

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Hipótesis	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Alcance de la tesis	3
1.5. Estructura de la tesis	4
2. Antecedentes	5
2.1. Un problema de diseño	5
2.2. Factores relevantes en la producción de desecho fotovoltaico	7
2.2.1. Antecedentes básicos de paneles fotovoltaicos	7
2.2.1.1. Aspectos constructivos	7
2.2.1.2. Potencia de un módulo	9
2.2.1.3. Medidas y peso de un módulo	10
2.2.2. Fallas en paneles fotovoltaicos	10
2.2.3. Renovación	12
2.3. Estudios de proyecciones de desechos fotovoltaicos	15
2.3.1. El modelo de la vida útil: caso In-Data	15
2.3.2. El modelo de IRENA	16
2.3.3. La teoría del recambio acelerado	18
2.3.4. Análisis comparativo	19
2.3.4.1. Primer Modelo: la vida útil	19
2.3.4.2. Segundo modelo: IRENA	20
2.3.4.3. Tercer Modelo: recambio acelerado	21
2.4. Métodos de tratamiento de residuos fotovoltaicos	22
2.4.1. Generalidades	22
2.4.2. <i>Landfill</i> : el camino del vertedero	24
2.4.3. Reutilización	24
2.4.4. Remanufactura de paneles: extracción de componentes	26
2.4.5. Reciclaje	27
2.5. El caso chileno	30
2.5.1. La industria solar en Chile	30
2.5.2. Las proyecciones de crecimiento	33
2.6. El rol de las políticas públicas	34
2.6.1. Enfoques según responsabilidad financiera	35

2.6.2.	Implementación práctica	36
3.	Propuesta Metodológica	37
3.1.	Marco general	37
3.2.	Caracterización de Plantas	38
3.2.1.	Información de entrada	39
3.2.2.	Formación de base de datos plantas fotovoltaicas	40
3.3.	Proyecciones técnicas	40
3.3.1.	Eficiencia paneles solares	41
3.3.2.	Tasa de degradación paneles solares	42
3.3.3.	Precio del módulo solar	43
3.3.4.	Precio nueva potencia instalada	44
3.3.5.	Valorización OPEX	45
3.3.6.	Precio instalación paneles	46
3.3.7.	Precio de adaptación	47
3.3.8.	Precio desmantelamiento	48
3.3.9.	Peso paneles solares	48
3.4.	Generación de residuos PV: fallas catastróficas	49
3.5.	Generación de residuos PV: modelo base	50
3.6.	Generación de residuos PV: modelo optimización LCOE	51
3.6.1.	Generalidades	51
3.6.2.	Algoritmo del modelo	52
3.6.3.	LCOE base	54
3.6.4.	LCOE ajustado	55
3.6.5.	Formato de los resultados	56
3.7.	Implementación y validación	57
3.7.1.	Implementación	57
3.7.2.	Validación	57
3.7.2.1.	Bases de datos	57
3.7.2.2.	Generación de residuos PV: modelo de referencia	58
3.7.2.3.	Generación de residuos PV: modelo optimización LCOE	60
4.	Aplicación al caso chileno	67
4.1.	Aspectos generales	67
4.2.	Caracterización de plantas	68
4.2.1.	Plantas actuales	68
4.2.2.	Plantas proyectadas	70
4.3.	Proyecciones técnicas	73
4.3.1.	Eficiencia paneles solares	73
4.3.2.	Tasa de degradación paneles solares	74
4.3.3.	Precio del módulo solar	75
4.3.4.	Precio nueva potencia instalada	76
4.3.5.	Valorización OPEX	77
4.3.6.	Precio instalación paneles	78
4.3.7.	Precio de adaptación	79
4.3.8.	Precio desmantelamiento	80
4.3.9.	Peso paneles solares	81

4.4.	Generación de residuos PV: modelo de referencia	82
4.4.1.	Plantas actuales	83
4.4.1.1.	Caso base: $H=30$	83
4.4.1.2.	Sensibilización H	84
4.4.2.	Escenario PELP representativo: Transición Acelerada	86
4.4.2.1.	Caso base: $H=30$	87
4.4.2.2.	Sensibilización H	88
4.4.3.	Caracterización de los desechos	90
4.4.3.1.	Peso de los desechos	91
4.4.3.2.	Potencia útil	92
4.5.	Generación de residuos PV: modelo optimización LCOE	94
4.5.1.	Plantas Actuales	95
4.5.1.1.	Caso base: $H=30$ $r=7\%$	95
4.5.1.2.	Sensibilización H	98
4.5.1.3.	Sensibilización r	100
4.5.2.	Escenario PELP representativo: Transición Acelerada	103
4.5.2.1.	Caso base: $H=30$ $r=7\%$	103
4.5.2.2.	Sensibilización H	106
4.5.2.3.	Sensibilización r	108
4.5.3.	Caracterización de residuos	110
4.5.3.1.	Peso de los desechos	111
4.5.3.2.	Potencia Útil	113
4.5.4.	Comparación con modelo base	115
4.6.	Opciones de uso para revalorización en Chile	117
4.6.1.	Las consecuencias de la inacción	118
4.6.2.	Oportunidades de revalorización	119
4.6.2.1.	Reciclaje	119
4.6.2.2.	Remanufactura	119
4.6.2.3.	Certificación y reutilización	120
5.	Conclusiones y trabajo futuro	123
	Bibliografía	125
	Anexos	132
	Anexo A. El problema de la basura	132
A.1.	El origen de la basura	132
A.2.	Las consecuencias de la acumulación	133
A.3.	Economía circular	135
	Anexo B. Técnicas de proyección	138
B.1.	Métodos basados en datos anteriores	138
B.1.1.	Ajustes de curvas	138
B.1.2.	Machine learning	139
B.2.	Métodos probabilísticos: Monte Carlo	139
B.3.	Métodos fenomenológicos	140

