

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA DEPARTAMENTO DE
INDUSTRIAS**

**Economía Circular: Modelo de Negocios para una Planta
de Reciclaje de Paneles Solares Fotovoltaicos para la
Región de Antofagasta**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

MILENA CONSTANZA PINOCHET ROBLES

PROFESOR GUÍA

GONZALO DAVID AMÉSTICA HERNÁNDEZ

SANTIAGO DE CHILE, 10 DE MARZO 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Economía Circular: Modelo de Negocios para una Planta de Reciclaje de Paneles solares Fotovoltaicos para la Región de Antofagasta.

Nombre del candidato(a): Milena Constanza Pinochet Robles.

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Industrial.

Campus: Campus Santiago Vitacura.

Departamento: Industrias.

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Gonzalo Améstica Hernández, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 30/03/2026 Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 30/03/2026 Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



Agradecimientos

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres María y Christian. No existen palabras que logren reflejar plenamente lo que siento en lo más profundo de mi corazón ni que compensen la abnegada y constante dedicación que han demostrado a lo largo de este extenso periodo de mi vida. Este logro es también de ustedes y lo entrego con el más inmenso amor y gratitud, gracias por cada abrazo, cada consejo y por el amor incondicional que me han brindado siempre.

De igual manera, agradezco sinceramente a mis hermanos Alexander, Alejandro y Sebastián, por su compañía permanente y por las alegrías compartidas en los momentos precisos, ustedes han sido un apoyo increíble durante este camino.

Asimismo, quiero agradecer a mi familia materna, Los Robles, más bien conocidos como “La Pandilla”, quienes me han acompañado desde mi etapa escolar y continúan estando presentes en este importante cierre de mi etapa universitaria.

Quiero expresar mi especial agradecimiento a mis amigas Fer, Fa, Dani, Ana y Fran que las conozco desde los inicios de la universidad y me han apoyado a lo largo de los años de manera constante, brindándome contención, compañía y motivación en cada momento.

Finalmente, doy gracias a todas aquellas lindas personas con las cuales he tenido el placer de conocer y compartir en la universidad, cada apoyo, risa y aprendizaje compartido contribuyó a hacer esta experiencia inolvidable.



Resumen Ejecutivo

A nivel mundial se ha experimentado un crecimiento sostenido de la energía solar fotovoltaica, especialmente en Chile ha contribuido de manera a la transición hacia un país energéticamente más limpio. Antofagasta es una de las regiones que se concentra una alta capacidad instalada de este tipo de energía debido a la condición de irradiancia solar en la zona. No obstante, este desarrollo a generado uno de los desafíos emergentes asociado a la gestión de los módulos fotovoltaicos al final de su vida útil, siendo estos uno de los aparatos más complejos en términos ambientales y sanitarios.

En este contexto, el presente documento tiene como finalidad evaluar la prefactibilidad técnica y económica de implementar una planta de reciclaje de paneles solares fotovoltaicos en la Región de Antofagasta, bajo un modelo de negocios basado en la economía circular cumpliendo con el marco normativo correspondiente a la Ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor). El estudio considera la creciente generación de residuos fotovoltaicos proyectada para los próximos años, así como la capacidad limitada con respecto a la valorización de estos.

La metodología del estudio integra el análisis del entorno macro y microentorno mediante los modelos PESTEL y las Cinco Fuerzas de Porter, la formulación del modelo de negocios CANVAS y finalmente la evaluación técnica y económica del proyecto mediante un flujo de cajas proyectado, utilizando distintos indicadores financieros como el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno y el Período de Recuperación de la Inversión, resultando técnica y económicamente viable el proyecto para la Región de Antofagasta.



Abstract

Globally, sustained growth in solar photovoltaic energy has been observed, and in Chile this development has significantly contributed to the transition toward a cleaner energy system. The Antofagasta Region is one of the areas with the highest installed capacity of this type of energy, due to the high solar irradiance conditions present in the zone. However, this development has generated an emerging challenge related to the management of photovoltaic modules at the end of their useful life, as these represent one of the most complex types of waste in environmental and sanitary terms.

In this context, the purpose of this study is to evaluate the technical and economic prefeasibility of implementing a photovoltaic solar panel recycling plant in the Antofagasta Region, under a business model based on the principles of the circular economy. The study considers the increasing generation of photovoltaic waste projected for the coming years, as well as the currently limited capacity for its valorization.

The study methodology integrates the analysis of the macro and microenvironment through the PESTEL model and Porter's Five Forces, the formulation of the CANVAS business model, and the technical and economic evaluation of the project through projected cash flows, using financial indicators such as Net Present Value, Internal Rate of Return, and Payback Period. The results indicate that the project is technically and economically feasible for implementation in the Antofagasta Region.



INDICE GENERAL

Agradecimientos.....	2
Resumen Ejecutivo.....	3
Abstract.....	4
1 Introducción.....	19
2 Problema de investigación.....	20
3 Objetivos.....	22
3.1 Objetivo General.....	22
3.2 Objetivos Específicos.....	22
4 Marco Teórico.....	23
4.1 Economía Circular.....	23
4.1.1 ¿Cómo se compara con el Modelo de Negocios tradicional?.....	25
4.1.2 Como se aborda a nivel mundial y en Chile.....	25
4.2 Paneles Solares Fotovoltaicos.....	27
4.2.1 Tipos de Paneles Solares Fotovoltaicos.....	28
4.2.2 Componentes de un Panel Solar Fotovoltaico.....	30
4.2.3 Vida Útil y Fallas de los Paneles Solares Fotovoltaicos.....	33
4.2.4 Peligrosidad de los módulos fotovoltaicos.....	34
4.2.5 Capacidad Instalada de Energía Fotovoltaica en el Mundo.....	35
4.2.6 Capacidad instalada de Energía Fotovoltaica en Chile.....	36



