

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