución rentable, ya que a pesar de su costo se produce un ahorro por materiales relacionados al revestimiento de las construcciones, cumple con una multifuncionalidad debido a que genera electricidad y funciona como aislante térmico y acústico, además, puede tener un diseño versátil por forma, tamaño y color. La Unión Europea (EU) está desarrollando un proyecto, el cual consta de crear paneles solares aptos para integrarlos a las construcciones, generando un sistema de gestión de energía y herramientas de diseño arquitectónico (International Renewable Energy Agency, 2020).
- **Sistemas solares fotovoltaicos-térmicos:** es un sistema híbrido que tiene un diseño integrado y características técnicas para producir energía eléctrica y calor. Este sistema consta de un panel solar fotovoltaico y un sistema de refrigeración para enfriar las celdas solares, lo que produce un aumento en la eficiencia de generación de electricidad, además, el sistema permite para capturar el calor del sistema fotovoltaico para utilizarlo en la calefacción de espacios, agua y procesos (International Renewable Energy Agency, 2019).
- **Paneles fotovoltaicos flotantes:** es un mercado emergente y que tiene una alta demanda en islas y zonas geográficas donde la tierra es escasa. Además, el costo de la superficie del agua es generalmente más bajo que el costo de la tierra.  
Los módulos vidrio-vidrio van sobre rieles especiales, de manera que los módulos estarán en contacto permanente con una membrana térmica que se encuentra en la superficie del agua (Willuhn, M., 2019a).
- **Árboles solares:** en este caso las hojas de los árboles están compuestas por paneles solares, las cuales están conectados a través de metal (se asemeja a las ramas). Este nuevo formato de paneles solares más ergonómicos que los típicos paneles planos y grandes, ocupando casi 100 veces menos espacio para producir la misma cantidad de

electricidad que una planta solar horizontal (International Renewable Energy Agency, 2019).

- **Monitoreo asistido de centrales fotovoltaicas:** debido al aumento que ha tenido el mercado de energía solar, se ha necesitado incorporar tecnología inteligente en diferentes procesos, como es el caso del monitoreo. En esta etapa se ha tenido que innovar para mejorar la capacidad de identificación de fallas y para aumentar el rendimiento de la planta, para esto se han utilizado drones, con los cuales se pueden realizar una inspección larga distancia y de manera más fácil, también, se han utilizado algoritmos para predecir la confiabilidad de los equipos a través de datos históricos y se ha automatizado el mantenimiento, ya sea el preventivo o de emergencia (International Renewable Energy Agency, 2019).
- **Pronóstico de producción de energía de centrales fotovoltaicas:** al depender de las variables climáticas la producción de una planta de energía solar puede ser incierta en algunos momentos, es por esto que se están implementando modelos de simulación y predicción meteorológica para pronosticar la producción de energía en un lapsus de 48 horas. Además, el internet de las cosas (IoT) se puede utilizar para conectar los equipos y la nube o la infraestructura del centro de datos (International Renewable Energy Agency, 2019).

## II. Energía eólica

Al igual que la energía solar la energía eólica se adapta más a la vida urbana debido a los distintos diseños de aerogeneradores, ya que dependiendo de su forma y tamaño es donde se pueden instalar. Los avances tecnológicos que se presentarán incluyen distintos formatos de aerogeneradores especialmente para uso urbano, un formato de aerogenerador sin aspas el cual tiene un impacto menor en el medio ambiente y el uso de tecnologías para la digitalización de las centrales eólicas.

- **Aerogenerador eólico portátil:** son turbinas eólicas plegables de eje horizontal y su tamaño va desde los 0,5[m] hasta 1[m] de alto sin contar el radio de giro de las aspas. Principalmente se usan para cargar objetos electrónicos de pequeño tamaño, como los *smartphones* (Shine Turbine, 2022) (Dazne, s.f.).

- **Árboles eólicos:** se parece a un árbol típico solo que sus hojas son turbinas eólicas de eje vertical, la velocidad del viento con la que puede operar debe ser mínimo de 2,5[m/s]. Existen distintos modelos de árboles eólicos, los cuales pueden producir una energía de 4,2[kW] hasta 10,8[kW], y algunos modelos combinan la tecnología eólica y solar (Aeroleaf, 2022).
- **Aerogenerador SuSi:** corresponde a un aerogenerador compuesto varias turbinas Savonius (aspas en forma de S y de eje vertical) apiladas una sobre la otra, para generar energía necesita una velocidad mínima de 6[m/s]. El aerogenerador es un dispositivo de bajo costo, fácil de instalar y de materiales ecológicos, sus dimensiones son de 1,5[m] de ancho y hasta 10[m] de alto y puede suministrar 12[V] de corriente continua que se almacenan en baterías (EURO Wind Power, 2020)
- **Aerogenerador sin aspas:** es un cilindro vertical y tiene una varilla elástica. Para generar energía se necesita un alternador que funciona por medio de las corrientes de viento que provoca la oscilación del cilindro. Este tipo de turbinas son menos costosas que las tradicionales, ya que son más fáciles de transportar, utilizan menos materiales, necesitan menos mantenciones, además, generan un impacto ambiental menor, pero producen menor cantidad de energía (Shterev, 2021).
- **Sistema híbrido eólico-solar:** consiste en utilizar ambos sistemas para maximizar la captación de los recursos de sol y viento, con el objetivo de generar más energía y electricidad. Este tipo de sistemas son costosos, ya que utiliza paneles solares, turbinas eólicas y se recomienda el uso de baterías (Inarquia, 2020).
- **Digitalización:** para la energía eólica es importante la digitalización debido a que se puede aplicar a distintos procesos para mejorar la eficiencia de las operaciones. La digitalización puede utilizarse en el diseño de las turbinas, en procedimientos de certificación, en el control, mantenimiento y diagnóstico de las plantas y equipos (Plataforma Eolica Tecnologica, 2019).

#### IV. Bioenergía

La mayor parte de la energía que se produce por bio componentes es en el ámbito industrial, es por esto que los avances tecnológicos detallados se centraron en esta área, los cuales tienen

que ver con la reutilización de antiguas centrales de carbón y con la digitalización de las centrales de bioenergía.

- **Reutilización de centrales de carbón:** las centrales termoeléctricas se pueden convertir en plantas que utilicen combustibles limpios y eficientes para la generación de energía, para lograr la conversión se necesita mantener el generador y cambiar las calderas o turbinas por otras que usen combustibles menos contaminantes. De esa manera se podrá aumentar la vida útil de la central y evitar la generación de residuos (Generadoras de Chile, 2021).
- **Digitalización:** se ha realizado un proyecto donde se planteó una digitalización completa, desde el nivel de campo al de información, orientada al despliegue de una herramienta analítica de la eficiencia energética en referencia al tipo y forma de producción. Para la digitalización se utilizó el internet de las cosas (IoT), sensores, automatización, almacenamiento de datos, SCADA y gemelos digitales, la aplicación de estas tecnologías permite la mejora del rendimiento productivo, energético y de sostenibilidad del proceso industrial (Energetica21, 2021).

## V. Energía geotérmica

La energía geotérmica es difícil de obtener, ya que se necesitan equipos especializados y se deben realizar perforaciones en la tierra, debido a esto los avances que se presentarán están centrados en obtener el calor de la tierra de una forma eficiente, utilizando menos recursos y que las condiciones de funcionamiento de los equipos sean menos estrictas. Además, se presentan ideas para implementar el uso de tecnología en el monitoreo y mantenimiento de las centrales geotérmicas.

- **Sistema *climeon heat power*:** se basa en los principios de un ciclo de Rankine orgánico, pero funciona a niveles de presión más bajo, para generar electricidad se utiliza la diferencia de temperatura entre el agua fría y caliente, donde esta última puede estar entre 80-130[°C]. Este sistema tiene una capacidad instalada de 150[kW], y está compuesto por un evaporador, una turbina-generador y un sistema de refrigeración (Climeon, 2018).



- **Pozo geotérmico sub-horizontal:** consiste en realizar perforaciones horizontales (90°) en la tierra para obtener un mayor flujo de agua caliente y un aumento en la producción de calor, de esa forma se podrá producir más energía y disminuir la cantidad de pozos necesarios (Geotermia Online, 2018).
- **Turbinas axiales de alta eficiencia:** un turbogenerador de ciclo orgánico de Rankine puede utilizar una turbina axial de cinco etapas, la cual optimiza su rendimiento con una velocidad de rotación de 1.500[rpm], garantizando un buen funcionamiento. Además, mejorará el rendimiento de la planta geotérmica bajo distintas condiciones ambiental (FuturEnergy, 2016).
- **SmartGeo:** corresponde a un diagnóstico remoto que permite el uso de tecnologías digitales (sensores y sistemas de medición) para predecir el rendimiento de la planta geotérmica, mediante la recopilación y análisis de datos. El objetivo de este método de diagnóstico es reducir las ineficiencias en las operaciones y fallas en los equipos, para aumentar la capacidad de producción la planta (Jorquera, 2018).
- **Mantenimiento predictivo:** consiste en la utilización de un *software* de mantenimiento predictivo, el cual permitirá mejor la planificación de las mantenciones, con el objetivo de optimizar el funcionamiento de las plantas geotérmicas que posean bombas de calor sumergibles. En general, el *software* supervisa y analiza las operaciones de las bombas de calor utilizando modelos de detección de anomalías basadas en datos operativos históricos (Enel Green Power, 2019).

En la Tabla 15 se presenta un listado de los avances tecnológicos.

Tabla 15: Resumen de los avances tecnológicos

Tipo de energía	Avance
Hidráulica	Central hidroeléctrica reversible
	Monitoreo y mantenimiento asistido
	Digitalización
Solar	Ventanas solares
	<i>Hidricity</i>
	<i>Solar roadways</i>
	Celdas solares en tandem
	<i>Passivated emitter rear cell</i>
	Módulos solares bifaciales
	Tejas solares
	Sistemas fotovoltaicos integrados en construcciones
	Sistemas solares fotovoltaico-térmicos
	Paneles fotovoltaicos flotantes
	Árboles solares
	Monitoreo asistido de centrales fotovoltaicas
	Pronóstico de producción de energía de centrales fotovoltaicas
	Eólica
Árboles eólicos	
Aerogenerador SuSi	
Aerogenerador sin aspas	
Sistema híbrido eólico-solar	
Digitalización	
Bioenergía	Reutilización de centrales de carbón
	Digitalización
Geotérmica	Sistema <i>climeon heat power</i>
	Pozo geotérmico sub-horizontal
	Turbinas axiales de alta eficiencia
	<i>SmartGeo</i>
	Mantenimiento predictivo

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Avances reglamentarios

En este apartado se presentarán los avances reglamentarios, como programas, planes o subsidios, que hayan sido propuestos e implementados por los distintos gobiernos y que actualmente estén vigentes. Los avances están clasificados según el objetivo principal de la iniciativa.

##### I. Suministro de energía eléctrica

Este tipo de avance consiste en dar acceso a la población a una fuente de energía eléctrica más limpia, por medio de la incorporación de sistemas de autogeneración de energía.

- **Programa casa solar:** corresponde a un subsidio (cofinanciamiento), el cual incluye la instalación e implementación de un sistema fotovoltaico en la vivienda. Para la temporada 2021-2022 se entregarán 3.500 sistemas fotovoltaicos de 1[kWp] o 2[kWp], dependiendo de la evaluación técnica de las techumbres. Estos sistemas permitirán un ahorro anual estimado de \$150.000 a \$300.000 (Bonos del gobierno, 2021).
- **Programa ponle energía a tu PYME:** corresponde a un programa que tiene como beneficiarios a dos tipos de empresas. Por un lado están las MIPYMES que acceden al programa por lo que son beneficiarios directos, ya que ellas pueden acceder a un cofinanciamiento de \$4.500.000 hasta \$15.000.000 para financiar iniciativas de eficiencia energética y energías renovables de autoconsumo con el objetivo de disminuir sus costos de electricidad y combustible. Por otro lado, las MIPYMES del sector energético se ven beneficiadas debido a que ellas serán las responsables de implementar las iniciativas. El programa en general es una oportunidad de sostenibilidad económica, social y ambiental, en un contexto de alta complejidad (Ministerio de Energía, 2020).

## II. Suministro de energía térmica

Consiste en la implementación de sistemas solares térmicos para que la población pueda acceder a agua caliente sanitaria (ACS) sin tener que dejar de lado otras necesidades.

- **Ley 20.365:** en 2016 se renovó la vigencia de esta ley, la cual consiste en una franquicia tributaria para la instalación de sistemas solares térmicos y se agregó un subsidio directo para la provisión de esta tecnología en viviendas sociales nuevas (Ministerio de Energía, 2015). Estos dos ejes se explicarán a continuación:
  - **Franquicia tributaria:** permite a las empresas constructoras acceder a un crédito equivalente a un porcentaje del costo del sistema solar térmico más el valor de instalación según el valor de la vivienda.
  - **Subsidio para viviendas sociales nuevas:** está dirigido a familias vulnerables que se canalizan a través de la entidad patrocinante o empresa constructora. El subsidio incluye parte del costo o el costo total de un sistema solar térmico, su instalación, programa de mantención por 5 años y el refuerzo de la techumbre.

- **Subsidio de sistemas solares térmicos:** para acceder a este subsidio hay que postular al programa mejoramiento de viviendas y barrios, ser del 80% más vulnerable del país y ser propietario de una vivienda ya existente, de esa manera se podrá optar a la instalación de sistemas solares térmicos (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

### **III. Suministro de energía global**

Está relacionado con el acceso al suministro energético, especialmente a la electricidad, ya que las zonas más aisladas del país son las que tienen la peor conexión al sistema eléctrico y por lo mismo se busca incentivar la implantación de centrales o de sistemas de autogeneración de energía basados en las energías renovables no convencionales.

- **Programa de acceso y mejoramiento del suministro energético en viviendas para localidades aisladas e islas:** el objetivo del programa es otorgar un servicio energético permanente y continuo a las familias que viven en localidades rurales, comunidades indígenas e islas. Esta iniciativa es financiada a través de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, de los Gobiernos Regionales, proyectos de electrificación y proyectos de mejoramiento del suministro eléctrico (Ministerio de Energía, 2020).
- **Programa de apoyo al desarrollo de energías renovables no convencionales:** su objetivo es incentivar la inversión de los privados en materia de energías renovables para aportar kilowatts de capacidad potencial al sistema eléctrico, sin importar el sector económico de aplicación y el tamaño de los proyectos. Para lograr el objetivo del programa se deben de implementar instrumentos de fomento, como publicar información y estudios sobre ERNC, perfeccionar el marco regulatorio y la gestión de permisos sectoriales para las ERNC (Ministerio de Energía, 2022).

### **IV. Suministro de energía en servicios públicos**

En este apartado están las iniciativas que impactan directamente en el funcionamiento de los servicios públicos.

- **Estado verde:** se centra en cambiar la cultura ambiental de los trabajadores públicos, se enseña que con simples acciones pueden aportar al ahorro energético y de recursos,

y se incentiva el desarrollo de iniciativas que mejoren la eficiencia y que disminuyan los impactos ambientales (Ministerio de Energía, 2021).

- **Programa comuna energética:** es una herramienta de gestión y acreditación para las comunas de Chile, cuyo objetivo principal es diseñar planes e implementar acciones orientadas a la planificación energética de las comunas (Ministerio de Energía, 2017).
  - **Certificación ambiental municipal:** es un sistema integral de carácter voluntario, que permite a los municipios instalarse en el territorio como modelo de gestión ambiental, donde el factor ambiental está integrado por la orgánica municipal, la infraestructura, el personal, los procedimientos internos y los servicios que presta el municipio a la comunidad (Ministerio del Medio Ambiente, 2021).
- **Proyectos de recambio masivo de alumbrado público:** consiste en cambiar el alumbrado público de las comunas del país, donde se incorpora las luces LED, las cuales son más eficientes que focos utilizados actualmente. Las comunas que se ven beneficiadas son las que tiene un alumbrado público ineficiente o antiguo (Agencia de Sostenibilidad Energetica, 2022).

## V. Equidad en gasto energético

Se presentan dos leyes que están centradas en el gasto energético, ya que las tarifas deben ser más equitativas y se debe fomentar la utilización de sistemas de autogeneración de energía.

- **Ley 20.571:** esta ley es conocida como *Net Billing* o Generación Distribuida, permite la autogeneración de energía en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y la cogeneración eficiente. Les otorga el derecho a los clientes regulados de vender sus excedentes de energía a las empresas distribuidoras (CGE, 2022).
- **Ley 20.928:** establece mecanismos de equidad en las tarifas de servicios eléctricos. Por un parte permite la disminución de tarifa eléctrica a los clientes regulados que tengan centrales de generación eléctrica en su comuna. Por otra parte, disminuye la diferencia de tarifa eléctricas residencial entre las distintas zonas del país (Ministerio de Energía, 2016).

## VI. Eficiencia energética en el hogar

Corresponde a iniciativas que se centran en el buen uso de los recursos energéticos de distintas formas, como en el transporte, en el uso de leña seca, en las edificaciones, en la aislación térmica y en los productos eléctricos.

- **Plan nacional de eficiencia energética:** este tipo de planes se programan por periodos y el plan actual corresponde a los años 2022-2026. El plan consiste en proporcionar un marco estratégico para el desarrollo de la eficiencia energética de nuestro país, con el objetivo de lograr un ahorro energético que permita alcanzar la carbono neutralidad al año 2050. Algunas de las aristas del plan de eficiencia energética serán explicadas a continuación (Ministerio de Energía, 2022).
  - **Plan de eficiencia energética sector edificación:** consiste en implementar un programa de eficiencia energética en infraestructura escolar pública, además de proporcionar apoyo y asistencia técnica para la implementación del programa (Ministerio de Energía, 2022).
  - **Plan de eficiencia energética sector transporte:** se enfoca en promover la electromovilidad e impulsar el uso de los vehículos eléctricos en recorridos de largas distancias, con el objetivo de acelerar el recambio tecnológico (Ministerio de Energía, 2022).
  - **Plan de eficiencia energética sector leña:** establece una certificación de calidad respecto a la humedad de la leña, con el objetivo es incentivar la compra y venta de leña seca, para esto se incorporan iniciativas de ayuda enfocadas en productores y comerciantes. Existen otras líneas de acción, como el sello de calidad de leña, el fondo leña más seca y los centros integrales de biomasa (Ministerio de Energía, 2022).
- **Programa con buena energía:** promueve el recambio tecnológico en los hogares para lograr una disminución en el uso de la energía, para esto se realizan capacitaciones en eficiencia energética, se entrega material educativo y un “kit eficiente”, el cual incluye ampolletas, sellos, alargador, guía infoeducativa, bodegaje y logística (Ministerio de Energía, 2022).

- **Subsidio de acondicionamiento térmico:** es un subsidio que financia la aislación térmica en muros, techos y pisos, el control de infiltraciones, sellos de puertas y ventanas, el control de condensación para prevenir la presencia de hongos, la ventilación controlada, el cambio de techumbre (solo si es necesario), ayuda con la regularización de ampliaciones y la obtención de permiso en caso de viviendas de autoconstrucción (Ministerio del Medio Ambiente, 2018).
- **Ley 21.305:** corresponde a la ley de eficiencia energética, la cual incentiva el uso racional y eficiente de los recursos energéticos, para mejorar la calidad de vida de las personas, disminuir los niveles de contaminación, aumentar la productividad y la competitividad económica (Ministerio de Energía, 2021). Algunas implicancias de esta ley son:
  - **Gestión energética de grandes consumidores:** a los grandes consumidores de energía se les ordena realizar una gestión activa de su energía, con el objetivo de ahorrar energía y aumentar su eficiencia (Ministerio de Energía, 2021).
  - **Etiquetado energéticos de edificación:** establece que las viviendas, edificios de uso público, edificios comerciales y edificios de oficinas, deberán contar con una calificación energética para obtener la recepción final o definitiva. Esto aplica de forma obligatoria para edificaciones nuevas y de manera voluntaria para las edificaciones ya existentes (Ministerio de Energía, 2021).
- **Norma de acondicionamiento térmico:** esta consta de dos etapas, en la primera se estableció la existencia de aislación térmica en techos y en la segunda etapa la exigencia se extendió a muros, pisos y ventanas (Cámara Chilena de la Construcción, 2015).

## VII. Cambio en sistemas de calefacción

Consiste en un programa para realizar el cambio de los sistemas de calefacción de los hogares.

- **Programa recambio de calefactores:** este programa consiste en que las personas puedan cambiar su calefactor o cocina actual por uno nuevo y más eficiente, con el objetivo de reducir la contaminación generada por el uso de leña en los hogares. Los beneficiarios del programa deberán entregar su artefacto antiguo y hacer un pequeño

pago por el equipo nuevo, el cual será instalado en sus hogares (Ministerio del Medio Ambiente, 2022).

### **VIII. Reducción de necesidades de calefacción**

Es una iniciativa que educa a la población, con la implementación de buenas prácticas que mejoran la eficiencia energética de las viviendas.

- **Guía de calefacción sustentable:** es una guía que enseña sobre medidas o acciones que se pueden realizar para calefaccionar de forma más eficientes las viviendas. Incluye medidas como el cambio de calefactores por unos más eficientes y de combustibles limpios, el mejoramiento de la aislación térmica y contiene información para educar ambientalmente a las personas (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

### **IX. Mitigación de impactos**

Son planes relacionados a la contaminación atmosférica, los cuales busca bajar los niveles de contaminación mediante acciones preventivas y correctivas.

- **Plan de prevención atmosférica (PPA):** consiste en definir e implementar planes de acción para que los niveles de contaminación atmosférica no sobrepasen las normas ambientales de calidad, los niveles permitidos de contaminación pueden variar según la zona geográfica. Algunas acciones a realizar son: mejorar la calidad de los combustibles utilizados en las industrias, regular las emisiones generadas por el transporte público, incorporar tecnología para controlar la emisión de material particulado y hacer más eficiente el proceso de quema de biomasa (Ministerio del Medio Ambiente, 2021).
- **Plan de descontaminación atmosférica (PDA):** son acciones que se deben de implementar con el fin de disminuir los niveles de contaminación para que estén dentro de un rango aceptable, este rango está señalado normas ambientales de calidad de las zonas saturadas (Ministerio del Medio Ambiente, 2021).

### **X. Desarrollo energético local**

Son iniciativas que buscan mejorar los servicios energéticos y eléctricos de zonas que tienen deficiencias en estos servicios, debido a que se encuentran en áreas rurales y de difícil acceso.



- **Programa energización rural y social:** consiste en contribuir a mejorar el acceso al suministro eléctrico en zonas rurales, de manera equitativa, eficiente y sostenible. El programa apoya a la formulación de proyectos de energización y a la capacitación de técnicos en la zona. Existen tres metas principales, la electrificación de escuelas y postas rurales, el desarrollo de proyectos demostrativos de aplicación de energías renovables, y la transferencia tecnológica y formación de capital humano para desarrollo de soluciones con energías renovables a pequeña escala (Ministerio de Energía, 2022).
- **Proyectos de electrificación rural:** este proyecto es parte de la iniciativa ruta de luz, y corresponde a un proyecto público que tiene como objetivo dar acceso y mejorar el suministro eléctrico de las familias, por medio de una extensión de la red de distribución, implementando un sistema aislado de generación eléctrica o un sistema individual de autogeneración (La revista energética de Chile, 2022).

En la Tabla 16 se muestra un listado de los avances reglamentarios junto al ministerio que se hace responsable de la iniciativa.

Tabla 16: Resumen de los avances reglamentarios

Clasificación	Política analizada	Ministerio a cargo
Suministro de energía eléctrica	Programa casa solar	Min. Energía Min. Vivienda y Urbanismo
	Programa ponle energía a tu PYME	Min. Energía
Suministro de energía térmica	Ley 20.365	Min. Energía
	Subsidio de sistemas solares térmicos	Min. Energía Min. Vivienda y Urbanismo
Suministro de energía global	Programa de acceso y mejoramiento del suministro energético en viviendas para localidades aisladas e islas	Min. Energía
	Programa de apoyo al desarrollo de energías renovables no convencionales	Min. Energía
Suministro de energía en servicios públicos	Estado verde	Min. Energía Min. Medio Ambiente
	Programa comuna energética	Min. Energía Min. Medio Ambiente
	Proyectos de recambio masivo de alumbrado público	Min. Interior y Seguridad Pública
Equidad en gasto energético	Ley 20.571	Min. Energía
	Ley 20.928	Min. Energía
Eficiencia energética en el hogar	Programa aplicación plan de acción de eficiencia energética	Min. Energía
	Plan nacional de eficiencia energética	Min. Energía
	Programa con buena energía	Min. Energía
	Subsidio de acondicionamiento térmico	Min. Energía Min. Medio Ambiente Min. Vivienda y Urbanismo
	Ley 21.305	Min. Energía
	Norma de acondicionamiento térmico	Min. Energía
Cambio es sistemas de calefacción	Programa recambio de calefactores	Min. Medio Ambiente
Reducción de necesidades de calefacción	Guía de calefacción sustentable	Min. Medio Ambiente
Mitigación de impactos	Planes de prevención atmosférica	Min. Medio Ambiente
	Plan de descontaminación atmosférica	Min. Medio Ambiente
Desarrollo energético local	Programa energización rural y social	Min. Energía
	Proyectos de electrificación rural	Min. Energía

Fuente: Elaboración propia basada en

# **CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LOS AVANCES TECNOLÓGICOS Y REGLAMENTARIOS**

*En el presente capítulo se presentan los impactos que se generan en la sociedad, en la economía y en el medio ambiente por la aplicación de los avances tecnológicos y reglamentarios descritos.*

## **5.1 Evaluación de impactos de los avances**

Consiste en evaluar los impactos sociales, económicos y ambientales que producen los avances tecnológicos y reglamentarios que fueron presentados en el capítulo anterior. Los impactos sociales están relacionados a cómo se ve afectada la calidad y estilo de vida de las personas, el impacto económico hace referencia a los gastos que se tienen que realizar y el ahorro que se podría producir por la disminución de consumo, y el impacto ambiental se relaciona con los efectos que se producen en el paisaje, suelo, agua, aire, flora y fauna.

### **5.1.1 Impactos de los avances tecnológicos**

La evaluación de los impactos relacionados a los avances tecnológicos se centrará en la cantidad de producción de energía, en la eficiencia, en la emisión de contaminantes, en la flora y fauna, la inversión que se debe de realizar para implementar los avances, ya sea en la compra de equipos y materiales o en la contratación de personal calificado, y el impacto social existente dependerá si el avance es de aplicación industrial o urbana.

#### **I. Energía hidráulica**

Este tipo de energía tiene tres avances tecnológicos, para los cuales se realizará la valoración de impactos ya mencionado.

##### ***Central hidro eléctrica reversible***

- **Impacto social:** para implementar este nuevo mecanismo de generación de energía se necesita contratar a personal capacitado y que tenga conocimiento en el área. Por otro lado, al existir dos mecanismos de generación de energía va a permitir que la oferta de electricidad aumente, lo que beneficiará a la población ya que una mayor parte de ella podrá acceder a este servicio.
- **Impacto económico:** se tiene que invertir en la adaptación de las actuales centrales hidroeléctricas o en la construcción de una nueva central de este tipo, donde se debe de comprar materiales, insumos, equipamiento y maquinaria. También aumentarán los ingresos debido a que la planta tendrá la capacidad de generar una mayor cantidad de energía.

- **Impacto ambiental:** aumentar la generación de energía por este medio va a permitir suplir parte de la carga energética producida por fuentes de energía no renovables, por lo que se va a disminuir la producción de CO<sub>2</sub> asociadas a la generación de energía. Por otro lado, el medio perceptual no debería sufrir mayores impactos a los ya realizados por las centrales hidroeléctricas actuales.

### *Monitoreo y mantenimiento asistido*

- **Impacto social:** permitirá que la población tenga un servicio eléctrico de mejor calidad. Además, no se pondrá en riesgo la vida de las personas encargadas de la mantención de equipos y maquinarias. Por otro lado se necesita contratar personal el cual deba instalar y manejar los diversos equipos.
- **Impacto económico:** se deben de comprar drones y robots que utilizarán para realizar las mantenciones, además se debe capacitar a los empleados encargados para que puedan realizar de buena manera el control de la planta, tanto en el interior como el exterior.
- **Impacto ambiental:** al utilizar drones o robots en el exterior de las centrales hidroeléctricas podría afectar a algunas especies de animales, como aves, ya que interrumpirán en su espacio aéreo y algunas de ellas podrían tener accidentes, o algunas podrían confundir los artefactos con otro animal.

### *Digitalización*

- **Impacto social:** las personas tendrán un servicio con menos interrupciones y más constante. Hay que incorporar personal que se encargue del monitoreo de la planta de forma diaria. Además, se debe contratar personal para que realice la instalación de todas las tecnologías.
- **Impacto económico:** se necesita invertir en los diferentes mecanismos y tecnologías que se deben de implementar para lograr el proceso de digitalización. Las empresas disminuirán gastos relacionados al tiempo de mantención que se realiza a los equipos y al tiempo que la producción disminuye o está detenida debido a alguna falla.
- **Impacto ambiental:** al mejorar la eficiencia de la producción se podrá generar una mayor cantidad de energía y de mejor calidad, al producir una mayor cantidad de

energía se estará liberando CO<sub>2</sub>, pero en menor cantidad si es que se produjera la misma energía de una planta que utiliza combustibles fósiles. Además, se puede aumentar la capacidad instalada de centrales de energía renovable, por lo que a un largo plazo se podrá disminuir la capacidad instalada de las plantas de energía no renovables, lo que impactará directamente en la cantidad de CO<sub>2</sub> producido por la generación de energía.

## **II. Energía solar**

La mayoría de los avances tecnológicos relacionados a energías solares son de uso urbano por lo que el impacto social y económico serán directos, y el impacto ambiental estará relacionado al medio perceptual y a la generación de energía.

### *Ventanas solares*

- **Impacto social:** la creación de paneles solares como ventanas va a facilitar su instalación en espacios con áreas libres limitadas, como lo pueden ser viviendas sociales, edificios y departamentos, y al implementar este tipo de paneles se va a lograr que las personas pueden dar acceder a energía limpia aunque sea en menor medida que los paneles tradicionales.
- **Impacto económico:** al existir un nuevo formato de paneles solares se necesita implementar nueva tecnología, la cual muchas veces no es económica, para la construcción de estos paneles se va a tener que invertir en tecnología nueva que sea capaz de transformar una ventana en un panel solar transparente. Además, el costo de implementación de estos paneles será alto debido a su novedad.
- **Impacto ambiental:** el impacto que tienen estas ventanas es fundamentalmente por su elaboración, ya que se deben utilizar materiales especiales, los cuales no deben ser fáciles de tratar cuando se deben desechar. No existe un impacto perceptual, debido a que se asemeja a una ventana y es transparente. La utilización de estos paneles permite disminuir la emisión de CO<sub>2</sub> generado por la producción de electricidad asociado a la electricidad que se utiliza en una vivienda.

### ***Hidricity***

- **Impacto social:** al permitir que la energía pueda ser almacenada por la noche va a dar acceso al servicio eléctrico durante todo el día, lo que favorecerá a la población. Para implementar este tipo de sistemas se va a necesitar personal calificado por lo que se abrirán puestos de trabajo para personas con formación profesional y técnica, especializada en este ámbito.
- **Impacto económico:** para alcanzar las condiciones de funcionamiento de este tipo de plantas se necesita mucha energía por lo que se requiere invertir en equipos de calidad y que sean capaces de cumplir estas condiciones. Además, se necesitarán estanques que sean capaces de contener el agua a una alta temperatura y de almacenar el oxígeno. Por otra parte, se debe tener en cuenta que hay que realizar mantenimiento a las maquinarias y equipos periódicamente para que tengan un buen funcionamiento, lo que tendrá un alto costo debido a la especialización de la planta y del personal requerido.
- **Impacto ambiental:** al implementar este mecanismo de generación de energía produce un impacto en el paisaje, ya que se necesitan grandes estanques para almacenar el oxígeno y el hidrógeno. Además, todo el proceso de la separación de los componentes genera la emisión de contaminantes lo que puede afectar al aire, al suelo y al agua. Por otra parte, dependiendo en la zona donde se instale este sistema se vería afectada la flora y fauna, debido a que estaría invadiendo un espacio para instalación de estos equipos

### ***Solar roadways***

- **Impacto social:** la aplicación de este tipo de sistemas solares permitirá a las personas acceder a una nueva fuente de energía que esté a su vista y de esa manera se podrá fomentar el uso de energías renovables, ya que las personas podrán ver cómo funciona directamente y será algo más habitual en sus vidas. Además, dependiendo del lugar de aplicación de este sistema solar las personas podrían tener un acceso directo a la electricidad generada, por ejemplo, si los *solar roadways* se instalan en una ciclovía o paseo peatonal las personas podrían cargar sus dispositivos electrónicos mediante

tótems. Para implementar y mantener este tipo de sistemas se necesitará gente capacitada por lo que se abrirán puestos de trabajo.