4.2.7	Capacidad Instalada de Energía Fotovoltaica en la Región de Antofagasta	39
4.2.8	Proyección de residuos de Paneles Solares Fotovoltaicos.....	41
4.3	Reacondicionamiento de los paneles solares fotovoltaicos.....	44
4.3.1	Proceso de Reacondicionamiento.....	45
4.4	Reciclaje de Paneles Solares Fotovoltaicos.....	47
4.4.1	Proceso de Reciclaje.....	47
4.4.2	Situación en Chile con respecto al Reciclaje y Reacondicionamiento de los Paneles Solares Fotovoltaicos	50
5	Marco Regulatorio y Normativo en Chile	52
6	Alcance	54
7	Metodología.....	55
8	Desarrollo	57
8.1	Análisis del Macroentorno: Modelo PESTEL.....	57
8.1.1	Factores Políticos.....	58
8.1.2	Factores Económicos.....	59
8.1.3	Factores Socioculturales.....	60
8.1.4	Factores Tecnológicos	61
8.1.5	Factores Ecológicos.....	62
8.1.6	Factores Legales	62
8.2	Análisis del Microentorno: 5 Fuerzas de Porter	64



8.2.1	Amenaza de Entrada Nuevos Competidores	64
8.2.2	El Poder de los Proveedores	65
8.2.3	El Poder de los Compradores	66
8.2.4	La Amenaza de los Sustitutos.....	67
8.2.5	Rivalidad Entre los Competidores Existentes	68
8.3	Modelo de Negocios CANVAS	70
8.3.1	Segmentos de Clientes.....	70
8.3.2	Socios Claves.....	71
8.3.3	Propuesta de Valor	72
8.3.4	Canales	73
8.3.5	Relación con los Clientes	74
8.3.6	Actividades Claves	74
8.3.7	Recursos Claves.....	75
8.3.8	Estructura de Costos	76
8.3.9	Fuentes de Ingresos	76
8.4	Estudio Económico.....	77
8.4.1	Estimación de la demanda	77
8.4.2	Inversión.....	78
8.4.3	Depreciación.....	85
8.4.4	Costos Fijos	86



8.4.5	Costos Variables.....	91
8.4.6	Ingresos por ventas.....	94
8.4.7	Capital de Trabajo.....	102
8.4.8	Tasa de descuento.....	104
8.4.9	Resultado Flujo de caja.....	105
8.5	Recomendaciones.....	112
8.6	Conclusiones.....	114
9	Anexos.....	116
9.1	Anexo N°1: Plantas y Centrales Fotovoltaicas ubicadas en la Región de Antofagasta.....	116
9.2	Anexo N°2: Nombre y precio de las empresas que compran aluminio, cobre y vidrio reciclado en Chile.	118
9.3	Anexo N°3: Precio del aluminio y el cobre por kilogramo en los últimos 5 años. 119	
9.4	Anexo N°4: Link de Acceso a los Resultados de las Iteraciones para el VAN esperado ordenados de manera ascendente.	120
9.5	Anexo N°5: Resultados de los datos estadísticos de las iteraciones.	120
9.6	Anexo N°6: Links de Referencia de los equipos, infraestructura y herramientas cotizadas.....	120
9.7	Anexo N°7: Evolución de la capacidad instalada desde marzo del 2015.....	121
9.8	Anexo N°8: Capacidad en [MW] neto de nuevas centrales en operación según	



tecnología al 30 de octubre de 2025.	121
9.9 Anexo N°9: Capacidad en [MW] neto de centrales en pruebas según tecnología al 30 de octubre de 2025.....	122
9.10 Anexo N°10: Capacidad en [MW] neto de centrales en construcción según tecnología al 30 de octubre de 2025.	123
9.11 Anexo N°11: Precio promedio del combustible líquido petróleo diésel en el periodo de los años 2020-2025.	124
9.12 Anexo N°12: Precios estimados de variación del petróleo diésel desde octubre a diciembre del año 2025 establecido por la ENAP.....	124
9.13 Anexo N°13: Flujo de Caja detallado Valores del Valor Actual Neto Negativo	125
9.13.1 Flujos de Caja cuando la máquina opera 50 paneles por hora.....	125
9.13.2 Flujos de Caja cuando la máquina opera 51 paneles por hora.....	127
9.14 Anexo N°14: Flujo de Caja detallado Valores del Valor Actual Neto Negativo	129
9.14.1 Flujos de Caja cuando la máquina opera 50 paneles por hora.....	129
9.14.2 Flujos de Caja cuando la máquina opera 51 paneles por hora.....	131
9.14.3 Flujos de Caja cuando la máquina opera 52 paneles por hora.....	133
9.14.4 Flujos de Caja cuando la máquina opera 53 paneles por hora.....	135
9.14.5 Flujos de Caja cuando la máquina opera 54 paneles por hora.....	137
9.14.6 Flujos de Caja cuando la máquina opera 55 paneles por hora.....	139
9.14.7 Flujos de Caja cuando la máquina opera 56 paneles por hora.....	141
9.14.8 Flujos de Caja cuando la máquina opera 57 paneles por hora.....	143



9.14.9	Flujos de Caja cuando la máquina opera 58 paneles por hora.....	145
9.14.10	Flujos de Caja cuando la máquina opera 59 paneles por hora.....	147
9.14.11	Flujos de Caja cuando la máquina opera 60 paneles por hora.....	149
10	Referencias	151

INDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ilustración del Modelo de la Economía Circular. Fuente: ECOLEC [52].	24
Ilustración 2: Ilustración de los distintos tipos de paneles solares fotovoltaicos en base a sus células fotovoltaicas. Fuente: TRITEC CENTER [126].	29
Ilustración 3: Ilustración que demuestra la diferencia entre un panel bifacial con uno monofacial. Fuente: Autoconsumo Fotovoltaico [8].	30
Ilustración 4: Componentes de un panel Solar Fotovoltaico. Fuente: EverExceed [44].	31
Ilustración 5: Mapa que muestra la irradiancia de Chile por día en el año 2025 [79].	40
Ilustración 6: Diagrama de la metodología propuesta. Fuente: Elaboración Propia.	56
Ilustración 7: Diagrama de flujo del proceso de reciclaje de máquina de Suny Group. Elaboración propia.	79
Ilustración 8: Layout de la Línea de Reciclaje de la empresa Suny Group. Fuente: Suny Group [121].	80
Ilustración 9: Layout de la línea de Reciclaje de la empresa Suny Group con sus respectivas medidas en milímetros. Fuente: Suny Group [121].	81
Ilustración 10: Imagen de referencia del camión de carga pesada.	81
Ilustración 11: Imagen de referencia de la grúa horquilla.	82
Ilustración 12: Imagen de referencia de la bodega de almacenaje.	82



Ilustración 13: Imagen de referencia del equipo de herramientas.....	83
Ilustración 14: Imagen de referencia del estante para almacenar las herramientas.....	83
Ilustración 15: Evolución de la capacidad instalada según el tipo de energía en Chile en los últimos 10 años. Fuente: Ministerio de Energía, octubre 2025 [129].	121
Ilustración 16: Gráfico de la cantidad en [MW] neto de las nuevas centrales en operación. Fuente: Ministerio de Energía, octubre 2025 [129].....	121
Ilustración 17: Gráfico de la capacidad en [MW] neto de centrales es estado de prueba. Fuente: Ministerio de Energía, octubre 2025 [129].....	122
Ilustración 18: Gráfico de la capacidad en [MW] de centrales en estado de construcción. Fuente: Ministerio de Energía, octubre 2025 [129].....	123
Ilustración 19: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.073 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	125
Ilustración 20: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$907 [CLP] y el precio del diésel es \$1.049 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	126
Ilustración 21: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.058 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	127
Ilustración 22: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$888 [CLP] y el precio del diésel es \$1.072 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	128
Ilustración 23: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$911 [CLP] y el precio del diésel es \$1.076 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	129
Ilustración 24: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$938 [CLP] y el precio del diésel es \$1.042 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	130
Ilustración 25: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$888 [CLP] y el precio del diésel es \$1.059 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	131



Ilustración 26: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$937 [CLP] y el precio del diésel es \$1.040 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	132
Ilustración 27: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.048 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	133
Ilustración 28: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.048 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	134
Ilustración 29: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.066 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	135
Ilustración 30: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.046 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	136
Ilustración 31: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$886 [CLP] y el precio del diésel es \$1.079 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	137
Ilustración 32: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.051 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	138
Ilustración 33: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.077 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	139
Ilustración 34: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.051 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	140
Ilustración 35: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$886 [CLP] y el precio del diésel es \$1.066 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	141
Ilustración 36: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.042 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	142
Ilustración 37: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$887 [CLP] y el precio del diésel es \$1.074 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.....	143



Ilustración 38: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.044 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia..... 144

Ilustración 39: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.077 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia..... 145

Ilustración 40: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$937 [CLP] y el precio del diésel es \$1.036 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia..... 146

Ilustración 41: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$886 [CLP] y el precio del diésel es \$1.079 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia..... 147

Ilustración 42: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$937 [CLP] y el precio del diésel es \$1.039 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia..... 148

Ilustración 43: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.077 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia..... 149

Ilustración 44: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.051 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia..... 150

INDICE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico de la capacidad eléctrica fotovoltaica instalada en el mundo por año IRENA, 2024. Fuente: Elaboración propia. 36

Gráfico 2: Gráfico de la capacidad eléctrica fotovoltaica instalada en Chile por año IRENA, 2024. Fuente: Elaboración propia..... 37

Gráfico 3: Gráfico de la Capacidad Instalada según su tipo de Tecnología en el sistema eléctrico nacional (SEN) en julio del 2025 [25]. Fuente: Elaboración Propia. 37

Gráfico 4: Gráfico de distribución de paneles solares fotovoltaicos en base a su tecnología en el año 2022. Fuente: Elaboración Propia. 38



Gráfico 5 :Gráfico de la Cantidad de Residuos en kilogramo por componente de un panel solar monofacial que se generarían en los próximos años para la Región de Antofagasta. Fuente: Elaboración Propia.	43
Gráfico 6: Gráfico de la estimación del precio del aluminio reciclado en Chile en los últimos 5 años. Fuente: Elaboración Propia.	96
Gráfico 7: Gráfico de la estimación del precio del cobre reciclado en Chile en los últimos 5 años. Fuente: Elaboración Propia.	97
Gráfico 8: Gráfico de la estimación del precio del silicio reciclado en Chile en los últimos 5 años. Fuente: Elaboración Propia.	99
Gráfico 9: Gráfico de Resultados del Valor Actual Neto Negativo. Fuente: Elaboración Propia.....	107
Gráfico 10: Gráfico de Resultados del Valor Actual Neto Positivo. Fuente: Elaboración Propia.....	111
Gráfico 11: Gráfico de precio del aluminio nominal en Chile de los últimos 5 años. Fuente: COCHILCO [13] Fuente: Elaboración Propia.	119
Gráfico 12: Gráfico de precio nominal del Cobre en Chile de los últimos 5 años. Fuente: COCHILCO [13] Fuente: Elaboración Propia.	119

