

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. SOLUCIÓN PROPUESTA.....	4
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. RESULTADOS ESPERADOS.....	5
1.6. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	5
1.7. ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO.....	9
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. GENERALIDADES ACERCA DE LA ENERGÍA SOLAR.....	12
2.1.1. Energía solar.....	12

2.1.2.	Constante solar	12
2.1.3.	Espectro del sol.....	13
2.1.4.	Movimiento planetario	14
2.1.5.	Geometría solar.....	15
2.1.6.	Tiempo solar y tiempo civil.....	17
2.2.	COLECTORES SOLARES.....	18
2.2.1.	Colectores de baja temperatura.....	18
2.2.2.	Colectores de media temperatura	20
2.2.3.	Colectores de alta temperatura	21
2.2.4.	Elementos de óptica.....	23
2.3.	MEDIOS DE TRANSPORTE DE CALOR.....	26
2.3.1.	Agua	26
2.3.2.	Aceite mineral.....	26
2.3.3.	Sales fundidas	27
2.3.4.	Metales y aleaciones líquidas	28
2.4.	MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	29
2.4.1.	Conducción de calor	29
2.4.2.	Radiación	30
2.4.3.	Convección.....	31
2.4.4.	Coeficiente global de transferencia de calor.....	32
CAPITULO 3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA		33
3.1.	REQUERIMIENTOS TÉRMICOS DEL HORNO.....	34

3.1.1.	Determinación de la potencia consumida térmica requerida.....	34
3.1.2.	Disponibilidad de energía solar en la provincia de Curicó.....	34
3.1.3.	Requerimiento de energía para la operación horno	38
3.1.4.	Cálculo preliminar del área del colector solar	38
3.2.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE CONFIGURACIONES DE DISEÑO	40
3.2.1.	Funciones del sistema.....	40
3.2.2.	Alternativas de diseño	41
3.2.3.	Requerimientos del sistema	43
3.2.4.	Selección de la configuración de diseño	43
3.3.	DISEÑO TÉRMICO DEL HORNO	46
3.3.1.	Esquema preliminar del horno.....	46
3.3.2.	Elementos de transferencia de calor aplicados al horno.....	46
3.3.3.	Selección material paredes del horno	47
3.3.4.	Resultados de parámetros para estructura del horno	49
3.3.5.	Sistema de intercambio de calor.....	52
3.3.6.	Área del colector solar.....	54
3.3.7.	Pérdidas de calor a través de tuberías.....	54
3.4.	DISEÑO MECÁNICO DEL HORNO	56
3.4.1.	Dimensionamiento del colector solar	56
3.4.2.	Elementos de unión del sistema.....	59
3.4.3.	Dibujos 3D.....	59
CAPITULO 4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	65

4.1.	ANÁLISIS DE COSTOS DEL ANTEPROYECTO.....	66
4.2.	ANÁLISIS DE COSTOS PROYECTO ALTERNATIVO	69
4.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	71
	CONCLUSIONES.....	72
	BIBLIOGRAFÍA.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Espectro solar en el tope de la atmósfera y a nivel del mar. Fuente: Nasa, 2010	13
Fig. 2 Órbita de la Tierra alrededor del Sol a lo largo del año. Fuente: García, 2017	14
Fig. 3 Geometría solar. Fuente: Rodríguez, 2013	16
Fig. 4 Clasificación de los colectores solares térmicos en función de su temperatura de trabajo. Fuente: Zabalza, 2009.....	18
Fig. 5 Partes de un colector de placa plana. Fuente: Sopelia, 2020.....	19
Fig. 6 Colector de tubos de vacío. Fuente: Sílter, 2020	20
Fig. 7 Colector cilíndrico parabólico. Fuente: Brakmann et al, 2020	21
Fig. 8 Helióstatos. Fuente: Brakmann et al, 2020	22
Fig. 9 Concentrador disco parabólico. Fuente: Brakmann et al, 2020	23
Fig. 10 Comportamiento de los rayos luminosos en la superficie de un cuerpo gris. Fuente: Salinas, 2014.....	24
Fig. 11 Representación del comportamiento de los rayos luminosos al reflejarse en una superficie de reflexión directa. Fuente: Salinas, 2014.....	25
Fig. 12 Datos geofísicos de la provincia de Curicó en la plataforma digital. Fuente: Ministerio de energía, 2021.....	35
Fig. 13 Esquema con las principales funciones del sistema a diseñar. Fuente: Elaboración propia	40
Fig. 14 Alternativas de mecanismos físicos para la solución a la problemática. Fuente: Elaboración propia.....	42
Fig. 15 Dimensiones exteriores del horno Fuente: Elaboración propia	46
Fig. 16 Representación paredes del horno. Fuente: Elaboración propia	47
Fig. 17 Disposición de tuberías y longitudes. Fuente: Elaboración propia	55
Fig. 18 Parámetros del receptor solar. Fuente: Elaboración propia.....	56