- **Impacto económico:** al ser tecnología novedosa y poder implementar estos sistemas en distintos tipos de superficie, se necesita que los paneles solares sean resistentes ya que por encima de ellos podrán pasar autos, camiones, personas, bicicletas y otros tipos de transportes. Además se deberá incurrir en gastos para la mantención de este tipo de dispositivos ya que dependiendo en la zona de instalación tendrán una alta frecuencia de personas o medios de transporte por lo que el material se podría deteriorar o dejar de funcionar correctamente.
- **Impacto ambiental:** como este sistema está instalado en el suelo tendrá un impacto directo en él, ya que se deben hacer conexiones y estas podrían contaminar la tierra en alguna medida. Además, para que el sistema sea incorporado en el suelo se debe eliminar árboles, arbustos, flores y pasto, lo que afectará a la flora del lugar y de paso a la fauna. Por otro lado, habrá un impacto en el medio perceptual pero no afectará más que una calle, un paseo peatonal o una carretera.

#### *Celdas solares en tándem*

- **Impacto social:** al convertir una mayor cantidad de luz solar en electricidad lo que la oferta de electricidad será mayor y esto podría provocar que el precio de la electricidad en general disminuya, lo que beneficiará directamente a las personas
- **Impacto económico:** al ser tecnología nueva tendrán un costo mayor debido a que se tiene que desarrollar la capacidad en cada célula de convertir una longitud de onda específica en energía esto es complicado de hacer, por lo que los costos de implementación e instalación de este tipo de paneles solares serán altos.
- **Impacto ambiental:** este impacto se produce más en el área industrial, ya que los módulos solares cambian en su forma de fabricación, por lo que se pueden generar más desechos difíciles de tratar o de reutilizar. También, se podrían emitir distintos contaminantes a la atmósfera por la utilización de los de la materia prima



### *Passivated emitter rear cell*

- **Impacto social:** las personas que adquieran módulos solares con este tipo de celdas se verán beneficiadas, ya que sus módulos serán más eficientes que el resto por lo que generan más energía. Además para la construcción de este tipo de celdas, tan especializado, se necesita gente calificada por lo que se van a abrir más puestos de trabajo para personas que tengan el perfil profesional adecuado.
- **Impacto económico:** al aumentar la eficiencia de los módulos solares se va a generar más energía, por lo que las personas podrán tener un mayor ahorro en electricidad y esto impactará directamente en su presupuesto. Por otro lado, adquirir módulos solares con este tipo de celdas es más costoso pero las personas están dispuestas a aceptar el costo extra debido al beneficio que tendrán a largo plazo.
- **Impacto ambiental:** este sistema permitirá mejorar la eficiencia paneles solares por lo que aumentará la oferta de energía generada por fuentes no convencionales, lo que provocaría la disminución de CO<sub>2</sub>.

### *Módulos solares bifaciales*

- **Impacto social:** estos módulos permiten captar más energía solar por lo que habrá una mayor oferta de electricidad, lo que permitirá que una mayor cantidad de personas puedan acceder a electricidad de fuentes limpias. Además, existe la oportunidad crear nuevos puestos de trabajo para instalar los módulos, ya que estos paneles son más eficientes en zonas abiertas donde la luz se pueda reflejar, como los desiertos.
- **Impacto económico:** para la instalación e implementación de este tipo módulos se necesita invertir una gran cantidad de dinero, y si se quiere incorporar la tecnología PER para que sean más eficientes se debe aumentar la inversión, por lo que el terno de la inversión puede tardar años.
- **Impacto ambiental:** al igual que la iniciativa anterior este módulo genera un impacto principalmente en el proceso de fabricación de las celdas ya que al utilizar materiales nuevos pueden generar una mayor cantidad de desechos y gases.

### ***Tejas solares***

- **Impacto social:** este tipo de módulos solares permite tener sistemas de autogeneración de energía a personas que tienen poco espacio en sus hogares, ya que los módulos están incorporados al diseño original de las viviendas
- **Impacto económico:** las personas que quieren implementar este tipo de módulos solares deben invertir dinero para comprar las tejas y para instalarlas, debido a que los módulos solares deben quedar bien instalados por que se deben de conectar entre si una gran cantidad de tejas, por lo que existe la posibilidad que alguna quede mal instada y se debe minimizar esta posibilidad, para ello hay que contratar personal especializado y capacitado, el cual tiene un valor mayor.
- **Impacto ambiental:** consiste en una aplicación urbana, donde no se genera un impacto perceptual ya que las tejas solares pasan por tejas comunes, además al utilizar este tipo de módulos permite disminuir la emisión de CO<sub>2</sub> producido por la generación de electricidad lo que va a ayudar a mejorar los niveles de contaminación del aire

### ***Sistemas fotovoltaicos integrados en construcciones***

- **Impacto social:** estos sistemas permiten que las personas puedan acceder a energía renovable desde sus casas, sin importar el tamaño de su vivienda ni el espacio libre que tenga, ya que estos sistemas fotovoltaicos son parte de la vivienda (tejas, ventanas y paredes). Además, estos módulos tienen otra función ya que funciona como aislante térmico lo que permite que la vivienda conserve de mejor manera el calor y de esa forma las personas puedan vivir dentro de un ambiente con una temperatura comfortable.
- **Impacto económico:** estos sistemas tienen un alto costo pero son una buena inversión, ya que generan energía y aíslan la edificación por lo que se puede ahorrar dinero en términos de electricidad y en gasto de energía asociado al combustible utilizado para calefaccionar las construcciones.
- **Impacto ambiental:** los módulos que se implementan por medio de este sistema tendrán un impacto leve en la calidad del paisaje debido a que los tipos de módulos solares se van a adaptar a un elemento específico, como tejas, ventanas y azulejos, al

### *Sistemas solares fotovoltaico-térmicos*

- **Impacto social:** permite a las personas obtener dos tipos de energía, energía eléctrica y térmica, lo que permite acceder a servicios eléctricos y a agua caliente sanitaria, la combinación de los dos beneficios facilitará la vida de las personas y mejorará su calidad de vida.
- **Impacto económico:** estos sistemas tienen un costo mayor, ya que se deben implementar equipos y tecnologías para que ambos sistemas funcionen. El sistema permite un ahorro en términos de electricidad y en calefacción de agua, para lo cual generalmente se utiliza gas.
- **Impacto ambiental:** permiten mejorar los sistemas solares activos por lo que la eficiencia de estos módulos aumentará. Este sistema permite disminuir los niveles de contaminación generada por el CO<sub>2</sub>, además el paisaje si se ve afectado por la implementación de este sistema híbrido.

### *Paneles fotovoltaicos flotantes*

- **Impacto social:** permite que las personas que vivan en zonas geográficas complicadas como islas, puedan acceder a energías limpias y de forma permanente, lo que mejorará su calidad de vida. Además, se podría capacitar a los habitantes de las propias islas para que realicen las mantenciones de los paneles de solares y de esa manera generar puestos de trabajo.
- **Impacto económico:** al ser un mercado emergente este tipo de paneles fotovoltaicos tienen un mayor costo, pero esta tecnología va a permitir que los habitantes de las islas que implementen estos sistemas puedan desarrollarse en distintos ámbitos, lo que permitirá un mayor desarrollo económico.
- **Impacto ambiental:** este tipo de paneles puede afectar la flora y fauna del mar, ya que no permitirá que los rayos de sol pasen hacia el fondo del pasillo, por lo que no se captará esta energía los nutrientes que la conllevan.

### ***Árboles solares***

- **Impacto social:** permite que la población tenga acceso a energías limpias sin la necesidad de utilizar grandes áreas para la instalación de paneles fotovoltaicos. Además, esta energía podría ser utilizada para iluminar la vía pública lo que permitirá que la gente se sienta más segura al caminar por la calle.
- **Impacto económico:** un árbol solar tiene un precio de alrededor de USD\$ 100.000 lo que se considera alto para ser un sistema fotovoltaico, pero esto se debe a que se combina el arte, las energías limpias y la sostenibilidad. A pesar de su costo este tipo de sistemas fotovoltaicos entrega beneficios ya que se produce un ahorro en la factura de electricidad, además la instalación de los árboles fotovoltaicos sería por parte del Estado, ya que son instalados en la vía pública y al implementarse a lo largo de un país el ahorro que se produciría sería significativo.
- **Impacto ambiental:** los árboles solares tienen un impacto bajo en el paisaje, ya que la nueva modalidad se adapta vas al nuevo perceptual debido a su forma Por otro lado eh al utilizar este sistema se puede generar una mayor cantidad de energía.

### ***Monitoreo asistido de centrales fotovoltaicas***

- **Impacto social:** la población se vería beneficiada ya que al existir un monitoreo asistido y de prevención habrá menos fallas en los mecanismos de generación de energía, por lo que su servicio eléctrico sería menos interrumpido y al implementar un sistema de monitoreo de este tipo se debe contratar personal capacitado por lo que se abrirán puestos de trabajo.
- **Impacto económico:** este impacto se verá reflejado en los gastos de mantención y en las pérdidas por no generar electricidad mientras ocurre alguna falla y ésta se esté arreglando. Además, existe un gasto el cual consiste en la compra de los implementos para llevar a cabo el monitoreo asistido. Por otro lado, se generará un ahorro al realizar un mantenimiento preventivo, ya que se evitarán fallas futuras por lo que la planta no tendrá que parar sus operaciones o funcionar a una menor capacidad.

- **Impacto ambiental:** el monitoreo asistido permite mejorar la eficiencia del proyecto o de la central, por lo que se emiten menos contaminantes de materiales y de gases. Además, se producirá una menor cantidad de CO<sub>2</sub> en el mundo.

#### *Pronóstico de producción de energía de centrales fotovoltaicas*

- **Impacto social:** ayuda a asegurar que la población tenga un servicio de electricidad continuo, lo que evitará interrupciones en sus vidas por no tener electricidad en sus hogares o trabajos. Por otro lado, se abrirán nuevas plazas de trabajo para que se encargue del correcto funcionamiento de todas las tecnologías y equipos, además del personal que debe instalar y programar las tecnologías los equipos y tecnologías.
- **Impacto económico:** se tiene que invertir en el internet de las cosas (IoT) para que se conecten los equipos, además se debe de contratar algún sistema de almacenamiento de datos para poder almacenar la información y de esa forma realizar un pronóstico de producción. También, se va a incurrir en gastos para mantener todos los sistemas funcionando y siempre en línea.
- **Impacto ambiental:** la implementación de este pronóstico permitirá maximizar la utilización de los recursos solares para mejorar la eficiencia de la planta, esto conlleva a la disminución de CO<sub>2</sub> por la producción de electricidad. Además, no tienen impacto en el suelo, en el agua, en la flora y fauna de forma directa ya que se utiliza un *software*.

### **III. Energía eólica**

Estos avances tecnológicos tienen una aplicación urbana, lo que significa que impactará de forma directa en la población.

#### *Aerogenerador eólico portátil*

- **Impacto social:** permitirá que las personas que realizan actividades al aire libre puedan tener acceso a la electricidad sin importar qué tan alejados de la civilización se encuentren, ya que al ser un aerogenerador portátil lo pueden llevar con ellos sin ningún problema.

- **Impacto económico:** este tipo de aerogeneradores tienen distintos valores dependiendo de su potencia, el de 50[W] tiene un valor de USD\$ 400. Considerando el beneficio que trae acceder a electricidad en casi cualquier lugar en que uno se encuentre el valor del objeto no tiene mucha importancia, ya que para las personas que realmente lo van a utilizar se pagará en cuestión de usos.
- **Impacto ambiental:** al ser un aerogenerador portátil que no usa baterías no puede provocar muchos impactos en este medio, excepto por su contracción, donde se utilizan herramientas, maquinaria y materiales que producen residuos y contaminación.

### *Árboles eólicos*

- **Impacto social:** las personas podrán acceder a energía limpia proveniente del viento sin la necesidad de tener que instalar los aerogeneradores comúnmente utilizados. Además, se pueden crear puestos de trabajo al implementar algún mecanismo de implementación de este sistema por mayor.
- **Impacto económico:** el valor de este tipo de sistemas ronda entre los €20.000 y €50.000 dependiendo de su potencia y la cantidad de aerogeneradores que posee el árbol, esto corresponde a una gran inversión, pero se obtendrá un beneficio relacionado al ahorro de electricidad debido a la producción de energía limpia.
- **Impacto ambiental:** los aerogeneradores producen impactos en el medio perceptual, ya que interfiere en su forma natural, pero en menor medida que una turbina convencional debido a que se adapta de mejor manera al paisaje. También, al producir energía por medio de un aerogenerador evita que se emita una gran cantidad de CO<sub>2</sub> en la producción de electricidad.

### *Aerogenerador SuSi*

- **Impacto social:** las personas de zonas rurales o que tengan el espacio necesario en sus hogares para instalar este tipo de aerogenerador podrán tener energía limpia. También, ellos podrán realizar la instalación y mantenimiento de este equipo, además se les podrá realizar las capacitaciones correspondientes, ya que al vivir en zonas rurales o alejadas puede dificultarse el acceso a servicio técnico.

- **Impacto económico:** mayormente se tiene que invertir en los materiales para la creación del aerogenerador, las baterías y los mecanismos de conversión de energía, pero las personas que instalen estos sistemas en sus hogares se verán beneficiadas, ya que podrán generar electricidad y ahorrar en ella.
- **Impacto ambiental:** es un aerogenerador sostenible, ya que utiliza materiales ecológicos por lo que va a generar menos residuos. La turbina tiene 1,5[m] de ancho y hasta 10[m] de alto y son de uso doméstico, por lo que no interfiere de forma agresiva en el paisaje. Para este aerogenerador se recomienda utilizar baterías por su intermitente generación de electricidad, las baterías generan un impacto en el ecosistema por su fabricación.

#### *Aerogenerador sin aspas*

- **Impacto social:** las personas podrán acceder a energía limpia sin tener que verse tan afectadas como con las turbinas convencionales.
- **Impacto económico:** la implementación de este tipo de turbinas es menos costosa, ya que no necesita tantos materiales, es más fácil y rápido su transporte, pero a su vez se va a ahorrar una menor cantidad de dinero en la generación de energía limpia debido a que su eficiencia es menor comparada a las turbinas clásicas.
- **Impacto ambiental:** tiene un menor impacto visual que los aerogeneradores clásicos, ya que no tiene aspas, además por este mismo motivo se producen menos muertes de aves. Al ser aerogeneradores de gran tamaño su construcción, traslado e instalación produce impacto en el aire por la emisión de CO<sub>2</sub> y otros elementos, en el suelo por la eliminación de flora para la construcción de caminos y la preparación del terreno para la instalación, también se producen residuos en todos los procesos mencionados.

#### *Sistema híbrido eólico-solar*

- **Impacto social:** las personas que más se ven beneficiadas son las que residen en zonas geográficas con condiciones climáticas complicadas, como zonas con niveles de radiación solar y velocidad de aire variantes dependiendo de la estación, esto les permitirá acceder a electricidad sin importar la fecha del año.

- **Impacto económico:** las personas beneficiadas podrán ahorrar una mayor cantidad de dinero, ya que tendrán dos formas de generar electricidad. Por otro lado, el costo de implementar dos sistemas de energía renovable distintos es mayor, por lo que el retorno de la inversión será en un tiempo mayor.
- **Impacto ambiental:** este sistema tiene un doble impacto en el medio ambiente, ya que se instala un aerogenerador, paneles solares, convertidor y baterías si es que las personas lo desean, lo que corresponde a muchos componentes que interfieren con el paisaje. Al incorporar dos sistemas de autogeneración se puede producir energía de forma más estable, lo que va a permitir que la población use esta energía y no la generada por fuentes convencionales, por lo que disminuye la emisión de CO<sub>2</sub> relacionada a la producción de electricidad.

### *Digitalización*

- **Impacto social:** la población se verá beneficiada, ya que recibirán un servicio de electricidad más constante y sin grandes interrupciones. Al mejorar la eficiencia de las operaciones, la energía generada podría llegar a una población mayor. Se debe contratar personal para que se encargue del mantenimiento y control del proceso de digitalización.
- **Impacto económico:** se debe invertir en digitalizar el proceso de diseño de las turbinas, los procesos de certificación, el control, mantenimiento y diagnóstico de la planta, incluyendo equipos y maquinarias. El retorno de la inversión se verá reflejada en un largo tiempo, ya que las centrales ahorrarán dinero debido a que tendrán menos tiempo de interrupción en sus servicios y podrán realizar las mantenciones de forma preventiva, lo que evitará fallas mayores en equipos o maquinarias disminuyendo los gastos innecesarios.
- **Impacto ambiental:** al aplicar la digitalización en los diferentes procesos de una granja eólica permitirá mejorar la eficiencia de la central, esto significará que la producción de energía aumentará por lo que la oferta de energía será mayor, lo que implica que la oferta de energía producida por medios convencionales podría disminuir y así se reducir la emisión de CO<sub>2</sub> por la producción de electricidad.



#### **IV. Bioenergía**

Los impactos que se presentarán serán enfocados en el área industrial, ya que los avances tecnológicos se aplican directamente a las centrales de bioenergía.

##### *Reutilización de centrales de carbón*

- **Impacto social:** por un lado, al reutilizar las centrales de carbón van a disminuir los puestos de trabajo que se generarían al construir una planta desde cero. Por otro lado, al reutilizar la central se tienen que realizar modificaciones por lo que se va a necesitar contratar personal.
- **Impacto económico:** se ahorrará dinero ya que no se debe construir centrales de bioenergía debido a que se ocupará la infraestructura de las centrales de carbón, solo se tendrá que invertir en la compra de nuevos equipos como calderas y turbinas, para que se adapten a los nuevos combustibles.
- **Impacto ambiental:** al no tener que construir una nueva infraestructura se va a evitar la emisión de CO<sub>2</sub> derivado del hormigón, ya que 1[m<sup>3</sup>] de este material produce 42,83[kgCO<sub>2</sub>] (Vázquez, 2016). Al tener que modificar las instalaciones para su nuevo uso se van a producir desechos por los materiales y contaminación acústica, pero en menor medida que construir una central desde cero.

##### *Digitalización*

- **Impacto social:** las personas tendrán un servicio más constante y eficiente debido a que se va a mejorar el rendimiento y la generación de energía, esto provocaría el aumento en la oferta de energía generada por biocomponentes y mayor cantidad de población podría acceder a este tipo de energía. Se necesitará personal para la implementación de la digitalización y que verifique su buen funcionamiento durante las actividades diarias.
- **Impacto económico:** se tiene que invertir en la digitalización de la planta completa, ya sea incorporando sensores, sistemas de automatización, almacenamiento de datos y nuevas tecnologías en maquinarias y equipos. Las empresas tendrán mayores ganancias, ya que podrán producir una mayor cantidad de energía.

- **Impacto ambiental:** en la construcción de los sensores y sistemas de automatización se produjeron desechos en relación con los materiales y componentes utilizados. En la implantación de estos los objetos en cuestión se pueden producir ruidos molestos y residuos.

## **V. Energía Geotérmica**

Estos avances tecnológicos son de aplicación industrial por lo que los impactos generados son a ese nivel, especialmente en el impacto social, ya que no afecta de forma directa a la población.

### *Sistema climeon heat power*

- **Impacto social:** la población en general se verá beneficiada ya que habrá otro sistema que permitirá extraer de manera más fácil energía desde la tierra lo que aumentará la oferta de generación de energía a través de energías limpias. También, se necesitará contratar personal que controle el funcionamiento de este sistema.
- **Impacto económico:** el valor de un módulo de 150[kW] es de €330.000, además se debe invertir en la instalación, mantención y personal que conozca en manejo del sistema para que no tenga fallas y funcione de una forma óptima. Las empresas que utilicen estos sistemas obtendrán ganancias debido a que podrán producir energía geotérmica con menores restricciones de funcionamiento.
- **Impacto ambiental:** la construcción e implementación del sistema genera desechos, los cuales no siempre son bien tratados por lo que pueden contaminar la tierra y el agua. Además, para instalar el sistema se debe intervenir el terreno haciendo perforaciones, quitando árboles y áreas verdes, lo que provoca efectos en la flora y fauna del lugar. También, la generación de energía emite CO<sub>2</sub> pero en menor cantidad que por fuentes convencionales.

### *Pozo geotérmico sub-horizontal*

- **Impacto social:** aumentará la cantidad de energía disponible para el uso de la población y se abrirán nuevas vacantes de trabajo para poder perforar los pozos horizontales.

- **Impacto económico:** se debe invertir en la perforación de los pozos que tienen un ángulo específico de 90° lo que podría complicar su perforación, por ende, se necesita personal capacitado para realizar esta tarea. Además, las empresas se verán beneficiadas ya que este sistema permite producir más energía y disminuir la cantidad de pozos necesarios, por lo que los costos relacionados a esto disminuirán.
- **Impacto ambiental:** la perforación de pozos horizontales podría llevar más tiempo debido a su forma, por lo que se tiene que intervenir por más tiempo en el medio natural, lo que afectaría a la flora y fauna de la zona. Además, la máquina encargada de realizar las operaciones utiliza combustible por lo que va a emitir contaminantes y entre más tiempo se utilice más emisiones tendrá.

### *Turbinas axiales de alta eficiencia*

- **Impacto social:** al mejorar el rendimiento de la planta geotérmica bajo distintas condiciones ambientales permitirá que la generación de energía sea más estable lo que beneficiará directamente a la población, ya que su servicio de energía será de mejor calidad. También hay que contratar personal para diseñar, armar e instalar las turbinas.
- **Impacto económico:** se necesita invertir dinero para la compra de materiales, equipos y maquinaria con el fin de armar la turbina axial de cinco etapas, además, se les debe pagar al personal que se contrató para la implementación de las turbinas.
- **Impacto ambiental:** la construcción de la turbina generará impactos sobre el suelo, el aire y posiblemente en el agua, ya que algunos de los componentes pueden ser difícil de desechar y se convierten en desechos que lleguen al medio natural. También, las turbinas antiguas que fueron reemplazadas se tienen que desechar o reutilizar (aunque sea algunas partes), lo que generaría impactos en el medio abiótico.

### *SmartGeo*

- **Impacto social:** al aumentar la capacidad de la planta se va por producir una mayor cantidad de energía, lo que beneficiará a la población ya que una mayor parte de ella podrá acceder a la energía generada por la central geotérmica. También se debe contratar personal para instalar los sensores y los sistemas de medición, además del personal que debe monitorear los datos recuperados.

- **Impacto económico:** se debe invertir en la compra de sensores y sistemas de medición, en el proceso de instalación y puesta en marcha. Además, se deben conectar estos sistemas a una base de datos donde se guardará la información para luego ser analizada, esto permitirá reducir las fallas en las operaciones lo que aumentará la capacidad de la planta y por ende sus ingresos.
- **Impacto ambiental:** principalmente la construcción de los sensores y sistemas de medición podrían producir algún impacto, ya que generan desechos. También, al evitar las fallas de los equipos se tienen que cambiar en un lapsus de tiempo mayor, por lo que la contaminación generada por los nuevos equipos y los que dejaron de funcionar serían menor.

### ***Mantenimiento predictivo***

- **Impacto social:** al realizar un mantenimiento predictivo se logrará que las centrales geotérmicas funcionen de forma correcta y sin interrupciones, lo que influirá directamente en el servicio energético de la población ya que este será de mejor calidad. Por otro lado, se debe contratar personal para la implementación del *software* y su uso.
- **Impacto económico:** se debe de invertir en el *software* y en personal, ya que este debe ser capaz de utilizar el *software*, analizar lo que está sucediendo y debe saber cómo actuar bajo situaciones críticas o de relevancia. Al conocer los datos históricos del funcionamiento de la bomba se podrá saber cuándo necesita mantenimiento o cuando va a fallar, lo que disminuirá el tiempo sin producción.
- **Impacto ambiental:** al poder realizar mantenimiento preventivo en el tiempo exacto se va a poder limitar el tiempo perdido por fallas graves, lo que permitiría generar más energía de forma limpia cubriendo una mayor parte de la demanda energética logrando generar una menor cantidad de CO<sub>2</sub> asociado a la producción de electricidad.

### **5.1.2 Impactos de los avances reglamentarios**

Los impactos relacionados al avance reglamentarios están asociados a la eficiencia energética, a la contaminación intradomiciliaria, a la producción de energía, al ahorro de recursos, a la calidad de vida y en los presupuestos familiares. Para evaluar algunos impactos se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Vida útil promedio de los paneles fotovoltaicos:** 25 años (Roca, 2019)
- **Vida útil promedio de los colectores solares:** 15 años (Ministerio de Energía, 2020)
- **Consumo promedio de electricidad en un hogar:** 2.074[kWh/año] (Ministerio de Energía, 2018)
- **Precio promedio de la electricidad:** 142,6[\$/kWh] (Global Petrol Prices, 2021)
- **Factor de emisión de CO<sub>2</sub> por ENR:** 390,7[kgCO<sub>2</sub>eq/MWh] (Ministerio de Energía, 2022)
- **Factor de emisión de CO<sub>2</sub> por energía solar:** 32[kgCO<sub>2</sub>eq/MWh] (Rhone Resch, s.f.)
- **Factor de emisión de CO<sub>2</sub> por energía eólica:** 11[kgCO<sub>2</sub>eq/MWh] (Rhone Resch, s.f.)
- **Emisión de CO<sub>2</sub> por un vehículo que utiliza gasolina:** 0,143[kgCO<sub>2</sub>/km] (Luis Reyes, 2021)
- **Emisión de CO de la leña seca:** 0,305[kgCO/kg] (Seremi del Medio Ambiente, 2015)
- **Energía generada por un sistema fotovoltaico de 1[kWp]:** 1,5[MWh/año] (La revista energética de Chile, 2018)
- **Ahorro mensual por el uso de colectores solares:** entre un 40% y 90% (Ministerio de Energía, 2017)

#### **I. Suministro de energía eléctrica**

En esta clasificación existen dos iniciativas que deben ser evaluadas e impacto ambiental económico y social.

### ***Programa casa solar***

- **Impacto social:** el programa beneficia a personas de distinto estrato social y zona geografía, permitiéndoles acceder a energía eléctrica o mejorar su actual servicio, lo que influye directamente en su calidad de vida debido a que pueden acceder a más comodidades como la incorporación de distintos artefactos electrónicos.
- **Impacto económico:** en primer lugar, para asegurar la adquisición de un sistema fotovoltaico las familias deberán pagar una cuota inicial de \$90.000 y este monto se abonará al monto del copago, el cual dependerá del evalúo fiscal de la vivienda y la potencia del sistema a implementar. Segundo, las personas que adquieran sistemas fotovoltaicos por este programa ahorrarán cerca de un 60% en la compra de los paneles solares debido al copago del subsidio (máximo 50%) y al menor precio de los sistemas en comparación al mercado. Considerando que una vivienda promedio consume 2.074[kW/año] y un sistema de 1[kWp] produce 1.500[kWh/año] un hogar podría ahorrar cerca de \$220.000 al año.
- **Impacto ambiental:** existen impactos sobre el medio perceptual, ya que la instalación de los paneles solares afectará la visual de los paisajes en distinto grado, dependiendo de la zona geográfica en que sean implementados. Respecto al medio biótico no existen especies de animales y plantas que se vean directamente afectados. Por último, el medio abiótico es el más afectado, pero de forma positiva, al utilizar un sistema fotovoltaico de 1[kWp] se puede dejar de producir 538,05[kgCO<sub>2</sub>eq] y al instalar los 3.500 sistemas disponibles este valor aumenta a 1.883,17[tCO<sub>2</sub>eq], sin considerar que se pueden instalar sistemas de 2[kWp] lo que aumentaría más este valor.

### ***Programa ponle energía a tu PYME***

- **Impacto social:** el 98% de las empresas de Chile son MIPYMES y al permitirles acceder a este programa serán más eficientes energéticamente y ahorrarán en energía, lo que provocará que tengan más dinero disponible por lo que podrían contratar más personal o a los trabajadores actuales se les podría aumentar el sueldo lo que mejoraría su calidad de vida. Además, la realización de las iniciativas por parte de las MIPYMES del sector energético promoverá la creación de empresas de este sector por

lo que se generarán puestos de trabajo. Para el 2021, se esperaba que hubiera 1000 empresas beneficiadas, entre las que acceden al proyecto (700) y las que ejecutan las iniciativas (300).

- **Impacto económico:** la instalación de los sistemas de autogeneración de electricidad permitirá disminuir los costos operaciones relacionados al consumo de energía de las empresas, ya que estos están entre el 10% y 18%, lo que permitirá una mayor circulación de dinero ya sea para inversión o consumo.
- **Impacto ambiental:** dependiendo de las fuentes de energía que se utilizaban antes de la incorporación de los sistemas de autogeneración va a ser la cantidad de contaminación que se dejaría de producir. Por ejemplo, antes se utilizaba leña para la combustión en hornos, pero ahora se cambió por un sistema de usa pellet por lo que la emisión de CO<sub>2</sub> (emisión neutra) y material particulado van a disminuir, mejorando la calidad del aire.

## **II. Suministro de energía térmica**

Se evaluarán los impactos de las iniciativas de generación de energía en forma de calor, por lo que habrá impactos relacionados con la emisión de contaminantes, con la disminución del gasto en gas y en el acceso a agua caliente sanitaria.

### ***Ley 20.365***

- **Impacto social:** los dueños de las viviendas serán los más beneficiados, ya que mejorará su acceso a agua caliente sanitaria (ACS) lo que produciría un cambio en su calidad de vida. Por otro lado, la implantación de los sistemas solares térmicos ayudará a las constructoras a obtener el certificado energético que exige la ley para edificaciones nuevas.
- **Impacto económico:** las personas que viven en las residencias donde se instalan los sistemas percibirán un ahorro en el consumo de gas, ya que su uso disminuirá entre un 40% y 90% mensual dependiendo de la zona geográfica, debido a que se utilizarán los sistemas térmicos para calentar el agua. Además, las empresas constructoras se verán beneficiadas, debido a que recibirán ayuda para adquirir los sistemas solares térmicos y para su pagar los costos asociados a la instalación.

- **Impacto ambiental:** el uso de sistemas solares térmicos permitirá disminuir la cantidad de CO<sub>2</sub> asociado al transporte de gas licuado de petróleo (GLP), que corresponde a 143[grCO<sub>2</sub>/km], ya que las personas disminuirán su consumo de gas al tener otra forma de calentar el agua. Además, disminuirá el CO<sub>2</sub> producido por la utilización del GLP. Por otro lado, se podría disminuir la cantidad CO producido por la utilización de leña, 305,4[gr/kg], para calentar el agua en una cocina de leña.

#### *Subsidio de sistemas solares térmicos*

- **Impacto social:** permite a las familias que no cuentan con otro medio para producir agua caliente sanitaria accedan a ella, lo que mejora su calidad de vida, ya que pueden evitar la contaminación intradomiciliaria y es menos probable que contraigan alguna enfermedad respiratoria.
- **Impacto económico:** para acceder al subsidio las familias deberán tener un ahorro de 3UF para el último día hábil del mes de postulación. Además, se generará un ahorro importante en el consumo de energía, lo que se traduce en una disminución del 40% al 90% de la cuenta de gas al mes.
- **Impacto ambiental:** tiene los mismos impactos ambientales que la ley 20.365, ya que ambas iniciativas consisten en la instalación de sistemas solares térmicos.