INDICE TABLAS

Tabla 1: Tabla de distribución promedio de los componentes para los paneles bifaciales monocristalinos o policristalinos [65] Fuente: Elaboración Propia.	32
Tabla 2: Tabla de distribución promedio de los componentes para los paneles monofaciales monocristalinos o policristalinos [75] Fuente: Elaboración Propia.	32
Tabla 3: Cantidad aproximada de paneles solares monofaciales que se podrían reciclar en	



base a las condiciones seleccionadas para la Región de Antofagasta. Fuente: Elaboración Propia.....	42
Tabla 4: Tabla precio de las máquinas de línea de reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos [121] [136]. Elaboración Propia.	78
Tabla 5: Tabla de Inversión inicial necesaria para la Planta de Reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos. Elaboración Propia.....	84
Tabla 6: Tabla de valor de la depreciación de las maquinarias y equipos en pesos Chilenos. Fuente: Elaboración Propia.	85
Tabla 7: Tabla de valor de la depreciación de las máquinas y equipos en dólares. Fuente: Elaboración Propia.	86
Tabla 8: Tabla al detalle de las remuneraciones en pesos chilenos para los cargos de la planta de reciclaje. Fuente: Elaboración Propia.	89
Tabla 9: Tabla al detalle de las remuneraciones en dólares para los cargos de la planta de reciclaje. Fuente: Elaboración Propia.....	89
Tabla 10: Tabla con los costos fijos mensuales de los servicios básicos para la planta de reciclaje [3][19][132]. Elaboración Propia.....	90
Tabla 11: Tabla de los costos fijos mensuales de la planta de reciclaje. Fuente: Elaboración Propia.....	91
Tabla 12: Tabla con el rango del costo del transporte. Fuente: Elaboración Propia.	93
Tabla 13: Tabla que contiene la cantidad en kilogramos por hora de cada componente recuperado en la máquina de reciclaje. Fuente: Elaboración Propia.....	95
Tabla 14: Tabla Precio del aluminio reciclado en Chile en los últimos años. Fuente: Elaboración Propia.	96
Tabla 15: Tabla Precio del cobre reciclado en Chile en los últimos años. Fuente: Elaboración	



Propia.....	97
Tabla 16: Tabla Precio del Silicio Reciclado en los últimos años. Fuente: Elaboración Propia.	98
Tabla 17: Tabla de precio del aluminio reciclado por kilogramo proyectado para los próximos años. Fuente: Elaboración Propia.	100
Tabla 18: Tabla de precio del cobre reciclado por kilogramos proyectado para los próximos años. Fuente: Elaboración Propia.	100
Tabla 19: Tabla de precio del silicio reciclado por kilogramos proyectado para los próximos años. Fuente: Elaboración Propia.	100
Tabla 20: Tabla de precio del vidrio reciclado por kilogramos proyectado para los próximos años. Fuente: Elaboración Propia.	101
Tabla 21: Tabla de los ingresos por mes por el informe de sustentabilidad y gestión de los residuos. Fuente: Elaboración Propia	101
Tabla 22: Tabla de la estructura del capital de trabajo anual proyectado a 5 años cuando la maquina opera 60 paneles por hora, el tipo de cambio de un dólar equivale a 912,03 pesos chilenos y el costo de transporte mensual es de 6.305[USD]. Fuente: Elaboración Propia.	103
Tabla 23: Tabla con el resultado del capital de trabajo proyectado a 5 años cuando la máquina opera 60 paneles por hora, el tipo de cambio de un dólar equivale a 912,03 pesos chilenos y el costo del transporte mensual es de 6.305[USD]. Fuente: Elaboración Propia.	103
Tabla 24: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es negativo y al proceso de reciclaje ingresan 50 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	107
Tabla 25: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es negativo y al proceso de reciclaje ingresan 51 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	107



Tabla 26: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 50 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	108
Tabla 27: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 51 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	108
Tabla 28: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 52 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	109
Tabla 29: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 53 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	109
Tabla 30: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 54 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	109
Tabla 31: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 55 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	109
Tabla 32: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 56 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	110
Tabla 33: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 57 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	110
Tabla 34: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 58 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	110
Tabla 35: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 59 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	110
Tabla 36: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 60 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.....	111
Tabla 37: Tabla de la Capacidad [MW] y Cantidad de los paneles de los parques y centrales fotovoltaicas en la Región de Antofagasta. Fuente: Elaboración Propia.	



[80][32][137][76][33][34][112][24][95][69][53][67].	117
Tabla 38:Tabla con los nombres de las empresas que compran aluminio reciclado con su respectivo precio [26][45][46][99][100]. Fuente: Elaboración Propia.	118
Tabla 39: Tabla con los nombres de las empresas que compran cobre reciclado con su respectivo precio [99][100]. Fuente: Elaboración Propia.	118
Tabla 40: Tabla con el nombre de la empresa que compra vidrio reciclado con su precio respectivo. [29]. Fuente: Elaboración Propia.	118
Tabla 41: Tabla con los resultados estadísticos de las 1.000 iteraciones. Elaboración Propia.	120
Tabla 42:Tabla con los links de referencias de los equipos, máquina, etc. Elaboración Propia.	120
Tabla 43: Tabla de Precio promedio del combustible líquido petróleo diésel en el periodo de los años 2020-2025. Fuente: Elaboración Propia [23][25].	124
Tabla 44: Tabla de precios estimados de variación del petróleo diésel desde octubre a diciembre del año 2025 establecido por la ENAP. Fuente: Elaboración Propia [38].	124



1 Introducción

La energía solar fotovoltaica se ha posicionado como uno de los pilares fundamentales en el desarrollo energético en Chile. Este proceso ha ayudado a reducir el consumo y la dependencia de los combustibles fósiles y de esta manera lograr avanzar hacia una matriz energética más limpia. Sin embargo, el crecimiento acelerado de la capacidad instalada ha generado desafíos asociados a la gestión de los módulos fotovoltaicos en desuso que se convierten en residuos una vez que termina su vida útil operativa o presentan fallas que afectan el desempeño y rendimiento.