Fig. 19 Estructura del colector del horno. Fuente: Elaboración propia.....	57
Fig. 20 Fuerzas involucradas en el colector solar. Fuente: Elaboración propia	58
Fig. 21 Representación 3D del horno. Fuente: Elaboración propia	59
Fig. 22 Representación 3D de la puerta del horno. Fuente: Elaboración propia.....	60
Fig. 23 Despiece de la puerta del horno. Fuente: Elaboración propia.....	60
Fig. 24 Representación 3D estructura del horno. Fuente: Elaboración propia.....	61
Fig. 25 Despiece de la estructura del horno. Fuente: Elaboración propia	62
Fig. 26 Primera vista isométrica.. Fuente: Elaboración propia	63
Fig. 27 Segunda vista isométrica. Fuente: Elaboración propia	63
Fig. 28 Vista superior red de tuberías. Fuente: Elaboración propia	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Radiación global horizontal. Fuente: Ministerio de energía, 2021	35
Gráfico 2 Variación anual de la radiación. Fuente: Ministerio de energía, 2021	36
Gráfico 3 Ciclo diario de la radiación. Fuente: Ministerio de energía, 2021	37
Gráfico 4 Ciclo diario de frecuencia de sombras. Fuente: Ministerio de energía, 2021	37
Gráfico 5 Conductividad térmica de metales a diferentes temperaturas. Fuente: Elaboración propia.....	48
Gráfico 6 Pérdidas de calor en función de diferentes espesores. Fuente: Elaboración propia .	50
Gráfico 7 Comportamiento de las pérdidas de calor respecto de los espesores de los materiales que conforman su pared. Fuente: Elaboración propia	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Preparaciones de alimentos y respectivos tiempos de cocción. Fuente: Elaboración propia.....	38
Tabla 2 Requerimientos térmicos del horno. Fuente: Elaboración propia	39
Tabla 3 Requerimientos del sistema. Fuente: Elaboración propia	43
Tabla 4 Preselección de configuraciones de diseño. Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 5 Matriz multicriterio para selección del fluido térmico. Fuente: Elaboración propia ...	45
Tabla 6 Pérdidas de calor a través de las paredes del horno con distintos espesores. Fuente: Elaboración propia.....	49
Tabla 7 Pérdidas de calor a través de las paredes del horno con distintos espesores de aislante térmico. Fuente: Elaboración propia	51
Tabla 8 Pérdidas de calor a través de las paredes del horno expresadas en porcentajes. Fuente: Elaboración propia.....	52
Tabla 9 Matriz multicriterio para selección de mecanismo de intercambio de calor al interior del horno. Fuente: Elaboración propia	53
Tabla 10 Valores de parámetros del colector solar. Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 11 Piezas puerta del horno.....	61
Tabla 12 Inversión del anteproyecto. Fuente: Elaboración propia a partir de catálogos web ...	66
Tabla 13 Costos de mano de obra. Fuente: Elaboración propia	67
Tabla 14 Flujo de caja del anteproyecto. Fuente: Elaboración propia	68
Tabla 15 Indicadores financieros del anteproyecto. Fuente: Elaboración propia.....	68
Tabla 16 Inversión del proyecto alternativo. Fuente: Elaboración propia a partir de catálogos web	69
Tabla 17 Flujo de caja del proyecto alternativo. Fuente: Elaboración propia	70
Tabla 18 Indicadores financieros del anteproyecto. Fuente: Elaboración propia.....	70