### **III. Suministro de energía global**

Al considerar la implantación de sistemas que proporcionen electricidad y calor existe una mayor cantidad de impactos, ya que cada sistema genera la emisión de contaminantes diferentes, además se deben realizar instalaciones distintas por lo que interfieren de otras maneras en la flora, la fauna y el paisaje.

#### *I. Programa de acceso y mejoramiento del suministro energético en viviendas para localidades aisladas e islas*

- **Impacto social:** en 2020 hubo 1.570 familias beneficiadas (Ministerio de Energía, 2021), lo que les permitió acceder a electricidad y a agua caliente sanitaria. Al vivir en zonas aisladas es más difícil acceder este tipo de servicios, por lo que la implementación de este programa mejora la calidad de vida de las familias y de su



salud, ya que los niveles de contaminación intradomiciliaria disminuirán y serán menos propensos a contraer enfermedades respiratorias y cardíacas.

- **Impacto económico:** al dejar de utilizar leña para la calefacción y la cocción de alimentos las familias no tendrán que comprar este recurso por lo que se generaría un ahorro, pero van a tener que empezar a gastar dinero en el pago de electricidad o en la compra de gas, aun así el nuevo gasto se compensa debido a la mejora en la calidad de vida y en el desarrollo que pueden tener.
- **Impacto ambiental:** el acceso y suministro de energía permite a disminuir los niveles de contaminación intradomiciliaria, ya que no sería necesario utilizar fuentes de energía como la leña o el carbón, los cuales producen CO por lo que pueden provocar una intoxicación por inhalación, además se evitará la producción de material particulado. También, al generar energía a través de recursos renovables va a permitir disminuir la cantidad de CO<sub>2</sub> generado por la producción de electricidad.

## *II. Apoyo desarrollo de energías renovables no convencionales*

- **Impacto social:** el apoyo al desarrollo de energías renovables no convencionales aportará a la sociedad con una mayor calidad de servicio eléctrico y una mayor oferta de este, solo que esta energía será menos contaminante lo que ayudará de forma indirecta a mejorar la salud de la población. Además, se incentiva la creación de nuevas plantas de energías renovables lo que permite aumentar la disponibilidad de puestos de trabajo.
- **Impacto económico:** este apoyo permitirá que los privados tengan un ahorro en términos de tiempo, ya que se facilitará la gestión en los trámites y se entregará más información sobre la creación e implementación de plantas de energías renovables. También, al haber una mayor oferta de electricidad podrían disminuir los precios de esta, lo que ayudaría a disminuir los gastos en electricidad de las empresas y hogares.
- **Impacto ambiental:** la incorporación de sistemas de generación de energía de fuentes renovables permite disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> generado por la producción de eléctrica, ya que la generación de CO<sub>2</sub> por la electricidad que proviene de energías convencionales es mucho mayor. También, existirá un impacto perceptual, ya que los

sistemas de autogeneración podrían ser instalados en zonas no pasen desapercibidas, lo que afectaría directamente al paisaje.

#### **IV. Suministro de energía en servicios públicos**

Las iniciativas de este tipo se enfocan en el ahorro y eficiencia energética, por lo que se generan impactos relacionados a la disminución de contaminantes, el ahorro de recursos naturales como el agua y la leña.

##### ***Estado verde***

- **Impacto social:** esta iniciativa ayudará a educar y concientizar a los funcionarios públicos sobre el buen uso de la energía y esto se verá reflejado en su trabajo, el cual está directamente relacionado con la población en general y los verán como un ejemplo a seguir. Además, se podrán hacer campañas de publicidad para mostrar lo que se está realizando y de esa manera incentivar a más instituciones públicas que se incorporen a la iniciativa.
- **Impacto económico:** al implementar iniciativas o acciones de ahorro y eficiencia energética va a permitir disminuir los gastos en electricidad, energía, agua y papel. Se podría pensar que la disminución de estos gastos sería mínima, ya que al realizar cambios en una institución pública no habría mucha diferencia de gastos, pero al implantar el programa en una mayor cantidad de instituciones públicas se podría maximizar o potenciar aún más este ahorro.
- **Impacto ambiental:** al mejorar la eficiencia energética de las edificaciones y de las actividades diarias de los funcionarios, se podrá generar un ahorro de recursos como el agua, la electricidad y el papel. Además, disminuirán los niveles de CO<sub>2</sub> dependiendo el tipo de combustibles que se utilizan para calefaccionar, cocinar y electrificar las viviendas.

##### ***Programa comuna energética***

- **Impacto social:** este programa fomenta la sensibilización de la población hacia el cuidado de los recursos energéticos y el medio ambiente en general, además, entrega capacitación a los trabajadores relacionados con el proceso de administración, ya sea

en el sector público, privado y social civil. Al capacitar a los trabajadores y enseñarles sobre los recursos energéticos y el medio ambiente se va a poder incorporar con mayor facilidad sistemas de generación de energía a través de las energías renovables y eficiencia energética en territorio. Para dimensionar el alcance del programa, en el año 2020 hubo 13 comunas del país que recibieron apoyo para elaborar Estrategias Energéticas Locales y de esa manera estar más cerca del Sello Comuna Energética, del 2018 hasta 2020 se han visto beneficiadas 72 comunas de 345 (Ministerio de Energía, 2021).

- **Impacto económico:** principalmente se produciría un ahorro en términos de energía ya que al capacitar y concientizar a los trabajadores van a empezar a realizar acciones de ahorro y eficiencia energética lo que reduciría los gastos en términos de electricidad, agua y energía. Además, se podría potenciar la creación de empresas regionales en el sector energético para que lleven a cabo las estrategias energéticas locales y por lo que existiría la posibilidad de la creación de nuevos puestos de trabajo.
- **Impacto ambiental:** por una parte, tiene los mismos impactos que la iniciativa de Estado verde, ya que ambas consisten en concientizar y realizar acciones enfocadas en la eficiencia energética dentro de una institución pública. Sin embargo, el programa en cuestión tiene más impactos ambientales debido a que también aborda el tema de acciones para el desarrollo energético, por lo que se pueden implementar sistemas de autoconsumo los cuales producen una menor cantidad de CO<sub>2</sub>, pueden afectar el hábitat y la vida de animales y produce impactos sobre el paisaje.

#### ***Proyectos de recambio masivo de alumbrado público***

- **Impacto social:** al realizar el cambio de alumbrado público, las calles estarán más iluminadas por lo que la gente se sentirá más segura y podría bajar la cantidad de delitos. Además, para realizar el cambio de iluminaria se necesita llamar a licitación y se le podría dar mayor oportunidad a las empresas regionales para fomentar la economía y trabajo local. Por otro lado, al capacitar a los trabajadores municipales o públicos éstos tendrán un mayor conocimiento lo que les ayudará a realizar sus labores actuales o futuros.

- **Impacto económico:** la cuenta de la luz disminuirá debido a que las luces LED común consumen menos energía que las luces convencionales, de 3 a 5 veces menos (Claudio Silva, 2010), por lo que habría un ahorro significativo, además, las luces LED tiene una vida útil mayor y no necesitan mantención. Por otro lado, al comprar varios postes de luz el precio de cada unidad debería ser menor.
- **Impacto ambiental:** como se mencionó anteriormente las luces LED consumen menos energía, lo que provocará que se produzca menos CO<sub>2</sub> que las luces convencionales por la generación de eléctrica, ya que las luces LED se demoran más tiempo en consumir un kilowatt de energía. Al realizar el recambio de alumbrado público las luces antiguas deben ser desechadas, por lo que contaminan el medio abiótico (suelo, agua y aire) debido a que no todos los componentes se pueden reciclar de forma fácil o simplemente no los reciclan. Por otro lado, las luces LED son más brillantes que las luces convencionales, por tanto el nuevo alumbrado público podría interferir con la vida de algunos animales nocturnos.

## **V. Equidad en gasto energético**

Los impactos se relacionan con disminuir el valor de la cuenta de la luz de las personas, ya sea bajando la tarifa o implementando sistemas de autogeneración de energía, lo que va a permitir que la calidad de vida las personas mejoren, ya que podrán tener acceso a otros servicios, por otro lado la producción de electricidad genera la emisión de CO<sub>2</sub>.

### ***Ley 20.571***

- **Impacto social:** la población es beneficiada ya que existe un mayor incentivo para adquirir sistemas de autogeneración de energía en base a energías renovables. El uso de este tipo de energías también pueda mejorar la salud de las personas y disminuir la contaminación intradomiciliaria de los hogares, además mejora la calidad del aire.
- **Impacto económico:** los hogares que adquirieron sistemas de autogeneración de energía se verán beneficiadas de dos formas, la primera es que tendrán un ahorro en su cuenta de electricidad ya que disminuirá su consumo debido a los sistemas implementados, y la segunda forma consiste en que la electricidad no consumida será incorporada a la red central de energía y por esto recibirán un descuento en su cuenta

de luz. De igual manera los hogares tendrán que invertir dinero en la compra e instalación de los sistemas de autogeneración, pero con el tiempo recuperarán el dinero y verán los beneficios.

- **Impacto ambiental:** al incorporar un sistema energía renovable para la producción de energía se provoca que los niveles de CO<sub>2</sub> por la generación de electricidad sea menor, ya que la energía solar fotovoltaica produce 32[kgCO<sub>2</sub>eq/MWh], la energía eólica 11[kgCO<sub>2</sub>eq/MWh] y las energías convencionales 390,7[kgCO<sub>2</sub>eq/MWh] lo que es 35 veces mayor. La implementación de los sistemas de autogeneración tiene impactos sobre el paisaje y la naturaleza, ya que estos sistemas pueden interferir en el hábitat de los animales, ya sea provocando más de sombra, talando árboles y plantas, entre otras cosas.

### ***Ley 20.928***

- **Impacto social:** la ley beneficia a casi cinco millones de hogares, lo que corresponde al 80% de la población de Chile. Al disminuir la cuenta de luz las personas pueden redirigir este dinero ahorrado para cubrir otras necesidades que dejaron de lado por pagar la electricidad, lo que mejoraría su calidad de vida, ya que pueden utilizar más electrodomésticos, aumentar su gasto en calefacción, entre otras cosas.
- **Impacto económico:** 65 comunas del país se han visto beneficiadas debido a la rebaja en el precio de la energía, la cual disminuyó desde un 4,38% hasta el 60%, lo que influye directamente al presupuesto familiar.
- **Impacto ambiental:** al disminuir la tarifa de la luz las personas podrán consumir más energía por lo que la generación de CO<sub>2</sub> aumentaría.

## **VI. Eficiencia energética en el hogar**

Al enfocarse en la eficiencia energética disminuye el consumo de combustible lo que genera un ahorro en términos de dinero y disminuye las emisiones de gases y material particulado asociado a la utilización de combustible, lo que permite que la población pueda respirar un aire más limpio y estar en un ambiente con temperatura agradable.

### ***Plan nacional de eficiencia energética***

- **Impacto social:** este plan de eficiencia energética impactará en la población de tres maneras distintas. La primera, es cuando la infraestructura escolar pública se enfoca en la eficiencia energética lo que ayuda a mantener un rango de temperatura ideal y confortable dentro de los establecimientos lo que generará que los alumnos estén más cómodos y por ende podrían aumentar su rendimiento escolar. Segundo, ayudaría a la población a acceder a vehículos eléctricos a cambio de sus actuales vehículos de combustión interna permitiendo que puedan trabajar con ellos, ya que se prioriza el cambio de vehículos de transporte como los taxis. Tercero, ayuda a las empresas vendedoras de leña a mejorar sus procesos y producto final, con el fin de que la leña este más seca y certificada lo que va a incentivar la venta de su producto por un sello de calidad, además las empresas se ven potenciadas ya que pueden acceder a una mejor maquinaria para tener una leña es más seca, esto ayuda tanto a productores como consumidores.
- **Impacto económico:** las escuelas se verán beneficiadas ya que al ser eficientes energéticamente les va a permitir ahorrar dinero por disminuir las pérdidas de calor, además al tomar acciones de ahorro energético las cuentas de luz deberían disminuir. Por otro lado, los dueños de los autos eléctricos se verán beneficiados, ya que no tendrán problemas respecto a las alzas de los combustibles, los cuales han aumentado todas las semanas. Por último, al mejorar la producción de leña seca habrá una mayor oferta de esta, lo que provocará que su demanda también aumente debido a que la población necesita leña seca para sus hogares, y de esa manera tanto proveedores como consumidores se verán beneficiados, ya que se venderá más productos pero a un menor precio beneficiando a ambas partes.
- **Impacto ambiental:** cuando las edificaciones son más eficientes permite tener un ahorro en electricidad y en calefacción, esto con lleva a disminuir la generación de CO<sub>2</sub> y de CO. Por un lado, un auto convencional que consume gasolina genera 0,143[kgCO<sub>2</sub>/km] (Endolla, 2021), en cambio, un auto eléctrico consume alrededor de 0,00018[MWh/km] lo que generaría 0,070[kgCO<sub>2</sub>eq/km] si se utiliza electricidad generada por energías convencionales, si se utiliza energía eólica produciría

0,002[kgCO<sub>2</sub>eq/km] y por energía solar generaría 0,006[kgCO<sub>2</sub>eq/km], estos valores son 2 a 70 veces más bajos, por lo que los autos eléctricos contaminan menos, además hay impactos relacionados a la implementación de los autos eléctricos y al cese de funcionamiento de los autos tradicionales. Por otro lado, el uso de leña seca genera menos contaminación que la leña húmeda, donde la leña seca produce desde un 50% a un 330% menos de CO.

### ***Programa con buena energía***

- **Impacto social:** para el año 2021 se han visto beneficiadas más de 300.000 personas siendo capacitadas en el buen uso de la energía y 302.000 hogares han sido beneficiados con la entrega de un “kit eficiente”, en consecuencia las personas están más educadas y son más conscientes sobre el uso eficiente de la energía y del ahorro energético.
- **Impacto económico:** la entrega de los “kits eficientes” y la educación otorgada a las personas permiten que ellas puedan ahorrar en energía, ya sea por el uso de los sellos en puertas y ventanas que permiten disminuir las pérdidas de calor y en la instalación tan ampolletas de ahorro energético que permiten tener reducir el cobro de la luz.
- **Impacto ambiental:** las luces LED consumen menos electricidad que las luces tradicionales, una luz LED de uso doméstico puede consumir de 0,0013[kW/h] a 0,0025[kW/h] y una luz convencional de 0,01[kW/h] a 0,15[kW/h] dependiendo de su luminosidad, lo que impactará directamente en la producción de CO<sub>2</sub> relacionado con la generación de electricidad para hacer funcionar las luces. Por otro lado, al disminuir las pérdidas de calor la temperatura se conserva de mejor manera por lo que se debe utilizar una menor cantidad de combustible (electricidad, leña, pellet, parafina) para calefaccionar el hogar lo que disminuirá la generación de CO<sub>2</sub> y de CO.

### ***Subsidio de acondicionamiento térmico***

- **Impacto social:** al mejorar la aislación térmica de las viviendas las personas podrán tener una mejor calidad de vida, ya que habrá menos pérdidas de calor lo que significará que la vivienda tendrá una temperatura más estable y confortable. También,

se añadirán mecanismos que ayudan a prevenir la presencia de hongos lo que será beneficioso para la salud de las personas, ya que evitará contraer enfermedades relacionadas. Por último, de forma indirecta este subsidio ayudará a la empleabilidad del país, ya que se necesitan personas para llevar a cabo la instalación de aislación térmica en las viviendas. El subsidio está enfocado en viviendas sociales o con un valor fiscal menor a 650UF.

- **Impacto económico:** para acceder al subsidio se necesita un ahorro de 1UF o 3UF, dependiendo del rango etario en que se encuentre el postulante. El subsidio entrega un financiamiento de 140UF, con lo que podrá financiar la compra de los materiales. Al tener instalada la aislación térmica las familias podrán ahorrar dinero debido a la disminución de las pérdidas de calor, lo que provocará que el calor se mantenga dentro del hogar permitiendo el uso de una menor cantidad de recursos, ya sea leña, parafina, pellet, etc.
- **Impacto ambiental:** al mejorar la aislación térmica de una vivienda se producirá un ahorro energético, ya que se necesitará consumir menos combustible para mantener una temperatura estable, lo que conllevará a disminuir la emisión de contaminantes por la utilización de combustible, como el CO<sub>2</sub>, el CO y el material particulado. Por otro parte, se produce un impacto sobre el suelo, ya que al cambiar o mejorar el revestimiento de una vivienda se tienen que desechar materiales los cuales no todos son reciclados, por lo que llegan a los vertederos legales o ilegales. Además, el ruido de las obras generará contaminación acústica.

### ***Ley 21.305***

- **Impacto social:** la población se verá beneficiada debido a que conocerán qué tan eficiente es la vivienda que quieren adquirir, esto les permitirá estimar su gasto energético. Por otro lado, al disminuir el uso de energía por parte de los grandes consumidores del país se podrá disminuir la contaminación generada por la producción de energía, ya que la demanda disminuirá, lo que provocará que mejore la calidad de aire y por ende la salud de las personas.
- **Impacto económico:** las personas al conocer la eficiencia de sus viviendas podrán adquirir un equipo de calefacción más adecuados a su caso, por lo que podrán ahorrar



dinero en energía. Por otro lado, como los grandes consumidores de energía deben realizar acciones de gestión de energética lo que permitirá que disminuyan uso, y por conclusión sus cuentas también disminuirán.

- **Impacto ambiental:** al obligar que los grandes consumidores bajen su consumo de energía y se vuelvan más eficientes ayudará a disminuir los niveles contaminación (CO<sub>2</sub>, CO, material particulado) por el uso de la electricidad y del combustible (leña, pellet, parafina, GLP, etc.). Algo parecido sucede con el etiquetado energético de edificaciones, ya que permite conocer que tan eficiente es y entre más eficiente sea más disminuirá el uso de recursos y los niveles de contaminación.

### *Acondicionamiento térmico*

- **Impacto social:** la población es la que se ve directamente beneficiada, ya que sus viviendas van a estar más reforzadas en techos, muros, pisos y ventanas lo que permitirá mantener de mejor manera el calor dentro de su vivienda, debido a que se generarán menos pérdidas de calor y esto provocará que la calidad de vida de las personas sea mejor, ya que tendrán una temperatura más confortable dentro de sus hogares permitiéndoles desarrollarse en distintos niveles.
- **Impacto económico:** principalmente se genera un ahorro en términos de eficiencia energética, ya que las viviendas tendrán revestimiento térmico y evitarán las excesivas pérdidas de calor. También, las personas que adquieran una vivienda nueva no tendrán que incurrir en el gasto de aislar su casa, ya que por ley deben venir acondicionadas térmicamente.
- **Impacto ambiental:** al establecer que las viviendas deben tener aislación térmica en zonas específicas permite que estas sean más eficientes, por ende, se consume menos energía lo que se traduce en una menor demanda energética, esto provoca que se emita menos contaminantes como el CO<sub>2</sub>, el CO y el material particulado.

## **VII. Cambio en sistemas de calefacción**

Este cambio va a permitir que las personas tengan un eficiente sistema de calefacción lo que ayudará a mejorar los niveles de temperatura dentro del hogar, genera trabajos ya que alguien

debe raizar el retiro de los calefactores antiguos e instalar los nuevos. También, se ahorra dinero y disminuyen la emisión y contaminantes.

### ***Programa recambio de calefactores***

- **Impacto social:** la población se verá beneficiada ya que recibirán calefactores de mejor calidad y más eficientes, con el objetivo de eliminar el uso de leña en los hogares, de esa manera se reducirá la contaminación intradomiciliaria y extradomiciliaria, por lo que el aire será de mejor calidad, disminuirán las enfermedades respiratorias y las intoxicaciones por monóxido de carbono. Además, al cambiar el artefacto se fomentará la creación de empresas y la compra de recursos como la parafina y el pellet, esto generará la instancia para crear nuevos puestos de trabajo. Al cambiar el artefacto de calefacción por uno que no utilice leña podrán utilizarlo cuando haya preemergencia o emergencia ambiental.
- **Impacto económico:** las personas deberán pagar una cuota por el nuevo equipo que cercano a los \$100.000 y deben entregar su artefacto, además, no incurrirán en otro gasto. Por otro lado, las familias ahorrarán dinero en la compra de recursos más eficientes en vez de leña, como es el caso del pellet, de la parafina o la electricidad.
- **Impacto ambiental:** el programa permite cambiar los calefactores por unos que utilicen combustibles más eficientes, lo que disminuye la generación de contaminantes, como el CO<sub>2</sub>, CO y material particulado, por la calidad del combustible y porque se utiliza menos cantidad.

## **VIII. Reducción de necesidades de calefacción**

Al reducir las necesidades de calefacción las personas pueden ahorrar dinero, sentirse mejor dentro de sus hogares y disminuir la contaminación intradomiciliaria.

### ***Guía de calefacción sustentable***

- **Impacto social:** la población tendrá una fuente de información confiable el cual les dará conocimiento sobre fuentes de calefacción más eficientes, combustibles limpios, información sobre eficiencia y ahorro energético en sus hogares, al tener a disposición

esta información podrán tomar mejores decisiones al momento de comprar algún artefacto de calefacción o al instalar aislación técnica en sus casas.

- **Impacto económico:** las personas al tener el conocimiento de qué calefactores les conviene más o son más eficientes podrán invertir de mejor manera su dinero, al pasar el tiempo recuperarán su inversión y empezarán a ahorrar. Además, al aislar de buena manera las viviendas va a disminuir las pérdidas de calor lo que generará que los hogares gasten menos en energía.
- **Impacto ambiental:** al entregarle a la población los conocimientos necesarios para elegir y utilizar calefactores, combustibles limpios y aislación térmica que sean eficientes y que se adapten a su vivienda permitirá que las emisiones de materia prima, CO<sub>2</sub>, CO y otros contaminantes disminuyan.

## **IX. Mitigación de impactos**

Permite que las personas tengan una mejor calidad de vida, ya que se busca bajar y mantener los niveles de contaminación atmosférica dentro de un rango aceptable, lo que puede prevenir enfermedades respiratorias.

### *Planes de prevención atmosférica (PPA)*

- **Impacto social:** la existencia de este plan ayudará a la población a tener una mejor calidad de vida, ya que el plan de prevención busca disminuir los niveles de contaminación en el aire lo que ayudará a disminuir la probabilidad de sufrir enfermedades respiratorias asociadas a la contaminación atmosférica.
- **Impacto económico:** el impacto que existe está asociado al costo de la implementación de las acciones que se deben tomar para realizar este plan, ya que se debe invertir en investigación, maquinaria, equipos y personal calificado.
- **Impacto ambiental:** permitirá disminuir los niveles de contaminación del material particulado (fracción respirable y fina).

### *Plan de descontaminación atmosférica (PDA)*

- **Impacto social:** uno de los planes de descontaminación más común es cuando se declaran alertas ambientales, ya sea preemergencia o emergencia ambiental, esto se

realiza para que las fuentes de emisión de material particulado, como estufas a leña o calderas paren su producción y para disminuir el nivel de contaminación en el aire, cuando sucede esto las personas se ven afectadas ya que no pueden utilizar su calefacción a leña en los hogares, por lo que pueden tener sensaciones de frío más bajas de lo normal. Además, al haber alerta ambiental no se puede hacer actividad física en interiores ni exteriores lo que afecta directamente al estilo de vida de las personas, pero por otro lado se resguarda la salud de las personas.

- **Impacto económico:** al realizar las acciones de alerta ambiental las empresas que se dedican a actividades al aire libre e interiores, como gimnasio, se ven afectados ya que éstos tienen que cesar sus actividades por la duración de la alerta.
- **Impacto ambiental:** permite disminuir los niveles de contaminación atmosférica, como material particulado (fracción respirable y fina) y de SO<sub>2</sub> para que no sobrepasen los límites.

## **X. Desarrollo energético local**

Al instalar y mejorar las redes eléctricas mejorará la calidad de vida de las personas, debido a que tendrán acceso a otros servicios de primera necesidad. Por otro lado, existe impactos en la flora y fauna, en el paisaje y en la tierra, aire y agua.

### ***Programa energización rural y social***

- **Impacto social:** para este programa el impacto social es de lo más significativo, ya que va a ayudar a mejorar la calidad de vida de cientos de personas que habitan en zonas rurales. Al tener electricidad en escuelas y postas las personas van a poder acceder a educación y salud que son derechos primordiales para cualquier ser humano, además se mejorará el suministro eléctrico para que éste sea de mejor calidad lo que va a ayudar a que las familias tengan un mayor acceso a este servicio y de esa manera pueden tener un mayor desarrollo.
- **Impacto económico:** está relacionado con los costos asociados a la creación de nuevo tendido eléctrico, al reforzamiento de este mismo, a los equipos, maquinarias y materiales que se tienen que utilizar. También, se debe de gastar en el personal que va a ejecutar estos arreglos y a las personas que van a realizar las capacitaciones. Algunos

costos pueden disminuir, ya que las zonas podrían tener materiales propios o maquinarias, además la compra de insumos podría ser por un volumen determinado para que el valor unitario de los productos disminuya. Si la población tiene acceso al servicio eléctrico podrán desarrollar otras actividades laborales, lo que mejorará la economía familiar.

- **Impacto ambiental:** el tendido eléctrico utilizado para electrificar las postas y escuelas generan un impacto en el paisaje, en especial en las zonas rurales ya que estas tienen un determinado paisaje. También, se espera tener impactos en el suelo debido a que la instalación de postes y tendido eléctrico generan desechos los cuales no siempre son bien tratados y eliminados por lo que quedan residuos, además aumentaría la producción de CO<sub>2</sub> por la generación de energía, pero a su vez disminuirán los niveles de emisión de CO<sub>2</sub>, CO y material particulado por el uso de leña (seca y húmeda) y carbón. Por otra parte, la electrificación puede afectar a la flora y fauna del lugar, ya que para su instalación puede ser necesario talar árboles y sacar plantas o hierbas lo que afecta directamente el hábitat de los animales y la biodiversidad de lugar.

### *Proyectos de electrificación rural*

- **Impacto social:** las personas del sector rural serán las más beneficiadas, ya que podrán tener acceso a la red eléctrica mediante la extensión de la red de distribución actual o por la instalación de sistemas de autogeneración, esto les permitirá tener una mejor calidad de vida, ya que van a poder acceder a otros tipos de servicios que antes no podían.
- **Impacto económico:** se tendrá que invertir en materiales, insumos, equipos, maquinaria y personal para poder llevar a cabo la mejora del suministro eléctrico o la instalación de los sistemas de autogeneración de energía.
- **Impacto ambiental:** al extender la red de distribución, implementar un sistema aislado de generación eléctrica o un sistema individual de autogeneración se van a producir impactos en medio perceptual (paisaje), medio biótico y abiótico. El medio perceptual se ve afectado, ya que cualquier sistema que se instale afectará al paisaje debido a la tala de árboles, arbustos, la eliminación de praderas y plantas o simplemente por el hecho de estar ahí instaladas, por esto mismo se ve afectada el

habidad de especies autóctonas de flora y fauna. Por otro lado, al implementar mejores sistemas de electrificación la contaminación intradomiciliaria (CO<sub>2</sub>, CO, material particulado) debería disminuir, ya que las personas podrían acceder a otros sistemas de calefacción, de cocción de alimentos y de entibiar el agua.

Durante el desarrollo del catastro se encontró con la dificultad de dimensionar la cantidad de población beneficiada y los efectos reales que tuvieron las políticas implementadas en ellos, cabe mencionar que solo algunos programas contaban con la información del número de posibles beneficiados y los beneficiados reales por año. Considerando lo anterior se esperaría que el Estado recolectara y analizara información sobre los impactos que tiene cada uno de los avances reglamentarios para poder justificar su implementación, lo que ayudaría a proponer iniciativas más enfocadas.

# **CAPÍTULO 6: REQUERIMIENTOS Y DESAFÍOS PARA MITIGAR LA POBREZA ENERGÉTICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**

*En el presente capítulo se presentan los requerimientos y desafíos existentes para mitigar la pobreza energética y el cambio climático.*

## **6.1 Requerimientos y desafíos**

En este capítulo se identificarán los requerimientos y desafíos existentes para mitigar la pobreza energética y el cambio climático, por medio de revisión bibliográfica, por una entrevista realizada a Macarena San Martín que es miembro de la Red de Pobreza Energética, por los objetivos de los avances reglamentarios actuales y por las conclusiones obtenidas del diagnóstico de la situación actual.

La identificación de requerimientos y desafíos ayudará comprender en qué se deben de enfocar las mejoras a proponer.

### **6.1.1 Requerimientos**

En esta sección se analizaron distintos textos bibliográficos para conocer cuáles son los requerimientos existentes para mitigar la pobreza energética y el cambio climático.

- Fortalecer los sistemas de gobernanza, con regulaciones más apropiadas a las condiciones cambiantes, exigiendo planes de largo plazo que integren análisis de riesgo climático (Red de Pobreza Energética, 2022).
- Realizar un trabajo en conjunto con el Ministerio de Salud, el Ministerio de Medio Ambiente, el Ministerio de Energía, el Ministerio de Desarrollo Social y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, para proponer iniciativas que aborden todas las dimensiones de la pobreza energética. Esto puede ser un primer paso para mejorar la eficacia de las políticas públicas cuando se quiere enfrentar un problema complejo.
- Realizar trabajo colaborativo con instituciones gubernamentales, públicas, privadas y sin fines de lucro para proponer objetivos y políticas públicas más completas y focalizadas.
- Crear leyes y programas públicos orientados a la eficiencia energética, regulación de los mercados energéticos, mejoramiento de la cobertura de los sistemas eléctricos y accesibilidad a tecnologías de información y comunicación (TIC) (Red de Pobreza Energética, 2019). Además, se debe asegurar el acceso universal y equitativo a servicios energéticos modernos, confiables y asequibles a toda la población.



### **6.1.1 Desafíos**

Se identificaron una serie de desafíos que permitirán combatir la pobreza energética, y a la vez el cambio climático. A continuación, se presentan los desafíos identificados.

- Realizar una base de datos, la cual contenga indicadores e información relevante sobre el estado actual de las localidades en el contexto de los servicios energéticos, para poder realizar políticas públicas enfocadas a superar la pobreza energética. Además, esto ayudará a formar una metodología que estime los factores de riesgo con la finalidad de reducir al máximo la situación.
- Realizar un plan de urbanización que considere la pobreza energética y el cambio climático para construir edificaciones más resistentes y que aseguren tener acceso a un servicio energético de calidad, para potenciar la resiliencia urbana.
- Promover el desarrollo eficiente de la generación distribuida y sistema de almacenamiento con baterías en los hogares y centros públicos, asegurando redes de respaldo de aquellos lugares donde se concentra la población más vulnerable (Red de Pobreza Energética, 2022).
- Asegurar la entrega de energía y de combustible a un precio asequible para toda la población y que se puedan acceder a ellos desde todo el territorio nacional.
- Invitar a los proveedores de servicios energéticos que garanticen la calidad de sus servicios.
- Diseñar iniciativas que aborden al mismo tiempo el acceso, la equidad y la calidad de los servicios energéticos, ya que generalmente las iniciativas abarcan solo una dimensión. Por otra parte, existen grandes falencias relacionadas con la calidad de los servicios.
- Lograr que el 100% de los hogares tengan acceso a los servicios eléctricos para el año 2040, actualmente la cobertura es del 88,8% de las viviendas del país (Ministerio de Energía, 2017).
- Realizar un plan de educación donde se explique la importancia del ahorro energético en los hogares y que aborde el tema de la eficiencia energética.
- Exigir mayores parámetros de calidad respecto a la construcción de edificaciones y de su aislación térmica.

- Transitar hacia un cambio en la matriz energética centrado en las energías renovables.
  - Fortalecer la resiliencia de los sistemas de generación, transmisión y distribución de electricidad frente a las vulnerabilidades que generan los nuevos escenarios climáticos.
- La estabilidad y confiabilidad del suministro eléctrico es central para el éxito de la transición energética, por lo cual se requiere un diseño e implementación de planes de adaptación que permitan reducir la vulnerabilidad de los sistemas eléctricos y responder ante emergencias (Red de Pobreza Energética, 2022).