En la actualidad la gestión de los paneles solares fotovoltaicos se encuentra en una etapa inicial, debido a los vacíos normativos, limitaciones en términos de capacidad técnica, la baja valorización de los componentes reciclados y la falta de una cultura y conciencia más sustentable en la población. La mayoría de las grandes empresas actualmente tratan los módulos fotovoltaicos como residuos industriales y no aprovechan el potencial de reutilización o reciclaje que estos tienen y además generan riesgos tanto para la salud de los trabajadores y el medio ambiente.

Bajo este contexto el presente documento tiene como finalidad analizar la viabilidad de instalar una planta de reciclaje específicamente para la Región de Antofagasta en la cual actualmente posee más de 10.000.000 paneles solares fotovoltaicos en operación y solo hay una empresa que gestiona este tipo de residuos (Hidronor), pero esta no basta para la demanda proyectada de los próximos años con respecto a los residuos de estos.



2 Problema de investigación

La energía solar Fotovoltaica es una de las fuentes de energía renovable más utilizada en todo el mundo, es ecológica, fácil de implementar y su costo de instalación ha ido disminuyendo a lo largo de los años. Se estima que el mercado de la energía solar crezca de manera exponencial y que representará un mayor porcentaje en la mezcla energética mundial en el futuro.

Chile actualmente presenta un desafío en los próximos años asociado con la gestión de residuos de paneles solares fotovoltaicos, estimándose que para el año 2050 podrían generarse más de 300.000 toneladas (In-Data & RIGK, 2020). Este fenómeno se debe al fuerte crecimiento de la capacidad instalada de la energía solar en el país y a la vida útil limitada de los módulos, que se sitúa entre 25 y 30 años (Copérmicosas, 2023). Frente a este escenario, la transición hacia el modelo de economía circular se vuelve fundamental no solo para poder mitigar los impactos ambientales que se puedan generar, sino también para aprovechar el potencial económico de la reutilización y valorización de materiales estratégicos como el vidrio, aluminio y otros metales preciosos (European Commission DG ENV, 2011; The Aluminium Association, 2020). Actualmente en Chile ya existen iniciativas pioneras en esta línea, como el **Programa Energía Regenerativa de Cerro Dominador**, que otorga una segunda vida a los paneles que ya no cumplen con los estándares de eficiencia de la planta, destinándolos a usos educativos y comunitarios, mientras que aquellos que presentan fallas irreparables son reciclados para la recuperación de materiales de alto valor (Cerro Dominador, 2024). Sin embargo, pese a estos avances, aún no se cuenta con un modelo de negocios consolidado del reciclaje de paneles solares en el país, en concordancia con la **Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040**



(Ministerio del Medio Ambiente, 2021). El desierto de Atacama, ubicado en la segunda región de nuestro país se caracteriza por su ubicación geográfica con respecto a la irradiación de la luz del sol, de la misma manera en la Región de Antofagasta no existe actualmente una empresa que se dedique netamente al reciclaje de los paneles solares para ayudar a gestionar de mejor manera estos residuos, del mismo modo actualmente se encuentran en operación aproximadamente 10.000.000 de módulos fotovoltaicos de los cuales la mayoría en los próximos años se transformarían en residuos fotovoltaicos. Es por esto que surgen las siguientes preguntas, ¿Qué normativas existen en Chile con respecto al reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos?, ¿Cuántos paneles solares fotovoltaicos se encuentran operativos en la Región de Antofagasta que a futuro puedan ser reciclados?, ¿Qué oportunidades de mercado y nivel de demanda existen en la Región de Antofagasta para una empresa dedicada al rubro del reciclaje?, y ¿Será viable técnica y económicamente implementar un modelo de negocio basado en la economía circular para el reciclaje de paneles solares fotovoltaicos en la Región de Antofagasta?



3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de negocios basado en la economía circular evaluando la viabilidad técnica y económica de una planta de reciclaje de paneles solares fotovoltaicos en la Región de Antofagasta.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar la cantidad de paneles solares fotovoltaicos operativos en la Región de Antofagasta.
- Estimar la demanda de los paneles solares fotovoltaicos en la Región de Antofagasta para los próximos años.
- Reconocer a los principales clientes para la comercialización de los componentes recuperados en el proceso de reciclaje.
- Identificar riesgos y oportunidades estratégicas para la implementación del modelo de negocios a través de un análisis del macro y microentorno.
- Evaluar la factibilidad técnica y económica del modelo de negocios propuesto para la planta de reciclaje.

4 Marco Teórico

4.1 Economía Circular

La Economía Circular es un modelo de producción y consumo que busca extender el ciclo de vida de los productos, incluyendo estrategias como Compartir, Alquilar, Reutilizar, Reparar, Renovar y Reciclar materiales y productos existentes para poder crear valor añadido [91]. Su objetivo es preservar el valor de los materiales por el mayor tiempo posible y minimizar la generación de residuos [37]. Es un modelo que va más allá del reciclaje como tal y propone ir a la raíz (desde el diseño del producto hasta la gestión de su reciclaje) de lo que causa el problema para poder ofrecer soluciones viables con un ciclo circular que evita malgastar los recursos naturales de nuestro planeta [52].

Los principios de la Economía Circular se basan en tres pilares fundamentales, uno de ellos es mantener los productos y materiales en uso mediante los ciclos técnicos (esto puede ser aplicable tanto para recursos no renovables como en este caso los paneles solares fotovoltaicos) que buscan recuperar y restaurar componentes y materiales a través de la reutilización, reparación, redistribución, remanufactura o, como última opción, el reciclaje [37]. Además, se enfoca en eliminar la basura y la contaminación desde el diseño a lo que se le denomina ecodiseño [30].

