

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación y contexto	1
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivo específicos	4
1.3. Alcances del trabajo	4
2. Antecedentes generales	6
2.1. Uso de suelo agrícola	6
2.1.1. Superficie sembrada	7
2.1.2. Suelo industrial y urbanización	8
2.1.3. Demanda a futuro	9
2.2. Energía solar en Chile	9
2.2.1. Tecnología fotovoltaica	11
2.2.1.1. Principio de funcionamiento	11
2.2.1.2. Tipo de celdas solares	12
2.2.1.3. Características del recurso solar	13
2.2.1.4. Curva característica de tensión-corriente	14
2.2.1.5. Arreglo fotovoltaico	15
2.2.1.6. Efecto sombra	16
2.2.2. Demanda a futuro	16
2.3. Sistemas Agrivoltaicos	18
2.4. Normativa	21
2.4.1. Agrivoltaico	21
2.4.2. Generación residencial	21
3. Metodología	23
3.1. Objetivo N°1	24
3.2. Objetivo N°2	24
3.3. Objetivo N°3	25
3.4. Objetivo N°4	26
3.5. Herramientas computacionales	29
3.5.1. Revit	29
3.5.2. Explorador Solar	30
3.5.3. Validación de los datos	30
4. Análisis de los Sistemas Agrivoltaicos	32
4.1. Componente fotovoltaica	32

4.1.1.	Requerimiento de los paneles solares	32
4.1.1.1.	Altura de los paneles solares	32
4.1.1.2.	Orientación e inclinación de los paneles solares	34
4.1.1.3.	Posicionamiento y tipos de paneles a utilizar	36
4.1.2.	Tecnología utilizada en plantas APV	38
4.2.	Componente agrícola	39
4.3.	Rendimiento de un sistema APV	41
4.3.1.	Rendimiento de la biomasa (BMY)	41
4.3.2.	Relación Equivalente de Suelo (LER)	42
4.3.3.	Relación de Cobertura del Suelo (GCR)	43
4.4.	Sinergia entre los dos sistemas	43
5.	Análisis del emplazamiento	50
5.1.	Zona de emplazamiento	50
5.2.	Estudio del recurso solar	52
5.3.	Presencia de viento y precipitación	58
6.	Análisis del cultivo	61
6.1.	Elección del cultivo	61
6.2.	Cultivo de cerezos	61
6.2.1.	Requerimientos del cultivo	62
6.2.2.	Disposición del cultivo	64
6.2.3.	Posibles efectos y sinergias por sombreado	65
7.	Diseño del sistema fotovoltaico	68
7.1.	Criterios de diseño	68
7.2.	Tipo de panel solar	69
7.3.	Orientación de los paneles solares	71
7.4.	Altura de la estructura de soporte	73
7.5.	Inclinación de los paneles solares	74
7.5.1.	Parámetros y ángulos solares	75
7.5.2.	Seguimiento solar	86
7.6.	Distribución y distancia entre paneles	87
7.7.	Simulación	89
7.8.	Resultados	91
7.8.1.	Radiación disponible en superficie	91
7.8.2.	Generación eléctrica	99
7.9.	Configuración fotovoltaica definitiva	101
7.9.1.	Equipos	106
8.	Análisis económico preliminar	108
8.1.	Estimación de costos	109
8.1.1.	Determinación de costos de inversión CapEx	110
8.1.2.	Determinación de costos fijos OpEx	111
8.1.3.	Determinación de costos variables OpEx	112
8.2.	Estimación de ingresos	113
8.3.	Depreciación de equipos	115
8.4.	Desarrollo del flujo de caja	115

8.4.1.	Escenarios climáticos	116
8.4.2.	Efecto en la producción agrícola	121
8.4.3.	Efecto en la generación energética	123
8.4.4.	Análisis de sensibilidad	124
8.4.4.1.	Variación de los costos de inversión y producción	125
8.4.4.2.	Variación de los precios de venta de electricidad	125
8.4.4.3.	Simulación económica	125
8.5.	Resultados	127
8.5.1.	Discusión de resultados	128
9.	Conclusiones y trabajo a futuro	131
9.1.	Conclusiones	131
9.2.	Trabajo a futuro	134
	Bibliografía	135
	Anexo A. Simulación en Revit	143
	Anexo B. Radiación solar incidente en superficie de las distintas configuraciones	155
	Anexo C. Distribución diaria de la radiación solar incidente en superficie para D CT	159
	Anexo D. Escenarios de cambio climático	171
	Anexo E. Cálculo de PAR y rendimiento de cultivo de cerezo	175