# **CAPÍTULO 7: PROPUESTAS DE MEJORA**

*En el presente capítulo se presentan las propuestas de mejora enfocadas en las energías renovables y tecnologías inteligentes.*

## **7.1 Propuestas de mejora**

Considerando los desafíos, requerimientos, avances tecnológicos y reglamentarios presentados, se ha identificado la necesidad de mejorar el acceso al suministro energético y la eficiencia energética de las viviendas.

Se plantearon cuatro propuestas con el fin de mejorar la situación actual y se propone que sean implementadas por el Estado como iniciativas o subsidios. A continuación, se presentan las propuestas de mejora.

### **7.1.1 Propuesta N° 1: Implementación de un sistema solar híbrido fotovoltaico-térmico (PVT)**

Se propone evaluar la implementación de un sistema solar fotovoltaico-térmico en las regiones que posean altos niveles de radiación (entre la región de Arica y Parinacota y la región del Maule), para aprovechar los recursos solares al máximo, esto permitirá producir una mayor cantidad de energía, la cual será utilizada por las personas.

El sistema propuesto incluirá un panel solar híbrido, un inversor, un controlador de carga y baterías, con el fin de almacenar la energía solar.

### **7.1.2 Propuesta N° 2: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar (SHEFV)**

Al igual que la idea anterior, esta propuesta planea implementar en zonas donde no se tenga niveles tan altos de radiación y que tenga una buena velocidad del viento (entre la región de Ñuble y la región de Magallanes), con el fin de potenciar ambos mecanismos y producir más energía. Este sistema poseerá un panel solar, una turbina eólica, un inversor, un controlador híbrido de carga y un sistema de baterías.

### **7.1.3 Propuesta N° 3: Uso de un material ecológico como aislante térmico**

La idea es proponer una serie de materiales ecológicos y sustentables que puedan ser utilizados como aislantes térmicos, con el fin de evaluarlos y recomendar un material que pueda reemplazar a los aislantes térmicos convencionales.

#### **7.1.4 Propuesta N° 4: Cápsulas de enseñanza de eficiencia energética**

Se propone realizar un guía que le enseñe a las personas sobre eficiencia energética y cómo mejorarla dentro de su vivienda, esta guía debe ser del tipo “Hágalo usted mismo” para que las personas sepan cómo implementar las acciones de eficiencia energética de forma eficaz y que puedan llevarlas a cabo sin incurrir en grandes gastos.

# **CAPÍTULO 8: FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA**

*En el presente capítulo se aborda el diseño de cada una de las propuestas, incluyendo especificaciones técnicas y selección de equipos.*

## 8.1 Estudio técnico de las propuestas de mejora

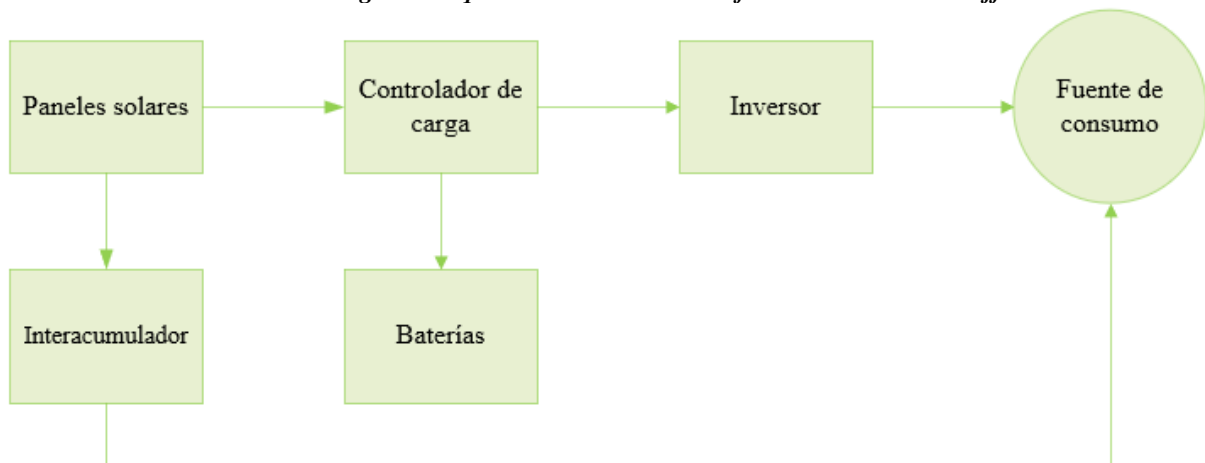
Este estudio consta del diseño y dimensionamiento de las propuestas de mejora. Por una parte, en la propuesta 1 y 2 se seleccionarán equipos para la generación de energía por medio del aprovechamiento del recurso solar y eólico (ver Anexo 1). En la propuesta 3 se propondrá la utilización de un material ecológicos para la aislación térmica de los hogares según la zona climática de Chile. Por último, se detallarán los temas que deben ser abordados en las cápsulas de aprendizaje.

### 8.1.1 Propuesta N° 1: Implementación de un sistema solar híbrido fotovoltaico-térmico (PVT)

En esta propuesta se diseñarán dos tipos de sistemas diferentes de energía, uno *Off Grid* (sistema autónomo) y uno *On Grid* (sistema conectado a la red de distribución).

La Ilustración 10 corresponde al sistema *Off Grid*, el cual está compuesto por paneles solares, controlador de carga, baterías, inversor y una fuente de consumo que corresponde a una vivienda.

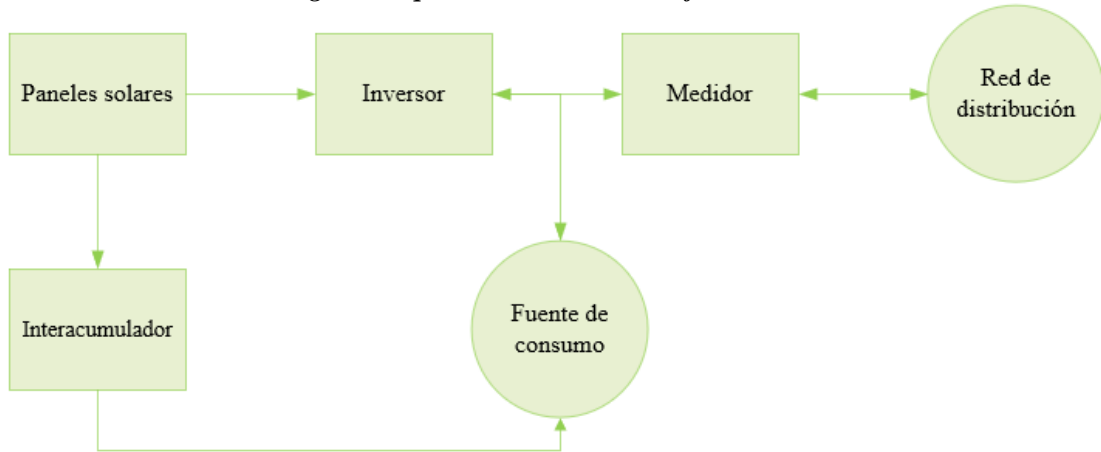
Ilustración 10: Diagrama esquemático de un sistema fotovoltaico-térmico *Off Grid*



Fuente: Elaboración propia en base a (Newen Solar, 2021)

La Ilustración 11 representa al sistema *On Grid* que está conformado por paneles solares, inversor, medidor inteligente, la red de distribución de energía y una fuente de consumo. Para ambos sistemas se utilizará el mismo modelo de panel solar y de inversor.

**Ilustración 11: Diagrama esquemático de un sistema fotovoltaico-térmico On Grid**



Fuente: Elaboración propia en base a (Newen Solar, 2021)

Al diseñar el sistema solar es importante fijar la cantidad de energía que se quiere generar, para esto se tendrá en cuenta la cantidad de energía que consume una vivienda en Chile. Según el estudio “Usos de energía de los hogares en Chile 2018” los hogares consumen 2.074[kWh] de energía eléctrica al año, lo que equivale a 5,68[kWh] al día. Considerando este valor y la cantidad de energía que se puede acceder con los programas actuales del gobierno se tomó la decisión de cubrir el 50% de la demanda diaria de energía eléctrica, es decir, 2,84[kWh].

## I. Panel solar fotovoltaico-térmico

Para seleccionar un panel solar se propusieron tres modelos de paneles fotovoltaicos-térmicos que se encuentran en el mercado. Además, se utilizaron seis criterios relevantes para la selección del panel, los cuales son:

- **Potencia:** hace referencia a la cantidad de energía que se puede generar el panel solar, en este caso se medirá en función del área del panel, por lo que la dimensión de la potencia es  $[W/m^2]$ . Entre más alta es la potencia es mejor para el criterio.
- **Precio:** corresponde al precio, el cual se medirá en pesos chilenos por potencia para poder medir de mejor manera este criterio, entre más bajo sea el precio del panel mayor ponderación tendrá.
- **Rendimiento solar:** se refiere a la cantidad de energía solar que llega a la superficie del panel y se convierte en electricidad. Este criterio es de forma porcentual y entre mayor sea el valor será mejor.



- **Rendimiento térmico:** corresponde a la cantidad de energía solar que se convierte en energía térmica y se mide en porcentaje.
- **Coefficiente de temperatura de potencia máxima:** es la pérdida porcentual de voltaje de máxima potencia por cada grado de diferencia entre la temperatura ambiente (25°C) y la temperatura de operación de las células. Este criterio debe tener el valor más bajo posible.
- **Coefficiente de pérdidas térmicas:** es la cantidad de energía que se pierde por metro cuadrado. Entre menor sea la pérdida térmica mayor será tu participación.

En la Tabla 17 se muestran los modelos de paneles fotovoltaicos-térmicos y los valores de cada criterio.

*Tabla 17: Datos de los paneles solares-térmicos a valorar*

Crterios	aH60 Optimum	aH60 SK	CPVT60P250
Potencia [W/m <sup>2</sup> ]	158,37	170,55	153,05
Precio [CLP/W]	2.810	2.938	2.386
Rendimiento fotovoltaico [%]	16,01%	17,02%	15,30%
Rendimiento térmico [%]	59%	67%	55%
Coef de Temp de P <sub>max</sub> [%/°C]	-0,34	-0,38	-0,38
Coef pérdidas térmicas [W/m <sup>2</sup> K]	3,30	5,70	6,30

*Fuente: Elaboración propia en base a (Abora, 2021) (Abora, 2020) (Todo solar, 2018)*

La Tabla 18 muestra la importancia de cada criterio de selección, donde el coeficiente de pérdidas térmicas es el criterio más relevante, dado que en las zonas que se quiere implementar este sistema existe un mayor déficit de agua caliente sanitaria (Ver Anexo 2).

*Tabla 18: Ponderación de criterios de selección del panel fotovoltaico-térmico*

Nº	Crterios	1	2	3	4	5	6	Importancia
1	Potencia	-	0,40	0,40	0,35	0,40	0,35	0,13
2	Precio	0,60	-	0,40	0,40	0,30	0,30	0,13
3	Rendimiento fotovoltaico	0,60	0,60	-	0,45	0,50	0,40	0,17
4	Rendimiento térmico	0,65	0,60	0,55	-	0,40	0,50	0,18
5	Coef de Temp de P <sub>max</sub>	0,60	0,70	0,50	0,60	-	0,40	0,19
6	Coef pérdidas térmicas	0,65	0,70	0,60	0,50	0,60	-	0,20

*Fuente: Elaboración propia*

En la Tabla 19 se puede observar la participación que tiene cada panel fotovoltaico-térmico respecto a los diferentes criterios, con estos valores y con la importancia de los criterios se

obtiene el panel que más sea acorde a las necesidades, el cual corresponde al panel *aH60 Optimum* de la marca Abora Solar.


**Tabla 19: Resultados finales de selección del panel fotovoltaico-térmico**

Criterios	Importancia	aH60 Optimum	aH60 SK	CPVT60P250
Potencia	0,13	0,33	0,35	0,32
Precio	0,13	0,32	0,31	0,38
Rendimiento fotovoltaico	0,17	0,33	0,35	0,32
Rendimiento térmico	0,18	0,33	0,37	0,30
Coef de Temp de P <sub>max</sub>	0,19	0,35	0,33	0,33
Coef pérdidas térmicas	0,20	0,48	0,28	0,25
<b>Total</b>		<b>36%</b>	33%	31%

Fuente: Elaboración propia

Las especificaciones eléctricas y térmicas del panel seleccionado se pueden apreciar en la Tabla 20.

**Tabla 20: Especificaciones eléctricas del panel híbrido aH60 Optimum**

	Ítem	Valor	Imagen
Especificaciones eléctricas	Tipo de celula	Monocristalina	
	Potencia nominal [W]	260	
	Voltaje máxima potencia [V]	31,44	
	Corriente máxima potencia [A]	8,59	
	Voltaje circuito abierto [V]	38,65	
	Corriente cortocircuito [A]	9,07	
	Eficiencia módulo [%]	16,01	
	Tolerancia de potencia [W]	0/+3%	
	Voltaje máxima del sistema [V]	1.000[V]	
	Coeficiente de temperatura de P <sub>mpp</sub> [%/°C]	-0,43	
	Coeficiente de temperatura de V <sub>oc</sub> [%/°C]	-0,43	
	Coeficiente de temperatura de I <sub>sc</sub> [%/°C]	-0,43	
	Corriente de inversa máxima [A]	15	
Especificaciones térmicas	Temperatura NOCT [°C]	45+/-2	
	Potencia [W]	1.000	
	Rendimiento optimo [%]	59	
	Coeficiente pérdidas térmicas a1 [W/m <sup>2</sup> K]	3,3	
	Coeficiente pérdidas térmicas a2 [W/m <sup>2</sup> K]	0,018	
	Volumen líquido interior [l]	1,5	
	Temperatura de estancamiento [°C]	154,9	
	Número conexiones hidráulicas	4 conexiones	
	Medida conexión hidráulica	Conexionado rápido	
Precio [CLP]	730.605		

Fuente: (Abora, 2021)

Al tener seleccionado el panel solar, conocer la cantidad de energía a suplir y la cantidad de hora solar pico (HSP) se debe de determinar la cantidad de paneles necesarios para cubrir el consumo de energía propuesto.

**Ecuación 1: Cálculo de la potencia necesaria a producir por los paneles en el sistema PVT**

$$P = \frac{\text{Consumo de energía a suplir}}{\text{HSP}}$$

$$P = \frac{2.840[\text{Wh}]}{4,05[\text{h}]}$$

$$P = 701[\text{W}]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

Después de determinar la cantidad de energía que deben producir los paneles solares se tiene que calcular el número de paneles necesarios.

**Ecuación 2: Número de paneles fotovoltaicos-térmicos necesarios en el sistema PVT**

$$N_{FV} = \frac{P}{P_{\text{panel}}}$$

$$N_{FV} = \frac{701[\text{W}]}{260[\text{W}]}$$

$$N_{FV} = 2,7$$

$$N_{FV} \approx 3$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

De forma provisional se propone que la configuración inicial del sistema sea de 3 paneles solares ubicados en serie, por lo que las especificaciones técnicas asociadas a esta configuración son las siguientes:

**Tabla 21: Especificaciones técnicas del sistema PVT según la configuración propuesta**

Ítem	Valor
Potencia producida [W]	780
Potencia del sistema [W]	260
Voltaje del sistema [V]	115,95
Corriente del sistema [A]	9,07

Fuente: Elaboración propia

Los valores presentados están dados por las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 3: Potencia de un sistema con paneles en serie en el sistema PVT**

$$potencia_{sistema} = potencia_{panel}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Damia Solar, 2016)

**Ecuación 4: Voltaje de un sistema con paneles en serie en el sistema PVT**

$$voltaje_{sistema} = n^{\circ} paneles_{serie} \cdot voltaje_{panel}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Damia Solar, 2016)

**Ecuación 5: Corriente de un sistema con paneles en serie en el sistema PVT**

$$corriente_{sistema} = corriente_{panel}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Damia Solar, 2016)

**Ecuación 6: Potencia de un sistema con paneles en paralelo en el sistema PVT**

$$potencia_{sistema} = n^{\circ} paneles_{paralelo} \cdot potencia_{panel}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Damia Solar, 2016)

**Ecuación 7: Voltaje de un sistema con paneles en paralelo en el sistema PVT**

$$voltaje_{sistema} = voltaje_{panel}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Damia Solar, 2016)

**Ecuación 8: Corriente de un sistema con paneles en paralelo en el sistema PVT**

$$corriente_{sistema} = n^{\circ} paneles_{paralelo} \cdot corriente_{panel}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Damia Solar, 2016)

Desde ahora en adelante todos los equipos seleccionados deben estar en función de un voltaje de 48[V], el cual se relaciona con el voltaje de circuito abierto del panel que en este caso es de 38,65[V], generalmente los dispositivos tienen un voltaje de 12[V], 24[V] y 48[V].

## II. Inversor

Al conocer las especificaciones técnicas del sistema (dada la configuración propuesta) se puede seleccionar un inversor, el cual debe cumplir con las siguientes exigencias:

**Ecuación 9: Restricción relacionada a la potencia del inversor en el sistema PVT**

$$potencia \text{ máx entrada}_{inversor} > potencia \text{ producida}_{sistema}$$

$$potencia \text{ máx entrada}_{inversor} > 780[W]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

**Ecuación 10: Restricción relacionada al voltaje del inversor en el sistema PVT**

$$\text{voltaje máx}_{\text{inversor}} > \text{voltaje}_{\text{sistema}}$$

$$\text{voltaje máx}_{\text{inversor}} > 115,95[\text{V}]$$

$$\text{voltaje entrada}_{\text{inversor}} < \text{voltaje}_{\text{sistema}}$$

$$\text{voltaje entrada}_{\text{inversor}} < 115,95[\text{V}]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

**Ecuación 11: Restricción relacionada a la corriente del inversor en el sistema PVT**


$$\text{corriente}_{\text{inversor}} > \text{corriente}_{\text{sistema}}$$

$$\text{corriente}_{\text{inversor}} > 9,07[\text{A}]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

Teniendo claro los parámetros técnicos con los que debe cumplir el inversor se propone el uso del dispositivo de la marca *Omnik New Energy* modelo *OMNIK-1K-TL2-M*. En la Tabla 22 se pueden ver las especificaciones del inversor a utilizar.

**Tabla 22: Especificaciones técnicas del inversor OMNIK-1K-TL2-M**

Ítem	Valor	Imagen
Potencia máx entrada [W]	1.250	
Voltaje de entrada [V]	70	
Voltaje máx [V]	500	
MPPT rango tensión [V]	60 a 450	
Corriente [A]	11	
Eficiencia [%]	96,5	
MPPT	1	
Precio [CLP]	419.750	

Fuente: (SolarTex, 2018)

Luego de haber seleccionado el inversor se debe calcular la configuración exacta del sistema fotovoltaico-térmico, ya que el propuesto puede cambiar en función de las características del inversor.

**Ecuación 12: Cálculo del número máximo de paneles solares en función del inversor en el sistema PVT**

$$n^{\circ} \text{ máx paneles} = \frac{\text{máx potencia de entrada}_{\text{inversor}}}{\text{potencia máx}_{\text{panel}}}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles} = \frac{1.250[W]}{260[W]}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles} = 4,81$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles} \approx 5$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

**Ecuación 13: Cálculo del número máximo de paneles solares en serie en función del inversor en el sistema PVT**

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} = \frac{\text{máx voltaje de entrada}_{\text{inversor}}}{\text{voltaje}_{\text{panel}}}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} = \frac{500[V]}{38,65[V]}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} = 12,94$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} \approx 12$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

**Ecuación 14: Cálculo del número mínimo de paneles solares en serie en función del inversor en el sistema PVT**

$$n^{\circ} \text{ min paneles}_{\text{series}} = \frac{\text{voltaje de arranque}_{\text{inversor}}}{\text{voltaje}_{\text{panel}}}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} = \frac{70[V]}{38,65[V]}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} = 1,81$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} \approx 2$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

Dados los cálculos anteriores la configuración definitiva del sistema debe tener entre dos y cinco paneles en serie y una fila de paneles (un *string*), por lo que la configuración propuesta al principio se considera como la definitiva.

### III. Controlador de carga

Al igual que en el proceso de selección del inversor, el controlador de carga también debe cumplir con ciertas restricciones dadas las especificaciones de la configuración del sistema. Las cuales son:

**Ecuación 15: Restricción relacionada a la potencia del controlador de carga en el sistema PVT**  
 $potencia\ máx\ entrada_{controlador} > potencia\ producida_{sistema}$

$$potencia\ máx\ entrada_{controlador} > 780[W]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

**Ecuación 16: Restricción relacionada al voltaje del controlador de carga en el sistema PVT**  
 $voltaje\ máx\ de\ entrada_{controlador} > voltaje_{sistema}$

$$voltaje\ máx\ de\ entrada_{controlador} > 115,95[V]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)


**Ecuación 17: Restricción relacionada a la corriente del controlador de carga en el sistema PVT**  
 $corriente\ máx_{controlador} > corriente_{sistema}$

$$corriente\ máx_{controlador} > 9,07[A]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

Dado lo anterior se prone la utilización del controlador de carga *MPPT 30A 145V Nat Power SR4830*, en la Tabla 23 se aprecian sus características.

**Tabla 23: Especificaciones técnicas del controlador de carga MPPT Nat Power SR4830**


Ítem	Valor	Imagen
Potencia máx entrada [W]	1.600	
Voltaje máx de entrada [V]	145	
Corriente [A]	30	
Eficiencia [%]	98	
Precio [CLP]	101.191	

Fuente: (Solar Charge Controller User's Manual, 2021)

### IV. Batería

Para completar el diseño del sistema *Off Grid* se debe seleccionar un modelo de batería, en este caso se utilizará la batería TP24200 con las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 24: Especificaciones técnicas de las baterías TP24200

Ítem	Valor	Imagen
Capacidad batería [Ah]	100	
Voltaje batería [V]	24	
Precio [CLP]	234.030	

Fuente: (Topak, 2019)

Después de escoger una batería se tiene que dimensionar el tamaño del banco de baterías con las siguientes ecuaciones.

Ecuación 18: Cálculo de la capacidad diaria en el sistema PVT

$$\frac{Ah}{dia} = \frac{\frac{consumo_{a\ suprir}}{eficiencia_{inversor}}}{voltaje_{sistema\ general}}$$

$$\frac{Ah}{dia} = \frac{\frac{2.840[W]}{96,5\%}}{48[V]}$$

$$\frac{Ah}{dia} = 61,34[Ah]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

En la Ecuación 19 se determina el número de baterías en paralelo que se requiere el sistema, es necesario proponer la cantidad de días de autonomía que va a tener el sistema, este caso se ha propuesto un día, ya que se espera implementar este sistema en zonas que no tienen acceso a la red de distribución de eléctrica, y por lo mismo el nivel máximo que se pueden descargar las baterías es del 50% de su capacidad.

Ecuación 19: Cálculo del número de baterías en paralelo en el sistema PVT

$$n^{\circ} baterias_{paralelo} = \frac{\frac{Ah}{dia} \cdot n^{\circ} \text{ días de autonomía}}{\frac{\text{porcentaje de descarga máx}_{bateria}}{Capacidad_{bateria}}}$$

$$n^{\circ} baterias_{paralelo} = \frac{61,34[\frac{Ah}{dia}] \cdot 1[dias]}{\frac{50[\%]}{100[Ah]}}$$

$$n^{\circ} baterias_{paralelo} = 1,23$$

$$n^{\circ} baterias_{paralelo} \approx 2$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)



**Ecuación 20: Cálculo de baterías en serie en el sistema PVT**

$$n^{\circ} \text{ baterías}_{\text{serie}} = \frac{\text{voltaje}_{\text{sistema general}}}{\text{voltaje}_{\text{batería}}}$$

$$n^{\circ} \text{ baterías}_{\text{serie}} = \frac{48[V]}{24[V]}$$

$$n^{\circ} \text{ baterías}_{\text{serie}} = 2$$


Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

Finalmente, el banco de baterías estaría compuesto por un total de cuatro baterías, dos en serie y dos en paralelo.

## V. Medidor inteligente

Para completar el sistema *On Grid* se debe escoger un medidor, en este caso será bidireccional para que contabilizase la energía que entrega la red de distribución a la vivienda y la energía que entrega el sistema solar a la red de distribución, debido a que no es consumida en su totalidad por el usuario. El medidor seleccionado corresponde al modelo *A150 Medidor electrónico monofásico*.

**Tabla 25: Especificaciones técnicas del medidor A150 electrónico monofásico**

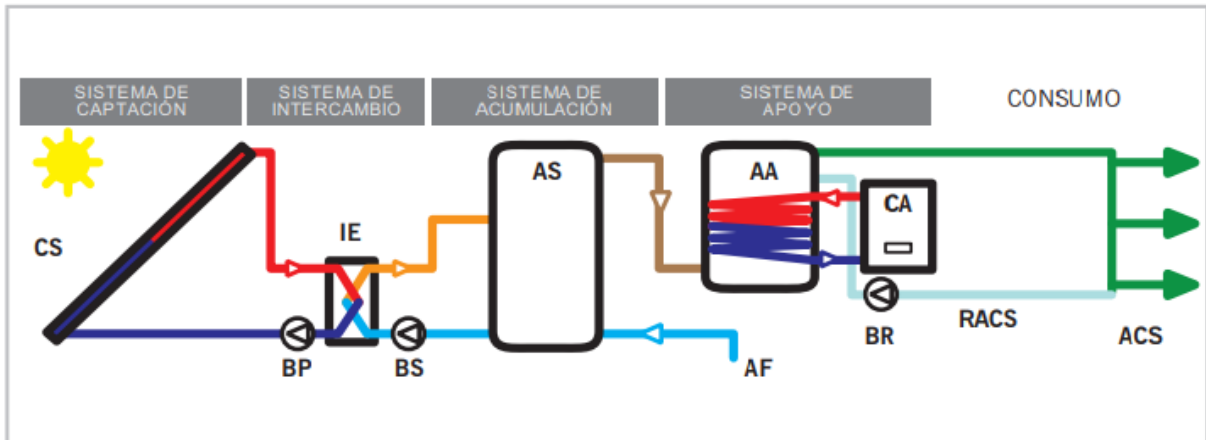
Ítem	Valor	Imagen
Corriente máx [A]	60	
Frecuencia [Hz]	50	
Rango de operación [V]	220	
Corriente de arranque [mA]	20	
Precio [CLP]	63.990	

Fuente: (Elster, 2022)

## VI. Componentes del sistema solar térmico

Un sistema solar térmico convencional está compuesto por un sistema de captación, un sistema de intercambio, un sistema de acumulación, un sistema de apoyo y un sistema hidráulico. En la Ilustración 12 se presenta la configuración de un sistema solar térmico, con cada uno de los componentes mencionados.

Ilustración 12: Configuración de un sistema solar térmico

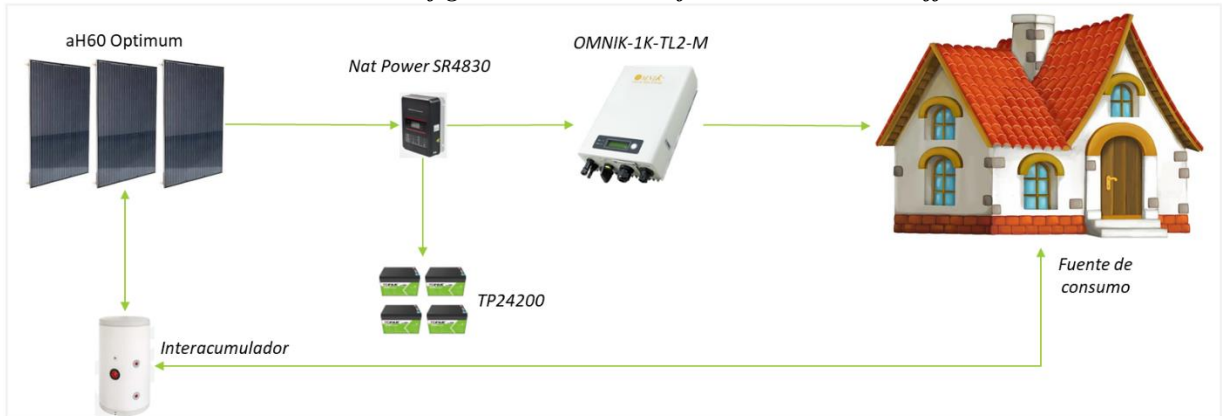


Fuente: (Ministerio de energía, 2010)

Respecto al diseño que se está realizando de la propuesta de un sistema solar fotovoltaico-térmico y la configuración presentada de un sistema solar térmico, existen partes que aún no se han diseñado y dimensionado, como lo es el sistema de intercambio, de acumulación, de apoyo e hidráulico. En el contexto del proyecto, estos sistemas no serán diseñados, ya que se requiere información específica del lugar de instalación para realizar un dimensionamiento correcto de cada uno de los sistemas, pero en el caso del sistema de intercambio y acumulación se propondrá utilizar un interacumulador (acumulador con intercambiador interno), ya que el tamaño de la instalación es menor a 10[m<sup>2</sup>], el equipo debe funcionar dentro de los parámetros del panel *aH60 Optimum* y la cantidad de personas que vivan en el hogar.

Dado que se han seleccionado todos los equipos necesarios para conformar un sistema fotovoltaico-térmico autónomo y otro conectado a la red de distribución, se ha realizado un diagrama que representa la configuración de ambos sistemas. La Ilustración 13 corresponde al sistema *Off Grid*.

**Ilustración 13: Configuración del sistema fotovoltaico-térmico Off Grid**



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 14 representa al sistema *On Grid*.

**Ilustración 14: Configuración del sistema fotovoltaico-térmico On Grid**



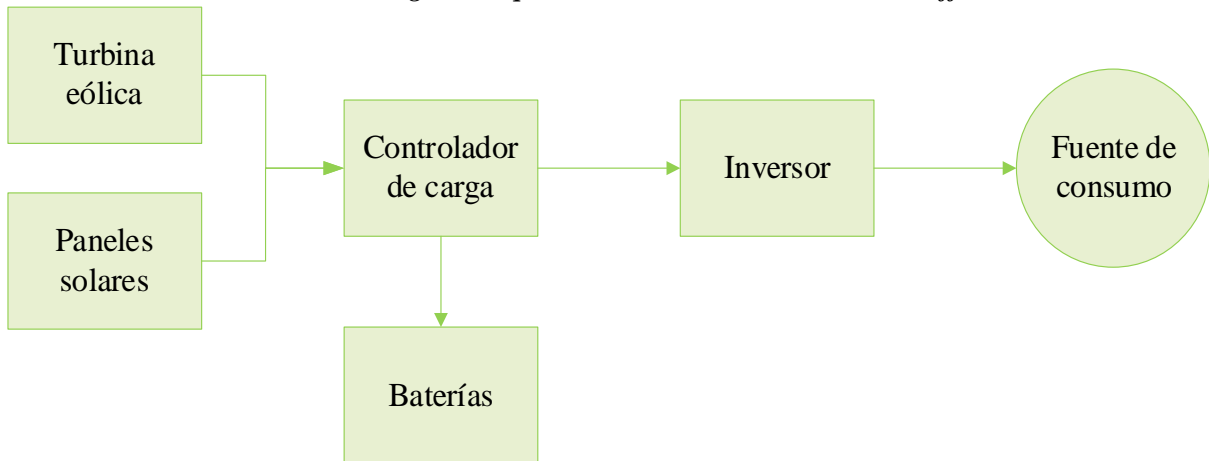
Fuente: Elaboración propia

### 8.1.2 Propuesta N° 2: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar (SHEFV)

Al igual que en la propuesta 1, se diseñará un sistema *Off Grid* y *On Grid* con el objetivo de que la propuesta se pueda implementar en zonas con acceso y sin acceso a la red eléctrica.

En la Ilustración 15 se presentan los equipos que se requieren para el funcionamiento de un sistema *Off Grid*, el cual está compuesto por paneles solares, aerogenerador, un controlador de carga híbrido (eólico-solar), baterías, un inversor híbrido (eólico-solar) y la vivienda.