Un estudio realizado en la Unión Europea se destacó que la adopción de prácticas de la economía circular, como el aumento en las tasas de reciclaje y la inversión en el desarrollo e investigación pueden mejorar significativamente la productividad de los recursos y el crecimiento económico. Por ejemplo, el aumento de un 1% de la tasa de reciclaje de los

residuos municipales puede mejorar la productividad de los recursos en un 0,01307%, por otro lado, el incremento en 1% en la inversión en la investigación desarrollo puede mejorar la productividad en un 0,159988% (Cristache et al, 2018). A través del reciclaje y la recuperación de valor de los residuos los productos o materiales no terminan en vertederos, se reintegran en los ciclos de producción, cerrando de este modo el bucle de consumo y minimizando la extracción de recursos naturales vírgenes [56].

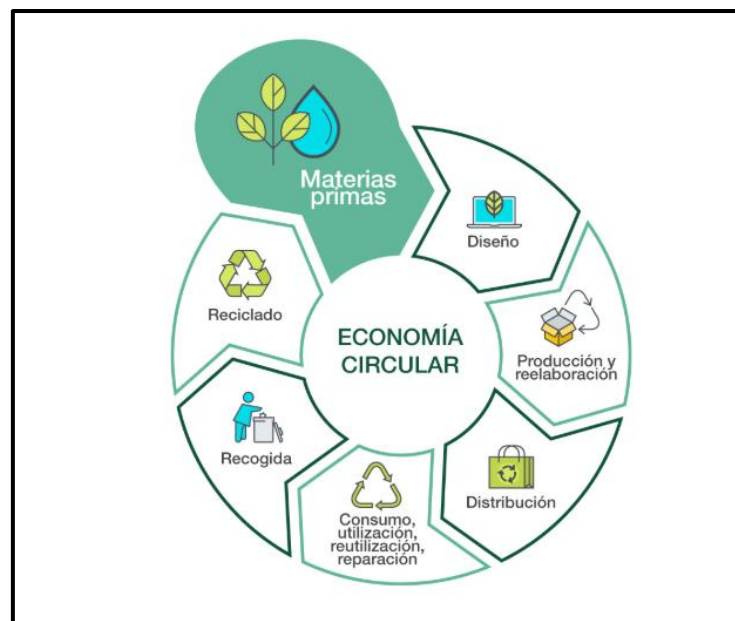


Ilustración 1: Ilustración del Modelo de la Economía Circular. Fuente: ECOLEC [52].



4.1.1 ¿Cómo se compara con el Modelo de Negocios tradicional?

El modelo de negocio tradicional o lineal se basa en producir, usar y botar en el cual se fomenta el consumo a corto a plazo, esto hace que los recursos naturales del planeta se gasten de manera más rápida cayendo en un círculo repetitivo de que las empresas crean productos y los clientes los consumen y una vez que ya los utilizan o las empresas sacan un nuevo producto al mercado los desechan y así el ciclo vuelve a comenzar. Es por esto que la economía circular lo que busca es tener un sistema más sostenible para que se puedan reutilizar las materias primas recicladas que se encuentran en los productos haciendo que el modelo económico sea más eficiente y sustentable que la industria tradicional ayudando sobre todo al medio ambiente del planeta [52].

4.1.2 Como se aborda a nivel mundial y en Chile

La Economía Circular a nivel mundial se ha posicionado como una estrategia sostenible para impulsar el desarrollo económico. Este paradigma ha evolucionado junto con el concepto de sostenibilidad y busca que haya una transición hacia economías más inclusivas, resilientes y con menos emisiones de carbono [37]. En el sector fotovoltaico, que se implemente la Economía Circular proyecta que el valor de los materiales recuperados de los módulos fotovoltaicos podría generar una industria de aproximadamente dos mil millones de dólares para el año 2050 a nivel global [35].

En Chile en el año 2019, el Ministerio de Medio Ambiente en conjunto con el Ministerio de Economía, La Corporación de Fomento de la Producción y la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático iniciaron el desarrollo de la propuesta sobre el



documento **Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040** que fue publicada en el año 2021. Esta es un instrumento de política que busca orientar al país hacia una transición de este modelo de desarrollo que tiene énfasis en el uso eficiente y sostenible de los recursos y que es uno de los pilares del desarrollo sustentable.

La Hoja de Ruta tiene como visión que la economía circular regenerativa impulse a Chile hacia un desarrollo sostenible, justo y participativo que ponga el bienestar de las personas al centro, esto a través del cuidado de la naturaleza y sus seres vivos, la gestión responsable y eficiente de los recursos naturales, y una sociedad que usa, consume y produce de manera sostenible y consciente, fomentando la creación de empleos verdes y oportunidades para personas y organizaciones a lo largo del país (Ministerio del Medio Ambiente).

De la misma forma el país debe priorizar la valorización, es decir, la prevención, reutilización y reciclaje por sobre la eliminación, lo cual está establecido en la jerarquía de manejo de residuos de la Ley N°20.920 [86]. Esta ley chilena de **Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP)** incluye a los paneles solares dentro de la categoría de “Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE)” [66]. Es por esto que es fundamental el desarrollo de protocolos específicos para la gestión de residuos PV para que la energía solar se consolide como una alternativa sustentable a largo plazo [85].



4.2 Paneles Solares Fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos son la tecnología central de la energía solar fotovoltaica. Esta fuente de energía se puede definir como la energía producida por reacciones nucleares en el interior del Sol y que se transmite mediante ondas electromagnéticas, por esta razón, se considera que es una fuente de energía renovable e inagotable. Los sistemas fotovoltaicos han sido diseñados para poder convertir la energía solar en electricidad, lo que lo convierte en una buena opción limpia y libre de emisiones que contribuye a la protección del medio ambiente [54].