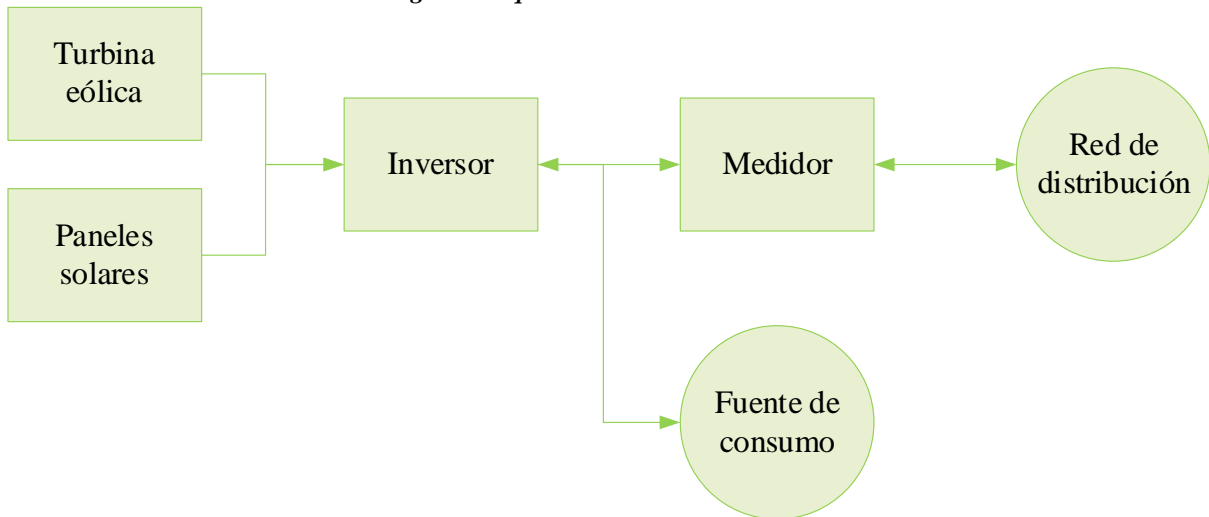
**Ilustración 15: Diagrama esquemático de un sistema eólico-solar Off Grid**



Fuente: Elaboración propia en base a (Serván-Sócola, 2014)

La Ilustración 16 representa un sistema conectado a la red de distribución, el cual está conformado por paneles solares, aerogenerador, un inversor híbrido (eólico-solar), la red de energía eléctrica y la vivienda.

**Ilustración 16: Diagrama esquemático de un sistema eólico-solar On Grid**



Fuente: Elaboración propia en base a (Serván-Sócola, 2014)

Para ambos sistemas se utilizarán los mismos modelos de paneles solares, aerogenerador e inversor. Además, se pretende generar 2,84[kWh] de energía eléctrica al día.

## I. Panel solar fotovoltaico

En este punto se seleccionará un panel solar mediante un análisis multicriterio, donde se considerarán los siguientes criterios.

- **Potencia**
- **Precio**
- **Rendimiento**
- **Coefficiente de temperatura de potencia máxima**

Cada uno de los criterios fueron explicados en el apartado panel solar fotovoltaico-térmico. En la Tabla 26 se presentan los valores de cada criterio para las opciones de paneles solares propuestos.

*Tabla 26: Datos de los paneles solares fotovoltaicos a valorar*

Modelo	RT120WM	AE HM6-36 190-200W	HF32M-160-200
Potencia [W]	121,02	182,62	201,21
Precio [CLP/W]	603	628	600
Eficiencia [%]	15,90	18,26	19,70
Coef de Temp de $P_{max}$ [%/°C]	-0,23	-0,37	-0,42

Fuente: Elaboración propia en base a (RunTech, 2022) (AE Solar, 2022) (Hanfy New Energy Technology, 2022)

A continuación, se presenta la importancia de cada criterio, donde el coeficiente de temperatura de potencia máxima es el más relevante.

*Tabla 27: Ponderación de criterios de selección del panel fotovoltaico*

N°	Criterios	1	2	3	4	Importancia
1	Potencia	-	0,4	0,3	0,4	0,18
2	Eficiencia	0,6	-	0,4	0,3	0,22
3	Precio	0,7	0,6	-	0,5	0,29
4	Coef de Temp de $P_{max}$	0,6	0,7	0,5	-	0,31

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el panel modelo *RT120WM* es el más indicado según sus características y los criterios evaluados, a pesar de ser el panel de menor eficiencia y potencia por metro cuadrado.

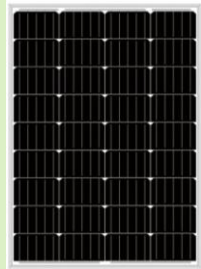
Tabla 28: Ponderación de criterios de selección del panel fotovoltaico

Criterios	Importancia	RT120WM	AE HM6-36 190-200W	HF32M-160-200
Potencia	0,18	0,24	0,36	0,40
Precio	0,22	0,34	0,32	0,34
Eficiencia	0,29	0,30	0,34	0,37
Coef de Temp de $P_{max}$	0,31	0,46	0,29	0,25
<b>Total</b>		<b>35%</b>	32%	33%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 29 se muestran las especificaciones técnicas del panel solar seleccionado.

Tabla 29: Especificaciones eléctricas del panel RT120WM

Ítem	Valor	Imagen
Potencia Máxima [W]	120	
Tensión en el Punto de Máxima Potencia [V]	18,6	
Corriente en el punto de máxima potencia [A]	6,46	
Tensión en Circuito Abierto [V]	22,8	
Corriente de cortocircuito [A]	6,95	
Eficiencia [%]	15,9	
Coefficiente de temperatura de $P_{max}$ [%/°C]	-0,23	
Precio [CLP]	72.352	

Fuente: (RunTech, 2022)

## II. Aerogenerador

Para el funcionamiento del sistema se debe seleccionar una turbina eólica, basándose en la valoración de un conjunto de características, también llamadas criterios de selección. En este caso se utilizan los siguientes.

- **Potencia:** se refiere a la cantidad de energía eólica que se convierte en energía eléctrica. Se mide en Watts y entre mayor sea la potencia tendrá un puntaje más alto.
- **Precio:** es el costo del aerogenerador y se mide en pesos chilenos.
- **Velocidad inicial:** corresponde a la velocidad del viento con la que el aerogenerador empieza a generar energía. En este caso la velocidad se mide en [m/s] y entre menor sea el valor de la velocidad mayor participación tendrá.
- **Velocidad nominal:** es la velocidad del viento con la que se genera la potencia máxima del aerogenerador. En esta situación se considera bueno cuando la velocidad

nominal es más baja, ya que es difícil que el viento tenga una velocidad alta a baja altura.

**Tabla 30: Datos de los aerogeneradores a valorar**

Modelo	IstaBreeze® i-700	300w 24v Impotec	IstaBreeze® AIR Speed 420
Potencia [W]	700	300	420
Precio [CLP]	683	875	908
Velocidad inicial [m/s]	2,80	2,00	2,00
Velocidad nominal [m/s]	13,80	13,00	14,50

Fuente: Elaboración propia en base a (Ista Breeze, 2018) (Impotec, 2020) (Ista Breeze, 2022)

El criterio de selección más importante es la velocidad nominal.

**Tabla 31: Ponderación de criterios de selección del aerogenerador**

N°	Criterios	1	2	3	4	Importancia
1	Potencia	-	0,4	0,30	0,35	0,18
2	Precio	0,60	-	0,55	0,5	0,28
3	Velocidad inicial	0,70	0,45	-	0,4	0,26
4	Velocidad nominal	0,65	0,50	0,60	-	0,29

Fuente: Elaboración propia

El aerogenerador elegido es el *IstaBreeze® i-700*, el cual obtuvo la mayor participación en cada uno de los criterios de selección.


**Tabla 32: Ponderación de criterios de selección del aerogenerador**

Criterios	Importancia	IstaBreeze® i-700	300w 24v Impotec	IstaBreeze® AIR Speed 420
Potencia	0,18	0,49	0,21	0,30
Precio	0,28	0,39	0,31	0,30
Velocidad inicial	0,26	0,26	0,37	0,37
Velocidad nominal	0,29	0,33	0,35	0,32
<b>Total</b>		<b>36%</b>	32%	32%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 33 se muestran las especificaciones eléctricas del aerogenerador *IstaBreeze® i-700*.

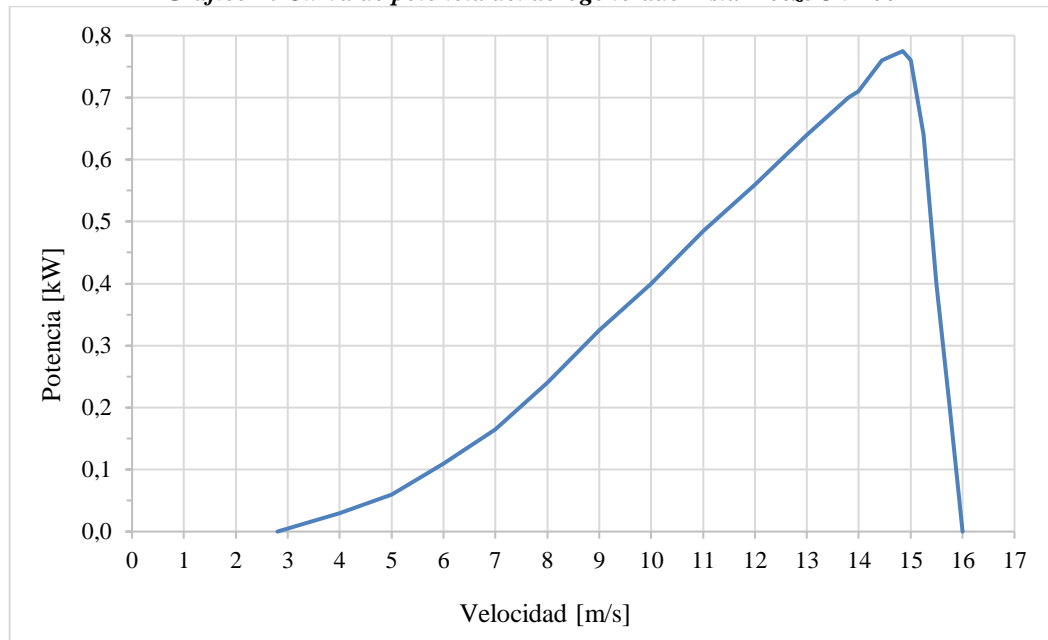
Tabla 33: Especificaciones eléctricas del aerogenerador *IstaBreeze® i-700*

Ítem	Valor	Imagen
Potencia [W]	700	
Tensión máx [V]	24	
Corriente [A]	25	
Velocidad de inicio [m/s]	2,8	
Velocidad nominal [m/s]	13,8	
Diámetro del rotor [m]	1,86	
Precio [CLP]	478.156	

Fuente: (Ista Breeze, 2018)

El Gráfico 4 corresponde a la curva de potencia del aerogenerador seleccionado, donde se muestra la potencia generada en función de la velocidad del viento. Los valores específicos del gráfico se encuentran en el Anexo 3.

Gráfico 4: Curva de potencia del aerogenerador *IstaBreeze® i-700*



Fuente: (Ista Breeze, 2018)

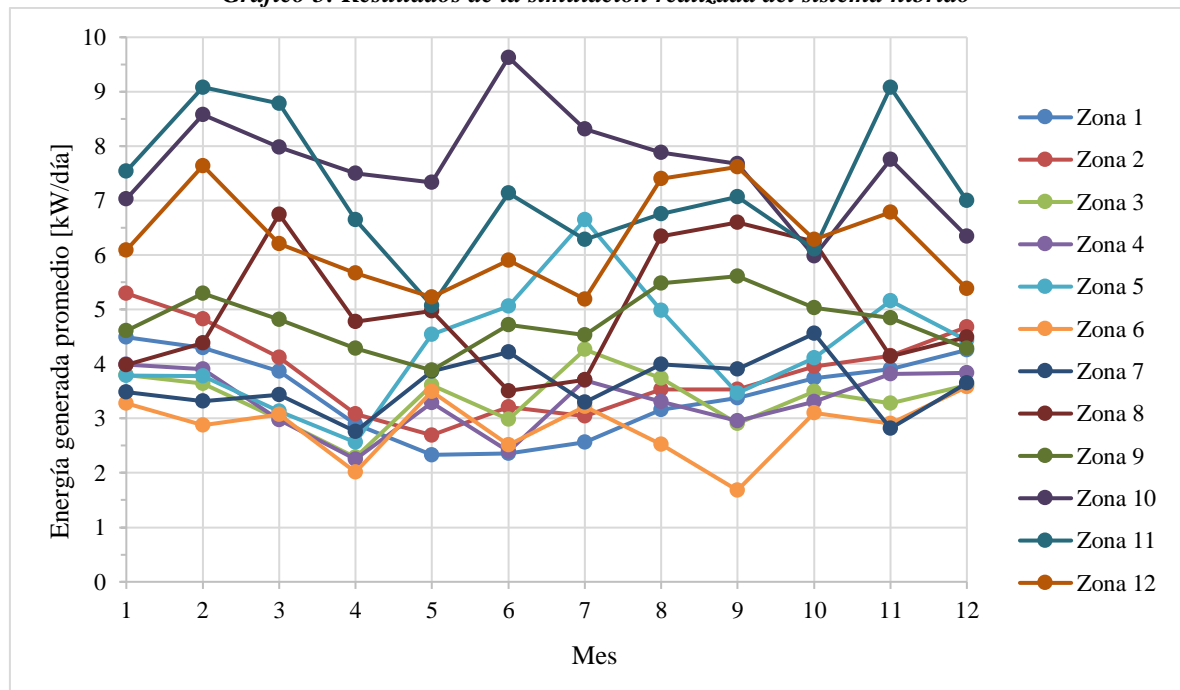
### III. Configuración del sistema

En un principio se propuso que el sistema estuviera compuesto por cuatro paneles solares *RT120WM* en serie y por un aerogenerador *IstaBreeze® i-700*, en función de esto se determinó la cantidad de energía producida por el sistema en diferentes ubicaciones del sur y extremo sur de Chile (ver desde el Anexo 4 al Fuente:



Anexo 6) mediante simulaciones realizadas en la página “Explorador Solar” y “Explorador Eólico” con las especificaciones técnicas de cada elemento, dando como resultado que el aerogenerador tenía una participación promedio de 60% en la generación de energía. Sin embargo, esta idea no prosperó dado que al calcular los paneles mínimos a instalar en serie en función del inversor daba como resultado 3 paneles, por lo que se decidió añadir dos paneles al sistema y proponer una configuración nueva, la que corresponde a tres paneles en serie y dos en paralelo, con esta nueva configuración se volvió a realizar una simulación utilizando los seis paneles solares y el aerogenerador a una altura de 20[m] aproximadamente, los resultados se encuentran entre el Anexo 7 y Anexo 18, obteniendo que la participación del aerogenerador en la generación de energía disminuyó hasta llegar al 52%.

Gráfico 5: Resultados de la simulación realizada del sistema híbrido



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

En el Gráfico 5 se presenta un promedio de la energía diaria generada por el sistema durante todo el año (los datos se pueden ver en el Anexo 19). Se puede observar que en la mayoría de los meses y zonas se cumple con la cantidad de energía que se propone entregar con el sistema (2,84[kWh/día]). Esto permite que el diseño del sistema no requiera cumplir técnicamente con una potencia en función de las horas de HSP y de las horas viento máximo, como se hizo en la propuesta 1 con los paneles solares.

Desde ahora en adelante la parte solar de los equipos debe cumplir con los valores asociados a la Tabla 34 y la parte eólica con los valores de la Tabla 35.

**Tabla 34: Especificación técnica de los paneles solares en el sistema EFV según la configuración propuesta**

Ítem	Valor
Potencia producida [W]	720
Potencia del sistema [W]	240
Tensión del sistema [V]	55,8
Corriente del sistema [A]	12,92

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 35: Especificación técnica del aerogenerador en el sistema EFV según la configuración propuesta**

Ítem	Valor
Potencia producida [W]	700
Potencia del sistema [W]	700
Tensión del sistema [V]	24
Corriente del sistema [A]	25


Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, los equipos que se propondrán a continuación deben estar en función de un voltaje de 24[V].

#### IV. Inversor

Como el sistema de generación de electricidad está compuesto por energía proveniente del sol y de viento se tuvo que buscar un inversor híbrido. En la Tabla 36 se pueden encontrar las especificaciones del equipo.

**Tabla 36: Especificaciones técnicas del inversor PSWGT-2500**

Ítem	Valor	Imagen
Potencia máx entrada [W]	2.500	
Voltaje de entrada [V]	50	
Voltaje máx [V]	190	
Eficiencia [%]	85	
Precio [\$]	356.988	

Fuente: (POWER INVERTER LTDA., 2022)

Para que el inversor propuesto sea el adecuado con el sistema debe cumplir con las restricciones de la Ecuación 21 y Ecuación 22.

**Ecuación 21: Restricción relacionada a la potencia del inversor en el sistema EFV**

$$\text{potencia máx entrada}_{\text{inversor}} > \text{potencia producida}_{\text{sistema}}$$

$$\text{potencia máx entrada}_{\text{inversor}} > 720[\text{W}]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

**Ecuación 22: Restricción relacionada al voltaje del inversor en el sistema EFV**

$$\text{voltaje máx}_{\text{inversor}} > \text{voltaje}_{\text{sistema}}$$

$$\text{voltaje máx}_{\text{inversor}} > 55,8[\text{V}]$$

$$\text{voltaje entrada}_{\text{inversor}} < \text{voltaje}_{\text{sistema}}$$

$$\text{voltaje entrada}_{\text{inversor}} < 55,8[\text{V}]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

Por otro lado, el inversor sirve para determinar si la configuración del sistema fotovoltaicos es la correcta y si permanecen dentro del rango.

**Ecuación 23: Cálculo del número máximo de paneles solares en función del inversor en el sistema EFV**

$$n^{\circ} \text{ máx paneles} = \frac{\text{máx potencia de entrada}_{\text{inversor}}}{\text{potencia máx}_{\text{panel}}}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles} = \frac{2.500[\text{W}]}{120[\text{W}]}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles} = 20,83$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles} \approx 21$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

**Ecuación 24: Cálculo del número máximo de paneles solares en serie en función del inversor en el sistema EFV**

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} = \frac{\text{máx voltaje de entrada}_{\text{inversor}}}{\text{voltaje}_{\text{panel}}}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} = \frac{190[\text{V}]}{18,6[\text{V}]}$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} = 10,22$$

$$n^{\circ} \text{ máx paneles}_{\text{series}} \approx 11$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)

**Ecuación 25: Cálculo del número mínimo de paneles solares en serie en función del inversor en el sistema**

$$n^{\circ} \text{ min paneles}_{series} = \frac{EFV \text{ voltaje de arranque}_{inversor}}{\text{voltaje}_{panel}}$$

$$n^{\circ} \text{ min paneles}_{series} = \frac{50[V]}{18,6[V]}$$

$$n^{\circ} \text{ min paneles}_{series} = 2,69$$

$$n^{\circ} \text{ min paneles}_{series} \approx 3$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Aliaga, 2022)


Con los resultados anteriores el sistema debe estar compuesto por un mínimo de tres paneles solares en serie y un máximo de once, lo que corresponde al planteamiento realizado.

## V. Controlador de carga

Al igual que el inversor el controlador de carga corresponde a un dispositivo híbrido, donde las especificaciones del sistema deben estar en el rango de funcionamiento de cada parte (eólico-solar) del controlador.

En la Tabla 37 se encuentran las características del inversor elegido.

**Tabla 37: Especificaciones técnicas del controlador de carga híbrido, MPPT de 12V, 24V, 48V, 3000W**

Ítem	Valor		Imagen
	Parte solar	Parte eólica	
Potencia máx entrada [W]	800	800	
Voltaje [V]	24	24	
Voltaje de entrada [V]	72	24	
Corriente [A]	25	25	
Eficiencia [%]	98		
Precio [\$]	449.990		

Fuente: (MARS ROCK, 2022)

Las condiciones que debe cumplir la parte solar del inversor son las siguientes:

**Ecuación 26: Restricción relacionada a la potencia del controlador de carga de la parte solar en el sistema**

$$\text{potencia máx entrada}_{controlador} > \text{potencia producida}_{sistema}$$

$$\text{potencia máx entrada}_{controlador} > 720[W]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

**Ecuación 27: Restricción relacionada al voltaje del controlador de carga de la parte solar en el sistema EFV**

$$\text{voltaje máx de entrada}_{\text{controlador}} > \text{voltaje}_{\text{sistema}}$$

$$\text{voltaje máx de entrada}_{\text{controlador}} > 55,8[V]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

**Ecuación 28: Restricción relacionada a la corriente del controlador de carga de la parte solar en el sistema EFV**

$$\text{corriente máx}_{\text{controlador}} > \text{corriente}_{\text{sistema}}$$

$$\text{corriente máx}_{\text{controlador}} > 12,92[A]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

Las restricciones por las que se debe regir la parte eólica del inversor son las siguientes.

**Ecuación 29: Restricción relacionada a la potencia del controlador de carga de la parte eólica en el sistema EFV**

$$\text{potencia máx entrada}_{\text{controlador}} > \text{potencia producida}_{\text{sistema}}$$

$$\text{potencia máx entrada}_{\text{controlador}} > 700[W]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

**Ecuación 30: Restricción relacionada al voltaje del controlador de carga de la parte eólica en el sistema EFV**

$$\text{voltaje máx de entrada}_{\text{controlador}} > \text{voltaje}_{\text{sistema}}$$

$$\text{voltaje máx de entrada}_{\text{controlador}} > 24[V]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

**Ecuación 31: Restricción relacionada a la corriente del controlador de carga de la parte eólica en el sistema EFV**

$$\text{corriente máx}_{\text{controlador}} > \text{corriente}_{\text{sistema}}$$

$$\text{corriente máx}_{\text{controlador}} > 25[A]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

## VI. Batería

En este caso se utilizará el mismo modelo de batería que en la propuesta 1. Las características técnicas de la batería se pueden ver en la Tabla 24.

Para dimensionar el banco de baterías se necesita conocer la capacidad diaria del sistema, en función de la energía que se eligió a suplir.

**Ecuación 32: Cálculo de la capacidad diaria en el sistema EFV**

$$\frac{Ah}{dia} = \frac{\frac{consumo_a\ suplir}{eficiencia_{inversor}}}{voltaje_{sistema\ general}}$$

$$\frac{Ah}{dia} = \frac{\frac{2.840[W]}{85\%}}{24[V]}$$

$$\frac{Ah}{dia} = 139,27[Ah]$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

Se espera que las baterías puedan almacenar la cantidad necesaria de energía para tener un funcionamiento autónomo de un día.

**Ecuación 33: Cálculo del número de baterías en paralelo en el sistema EFV**

$$n^{\circ} baterias_{paralelo} = \frac{\frac{Ah}{dia} \cdot n^{\circ} \text{ días de autonomía}}{\frac{porcentaje\ de\ descarga\ máx_{bateria}}{Capacidad_{bateria}}}$$

$$n^{\circ} baterias_{paralelo} = \frac{139,27 \frac{Ah}{dia} \cdot 1[dias]}{\frac{50[\%]}{100[Ah]}}$$

$$n^{\circ} baterias_{paralelo} = 2,79$$

$$n^{\circ} baterias_{paralelo} \approx 3$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

**Ecuación 34: Cálculo de baterías en serie en el sistema EFV**

$$n^{\circ} baterias_{serie} = \frac{voltaje_{sistema\ general}}{voltaje_{bateria}}$$

$$n^{\circ} baterias_{serie} = \frac{24[V]}{24[V]}$$

$$n^{\circ} baterias_{serie} = 1$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Solar Center, 2019)

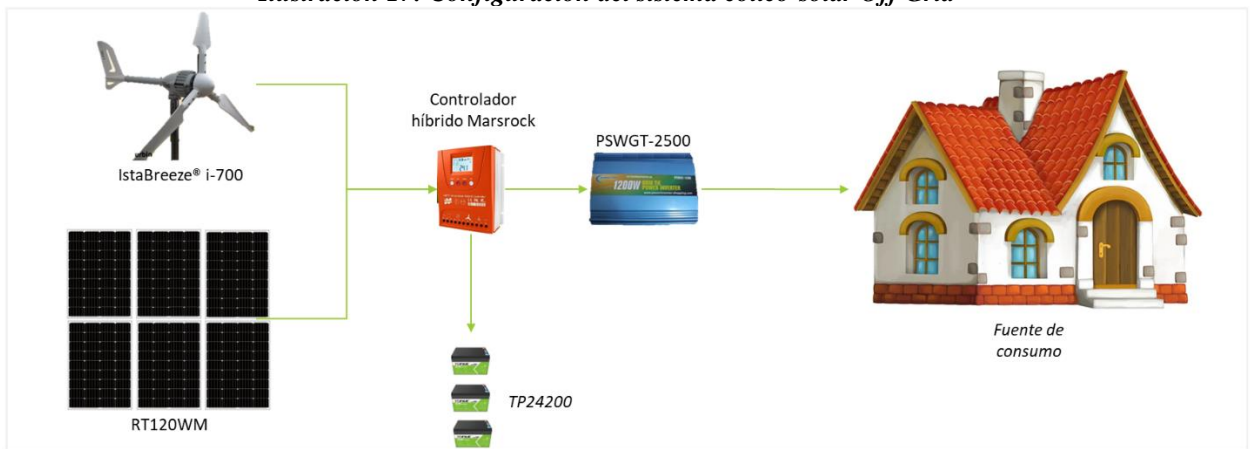
El sistema de baterías estaría compuesto por un total de tres, donde cada una de ellas se encuentra conectada en paralelo.

## VII. Medidor inteligente

El medidor inteligente seleccionado será el utilizado en la propuesta anterior, ya que cumple con las condiciones de especificaciones técnicas y puede medir el consumo del hogar y la venta a la red de distribución.

La Ilustración 17 corresponde a la configuración del sistema eólico-solar autónomo, el cual está compuesto por los equipos seleccionados anteriormente.

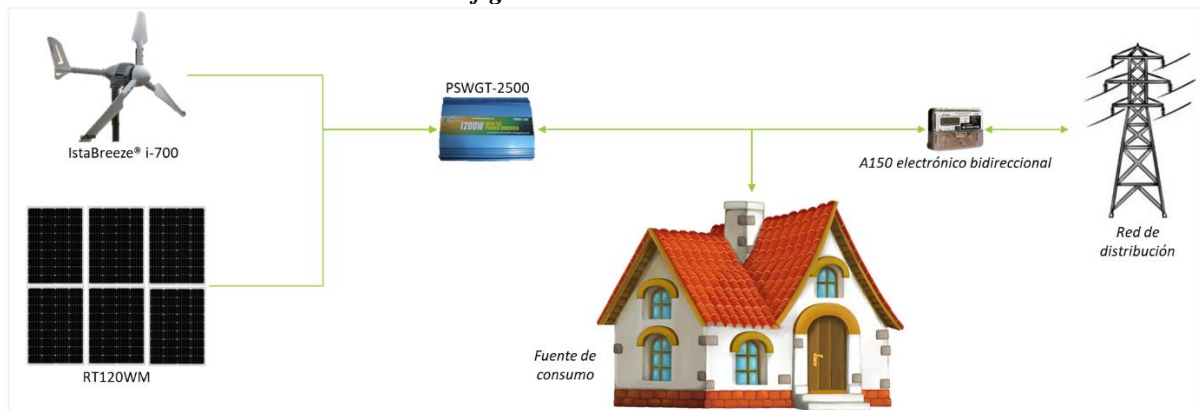
*Ilustración 17: Configuración del sistema eólico-solar Off Grid*



*Fuente: Elaboración propia*

Por otro lado, la Ilustración 18 representa al sistema eólico-solar conectado a la red de distribución con sus respectivos equipos.

*Ilustración 18: Configuración del sistema eólico-solar On Grid*

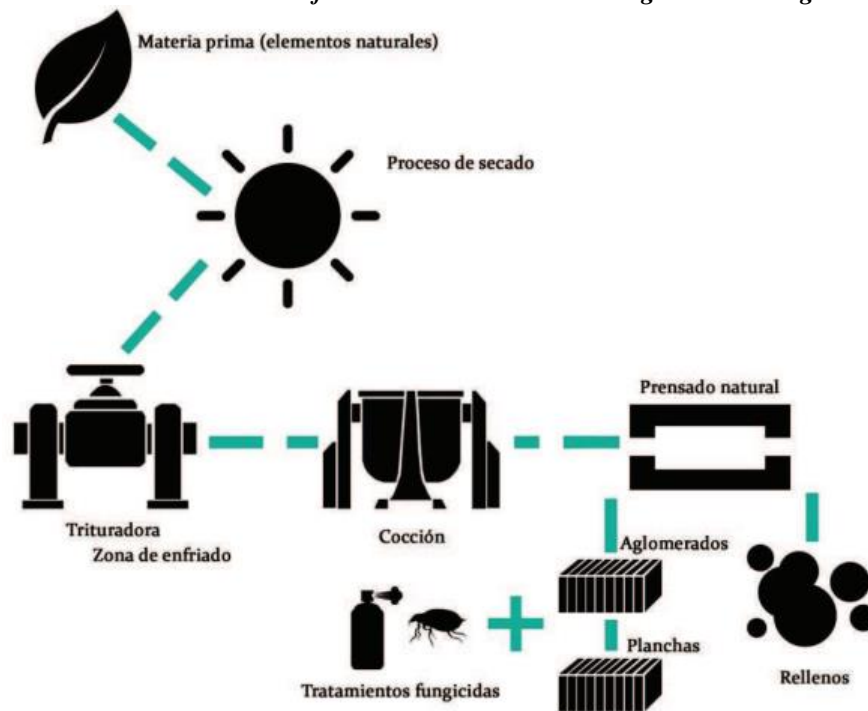


*Fuente: Elaboración propia*

### 8.1.3 Propuesta N° 3: Uso de un material ecológico como aislante térmico

En esta propuesta se mencionan seis tipos de materiales naturales orgánicos que pueden ser utilizados como aislantes térmicos para los hogares. En la Ilustración 19, se presenta el proceso de fabricación típico de este tipo de aislante, donde los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> son bajos, no se añaden sustancias químicas aditivas y los materiales de origen natural se suelen someter a tratamientos fungicidas.

Ilustración 19: Proceso de fabricación del aislante de origen natural orgánico



Fuente: (Palomo, 2017)

Para determinar cuál es el mejor material para el cambio de aislante térmico se realizará un análisis multicriterio utilizando los siguientes criterios.

- **Conductividad térmica:** es la cantidad de energía que se transmite de un medio a otro por conducción. Si la conductividad térmica de un material es bajo será un buen aislante.
- **Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua:** expresa la permeabilidad al vapor de agua de un material en relación a la permeabilidad del aire en forma adimensional (Solé, 2021). Entre mayor sea el valor del factor mayor será su importancia.



- **Coefficiente de absorción acústica:** es la capacidad o eficiencia de absorción acústica que tiene el material. Cuando el coeficiente de absorción es alto significa que absorbe más el sonido, lo que es bueno.
- **Energía consumida durante su fabricación:** es la cantidad de kilowatts hora que se consumen para producir un kilogramo del material. Entre más bajo sea el valor será mayor su ponderación.
- **Emisiones de CO<sub>2</sub>:** es la cantidad de kilogramos de CO<sub>2</sub> que se emiten por la producción de un kilogramo de material asistente. Como el trabajo se enfoca en combatir el cambio climático se espera que entre más baja sea la emisión de CO<sub>2</sub> mayor será su puntaje.
- **Precio:** corresponde al precio en euros que se puede comprar el material por metro cuadrado.

En la Tabla 38 se presentan los materiales a evaluar y los valores de cada criterio mencionado.

Tabla 38: Valores de los criterios de cada material aislante

Criterios	Corcho	Fibra cáñamo	Fibra lino	Fibra madera	Pasta celulosa	Lana de oveja
Conductividad térmica [W/mK]	0,045	0,039	0,039	0,036	0,038	0,04
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua [u]	7,5	1,5	0,5	5	1,5	1,5
Coefficiente de absorción acústica	0,15	0,7	0,86	0,55	0,87	0,75
Energía consumida durante su fabricación [kWh/kg]	0,83	0,25	0,25	0,49	0,17	0,66
Emisiones de CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /kgMaterial]	16,5	5,45	3,05	1,89	1,29	1,55
Precio [euro/m <sup>2</sup> ]	40	30	20	20	25,7	20

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 39 se presenta la importancia de cada uno de los criterios a estudiar, donde el más relevante es la conductividad térmica.

**Tabla 39: Ponderación de criterios de selección del material para la aislación térmica**

N°	Criterios	1	2	3	4	5	6	Importancia
1	Conductividad térmica	-	0,6	0,65	0,5	0,5	0,65	0,19
2	Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua	0,4	-	0,6	0,55	0,6	0,55	0,18
3	Coefficiente de absorción acústica	0,35	0,4	-	0,45	0,45	0,5	0,14
4	Energía consumida durante su fabricación	0,5	0,45	0,55	-	0,5	0,45	0,16
5	Emisiones de CO <sub>2</sub>	0,5	0,4	0,55	0,5	-	0,45	0,16
6	Precio	0,35	0,45	0,5	0,55	0,55	-	0,16

Fuente: Elaboración propia en base (Palomo, 2017)

El material natural más adecuado como aislante térmico corresponde a la pasta de celulosa, la cual consume poca energía en su proceso de fabricación, ya que su materia prima corresponde a papel de diario reciclado, por lo mismo genera una baja producción de CO<sub>2</sub> y su precio de compra para el consumidor es bajo. Por otro lado, tiene una baja resistencia a la difusión de vapor de agua.

**Tabla 40: Resultados finales de selección del material para la aislación térmica**

Criterios	Importancia	Corcho	Fibra cáñamo	Fibra lino	Fibra madera	Pasta celulosa	Lana de oveja
Conductividad térmica	0,19	0,15	0,17	0,17	0,18	0,17	0,16
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua	0,18	0,43	0,09	0,03	0,29	0,09	0,09
Coefficiente de absorción acústica	0,14	0,04	0,18	0,22	0,14	0,22	0,19
Energía consumida durante su fabricación	0,16	0,06	0,21	0,21	0,11	0,32	0,08
Emisiones de CO <sub>2</sub>	0,16	0,02	0,07	0,13	0,21	0,31	0,26
Precio	0,16	0,10	0,13	0,20	0,20	0,16	0,20
<b>Total</b>		14%	14%	16%	19%	<b>21%</b>	16%

Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 20 corresponde al aislante de pasta de celulosa, el cual es un aislante de relleno suelto, ya que no tiene la forma de plancha como los aislantes convencionales.

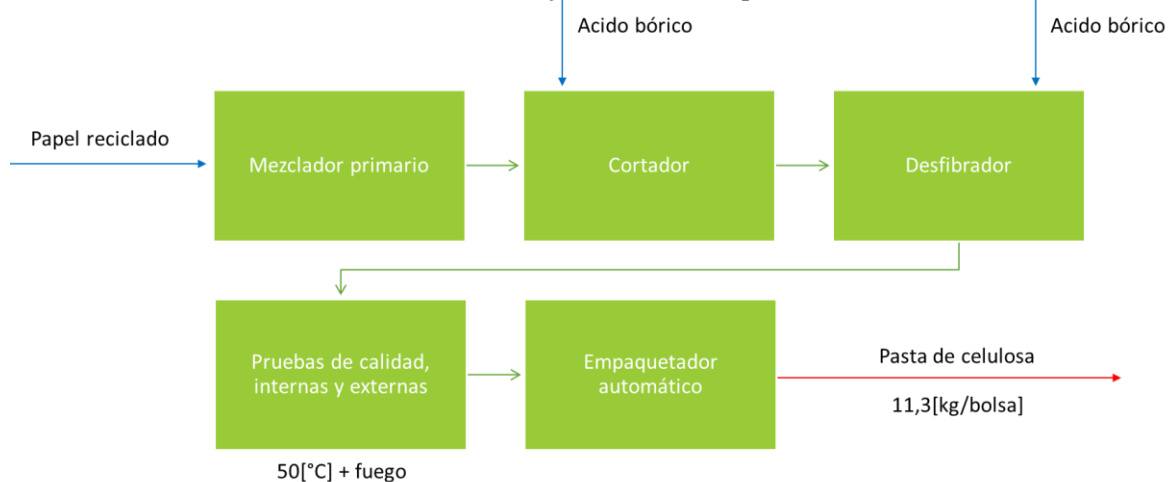
Ilustración 20: Pasta de celulosa



Fuente: (Matus, 2021)

El proceso de fabricación del aislante de pasta de celulosa esta conformado por cinco etapas, donde la materia prima es papel reciclado, al cual se le añade ácido bórico para la prevención de incendios, luego se le realiza pruebas de calidad para ser empaquetado.

Ilustración 21: Proceso de fabricación de la pasta de celulosa



Fuente: Elaboración propia en base a (Matus, 2021)

Para continuar con el desarrollo de la propuesta se debe plantear el grosor del material de acuerdo a las zonas climáticas de la Tabla 41, donde los “Grados/día” corresponde a la

diferencia entre la temperatura de base y la media diaria de temperatura, sea de base o no (Cámara Chilena de la Construcción, 2015).

**Tabla 41: Grados/día por zonas de acuerdo con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción**

Zona	Rango de Grados/día	Región referencial
1	<=500	I a III
2	500 - 750	IV y V
3	750 - 1000	Metropolitana
4	1000 - 1250	VII y VIII
5	1250 – 1500	IX y XIV
6	1500 – 2000	X
7	>2000	XI y XII

Fuente: (Cámara Chilena de la Construcción, 2015)

La Tabla 42 presenta los valores mínimos de resistencia térmica que deben tener los techos, muros y pisos ventilados por zona térmica.

**Tabla 42: Valores de transmitancia térmica máximos y resistencias térmicas mínimas para techumbre, muros y pisos ventilados por zona térmica**

Zona	Techumbre		Muros		Pisos Ventilados	
	Transmitancia Térmica U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Resistencia Térmica Rt [m <sup>2</sup> K/W]	Transmitancia Térmica U [W/( m <sup>2</sup> K)]	Resistencia Térmica Rt [m <sup>2</sup> K/W]	Transmitancia Térmica U [W/( m <sup>2</sup> K)]	Resistencia Térmica Rt [m <sup>2</sup> K/W]
1	0,84	1,19	4	0,25	3,6	0,28
2	0,6	1,67	3	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,7	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,6	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,5	2
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4	0,6	1,67	0,32	3,13

Fuente: (Cámara Chilena de la Construcción, 2015)

La Tabla 43 representa el grosor que debe tener la pasta de celulosa para que las viviendas cumplan con las condiciones de la normativa de construcción según la zona climática de donde se encuentre.

Tabla 43: Grosor del aislante térmico según la zona climática

Zona	Grosor de aislante [cm]		
	Techumbre	Muros	Pisos ventilados
1	4,52	0,95	1,06
2	6,35	1,25	4,37
3	8,09	2,01	5,43
4	9,99	2,24	6,35
5	11,51	2,39	7,60
6	13,57	3,46	9,73
7	15,20	6,35	11,89

Fuente: Elaboración propia

#### 8.1.4 Propuesta N° 4: Cápsulas de enseñanza de eficiencia energética

Este programa consiste en la creación de cápsulas (videos), tipo “Hágalo usted mismo” con el objetivo de enseñarles a las personas cómo aislar térmicamente sus hogares y ventilarlos. A continuación, se explicará con más detalle cada alternativa.

- **Aislación térmica:** la idea es que las personas puedan mantener una temperatura estable y confortable dentro de sus hogares, tanto en invierno como en verano. Lo principal sería a enseñar qué partes de la vivienda deben ser aisladas (muros, techo, pisos y ventanas), qué tipo de aislación se puede utilizar y su espesor. Todo esto dependerá en la zona climática que se encuentre la vivienda, ya que existen diferentes exigencias térmicas según la zona, esto permitirá que las residencias sean más eficientes energéticamente, debido a que disminuirán las pérdidas de calor.
- **Ventilación:** consiste en mostrar a las personas la forma correcta de ventilar sus hogares durante las diferentes épocas del año y lograr de que sean conscientes sobre los beneficios que tiene realizar esta práctica, entre ellos se puede encontrar la disminución de alergias y enfermedades respiratorias, la eliminación del exceso de CO<sub>2</sub>, la reducción de polvo y partículas en suspensión; en la regulación de la humedad y eliminación de malos olores (Salgado, 2021).

Lo ideal es que los videos sean realizados por personas que conozcan la parte teórica y técnica (el hacer las cosas) de las actividades, con el fin de entregar un material completo y de calidad, para que las personas sepan cómo utilizar de forma correcta la información que se les

está entregando. Además, se sugiere que cada vídeo debe estar estructurado de la siguiente manera: introducción, explicación y aplicación del tema a tratar.

Por otro lado, se debe de diseñar un sistema de medición para medir el nivel de comprensión de las cápsulas, con el fin de realizar un seguimiento y cuantificar los beneficios.

# **CAPÍTULO 9: EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA**

*En este capítulo se presenta la evaluación de impacto social, económico y ambiental asociados a la implementación de cada una de las propuestas de mejora.*

## 9.1 Evaluación de impactos de las propuestas de mejora

Para realizar la evaluación de impactos se utilizará las métricas propuestas por la metodología IRIS, las cuales abarcan el ámbito social, económico y ambiental. En la tabla que se presenta a continuación se encuentran las métricas de la metodología menciona.

*Tabla 44: Métricas propuestas por la metodología IRIS*

<b>Impacto social</b>	<b>Impacto económico</b>	<b>Impacto ambiental</b>
Acceso al agua e higiene	Compra equipos,	Energía ahorrada en el
Acceso a la educación	maquinaria, insumo,	consumo propio
Acceso a la información	materiales, etc.	Energía renovable
Desarrollo de capacidades	Salario	generada
Desarrollo comunitario	Proveedores	Energía renovable
Resolución de conflictos		vendida
Prevención de enfermedades		Emisiones de GEI
Generación de empleo		directas e indirectas
Seguridad de alimentos		Huella de carbono
Mejoras en la salud		Materiales reciclados
Crecimiento de ingresos/ productividad		Materiales ecológicos utilizados
Creación empleo		Destino de los residuos producidos

*Fuente: (PROESUS, 2019)*

Hay que considerar que la evaluación de impacto está realizada en forma general y no se entregan valores específicos, ya que las propuestas están diseñadas de forma general por lo que no se probaron en una situación real y específica, donde se puede hacer la comparación de un antes y un después.

Se espera que las propuestas sean implementadas por el gobierno, por lo que se desarrollará un análisis costo-beneficio para decidir qué tan favorable es incurrir en gastos para la implementación de las propuestas, según los beneficios que se podrán obtener de ellas, ya sean sociales, económicos y medioambientales.

En la propuesta 1 y 2 se debe tener en cuenta que los costos presentados están planteados como venta minorista, si estas propuestas fueran implementadas los costos deberían disminuir, debido al volumen de compra de equipos y materiales, lo que aumentaría el beneficio producido.



### **9.1.1 Propuesta N° 1: Implementación de un sistema solar híbrido fotovoltaico-térmico (PVT)**

El impacto social, económico y ambiental estarán relacionados con la instalación de los sistemas fotovoltaicos-térmico en las viviendas

#### **I. Impacto social**

En esta propuesta existe un impacto social directo. ya que las personas se ven beneficiadas son las que tendrán acceso a electricidad, agua caliente sanitaria y conocimientos sobre el sistema que están adquiriendo, lo que permitirá mejorar su calidad de vida en distintos aspectos.

- **Acceso a electricidad:** como se ha mencionado anteriormente un hogar consume en promedio 2.074[kWh/año], es decir, 5,68[kWh/día]. La propuesta en cuestión consiste en suplir el 50% de la energía diaria que consumo una vivienda, por lo que se plantea implementar un sistema que sea capaz de producir 0,78[kWh] y al tener 4 HSP al día se podría llegar a la energía que se quiere suplir.

La implementación de este sistema permitirá a las personas sin acceso a electricidad acceder a ella una gran parte del día, ya que el sistema puede producir energía sin necesidad de que haya pleno sol. Además, en la zona que se propone implementar el sistema existen 12.558 viviendas sin acceso a electricidad o con un suministro parcial, estas mismas viviendas serían las más beneficiadas.

- **Acceso a agua caliente sanitaria:** al implementar un sistema compuesto por paneles fotovoltaicos-térmicos se puede acceder a electricidad y agua caliente sanitaria, esto último podría beneficiar a 382.874 viviendas que no usan o no cuentan con un sistema de ACS. Cada uno de los tres paneles puede generar hasta 1.000[W] de energía térmica.
- **Seguridad alimentos:** al permitir que las viviendas accedan a electricidad se les está dando la oportunidad de adquirir electrodomésticos, los cuales les dará una mayor comodidad y calidad de vida. Uno de los electrodomésticos que no puede faltar en un hogar es el refrigerador, pero en Chile existen 25.937 viviendas no cuentan con este

equipo, por lo que corren el peligro de comer alimentos en mal estado, es por esto que la implementación de la propuesta favorece a la seguridad de los alimentos.

- **Prevención de enfermedades:** las duchas con agua fría favorecen la producción de cortisol, la cual es una hormona relacionada con el estrés, tener altos niveles de esta hormona por periodos largos puede afectar al sistema inmune por lo que las personas que no tienen acceso a ACS son más propensas a sufrir enfermedades. Además, las duchas con agua caliente traen beneficios musculares, ya que permite su relajación. Por otra parte, al permitir que las personas accedan a electricidad y agua caliente de una forma limpia se podrá prevenir el uso de combustibles contaminantes como la leña, la cual produce contaminación intradomiciliaria y por consecuencia enfermedades respiratorias. Estos son los beneficios que conlleva la implementación del sistema híbrido.
- **Creación de empleos:** la idea es que la instalación de los sistemas sea por medio de PYMES y MIPYMES del sector energético, lo que favorecerá la creación de nuevos empleos.
- **Disponibilidad presupuestaria:** los hogares que puedan adquirir estos sistemas se verán favorecidas, ya que sus cuentas de electricidad y de gas licuado disminuirán debido a la energía producida por el sistema.
- **Desarrollo de capacidades:** esta propuesta plantea que las personas que sean beneficiarias con la instalación de este sistema en sus hogares reciban la capacitación necesaria para realizar la mantención básica de su sistema.

## **II. Impacto económico**

Existe impacto económico para los beneficiarios directos del sistema, para el encargado de implementar la propuesta, que en caso sería el gobierno, y para las empresas relacionadas al sector energético.

- **MIPYMES y PYMES:** se espera que las instalaciones de los sistemas sean realizadas por empresas regionales, lo que fomentará la creación y desarrollo de este tipo de empresas, esto impactará en el crecimiento económico regional.
- **Salarios:** al potenciar el uso de los servicios entregados por MIPYMES y PYMES, están tendrán una mayor demanda por lo que se verán en la necesidad de contratar

nuevo personal o de pagar horas extras, lo que conlleva a un nuevo gasto por parte de las empresas.

- **Factura de luz y gas:** las familias que tengan el sistema conectado a la red se verán beneficiadas, ya que sus facturas disminuirán, considerando que todos los días solo se genere 2,84[kWh/día], en un año podrán ahorrar cerca de \$150.000 anuales. Por otro lado, al calentar el agua por medio de los paneles solares las familias podrán ahorrar dinero debido a que sus gastos en la compra de combustible (generalmente gas licuado) se verán disminuidos.
- **Ley Net Billing:** los hogares que estén conectados a la red de distribución y tengan este sistema instalado podrán vender la energía eléctrica que no utilicen, generando ganancias para las familias.
- **Compra de equipos, materiales, maquinaria e insumos:** todas las compras conllevan un gasto, en este caso se plantea que sea por parte del Estado, ya que la implementación del sistema debería ser por medio de programas o subsidios.

### **III. Impacto ambiental**

Existirán impactos ambientales directos como la generación de residuos y la alteración del paisaje e impactos indirectos como la huella de carbono que se genera por la producción de CO<sub>2</sub>.

- **Huella de carbono:** en términos de producción de electricidad se estaría dejando de producir 0,3587[kgCO<sub>2</sub>eq/kWh], lo que significa que en la implementación de un sistema que produzca 2,84[kWh/día] dejaría de producir 371,82[kgCO<sub>2</sub>eq] al año. Al proponer que las instalaciones sean realizadas por empresas regionales se estaría disminuyendo la producción de CO<sub>2</sub> asociada al transporte y al disminuir el uso de GLP también se evitaría su transporte disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- **Residuos:** la fabricación, embalaje, traslado e instalación de los sistemas producen distintos tipos de residuos, los cuales deben ser tratados, ya que algunos se podrían reciclar y reutilizar, además los residuos de los componentes de fabricación deben ser desechados de forma distinta.

- **Paisaje:** la implementación de este sistema provocará un cambio en el paisaje, especialmente en las zonas aisladas de las ciudades, ya que tienen un paisaje característico dependiendo de la ubicación geográfica.
- **Flora y fauna:** la implementación de estos sistemas podría afectar a la flora y fauna del lugar, ya que en el caso de no instalar los paneles sobre un techo se tendrán que instalar en el suelo lo cual interferiría con el hábitat de animales y plantas.

### **9.1.2 Propuesta N° 2: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar (SHEFV)**

Los impactos que se evaluarán estarán directamente relacionados a la implementación del sistema híbrido en los hogares.

#### **I. Impacto social**

Al igual que la propuesta anterior, los impactos en la población son directos, ya que a las personas se les permitirá acceder a la electricidad lo que les favorecerá para adquirir servicios asociados a la electricidad y mejorar sus condiciones de vida.

- **Acceso a electricidad:** en la zona que se propone implementar este sistema existen 16.164 viviendas con suministro parcial o nulo de electricidad, por lo que hay una gran cantidad de hogares que se podrían ser beneficiados, especialmente en las zonas aisladas, ya que es más difícil que los servicios de la red de distribución lleguen a esas áreas y de forma estable.
- **Seguridad alimentos:** al igual que la propuesta 1, este sistema permite a las personas acceder a una mayor gama de productos eléctricos, como es el caso del refrigerador.
- **Prevención de enfermedades:** en la zona sur y extremo sur de Chile es común la utilización de leña para calefaccionar y cocinar, lo que produce altos niveles de contaminación intradomiciliaria por CO<sub>2</sub> y material particulado, por lo que la implementación del sistema permitirá utilizar la electricidad generada para calefaccionar o cocinar lo que disminuirá los niveles de contaminación y las enfermedades respiratorias asociadas.

- **Creación de empleos:** en esta propuesta también se busca que el sistema eólico-solar sea instalado por empresas regionales, lo que permitirá que ellas crezcan o que se creen unas nuevas, generando nuevos empleos en la zona.
- **Desarrollo de capacidades:** se espera que las personas beneficiadas con la instalación de estos sistemas sean capacitadas para realizar mantenimiento y arreglos pequeños al mecanismo.

## **II. Impacto económico**

Se centra en fomentar las empresas pequeñas del sector energético en la compra de materiales e insumos por parte del Estado, la disminución de la cuenta de luz de los hogares y la generación de ingresos por la venta de excedentes de electricidad.

- **MIPYMES y PYMES:** al igual que en la propuesta 1, este sistema se debería implementar por medio de micro y pequeñas empresas locales, lo que incentivaría desarrollo de empresas de esta área.
- **Salario:** al aumentar la demanda de instalación de sistemas de generación de energía, las empresas se verán en la obligación de pagar horas extras o contratar personal nuevo y calificado.
- **Factura de luz:** considerando que el sistema funcione acorde a las simulaciones se podría ahorrar entre \$150.000 y \$250.000 anuales en la cuenta de luz, este ahorro dependerá de la zona en que esté instalado el sistema, ya que en algunas se genera una mayor cantidad de electricidad.
- **Ley Net Billing:** considerando las simulaciones realizadas se pudo ver que en la zona diez, once y doce de medición se generó una mayor cantidad de energía que el consumo anual promedio de una vivienda, por lo que los hogares que estén conectados a la red de distribución y tengan el sistema podrían vender los excedentes de energía y de esa forma obtener ingresos.
- **Compra de equipos, materiales, maquinaria e insumos:** también se espera que la propuesta sea implementada por parte del gobierno, de esa forma los precios de los productos deberían disminuir al comprar.

### III. Impacto ambiental

En este caso el ambiente también es afectado por la generación de residuos, por la alteración del paisaje, por la interferencia en la flora y fauna de la zona y por la huella de carbono

- **Huella de carbono:** el uso de este sistema permitirá que disminuya la producción CO<sub>2</sub> relacionada a generación de electricidad, donde la emisión de CO<sub>2</sub> por parte de la energía fotovoltaica es de 0,032[kgCO<sub>2</sub>eq/kWh] y por la energía eólica es de 0,011[kgCO<sub>2</sub>eq/kWh]. Al implementar este sistema en la zona sur y extremo sur de Chile se debe considerar que para llegar a algunas localidades hay que trasladarse largas distancia, por lo que se generará 0,143[kgCO<sub>2</sub>/km].
- **Residuos:** igual que en la propuesta 1, se van a generar residuos por los distintos procesos por lo que tiene que pasar los componentes del sistema para completar su implementación, por lo que se debería realizar un plan de contingencia que permita separar los distintos tipos de residuos para ser reciclados y tratados de forma correcta, con el fin de que no terminen en la naturaleza.
- **Paisaje:** la zona donde se tiene planeado implementar este sistema tiene un paisaje característico, lleno de áreas verdes, de aire puro y sin tanta interferencia de parte del ser humano, es por esto que la instalación del sistema híbrido provocará que la percepción del paisaje sea distinta, ya que existirán paneles solares instalados sobre los techos y aerogeneradores a 20[m] de altura.
- **Flora y fauna:** en este aspecto la fauna podría ser la más perjudicada, ya que al haber un aerogenerador funcionando los pájaros podrían chocar con ello provocando accidentes y muerte.

#### 9.1.3 Propuesta N° 3: Uso de un material ecológico como aislante térmico

La recomendación del cambio de material no tiene ningún impacto de forma directa, por lo que la evaluación de impactos se realizará en el contexto de que las personas utilicen la pasta de celulosa como aislante térmico, y por consecuencia su fabricación.

### I. Impacto social

Como se menciona anteriormente solo existen impactos indirectos relacionados a la propuesta original.

- **Creación de empleos:** como se estaría incentivando el cambio de material aislante tradicional por uno sostenible, se deberá construir una fábrica de pasta de celulosa por lo que habrá nuevos puestos de trabajo para los distintos procesos que conlleva poner en marcha una fábrica desde cero.
- **Prevención de enfermedades:** el proceso de fabricación de la pasta de celulosa produce una menor emisión de CO<sub>2</sub>, por lo que la pureza del aire debería ser mayor lo que ayudaría a disminuir la probabilidad de sufrir enfermedades respiratorias asociadas a la contaminación.

## **II. Impacto económico**

En este caso el impacto económico estará relacionado con la instalación del aislante en los hogares.

- **Planta de pasta de celulosa:** al fomentar el cambio de material aislante se tendrá que empezar a fabricar en forma nacional para aumentar su participación en el mercado y disminuir los precios de venta, esto conllevaría a la creación de plantas de pasta de celulosa, lo que significa invertir en construcción, adquisición del terreno, contratación de personal, compra de equipo, maquinaria, insumos e implementos y el costo por las operaciones diarias de la fábrica.
- **Compra materiales:** en este caso las personas sufrirán un impacto directo en su economía debido a que la pasta de celulosa cuesta el doble que un aislante tradicional, como lo es el poliestireno expandido. Instalar este material en los hogares elevará significativamente el costo de aislar las viviendas, ya que la cantidad de material utilizado depende del tamaño de la vivienda.

## **III. Impacto ambiental**

El impacto ambiental hay que evaluarlo en el sentido de fabricar la pasta de celulosa y en su instalación.

- **Huella de carbono:** se genera emisiones de carbono debido al uso de la energía eléctrica en las operaciones y el uso de otros combustibles en el proceso de fabricación de la pasta de celulosa. Además, la recepción de materia prima también conlleva una huella de carbono, debido a que se necesita trasladar el material desde su punto de

origen a la planta. Por último, la pasta de celulosa consume una menor cantidad de energía en el proceso de fabricación, lo que provoca utilizar una menor cantidad de combustible, generando una menor huella de carbono asociada a la energía utilizada en el proceso de fabricación.

- **Residuos:** se producen residuos durante la fabricación del aislante térmico por lo que es importante tener claro qué tipo de residuos se producen, para poder separarlos de forma correcta y tratarlos como corresponde, con el fin de disminuir los residuos que llegan a los vertederos. Por otro lado, la instalación de este material en los hogares también genera residuos, debido a que existe pérdidas de material al instalarlo y no siempre desechan de la forma adecuada.
- **Paisaje:** este se verá afectada, ya que se necesita instalar en algún lugar la fábrica de aislante por lo cual se paisaje se verá intervenido.
- **Flora y fauna:** para la construcción de la planta se deberá preparar el terreno, por lo que se tendrá que eliminar parte de la flora del lugar seleccionado y en consecuencia afectará a la fauna de esa zona.

#### **9.1.4 Propuesta N° 4: Cápsulas de enseñanza de eficiencia energética**

En esta propuesta se evaluarán impactos relacionados a que la población haga uso del conocimiento adquirido por medio de las cápsulas.

##### **I. Impacto social**

En este caso el impacto social es más indirecto, ya que todo depende de las personas, si ellas utilizan de forma consciente los videos de aprendizaje podrán acceder a una mayor información sobre la aislación térmica, lo que podrá ayudar a prevenir enfermedades asociadas a las bajas temperaturas, también tendrán una mayor disponibilidad de dinero debido a la disminución de combustible para la calefacción de sus viviendas, entre otros

- **Acceso a información:** al ser una propuesta basada en la enseñanza y en la entrega de información, la población será la más beneficiada, ya que adquirirán conocimientos que les servirán para aislar de mejor manera sus hogares, tanto en invierno como en verano.



- **Prevención de enfermedades:** al permitir que las personas asilen de buena manera sus hogares se logrará que la temperatura interna sea más estable y se encuentre dentro de los rangos de confort, esto beneficia al desarrollo de las personas y disminuirá la probabilidad de contraer enfermedades respiratorias y cardíacas.
- **Creación de empleos:** los videos deben ser realizados por personas capacitadas que sepan explicar los fundamentos de la aislación térmica, de la ventilación y la eficiencia energética. También, se debe de contratar a una persona que enseñe a instalar la aislación en techos, muros, suelo y ventanas para que las personas aprendan a realizarlas por su cuenta.
- **Disponibilidad presupuestaria:** el programa permitirá que las personas realicen la correcta instalación y compra de aislante térmico, lo que ayudará a disminuir los gastos asociado a lo anterior y a la compra de combustible para calefaccionar, ya que la vivienda tendrá menos pérdidas de calor. Todo esto generará que las personas tengan una mayor disponibilidad de su dinero.
- **Desarrollo de capacidades:** esta iniciativa permitirá que las personas puedan adquirir conocimiento, con el cual pueden desarrollar distintas capacidades y habilidades. Además, este conocimiento lo podrán aplicar tanto en sus hogares como en sus trabajos según corresponda.

## **II. Impacto económico**

El impacto económico con que las personas utilicen la información que adquirieran de los vídeos, ya que podrán implementar e instalar aislación térmica en sus hogares por su propia cuenta. Además, existen gastos que se deben incurrir para generar las cápsulas de aprendizaje.

- **Sueldos:** se tendrá que incurrir en gastos para pagarle a las personas que realicen los videos de aprendizaje.
- **Uso de combustible:** al mejorar la aislación térmica de los hogares mejora su eficiencia, por lo que se tendrán menos pérdidas de calor generando un menor consumo de combustible para calefaccionar los hogares (en invierno o verano), lo que se traduce en un ahorro para las familias.
- **Compra de materiales:** si las personas saben cómo aislar sus viviendas dependiendo de las condiciones climáticas del lugar donde viven podrán comprar la cantidad de

material necesario para esas condiciones. Existen dos casos, el primero es donde las personas deben comprar más aislante de lo que pensaban por lo que tendrán que incluir en un gasto mayor, el segundo caso es cuando se debe comprar una cantidad menor de material, lo que significa un ahorro de dinero. Por otro lado, se deben comprar materiales y equipo para llevar a cabo los videos explicativos.

### **III. Impacto ambiental**

En este caso el impacto ambiental también está asociado a que las personas utilicen lo aprendido, ya que si no lo utilizan la creación de los videos sólo tendrán una pequeña generación de residuos y de CO<sub>2</sub> debido al transporte de materiales.

- **Emisión de material particulado y huella de carbono:** al permitir que un hogar sea más eficiente energéticamente, el calor se va a conservar de mejor manera dentro de él, por lo que se espera que disminuya el uso de combustible para esta tarea, alrededor del 30% de los hogares en Chile utilizan leña como fuente de calefacción, por lo que al disminuir su uso bajará la emisión de material particulado, CO<sub>2</sub> y CO.
- **Residuos:** si las personas realizan la instalación de aislación en sus hogares es más probable que se generen residuos, ya que no siempre saben la mejor manera de cortar el material para disminuir las pérdidas, no conocen la forma correcta de desechar los materiales y los lugares indicados para ello, debido a que algunas veces los votan en basurales ilegales.

# **CAPÍTULO 10: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA**

*En este capítulo se presenta la evaluación económica, la cual se desarrolló por medio de un análisis costo-beneficio de las propuestas de mejora.*

## 10.1 Evaluación económica de las propuestas de mejora

La evaluación económica se llevará a cabo por medio de un análisis costo beneficio, donde los costos estarán asociados a la implementación de cada propuesta, es decir, equipos, insumos y personal necesario. Por otro lado, los beneficios están relacionados a los impactos positivos ambientales y sociales.

### 10.1.1 Propuesta N° 1: Implementación de un sistema solar híbrido fotovoltaico-térmico (PVT)

En la Tabla 45 se presentan los valores de los equipos y materiales necesarios para la implementación del sistema solar fotovoltaico-térmico, donde el valor de las cañerías representa un 10% del valor total sin contar la instalación del sistema, en el caso del cableado sucede algo parecido pero representa un 5% del valor total. El precio asociado a la instalación es un 20% del precio de los materiales e insumos.

La implementación del sistema tiene un costo total cercano a los \$7.000.000, pero este valor se podría estar sobredimensionado debido a los valores de las cañerías y cableado ya mencionados. Los valores de los equipos fueron presentados cuando se seleccionaron.

**Tabla 45: Costos asociados a la implementación de un sistema solar fotovoltaico-térmico**

Equipo	Precio [CLP]	Unidades	Cantidad	Precio total
Panel aH60 Optimum	\$730.605	-	3	\$2.191.815
Inversor OMNIK-1K-TL2-M	\$419.750	-	1	\$419.750
Controlador de carga Nat Power SR4830	\$101.191	-	1	\$101.191
Batería TP24200	\$234.030	-	4	\$936.120
Medidor A150 electrónico monofásico	\$63.990	-	1	\$63.990
Interacumulador CV120M1M	\$589.998	-	1	\$589.998
Kit de conexión	\$231.588	-	1	\$231.588
Kit de soporte	\$211.370	-	1	\$211.370
Cañería	\$3.778	metro	-	\$504.523
Bomba centrífuga	\$60.000	-	2	\$120.000
Válvula seguridad	\$44.852	-	4	\$179.408
Válvula de esfera	\$6.492	-	2	\$12.984
Cableado	\$1.355	metro	-	\$252.262
Instalación	-	-	-	\$1.163.000
<b>Total</b>				<b>\$6.977.998</b>

Fuente: Elaboración propia

La implementación de un sistema fotovoltaico-térmico tiene un costo aproximado de \$7.000.000 considerando precios al por menor. Además, se debe considerar los costos de traslado, ya sea desde el país de origen de los equipos y el traslado interno, los paneles solares provienen de España por lo que deben de llegar al país para poder ser distribuidos a las empresas que instalarán los sistemas.