Un panel o módulo fotovoltaico es un dispositivo compuesto por numerosas celdas fotovoltaicas interconectadas. Su función principal es convertir la energía solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico.

El funcionamiento de estos se basa en células que absorben la luz solar, aprovechando de esta forma las propiedades de los materiales semiconductores que las componen principalmente el silicio. Los paneles actúan como captadores de energía solar, la luz solar incide sobre estas celdas, separa los electrones, creando una diferencia de polaridad que genera un flujo eléctrico. El número de celdas en cada panel determina la cantidad de energía que este puede generar [42] [43].

4.2.1 Tipos de Paneles Solares Fotovoltaicos

Todos los paneles solares fotovoltaicos tienen células fotovoltaicas que generan el mismo efecto fotoeléctrico, sin embargo, se distinguen según el semiconductor utilizado y la tecnología de fabricación. De manera histórica, las tecnologías basadas en el silicio cristalino (c-Si) han representado cerca del 90% del mercado fotovoltaico mundial en los últimos 20 años [66]. Los principales tipos de paneles solares fotovoltaicos que existen son [42] [114] [119]:

1. **Monocristalinos:** Las celdas están compuestas por un único gran cristal de silicio de alta pureza. La eficiencia media de los monocristalinos oscila entre el 17% y 22%. Sus mayores ventajas son su alta eficiencia, la baja degradación y su larga vida útil. Una de sus desventajas es que sus precios son elevados comparados con los otros tipos de paneles.
2. **Policristalinos:** Este tipo de paneles está compuesto por un conjunto de células solares formadas por múltiples cristales de silicio fundidos juntos. Estos cristales se forman de manera más rápida y económica que las células de los paneles monocristalinos, pero a contraria de estas son menos eficientes. Su eficiencia se encuentra en promedio entre un 16% y 18%. Las ventajas de este tipo de panel es que son más económicas, por otro lado, sus desventajas son que posee una eficiencia menor y una mayor degradación, por ende, su vida útil es más corta.

3. Capa Fina: Un panel solar fotovoltaico de este tipo utiliza capas delgadas de materiales fotovoltaicos, como el silicio amorfo, cadmio telurio (CdTe) o diseleniuro de cobre-indio-galio (CIGS), depositadas sobre un sustrato como vidrio, plástico o metal. Su ventaja es que es ligero, por lo que su instalación es más sencilla, sus desventajas son su baja eficiencia (entre un 7% y 13%) y su alta degradación a través de los años.

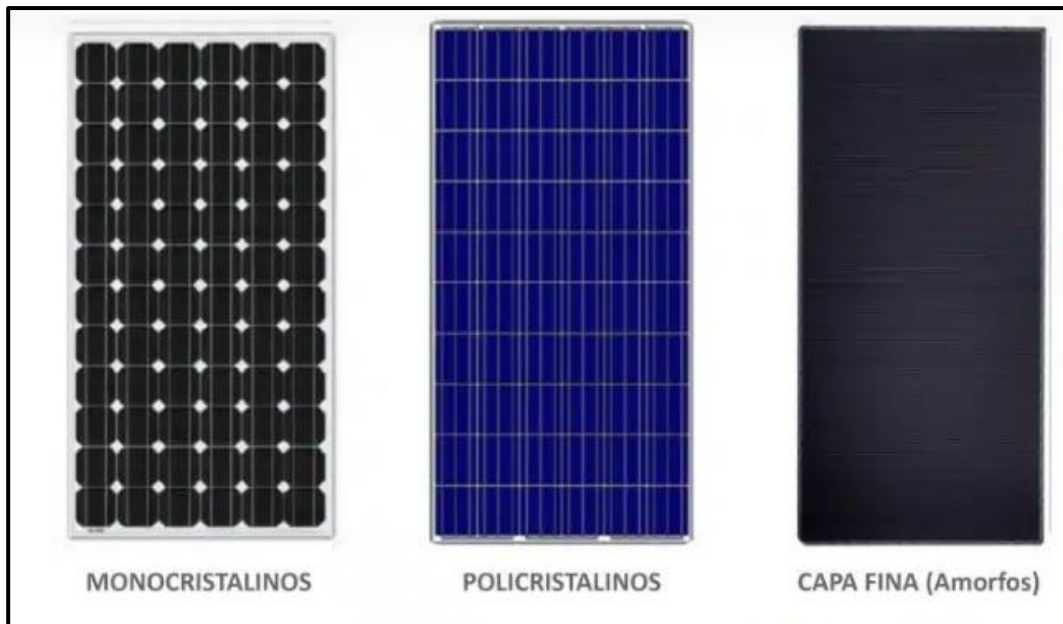


Ilustración 2: Ilustración de los distintos tipos de paneles solares fotovoltaicos en base a sus células fotovoltaicas. Fuente: TRITEC CENTER [126].

De la misma manera se pueden clasificar los paneles fotovoltaicos en base a como les llega la irradiancia del sol los cuales pueden ser de los siguientes tipos:

1. Monofacial: Los paneles monofaciales reciben la irradiancia del sol solo, por un lado, siendo más livianos que los paneles bifaciales [17].

2. **Bifacial:** Este tipo de paneles producen electricidad por los dos lados. Ambas caras actúan de la misma forma, es decir que, ambas reciben irradiación del sol [1].