Esta iniciativa tiene varios efectos positivos, especialmente en el área social, ya que brindar acceso a agua caliente sanitaria y electricidad mejora la calidad de vida de las personas, especialmente las que no tiene suministro de estos servicios o tienen un suministro parcial. Por otro lado, las familias se ven beneficiadas en las cuentas de electricidad y de gas, en la primera su cuenta disminuirá por utilizar energía generada por ellos mismos y a su vez podrán tener ingresos derivados de la venta de energía que tengan en excedente, en el segundo caso los paneles brindan agua caliente sanitaria por lo que se va a disminuir el uso de gas y con esto su compra. Por último, la implementación de este sistema disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la electricidad y el gas, además, se fomenta el uso de sistemas de autogeneración de energía, lo que permite avanzar en el desafío de carbono neutralidad.

A pesar que no poder cuantificar de forma específica algunos beneficios se podría decir que la implementación de un sistema fotovoltaico-térmico desde la región de Arica y Parinacota hasta la región del Maule es beneficioso, ya que aporta a muchos desafíos que tiene Chile, como mejorar el acceso a los servicios eléctricos y a agua caliente sanitaria, disminuir la contaminación y las emisiones de gases de efecto invernadero, permite potenciar las empresas regionales del sector de energía, aumentar los puestos de trabajo, entre otros.

### **10.1.2 Propuesta N° 2: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar (SHEFV)**

La Tabla 46 se presentan los costos relacionados a la instalación e implementación del sistema híbrido eólico-solar, al igual que en la propuesta anterior el costo del cableado corresponde a un 5% del valor del sistema y la instalación se fijó en un 40% del costo total del sistema, ya que se debe instalar una parte solar y otra eólica. Además, el valor de la torre que utiliza el aerogenerador puede estar sobrevalorado, ya que no existe tanta variedad en este tipo de equipos por lo que su precio puede estar fuera de un rango normal.

**Tabla 46: Costos asociados a la implementación de un sistema eólico-solar**

Equipo	Precio	Unidades	Cantidad	Precio total
Panel RT120WM	\$72.352	-	6	\$434.112
Aerogenerador IstaBreeze® i-700	\$478.156	-	1	\$478.156
Inversor PSWGT-2500	\$356.988	-	1	\$356.988
Controlador de carga Mars Rock 3000W	\$101.191	-	1	\$101.191
Batería TP24200	\$234.030	-	3	\$702.090
Medidor A150 electrónico monofásico	\$63.990	-	1	\$63.990
Kit de soporte	\$337.273	-	1	\$337.273
Torre	\$1.070.680	metro	1	\$1.070.680
Cableado	\$1.355	metro	-	\$177.224
Instalación	-	-	-	\$1.488.682
<b>Total</b>				<b>\$5.210.386</b>

Fuente: Elaboración propia

El sistema de generación de energía eólica-solar tiene un costo aproximado de 5,2 millones de pesos sin considerar el traslado de ningún tipo, por lo que en un futuro se debe contabilizar. Considerando que este sistema se planea implementar desde la región de Ñuble hasta la región de Magallanes se debe de tener en cuenta el traslado y el tiempo que conlleva movilizar los equipos hasta esas zonas, ya que son de difícil acceso. También, se debe de presupuestar de mejor manera el tema de la instalación. ya que al enfocarse en una zona de baja densidad poblacional y con una baja cantidad de sistemas de autogeneración de energía es menos probable la existencia de empresas del sector energético que sepan realizar este tipo de instalaciones, por lo que los costos podrían aumentar.

Los beneficios que conlleva este sistema se centran principalmente en el acceso a la electricidad, ya que existe cerca de 15.000 viviendas que no cuentan con este servicio en la zona, debido a hay localidades de difícil acceso, por lo que es complejo conectar las viviendas a la red de distribución, por lo mismo la implementación de este sistema en una vivienda de la zona genera un gran impacto en la calidad de vida de los habitantes del hogar, ya que les permitirá desarrollarse como individuos. Asimismo, las familias que ya tienen acceso a la red de distribución y quieren acceder a este sistema verán beneficios en torno a la cuenta de la electricidad, ya que su consumo directo debería disminuir. Al igual que la propuesta 1 este sistema de generación de energía ayuda a disminuir la emisión de CO<sub>2</sub>, de material particulado en algunos casos y ayuda con el carbono neutralidad.

### 10.1.3 Propuesta N° 3: Uso de un material ecológico como aislante térmico

En este caso se presentará el precio de la pasta de celulosa y del aislante térmico más utilizado, ya que estimar el valor de una fábrica de pasta de celulosa es muy complejo y conlleva muchos supuestos.

Tabla 47: Costo del material aislante

Ítem	Precio[m <sup>2</sup> ]
Pasta de celulosa	\$23.618
Poliestireno expandido	\$11.497

Fuente: Elaboración propia

Los valores de la Tabla 47 corroboran la información relacionada al impacto económico que tiene la compra de este material, ya que el precio de la pasta de celulosa es casi el doble que el poliestireno expandido y tienen un valor similar de conductividad térmica.

Al ser una propuesta de cambio de material no conlleva costos directos, pero si existieran costos cuando las personas quieran realizar el cambio o la transición hacia materiales aislantes más sustentables, ya que tienen un valor superior a los convencionales, el costo de la pasta de celulosa es el doble del poliestireno. Esto afectará directamente a las personas, ya que no todos podrán acceder a este tipo de material.

Los beneficios que traería fomentar el cambio de material sería la disminución de emisión de CO<sub>2</sub> en el proceso de fabricación de aislante térmico, la disminución del uso de energía en el mismo proceso y la creación de puestos de trabajo si es que la demanda de pasta de celulosa fuera al alza.

### 10.1.4 Propuesta N° 4: Cápsulas de enseñanza de eficiencia energética

La Tabla 48 representa el sueldo de los profesionales que están relacionados a la creación de las cápsulas de aprendizaje, donde el ingeniero en construcción se encarga de la parte teórica, el técnico en construcción de la parte práctica, llevando a cabo las instalaciones y arreglos, y el Técnico en comunicación y audiovisual es el encargado de grabar los videos, editarlos y subirlos a las plataformas correspondientes.

**Tabla 48: Costos asociados a las cápsulas de enseñanza de eficiencia energética**

<b>Ítem</b>	<b>Precio [mes]</b>
Ingeniero en construcción	\$1.100.000
Técnico en construcción	\$800.000
Técnico en comunicación y audiovisual	\$700.000
<b>Total</b>	<b>\$2.600.000</b>

*Fuente: Elaboración propia*

El costo de esta iniciativa por mes de producción de cápsulas sería aproximadamente de 2,6 millones de pesos, sin considerar los materiales y herramientas necesarias para realizar las demostraciones. Además, se deben de añadir todos los implementos necesarios para grabar.

Los beneficios que trae a la población se relacionan más que nada con la capacidad de las personas de aplicar lo aprendido, ya que ellos deberán tomar la iniciativa de llevar a cabo los arreglos necesarios para mejorar la eficiencia energética de sus hogares. Aplicar lo aprendido trae un costo y beneficio económico para las personas, ya que ellos podrán realizar las instalaciones en sus hogares sin la necesidad de contratar a otra persona, pero existe la posibilidad de que tengan que comprar una mayor cantidad de materiales dependiendo de la exigencia de su zona climática. Por otro lado al hacer más eficiente una vivienda permite que se consuma menos combustible para la calefacción lo que a su vez genera una menor emisión de contaminantes, tanto como CO<sub>2</sub> o material particulado.

Considerando los costos y beneficios que trae la implementación de esta iniciativa se podría sugerir la implementación de la propuesta, ya que el costo de personal y materiales para realización de las cápsulas es bajo considerando el número de personas que podrían ver y aprender de los vídeos.



# **CAPÍTULO 11: PRIORIZACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA**

*En este capítulo se presenta la evaluación y priorización de las propuestas de mejora, a través de una matriz de impacto-esfuerzo.*

## 11.1 Priorización de las propuestas de mejora

La priorización de las propuestas de mejora se realizará mediante un análisis impacto-fuerzo, donde se realizarán dos preguntas que miden el impacto que generan las propuestas y el esfuerzo que se necesita para implementar las propuestas.

A continuación, se presentan las preguntas que se relacionan con el impacto, donde el 5 es muy alto y el 1 muy bajo.

- **¿Es ecológico?:** se refiere a si los resultados de la implementación de la propuesta se consideran ecológicos, teniendo en cuenta la huella de carbono, las emisiones de material particulado, producción de residuos, entre otros.
- **¿Es una medida eficiente?:** se considera eficiente una medida cuando se cumple su objetivo utilizando la menor cantidad de recursos posibles.

Las preguntas relacionadas a la medición del esfuerzo son.

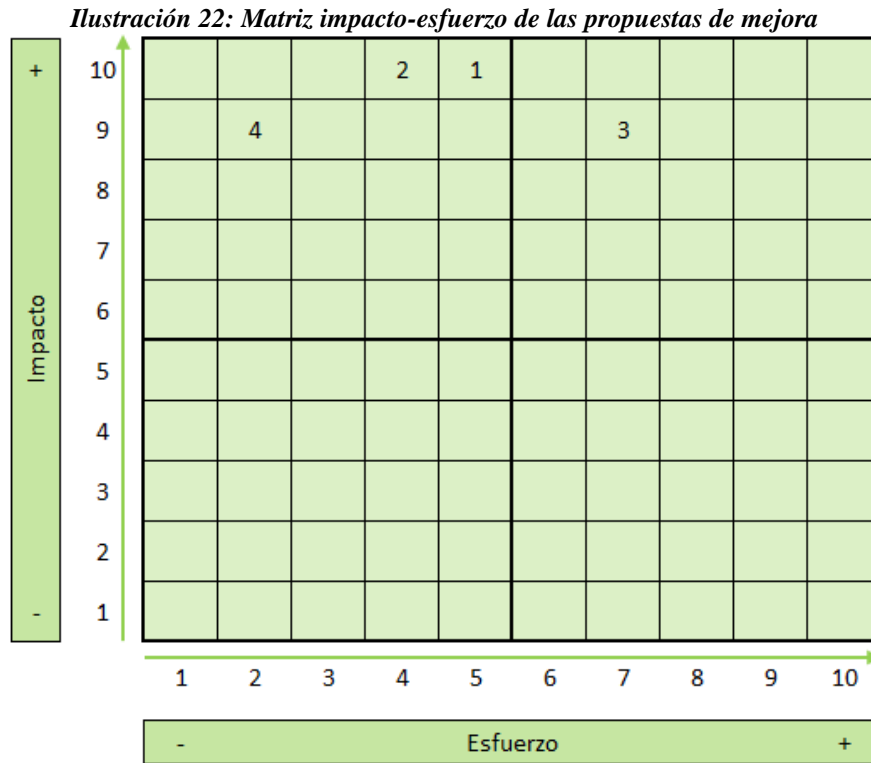
- **¿La implementación es económica?:** hace referencia al costo de la implementación de la propuesta, donde el 5 corresponde a costos muy altos y el 1 a costos muy bajos
- **¿Es sostenible en el tiempo?:** se considera como la probabilidad de implementar la propuesta durante varios años, donde uno es muy alto y 5 muy bajo

Tabla 49: Evaluación de las propuestas de mejora

Id	Propuesta de mejora	Impacto			Esfuerzo		
		¿Es ecológico?	¿Es una medida eficiente?	Total	¿La implementación es económica?	¿Es sostenible en el tiempo?	Total
1	Implementación de un sistema solar fotovoltaico-térmico	5	5	10	3	2	5
2	Implementación de un sistema eólico-solar	5	5	10	2	2	4
3	Uso de un material ecológico como aislante térmico	5	4	9	5	2	7
4	Cápsulas de enseñanza	4	5	9	1	1	2

Fuente: elaboración propia

Obteniendo los resultados de la evaluación de impacto y esfuerzo las propuestas se deben de ubicar en los respectivos cuadrantes de la matriz impacto-esfuerzo dando como resultado la matriz de la Ilustración 22. En esta matriz se puede identificar que la propuesta 1, 2 y 4 corresponden a ganancias rápidas, pero la propuesta 3 se considera como un proyecto grande, por lo que se recomienda implementar las cuatro propuestas de mejora pero en un plazo de tiempo diferente.



La propuesta 1, 2 y 4 se deberían implementar en un período corto de tiempo, ya que los beneficios se obtendrán de forma rápida, en cambio la propuesta número 3 se debería implementar a mediano y largo plazo, debido a que los esfuerzos que hay que realizar para llevar a cabo esta propuesta son mayores a los impactos generados a corto plazo, por lo que antes de implementar esta propuesta se sugiere realizar estudios previos de factibilidad para la instalación de una planta de pasta de celulosa con el fin de evaluar su viabilidad y sus verdaderos impactos.

# CONCLUSIONES

La primera tarea que se realizó fue comprender la problemática a enfrentar e identificar los pasos a seguir para lograr los objetivos propuestos, con el fin de plantear un marco teórico y metodológico que permitiera dar la estructura a seguir durante todo el desarrollo del proyecto, la metodología seleccionada fue *Design Thinking*, ya que permite prototipar y evaluar las propuestas de mejora sin la constante interacción con el público objetivo.

Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la pobreza energética, el cambio climático, las energías renovables y tecnologías inteligentes en el país, dando a conocer que existe una amplia cantidad de viviendas que no cuentan con los servicios básicos de electricidad y agua caliente sanitaria, lo que se intensifica con las consecuencias del cambio climático, ya que interfiere con doce áreas relevantes del país. También se pudo observar que Chile ha ido generando cambios para avanzar hacia una matriz energética basada en energías renovables, integrando tecnologías inteligentes para que los servicios sean más eficientes. Todo esto ayudó a identificar los requerimientos y desafíos necesarios para enfrentar la pobreza energética y el cambio climático, estos se basaban principalmente en el trabajo colaborativo, en mejorar el acceso y la calidad a los servicios básicos, a contar con una mayor red de información y en enfocarse en la eficiencia energética.

Después se investigaron los avances tecnológicos relacionados a las energías renovables y tecnologías inteligentes, las cuáles se incorporaban en distintas soluciones. También se identificaron los avances reglamentarios asociados al gobierno de Chile, considerando leyes, planes, programas y subsidios, los cuales estaban enfocados en el acceso a la energía, a la eficiencia energética y a la disminución de la contaminación. Luego de haber identificado y comprendido los distintos avances se realizó la evaluación de impacto social, económico y ambiental de cada uno de ellos, enfocándose en la generación de empleo, en el acceso a energía limpia, a los costos de las tecnologías, a la disminución de las cuentas de luz, gas y combustible, a las emisiones asociada con la producción de electricidad y a la calefacción, al efecto producido en la flora y fauna y principalmente en el cambio positivo en la calidad de vida de las personas. Todo esto permitió plantear cuatro propuestas de solución,

dos enfocadas en el acceso a la energía y dos a la eficiencia energética, las primeras consisten en un sistema fotovoltaico-térmico y un sistema eólico-solar implementados en distintas zonas de Chile para potenciar el uso de los recursos naturales, y las últimas dos enfocadas en entregar herramientas a la población.

Posteriormente, se hizo la factibilidad técnica de las propuesta de mejora, la cual consistió en realizar el diseño técnico de cada una de las propuestas, donde se estableció que se supliría 2,84[kWh/día] de energía eléctrica, para lo cual se tuvo que dimensionar cada sistema de generación de energía, proponiendo equipos a utilizar, analizando la configuración de estos equipos para que cumplieran con las condiciones técnicas del sistema y los requerimientos establecidos, y se propuso que ambos sistemas iban a tener una opción de generación autónoma de energía y otra conectado a la red de distribución. También, se planteó una serie de materiales sustentables que podrían ser utilizados como aislantes térmicos y se eligió el más adecuado según unos criterios de selección. Por otro lado, se diseñó a grandes rasgos las cápsulas de aprendizaje las que se dividieron en dos áreas, la primera en la aislación térmica tanto en verano como en invierno, y la segunda enfocada en la ventilación del hogar, ya que es algo primordial para la salud de las personas.

Finalmente se realizó la evaluación de los impactos social, económico y ambiental de cada una de las propuestas, para luego realizar un pequeño análisis costo-beneficio, donde los costos están relacionados a los equipos y materiales comprados, en cambio, los beneficios se asocian a la valoración de impacto positivo realizado. Lo anterior ayudó a valorar de una forma adecuada el impacto y el esfuerzo de cada una de las propuestas por medio de preguntas, dando como resultado que todas las propuestas se deberían implementar pero la propuesta 1, 2 y 4 obtendrá beneficios de forma rápida y con menor esfuerzo que la propuesta número 3, para realizar esta última propuesta se debe de llevar a cabo un trabajo previo, que realizar un cambio de material conlleva a la ejecución de actividades previas para evaluar su viabilidad, debido a que implementar un producto novedoso y sustentable tiene altos costos y no todos los quieren asumir.

Considerando lo anterior se puede concluir que mediante la ejecución de los objetivos específicos se logró cumplir con el objetivo general del proyecto, debido a que se propusieron

soluciones tecnológicas relacionadas a las energías renovables y tecnologías inteligentes que ayudarán a combatir el cambio climático y la pobreza energética en el país, siempre teniendo en consideración el impacto social, económico y ambiental que pudieran producir.

# BIBLIOGRAFÍA

Abora. (2020). *Ficha técnica aH60 SK*. Obtenido de <https://cdn.website-editor.net/93cc7e1b7a854b059b8b40c21802f5a7/files/uploaded/FT%2520AH60%2520SK.pdf>

Abora. (2021). *DISEÑO, DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE PANELES SOLARES HÍBRIDOS*. Recuperado el 2022, de <https://docs.gestionaweb.cat/1191/catalogo-br-es-1061367.pdf>

AE Solar. (2022). *Ficha técnica panel AE HM6-36 Series 190W - 200W*. Recuperado el 2022, de <https://cdn.ensolar.com/z/pp/1r8ajbl94l/AE-HM6-36-190W-200W.pdf>

Aeroleaf. (2022). *New World Mind*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://newworldwind.com/en/wind-tree/>

Agencia de Sostenibilidad Energetica. (2022). *Agencia de Sostenibilidad Energetica*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.agenciase.org/alumbrado-publico/>

Aliaga, D. (2022). *Sesión N°5: Taller de Energías Renovables*. Recuperado el 2022

Área Tecnología. (2021). *Área Tecnología*. Recuperado el Junio de 2022, de <https://www.areatecnologia.com/como-se-distribuye-energia-electrica.htm>

Ariza, G. (Diciembre de 2020). *GioSyst3m*. Obtenido de <https://giosyst3m.net/matriz-de-impacto-y-esfuerzo-tecnica-excelente-para-priorizar/>

Bernal, N. G. (2021). *Matriz energética y eléctrica en Chile*. Recuperado el 25 de Abril de 2022, de [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN\\_Matriz\\_energetica\\_electrica\\_en\\_Chile.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN_Matriz_energetica_electrica_en_Chile.pdf)

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (Marzo de 2019). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Recuperado el Junio de 2022, de

[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27088/1/BCN\\_\\_\\_Experiencia\\_comparada\\_medidores\\_inteligentes\\_25Marzo\\_edPM.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27088/1/BCN___Experiencia_comparada_medidores_inteligentes_25Marzo_edPM.pdf)

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2022). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/leyfacil/recurso/estatuto-de-las-pymes>

Bonos del gobierno. (11 de Noviembre de 2021). *Bonos del gobierno*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://bonosdelgobierno.com/casa-solar-del-ministerio-de-energia-postula-para-acondicionar-tu-casa-con-paneles-solares/>

Brochier, T., Echevin, V., Tam, J., Chaigneau, A., Goubanova, K., & Bertrand, A. (2013). *Climate change scenarios experiments predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system*. *Global Change Biology*. doi:10.1111/gcb.12184

Cámara Chilena de la Construcción. (2015). *Manual de Acondicionamiento Térmico*. Obtenido de [https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Manual\\_WEB.PDF](https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Manual_WEB.PDF)

Centro de Cambio Global. (2013). *Propuesta de Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. PUC. Recuperado el Abril de 2022

Centro Tecnológico de Conversión de Energía. (2021). *Memoria anual*. Universidad de Talca, Facultad de Ingeniería, Curicó. Recuperado el Marzo de 2022

Centro Tecnológico de Conversión de Energía. (2021). *Memoria Anual 2021*. Recuperado el Marzo de 2022

CEPAL. (2009). *La economía del cambio climático en Chile: síntesis*. CEPAL. Recuperado el Abril de 2022

CEPAL. (2012). *La economía del cambio climático en Chile*. CEPAL. Recuperado el Abril de 2022

CGE. (15 de Marzo de 2022). *CGE*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.cge.cl/productos-y-servicios/generacion-distribuida->





- Damia Solar. (Marzo de 2016). *Damia Solar*. Recuperado el 2022, de [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo_1)
- Dazne, A. (s.f.). *Blog*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://blog.is-arquitectura.es/2015/09/29/trinity-aerogeneradores-portatiles-domesticos/>
- Design Thinking. (s.f.). *Design Thinking*. Recuperado el 06 de Mayo de 2022, de <https://www.designthinking.es/inicio/index.php>
- El mostrador. (17 de Noviembre de 2021). *El mostrador*. Recuperado el 27 de Abril de 2022, de <https://www.elmostrador.cl/generacion-m/2021/11/17/vanguardista-tecnologia-chilena-aplicada-en-autos-busca-formar-ciudades-mas-inteligentes-y-sostenibles/>
- Elster. (2022). *Ficha técnica medidor electrónico monofásico A150*. Obtenido de <https://dojiw2m9tvv09.cloudfront.net/10729/3/AD2253-FICHA-TECNICA-MEDIDOR-BIDIRECCIONAL>
- Emol. (14 de Mayo de 2012). *Emol*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.emol.com/noticias/economia/2012/05/14/540478/ministerio-de-energia-fija-estandares-minimos-de-eficiencia-para-artefactos-electricos.html>
- Endolla. (Mayo de 2021). *Endolla*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.endolla.barcelona/es/noticias/servicio-endolla/cual-es-la-autonomia-del-coche-electrico-y-cuantos-kilometros-puede>
- Enel Green Power. (13 de Julio de 2018). *Enel Green Power*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.enelgreenpower.com/es/historias/articles/2018/07/energia-hidroelectrica-egp-reto-de-la-innovacion>
- Enel Green Power. (30 de Mayo de 2019). *Enel Green Power*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.enelgreenpower.com/es/medios/news/2019/05/plantas-geotermicas-mantenimiento-predictivo-america-norte>

- Energetica21. (28 de Septiembre de 2021). *Energetica21*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://energetica21.com/articulos-y-entrevistas-online-ver/digitalizacion-de-procesos-de-revalorizacion-energetica-con-sello-valenciano>
- EURO Wind Power. (2020). *SuSi SuperSilent - Pequeña turbina eólica ecológica*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://energiasalemanas.org.ec/fileadmin/AHK\\_Ecuador/2021\\_-\\_Energie-Geschaeftsreise\\_April/3\\_EURO\\_WINDPOWER\\_SuSi\\_SuperSilent\\_Ecuador\\_2021\\_Espanol.pdf](https://energiasalemanas.org.ec/fileadmin/AHK_Ecuador/2021_-_Energie-Geschaeftsreise_April/3_EURO_WINDPOWER_SuSi_SuperSilent_Ecuador_2021_Espanol.pdf)
- Faúndez, D. (31 de Enero de 2022). *TXS*. Recuperado el 27 de Abril de 2022, de <https://txsplus.com/2022/01/lider-singapurense-de-inteligencia-artificial-en-chile-como-la-tecnologia-de-graymatics-podria-convertir-santiago-en-una-ciudad-inteligente/>
- Freeman, J. (2020). *Introduction to the System Advisor Model (SAM)*. Presentación en Power Point. Recuperado el 24 de Abril de 2022, de [https://sam.nrel.gov/images/webinar\\_files/sam-webinars-2020-intro-to-sam.pdf](https://sam.nrel.gov/images/webinar_files/sam-webinars-2020-intro-to-sam.pdf)
- Fuenzalida, R., Schneider, W., Blancos, J., Garcés-Vargas, J., & Bravo, L. (2007). *Sistema de corrientes Chile-Perú y masas de agua entre Caldera e Isla de Pascua*. Comité Oceanográfico Nacional. Recuperado el Abril de 2022
- Fundación Endesa. (2015). *Fundación Endesa*. Recuperado el 27 de Abril de 2022, de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/smart-city>
- Fundación Endesa. (2022). *Fundación Endesa*. Recuperado el Junio de 2022, de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/smart-meter>
- FuturEnergy. (28 de Septiembre de 2016). *FuturEnergy*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://futureenergyweb.es/turboden-fabrica-uno-de-las-mayores-turbinas-de-ciclo-organico-de-rankine-del-mundo/#:~:text=El%20turbogenerador%20ORC%20con%20una,%2F%20segundo\)%20y%20buen%20funcionamiento.](https://futureenergyweb.es/turboden-fabrica-uno-de-las-mayores-turbinas-de-ciclo-organico-de-rankine-del-mundo/#:~:text=El%20turbogenerador%20ORC%20con%20una,%2F%20segundo)%20y%20buen%20funcionamiento.)

Generadoras de Chile. (2011). *Generadoras de Chile*. Recuperado el 27 de Abril de 2022, de <http://generadoras.cl/quienes-somos>

Generadoras de Chile. (2019). *Reporte Anual 2018*. Santiago. Recuperado el 25 de Abril de 2022, de <http://generadoras.cl/media/page-files/909/Reporte%20Anual%202018%20final.pdf>

Generadoras de Chile. (2021). *Generadoras de Chile*. Recuperado el 25 de Abril de 2022, de <http://generadoras.cl/tipos-energia/energia-hidroelectrica>

Generadoras de Chile. (19 de Octubre de 2021). *Generadoras de Chile*. Recuperado el Mayo de 2022, de <http://generadoras.cl/prensa/nicolas-westenenk-la-economia-circular-forma-parte-integra-en-el-sector-de-generacion-electrica>

Generadoras de Chile. (2021). *Reporte Anual 2020*. Santiago. Recuperado el 25 de Abril de 2022, de <http://generadoras.cl/media/page-files/1676/Reporte%20Anual%202020%20-%20Generadoras%20de%20Chile.pdf>

Geotermia Online. (19 de Septiembre de 2018). *Geotermia Online*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://geotermiaonline.com/8720/en-su-primer-viaje-oficial-el-ministro-frances-de-transicion-ecologica-visita-una-planta-geotermica/>

Global Petrol Prices. (Septiembre de 2021). *Global Petrol Prices*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://es.globalpetrolprices.com/Chile/electricity\\_prices/](https://es.globalpetrolprices.com/Chile/electricity_prices/)

Google Maps. (2022). *Google Maps*.

Hanfy New Energy Technology. (2022). *Enfsolar*. Obtenido de [https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/53283?utm\\_source=ENF&utm\\_medium=panel\\_list&utm\\_campaign=enquiry\\_product\\_directory&utm\\_content=119962](https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/53283?utm_source=ENF&utm_medium=panel_list&utm_campaign=enquiry_product_directory&utm_content=119962)

Impotec. (2020). *Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-514103567-turbina-eolica-generador-con-viento-300w-24v-impotec-\\_JM?matt\\_tool=66936097&matt\\_word=&matt\\_source=google&matt\\_campaign\\_id=14573](https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-514103567-turbina-eolica-generador-con-viento-300w-24v-impotec-_JM?matt_tool=66936097&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14573)

893166&matn\_ad\_group\_id=126469660746&matn\_match\_type=&matn\_network=g&matn\_device

Inarquia. (2020). *Inarquia*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://inarquia.es/sistema-hibrido-fotovoltaico-eolico-mixto/>

International Renewable Energy Agency. (2019). *Future of solar photovoltaic*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA\\_Future\\_of\\_Solar\\_PV\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf)

International Renewable Energy Agency. (2020). *Auge de las energías renovables en las ciudades: soluciones energéticas para el futuro urbano*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Oct/IRENA\\_Renewables\\_in\\_cities\\_2020\\_ES.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Oct/IRENA_Renewables_in_cities_2020_ES.pdf)

Ista Breeze. (2018). *Wind turbine system i-700 and i-1000*. Recuperado el 2022, de <https://www.altinelenerji.net/english-manual-book/i-700-i-1000-wind-turbine-manual-book.pdf>

Ista Breeze. (2022). *CapaEnergy*. Recuperado el 2022, de <https://www.capaenergy.com/es/eolica/265-aerogenerador-12v-35a-turbina-eolica-casa-marina-420-w-max.html>

Jorquera, C. (9 de Octubre de 2018). *Piensa en geotermia*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.piensageotermia.com/proyecto-innovador-de-diagnostico-remoto-de-centrales-geotermicas-por-enel/>

La Bolsa Social. (24 de Julio de 2019). *La Bolsa Social*. Recuperado el 26 de Abril de 2022, de <https://www.bolsasocial.com/blog/como-se-mide-el-impacto-social-de-una-empresa-estas-son-las-metodologias-mas-utilizadas/#:~:text=Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20EVPA,o%20medioambiental%20de%20las%20empresas.>

- La revista energética de Chile. (19 de Noviembre de 2018). *Revista EI*. Obtenido de <https://www.revistaei.cl/2018/11/19/posible-generar-electricidad-solar-hogar-desde-2-millones-recuperar-la-inversion-tarda-al-menos-seis-anos/#>
- La revista energética de Chile. (6 de Abril de 2022). *Revista EI*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.revistaei.cl/2022/04/06/transmision-ministerio-de-energia-registra-25-proyectos-en-construccion-por-us832-millones/#>
- Llamas, J. (09 de Noviembre de 2021). *Economipedia*. Recuperado el 20 de Abril de 2022, de <https://economipedia.com/definiciones/tecnologia-inteligente.html#:~:text=La%20tecnolog%C3%ADa%20inteligente%20es%20aquella,de%20datos%20para%20tomar%20acciones.>
- Luis Reyes. (Noviembre de 2021). *Auto Noción*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.autonocion.com/calcular-el-co2-a-partir-del-consumo/>
- MARS ROCK. (2022). *Natura Energy*. Obtenido de <https://www.naturaenergy.cl/product/controlador-mppt-pwm-hibrido-1200w-solar-1200w-eolico-12-24-48v>
- Matus, A. (2021). *Aislamiento térmico*. Obtenido de <https://www.aislamientotermico.com.ar/materiales-aislantes/celulosa>
- Ministerio de energía. (2010). *Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria*. Recuperado el 2022, de <https://sst.minenergia.cl/wp-content/uploads/2016/05/guia-de-diseno-y-montaje-de-sst-para-acs.pdf>
- Ministerio de Energía. (2015). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://sst.minenergia.cl/?page\\_id=38](https://sst.minenergia.cl/?page_id=38)
- Ministerio de Energía. (2016). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1091871>
- Ministerio de Energía. (2016). *Estudio de Cuencas*. Recuperado el 25 de Abril de 2022, de [https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estudio\\_de\\_cuencas\\_2.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estudio_de_cuencas_2.pdf)

Ministerio de Energía. (2017). *Energía 2050: Política energética de Chile*. Recuperado el 21 de Abril de 2022, de [https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia\\_2050\\_-\\_politica\\_energetica\\_de\\_chile.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf)

Ministerio de Energía. (2017). *Explorador Solar*. Obtenido de <https://solar.minenergia.cl/exploracion>

Ministerio de Energía. (22 de Agosto de 2017). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/comuna-energetica#:~:text=El%20programa%20Comuna%20Energ%C3%A9tica%20es,planificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica%20de%20las%20comunas>

Ministerio de Energía. (Diciembre de 2017). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://sst.minenergia.cl/?page\\_id=2214#:~:text=Los%20CST%20calientan%20agua%20usando,la%20ubicaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica%20del%20sistema.](https://sst.minenergia.cl/?page_id=2214#:~:text=Los%20CST%20calientan%20agua%20usando,la%20ubicaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica%20del%20sistema.)

Ministerio de energía. (2018). *Explorador Eólico*. Obtenido de <https://eolico.minenergia.cl/exploracion>

Ministerio de Energía. (2018). *Resumen ejecutivo de usos de la energía de los hogares de Chile*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/resumen\\_ejecutivo\\_caracterizacion\\_residencial\\_2018.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/resumen_ejecutivo_caracterizacion_residencial_2018.pdf)

Ministerio de Energía. (2019). *Mapa devulnerabilidad energética*. Recuperado el 2022, de [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documento\\_de\\_metodologia\\_y\\_resultados\\_0.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documento_de_metodologia_y_resultados_0.pdf)

Ministerio de Energía. (2020). *Adaptación al Cambio Climático en el Sector Energía*. Recuperado el 24 de Abril de 2022, de <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Instrumentos-de-largo-plazo-del-sector-9.pdf>

Ministerio de Energía. (12 de Mayo de 2020). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://energia.gob.cl/noticias/antofagasta/ponle-energia-tu-pyme-programa-del-ministerio-de-energia-que-busca-apoyar-al-sector-productivo>

Ministerio de Energía. (2020). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://energia.gob.cl/educacion/que-son-los-sistemas-solares-termicos>

Ministerio de Energía. (2020). *Programas Sociales*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://programassociales.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/2021/PRG2021\\_7\\_87326.pdf](https://programassociales.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/2021/PRG2021_7_87326.pdf)

Ministerio de Energía. (Diciembre de 2021). *Ministerio de Energía*. Recuperado el 21 de Abril de 2022, de <https://energia.gob.cl/educacion/que-son-las-energias-renovables#:~:text=Son%20aquellas%20que%20provienen%20de,de%20regenerarse%20en%20el%20tiempo.>

Ministerio de Energía. (2021). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estado\\_verde\\_en\\_el\\_ministerio\\_de\\_energia\\_2.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estado_verde_en_el_ministerio_de_energia_2.pdf)

Ministerio de Energía. (8 de Enero de 2021). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://energia.gob.cl/noticias/aysen-del-general-carlos-ibanez-del-campo/se-aprobo-la-primera-ley-de-eficiencia-energetica-en-chile>

Ministerio de Energía. (4 de Marzo de 2021). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/etiquetados-de-eficiencia-energetica-calificacion-energetica-de-viviendas-y-edificios#:~:text=La%20Calificaci%C3%B3n%20Energ%C3%A9tica%20de%20Edificios,de%20las%>

Ministerio de Energía. (25 de Mayo de 2021). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://energia.gob.cl/ley-y-plan-de-eficiencia-energetica>

Ministerio de Energía. (2021). *MONITOREO Y SEGUIMIENTO OFERTA PÚBLICA 2020: ACCESO Y MEJORAMIENTO DEL SUMINISTRO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://programassociales.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/2021/PRG2021\\_7\\_87326.pdf](https://programassociales.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/2021/PRG2021_7_87326.pdf)



- Ministerio de Energía. (2021). *MONITOREO Y SEGUIMIENTO OFERTA PÚBLICA 2020: PROGRAMA COMUNA ENERGÉTICA*. Recuperado el Mayo de 2022, de [http://www.dipres.gob.cl/597/articles-226491\\_doc\\_pdf.pdf](http://www.dipres.gob.cl/597/articles-226491_doc_pdf.pdf)
- Ministerio de Energía. (2021). *Proyectos e Instalaciones de generación eléctrica en Chile*. Recuperado el Abril de 2022, de [https://energia.gob.cl/sites/default/files/compendio\\_cartografico\\_diciembre\\_2021.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/compendio_cartografico_diciembre_2021.pdf)
- Ministerio de Energía. (2022). *Dipres*. Recuperado el Mayo de 2022, de [http://www.dipres.gob.cl/597/articles-244772\\_doc\\_pdf.pdf](http://www.dipres.gob.cl/597/articles-244772_doc_pdf.pdf)
- Ministerio de Energía. (Marzo de 2022). *Energía Abierta*. Recuperado el Mayo de 2022, de <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/factor-de-emision-sic-sing/>
- Ministerio de relaciones exteriores. (2022). *Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales de Chile*. Obtenido de <https://www.subrei.gob.cl/ejes-de-trabajo/home-comercio-inclusivo/pymes>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (Noviembre de 2018). *Construcción Sustentable*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2018/10/Folleto\\_SST\\_web.pdf](https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2018/10/Folleto_SST_web.pdf)
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022*. Recuperado el 20 de Abril de 2022, de [https://biblioteca.digital.gob.cl/bitstream/handle/123456789/1422/Plan\\_Nacional\\_Climatico\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://biblioteca.digital.gob.cl/bitstream/handle/123456789/1422/Plan_Nacional_Climatico_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *Ministerio del Medio Ambiente*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://pdao.mma.gob.cl/acondicionamiento-termico/>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2019). *Guía de Calefacción Sustentable*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://calefaccionsustentable.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/08/GuiaCalefaccionSustentable\\_RM.pdf](https://calefaccionsustentable.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/08/GuiaCalefaccionSustentable_RM.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). *Ministerio del Medio Ambiente*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://educacion.mma.gob.cl/gestion-local/sistema-de-certificacion-ambiental-municipal/>

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). *Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://ppda.mma.gob.cl/>

Ministerio del Medio Ambiente. (2022). *Recambio de calefactores*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://calefactores.mma.gob.cl/>

MJV. (22 de Ener de 2020). *MJV*. Recuperado el 07 de Mayo de 2022, de <https://www.mjvinnovation.com/es/blog/design-sprint-design-thinking-y-agile-cuales-son-las-diferencias/#:~:text=Design%20Sprint%20es%20una%20metodolog%C3%ADa,m%C3%A1s%20agilidad%20al%20entorno%20corporativo.>

Naciones Unidas. (s.f.). *Naciones Unidas: Acción por el Clima*. Recuperado el 22 de Abril de 2022, de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>

Newen Solar. (2021). *Newen Solar*. Recuperado el Junio de 2022, de <https://newensolar.cl/proyectos-solares-fotovoltaicos-conectados-a-la-red-con-respaldo/>

Noticias de la ciencia. (23 de Noviembre de 2020). *Noticias de la ciencia*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://noticiasdelaciencia.com/art/40301/hidricity-una-novedad-mas-dentro-del-sector-de-la-energia-solar>

Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile. (Febrero de 2020). *Icex*. Recuperado el 27 de Abril de 2022, de <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/noticias/ciudades-inteligentes-chile-new2020846220.html?idPais=CL#:~:text=El%20mercado%20de%20las%20ciudades,Barnachea%20y%20Vi%C>

- Oracle. (2022). *Oracle*. Obtenido de <https://www.oracle.com/cl/internet-of-things/what-is-iot/#:~:text=La%20Internet%20de%20las%20cosas,sistemas%20a%20trav%C3%A9s%20de%20Internet.>
- Palomo, M. (2017). *Aislantes térmicos: Criterios de selección por requisitos energéticos*. Recuperado el 2022, de [https://oa.upm.es/47071/1/TFG\\_Palomo\\_Cano\\_Marta.pdf](https://oa.upm.es/47071/1/TFG_Palomo_Cano_Marta.pdf)
- Pietro, N. D. (25 de Marzo de 2021). *GM 2*. Recuperado el 06 de Mayo de 2022, de <https://www.gm2.dev/design-thinking-process/>
- Plataforma Eolica Tecnologica. (2019). *Innovación en el Sector Eólico, periodo 2018-2019*. Recuperado el Mayo de 2022, de [https://reoltec.net/wp-content/uploads/2020/07/REOLTEC\\_-INNOVACION-EN-EL-SECTOR-E%C3%93LICO\\_2018\\_2019.pdf](https://reoltec.net/wp-content/uploads/2020/07/REOLTEC_-INNOVACION-EN-EL-SECTOR-E%C3%93LICO_2018_2019.pdf)
- POWER INVERTER LTDA. (2022). *Inversor de Voltaje*. Recuperado el 2022, de [http://www.inversoresdevoltaje.cl/index.php?route=product/product&product\\_id=179](http://www.inversoresdevoltaje.cl/index.php?route=product/product&product_id=179)
- Prado, J. A. (04 de Mayo de 2020). *Uxables*. Recuperado el 07 de Mayo de 2022, de <http://www.uxables.com/disenio-ux-ui/que-es-la-metodologia-design-sprint-y-sus-fases/>
- PROESUS. (2019). *Manual de métricas e indicadores*. Recuperado el 2022, de <http://inversiondeimpacto.net/wp-content/uploads/2019/06/Manual-de-M%C3%A9tricas-e-indicadores-PROESUS.pdf>
- Pumarega, N. (10 de Noviembre de 2019). *Medium*. Recuperado el 06 de Mayo de 2022, de <https://medium.com/@nataliapum/reto-design-thinking-para-la-mejora-de-la-seguridad-en-las-ciudades-parte-1-2-1d364460fd10>
- Red de Pobreza Energética. (2018). *Políticas públicas y pobreza energética en Chile: ¿Una relación fragmentada?* Santiago: Universidad de Chile. Recuperado el 30 de Marzo de 2022, de <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2018/10/Pol%C3%ADticas-p%C3%BAblicas-y-pobreza-energ%C3%A9tica-en-Chile-FINAL-con-ISBN-1.pdf>

- Red de Pobreza Energética. (2018). *Red de Pobreza Energética*. Recuperado el 27 de Abril de 2022, de <https://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/en/the-network/>
- Red de Pobreza Energética. (2019). *Acceso equitativo a energía de calidad en Chile: Hacia un indicador territorializado y tridimensional de pobreza energética*. Santiago: Universidad de Chile. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de [http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2021/10/ACCESO-EQUITATIVO-A-ENERG\\_C3\\_8DA-DE-CALIDAD-EN-CHILE.pdf](http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2021/10/ACCESO-EQUITATIVO-A-ENERG_C3_8DA-DE-CALIDAD-EN-CHILE.pdf)
- Red de Pobreza Energética. (2019). *El acceso desigual a energía de calidad como barrera para el desarrollo en Chile*. Santiago: Universidad de Chile. Recuperado el 17 de Abril de 2022, de <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2020/09/Policy-Paper-Pobreza-Energe%CC%81tica.-El-acceso-desigual-a-energi%CC%81a-de-calidad-como-barrera-para-el-desarrollo-en-Chile.pdf>
- Red de Pobreza Energética. (2022). *Una mirada multidimensional a la pobreza energética en Chile*. Santiago: Universidad de Chile. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2022/01/Reporte-N%C2%B01-Una-mirada-multidimensional-a-la-pobreza-energetica-en-Chile.pdf>
- Rhone Resch. (s.f.). *Naciones Unidas*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-promesa-de-la-energia-solar-estrategia-energetica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-el>
- Roca, J. A. (24 de Septiembre de 2019). *El periódico de la energía*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://elperiodicodelaenergia.com/cientificos-del-mit-acaban-con-el-mantra-de-la-vida-util-de-los-paneles-solares-los-modulos-con-una-duracion-de-10-anos-pueden-ser-economicamente-viables/>
- RunTech. (2022). *Ficha técnica panel RT120WM*. Recuperado el 2022, de <https://cdn.ensolar.com/z/pp/tfsc2wq45/RT120WM.pdf>
- Salgado, J. (2021). *Revista Nos*. Obtenido de <https://www.revistanos.cl/la-importancia-de-ventilar-nuestro->

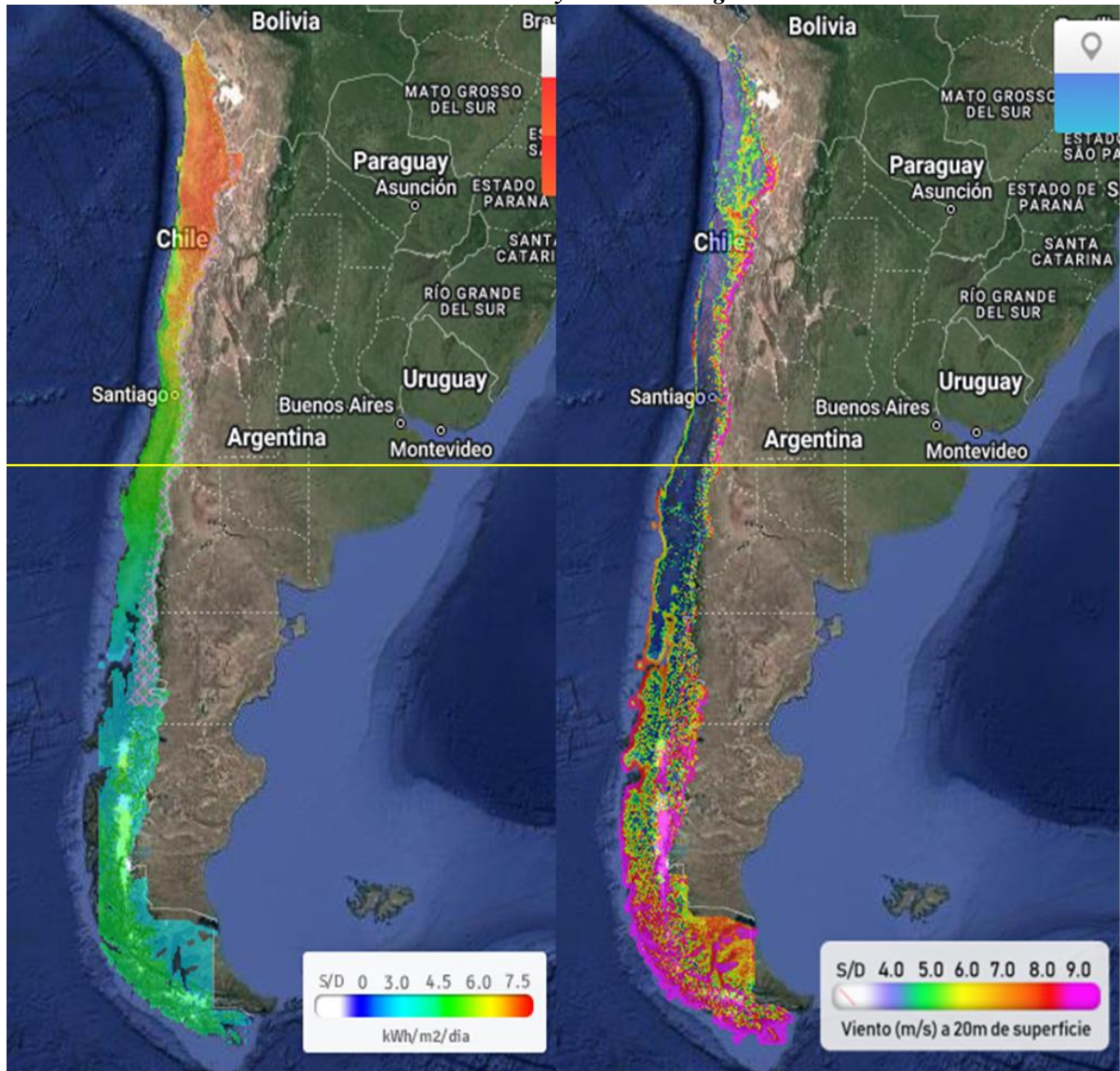


- (2021). *Solar Charge Controller User's Manual*. Recuperado el 2022, de <https://s3.amazonaws.com/bsalemarket/10729/3/AD0246-ManualdeUsuario-ControladorMPPT60A48V>
- Solar Roadways. (Mayo de 2021). *StartEngine*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.startengine.com/solar-roadways>
- SolarTex. (2018). *Ficha técnica inversor Omniksol-1k/1.5k-TL2-M*. Obtenido de <https://www.solartex.cl/tienda/wp-content/uploads/2019/07/Omniksol-1k-1.5k-TL2-M.pdf>
- Solé, J. (2021). *Ursa*. Obtenido de [https://www.ursa.es/faq/permeabilidad-al-vapor-de-los-materiales-aislantes/#:~:text=vapor%20\(%CE%BC\).-El%20factor%20de%20resistencia%20a%20la%20difusi%C3%B3n%20del%20vapor%20\(%CE%BC,se%20le%20denomina%20factor%20%CE%BC](https://www.ursa.es/faq/permeabilidad-al-vapor-de-los-materiales-aislantes/#:~:text=vapor%20(%CE%BC).-El%20factor%20de%20resistencia%20a%20la%20difusi%C3%B3n%20del%20vapor%20(%CE%BC,se%20le%20denomina%20factor%20%CE%BC).
- Thales Group. (2018). *Thales*. Recuperado el 27 de Abril de 2022, de <https://www.thalesgroup.com/es/countries/americas/latin-america/dis/iot/inspiracion/ciudades-intelegentes>
- Todo solar. (2018). *Ficha técnica PVT MODULE*. Obtenido de [https://www.todoensolar.com/WebRoot/StoreES/Shops/61987244/549D/50CF/4EEB/AAD4/73A9/C0A8/2BB8/7457/Caracteristicas\\_Panel\\_solar\\_hibrido.pdf](https://www.todoensolar.com/WebRoot/StoreES/Shops/61987244/549D/50CF/4EEB/AAD4/73A9/C0A8/2BB8/7457/Caracteristicas_Panel_solar_hibrido.pdf)
- Topak. (2019). *Alibaba*. Recuperado el 2022, de [https://www.alibaba.com/product-detail/Cheap-24-volt-lithium-ion-battery\\_1600375211799.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.3a112d70jCJ924](https://www.alibaba.com/product-detail/Cheap-24-volt-lithium-ion-battery_1600375211799.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.3a112d70jCJ924)
- twenergy. (13 de Abril de 2019). *twenergy*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://twenergy.com/eficiencia-energetica/almacenamiento-de-energia/hidroelectrica-reversible-el-equilibrio-entre-horas-pico-y-valle-2152/>
- Unidad de Ciudades Inteligente. (Septiembre de 2014). *Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://mtt.gob.cl/pyd/unidad-de-ciudades-inteligentes>

- Vázquez, K. (2016). *Red de Repositorios Latinoamericanos*. Recuperado el Mayo de 2022, de <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1133679>
- Vidal, R. (Marzo de 2003). *Terra*. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://www.terra.org/categorias/articulos/energia-y-emisiones-causadas-por-la-lena>
- Yáñez, Barbieri, Plaza, & Silva. (2014). *Climate change and fisheries in Chile*. En *Vulnerability of Agriculture, Water and Fisheries to Climate Change: Toward Sustainable Adaptation Strategies*. doi:[https://doi.org/10.1007/978-94-017-8962-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8962-2_16)

# ANEXOS

Anexo 1: Recurso solar y eólico a lo largo de Chile



Fuente: (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)



**Anexo 2: Cantidad de vivienda sin electricidad y sin agua caliente sanitaria por región**

<b>Región</b>	<b>Viviendas totales</b>	<b>Viviendas sin electricidad</b>	<b>Viviendas sin electricidad</b>	<b>Viviendas sin ACS</b>	<b>Viviendas sin ACS</b>
Arica y Parinacota	77.992	873	1,12%	29.146	37,37%
Tarapacá	116.988	384	0,33%	45.602	38,98%
Antofagasta	194.981	1.016	0,52%	22.306	11,44%
Atacama	123.488	1.687	1,37%	16.066	13,01%
Coquimbo	305.470	3.181	1,04%	47.195	15,45%
Valparaíso	786.422	735	0,09%	42.152	5,36%
Metropolitana	2.378.764	814	0,03%	152.955	6,43%
O'Higgins	357.465	147	0,04%	27.453	7,68%
Maule	409.459	920	0,22%	43.034	10,51%
Ñuble	194.981	394	0,20%	38.392	19,69%
Biobío	571.943	2.901	0,51%	72.580	12,69%
La Araucanía	383.462	3.225	0,84%	82.943	21,63%
Los Ríos	155.985	1.819	1,17%	36.220	23,22%
Los Lagos	331.467	4.383	1,32%	79.353	23,94%
Aysén	45.495	1.058	2,33%	3.239	7,12%
Magallanes	64.994	1.019	1,57%	429	0,66%

Fuente: Elaboración propia en base a (Red de Pobreza Energética, 2022) (Ministerio de Energía, 2019)

(Ministerio de Energía, 2021)

Anexo 3: Tabla de potencia de la turbina eólica IstaBreeze® i-700

Velocidad [m/s]	Potencia [kW]
2,80	0,000
4,00	0,030
5,00	0,060
6,00	0,110
7,00	0,165
8,00	0,240
9,00	0,325
10,00	0,400
11,00	0,485
12,00	0,560
13,00	0,640
13,80	0,700
14,00	0,710
14,45	0,760
14,85	0,775
15,00	0,760
15,25	0,640
15,50	0,400
15,75	0,200
16,00	0,000

Fuente: (Ista Breeze, 2018)

Anexo 4: Ubicación de la zona 1 a la zona 4 para el sistema eólico-solar



Fuente: (Google Maps, 2022)

Anexo 5: Ubicación de la zona 5 a la zona 8 para el sistema eólico-solar



Fuente: (Google Maps, 2022)

Anexo 6: Ubicación de la zona 9 a la zona 12 para el sistema eólico-solar



Fuente: (Google Maps, 2022)

**Anexo 7: Simulación de la zona de medición 1 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	19,60	0,63	19,94	0,64	4,49
Febrero	13,28	0,47	17,84	0,64	4,30
Marzo	12,96	0,42	17,79	0,57	3,86
Abril	6,50	0,22	13,38	0,45	2,89
Mayo	19,19	0,62	8,85	0,29	2,33
Junio	27,68	0,92	7,19	0,24	2,36
Julio	34,23	1,10	7,52	0,24	2,56
Agosto	39,02	1,26	9,81	0,32	3,16
Septiembre	19,79	0,66	13,58	0,45	3,38
Octubre	21,58	0,70	15,73	0,51	3,74
Noviembre	9,83	0,33	17,89	0,60	3,91
Diciembre	16,88	0,54	19,17	0,62	4,25

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 8: Simulación de la zona de medición 2 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	45,31	1,46	19,82	0,64	5,30
Febrero	30,26	1,08	17,48	0,62	4,83
Marzo	23,29	0,75	17,43	0,56	4,12
Abril	15,15	0,50	12,88	0,43	3,08
Mayo	28,47	0,92	9,17	0,30	2,69
Junio	52,50	1,75	7,28	0,24	3,21
Julio	49,30	1,59	7,51	0,24	3,04
Agosto	52,52	1,69	9,49	0,31	3,53
Septiembre	27,44	0,91	13,10	0,44	3,53
Octubre	30,95	1,00	15,27	0,49	3,95
Noviembre	20,45	0,68	17,34	0,58	4,15
Diciembre	31,23	1,01	18,97	0,61	4,68

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)



**Anexo 9: Simulación de la zona de medición 3 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	7,10	0,23	18,42	0,59	3,79
Febrero	7,17	0,26	15,80	0,56	3,64
Marzo	3,85	0,12	14,80	0,48	2,99
Abril	10,52	0,35	9,67	0,32	2,28
Mayo	70,63	2,28	6,91	0,22	3,62
Junio	58,46	1,95	5,20	0,17	2,99
Julio	100,44	3,24	5,29	0,17	4,26
Agosto	72,85	2,35	7,17	0,23	3,74
Septiembre	19,84	0,66	11,20	0,37	2,90
Octubre	30,26	0,98	13,03	0,42	3,50
Noviembre	9,80	0,33	14,78	0,49	3,28
Diciembre	10,16	0,33	16,98	0,55	3,61

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 10: Simulación de la zona de medición 4 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	20,35	0,66	17,22	0,56	3,99
Febrero	23,61	0,84	14,28	0,51	3,90
Marzo	14,81	0,48	12,88	0,42	2,97
Abril	17,04	0,57	8,42	0,28	2,25
Mayo	63,65	2,05	6,39	0,21	3,29
Junio	40,57	1,35	5,23	0,17	2,40
Julio	82,08	2,65	5,44	0,18	3,70
Agosto	59,31	1,91	7,19	0,23	3,30
Septiembre	26,53	0,88	10,33	0,34	2,95
Octubre	31,62	1,02	11,80	0,38	3,30
Noviembre	33,34	1,11	13,55	0,45	3,82
Diciembre	22,02	0,71	16,17	0,52	3,84

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 11: Simulación de la zona de medición 5 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	28,57	0,92	14,82	0,48	3,79
Febrero	35,12	1,25	11,76	0,42	3,77
Marzo	36,69	1,18	10,05	0,32	3,13
Abril	37,33	1,24	6,59	0,22	2,56
Mayo	106,86	3,45	5,65	0,18	4,54
Junio	124,13	4,14	4,64	0,15	5,07
Julio	175,92	5,67	5,03	0,16	6,65
Agosto	117,24	3,78	6,20	0,20	4,98
Septiembre	51,15	1,71	8,78	0,29	3,46
Octubre	66,51	2,15	10,16	0,33	4,11
Noviembre	84,28	2,81	11,77	0,39	5,16
Diciembre	53,66	1,73	13,98	0,45	4,44

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 12: Simulación de la zona de medición 6 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	22,61	0,73	13,19	0,43	3,28
Febrero	12,75	0,46	11,32	0,40	2,88
Marzo	39,01	1,26	9,36	0,30	3,07
Abril	28,68	0,96	5,28	0,18	2,01
Mayo	89,33	2,88	3,16	0,10	3,49
Junio	62,13	2,07	2,23	0,07	2,52
Julio	87,33	2,82	2,07	0,07	3,22
Agosto	58,95	1,90	3,19	0,10	2,52
Septiembre	17,61	0,59	5,47	0,18	1,68
Octubre	52,28	1,69	7,30	0,24	3,10
Noviembre	27,66	0,92	9,90	0,33	2,90
Diciembre	39,36	1,27	11,94	0,39	3,58

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 13: Simulación de la zona de medición 7 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	33,54	1,08	12,43	0,40	3,49
Febrero	26,93	0,96	10,98	0,39	3,31
Marzo	47,59	1,54	9,82	0,32	3,44
Abril	31,67	1,06	8,53	0,28	2,76
Mayo	66,72	2,15	8,85	0,29	3,87
Junio	78,71	2,62	7,99	0,27	4,22
Julio	49,39	1,59	8,82	0,28	3,30
Agosto	76,74	2,48	7,83	0,25	3,99
Septiembre	62,89	2,10	9,04	0,30	3,90
Octubre	80,79	2,61	10,09	0,33	4,56
Noviembre	20,77	0,69	10,61	0,35	2,81
Diciembre	36,94	1,19	12,69	0,41	3,65

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 14: Simulación de la zona de medición 8 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	43,71	1,41	13,31	0,43	3,99
Febrero	46,00	1,64	12,81	0,46	4,39
Marzo	137,78	4,44	11,90	0,38	6,75
Abril	83,12	2,77	10,05	0,34	4,78
Mayo	111,73	3,60	7,05	0,23	4,97
Junio	71,77	2,39	5,57	0,19	3,51
Julio	79,86	2,58	5,83	0,19	3,70
Agosto	145,98	4,71	8,47	0,27	6,35
Septiembre	134,26	4,48	10,62	0,35	6,60
Octubre	127,57	4,12	11,03	0,36	6,25
Noviembre	59,09	1,97	10,85	0,36	4,14
Diciembre	62,66	2,02	12,76	0,41	4,49

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 15: Simulación de la zona de medición 9 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	79,44	2,56	10,58	0,34	4,61
Febrero	91,16	3,26	9,53	0,34	5,30
Marzo	104,91	3,38	7,42	0,24	4,82
Abril	88,24	2,94	6,74	0,22	4,29
Mayo	106,17	3,42	2,37	0,08	3,88
Junio	139,75	4,66	0,28	0,01	4,71
Julio	138,01	4,45	0,41	0,01	4,53
Agosto	142,90	4,61	4,51	0,15	5,48
Septiembre	131,89	4,40	6,08	0,20	5,61
Octubre	107,43	3,47	8,09	0,26	5,03
Noviembre	93,63	3,12	8,64	0,29	4,85
Diciembre	63,81	2,06	11,52	0,37	4,29

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 16: Simulación de la zona de medición 10 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	154,78	4,99	10,55	0,34	7,03
Febrero	185,21	6,61	9,17	0,33	8,58
Marzo	196,60	6,34	8,46	0,27	7,98
Abril	172,34	5,74	8,77	0,29	7,50
Mayo	176,09	5,68	8,53	0,28	7,33
Junio	252,07	8,40	6,14	0,20	9,63
Julio	212,96	6,87	7,44	0,24	8,31
Agosto	201,12	6,49	7,19	0,23	7,88
Septiembre	183,92	6,13	7,75	0,26	7,68
Octubre	130,25	4,20	9,19	0,30	5,98
Noviembre	176,38	5,88	9,37	0,31	7,75
Diciembre	123,93	4,00	12,13	0,39	6,35

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)



**Anexo 17: Simulación de la zona de medición 11 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	169,09	5,45	10,75	0,35	7,54
Febrero	200,14	7,15	9,03	0,32	9,08
Marzo	221,15	7,13	8,54	0,28	8,79
Abril	147,24	4,91	8,71	0,29	6,65
Mayo	114,44	3,69	7,14	0,23	5,07
Junio	182,92	6,10	5,22	0,17	7,14
Julio	160,45	5,18	5,75	0,19	6,29
Agosto	170,79	5,51	6,43	0,21	6,75
Septiembre	166,26	5,54	7,66	0,26	7,07
Octubre	139,45	4,50	8,34	0,27	6,11
Noviembre	216,59	7,22	9,31	0,31	9,08
Diciembre	141,51	4,56	12,57	0,41	7,00

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 18: Simulación de la zona de medición 12 del sistema eólico-solar**

Mes	Aerogenerador IstaBreeze® i-700		Panel solar RT120WM		Sistema (6 paneles+1 aerogenerador)
	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW]	Potencia [kW/día]	Potencia [kW/día]
Enero	119,89	3,87	11,46	0,37	6,09
Febrero	151,91	5,43	10,34	0,37	7,64
Marzo	136,53	4,40	9,34	0,30	6,21
Abril	118,69	3,96	8,55	0,29	5,67
Mayo	118,14	3,81	7,33	0,24	5,23
Junio	145,35	4,85	5,27	0,18	5,90
Julio	126,94	4,09	5,67	0,18	5,19
Agosto	183,91	5,93	7,61	0,25	7,41
Septiembre	180,82	6,03	7,95	0,27	7,62
Octubre	139,19	4,49	9,27	0,30	6,28
Noviembre	145,79	4,86	9,61	0,32	6,78
Diciembre	94,89	3,06	11,99	0,39	5,38

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018) (Ministerio de Energía, 2017)

**Anexo 19: Resultados de la simulación realizada del sistema eólico-solar**

Mes	Potencia generada por el sistema en cada zona de medición [kW/día]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Enero	4,49	5,30	3,79	3,99	3,79	3,28	3,49	3,99	4,61	7,03	7,54	6,09
Febrero	4,30	4,83	3,64	3,90	3,77	2,88	3,31	4,39	5,30	8,58	9,08	7,64
Marzo	3,86	4,12	2,99	2,97	3,13	3,07	3,44	6,75	4,82	7,98	8,79	6,21
Abril	2,89	3,08	2,28	2,25	2,56	2,01	2,76	4,78	4,29	7,50	6,65	5,67
Mayo	2,33	2,69	3,62	3,29	4,54	3,49	3,87	4,97	3,88	7,33	5,07	5,23
Junio	2,36	3,21	2,99	2,40	5,07	2,52	4,22	3,51	4,71	9,63	7,14	5,90
Julio	2,56	3,04	4,26	3,70	6,65	3,22	3,30	3,70	4,53	8,31	6,29	5,19
Agosto	3,16	3,53	3,74	3,30	4,98	2,52	3,99	6,35	5,48	7,88	6,75	7,41
Septiembre	3,38	3,53	2,90	2,95	3,46	1,68	3,90	6,60	5,61	7,68	7,07	7,62
Octubre	3,74	3,95	3,50	3,30	4,11	3,10	4,56	6,25	5,03	5,98	6,11	6,28
Noviembre	3,91	4,15	3,28	3,82	5,16	2,90	2,81	4,14	4,85	7,75	9,08	6,78
Diciembre	4,25	4,68	3,61	3,84	4,44	3,58	3,65	4,49	4,29	6,35	7,00	5,38
Promedio	3,44	3,84	3,38	3,31	4,31	2,85	3,61	4,99	4,78	7,67	7,21	6,28

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la simulación (Ministerio de energía, 2018)  
(Ministerio de Energía, 2017)