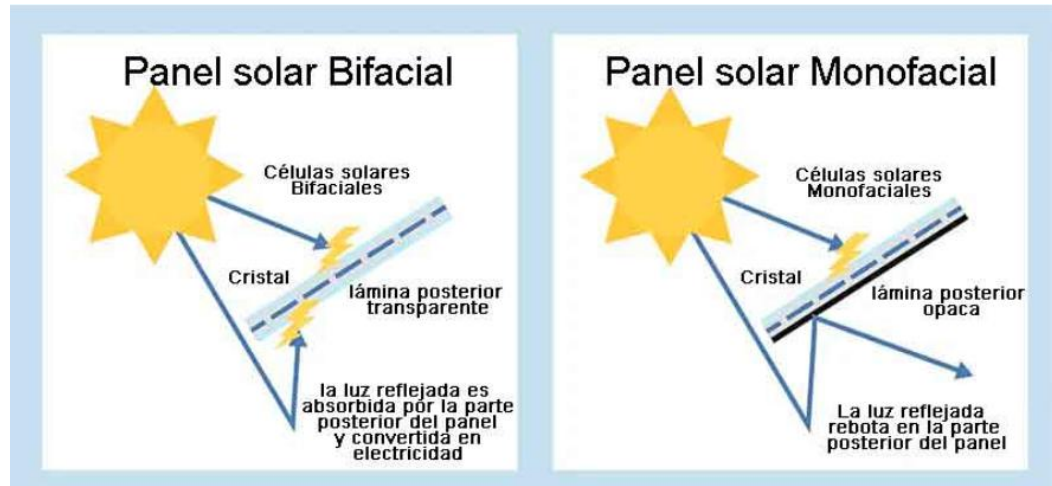


Ilustración 3: Ilustración que demuestra la diferencia entre un panel bifacial con uno monofacial. Fuente: Autoconsumo Fotovoltaico [8].

4.2.2 Componentes de un Panel Solar Fotovoltaico

Los paneles solares están fabricados a partir de diferentes materiales semiconductores, polímeros, vidrio y además de materiales estructurales que permiten que la radiación del sol se transforme en energía eléctrica y asegura la protección de los módulos fotovoltaicos.

Los módulos fotovoltaicos están compuestos por distintos materiales. Sus componentes son:

- **Celdas solares:** La fabricación de sus materiales semiconductores, como el silicio hacen posible transformar la luz solar en electricidad.
- **Vidrio templado:** Esta capa de vidrio cubre las celdas solares evitando que estas se encuentren expuestas al clima, polvo, etc. Además, el vidrio debe contener

propiedades de aislamiento para manejar mayores voltajes.

- **Encapsulante:** Es la capa de plástico protectora altamente transparente, actúa como un aislante al estar sellada al vacío. Todos los paneles deben contar con 2 capas una por encima y otra por debajo de las celdas solares.
- **Cubierta posterior:** Esta es una lámina que cubre la parte trasera de las placas fotovoltaicas. Ayuda a prevenir que, entre la humedad, lo que permite prologar la vida útil de los paneles y además proporciona aislamiento eléctrico.
- **Marco de aluminio:** Este marco permite que estén unidas todas los componentes del panel solar. La mayoría de los paneles solares se encuentran fabricados de aluminio anodizado para poder combatir la corrosión.
- **Caja de conexiones:** Esta se encuentra ubicada en la parte posterior y es donde se conectan los paneles solares con los circuitos externos, estas conexiones deben ir con protecciones para que sean resistentes a las condiciones ambientales como el polvo o el agua.

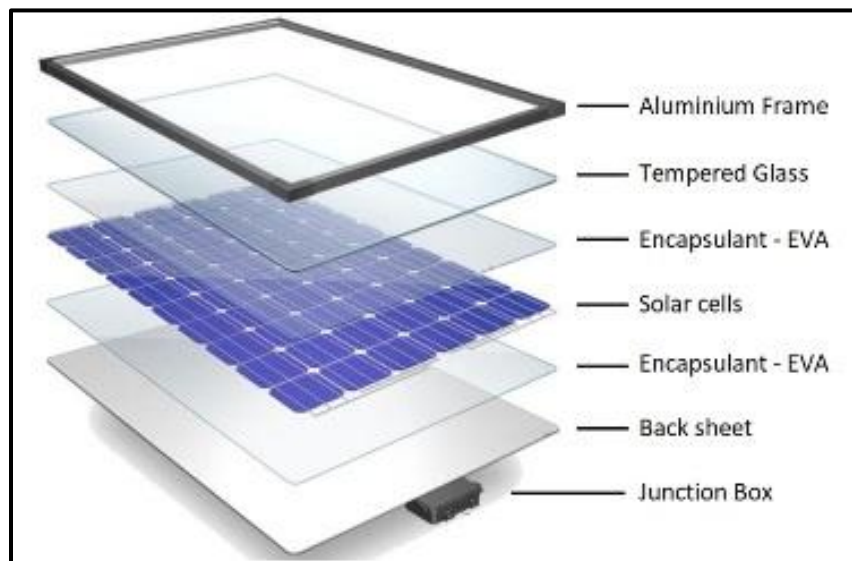


Ilustración 4: Componentes de un panel Solar Fotovoltaico. Fuente: EverExceed [44].

En la siguiente tabla se presenta como se distribuye en peso los componentes de los módulos fotovoltaicos de tipo monofaciales y bifaciales:

Bifaciales	
Material	Porcentaje [%]
Vidrio	86,8
Aluminio	7,9
Polímeros	2,9
Silicio	1,6
Cobre	0,5
Plomo	0,05
Plata	0,1
Boro	0,05
Fósforo	0,05
Estaño	0,05
Dióxido de estaño	0,05

Tabla 1: Tabla de distribución promedio de los componentes para los paneles bifaciales monocristalinos o policristalinos [65] Fuente: Elaboración Propia.

Monofaciales	
Material	Porcentaje [%]
Vidrio	75,0
Aluminio	10,0
Polímeros	8,0
Silicio	5,0
Cobre	0,8
Plomo	0,8
Plata	0,005

Tabla 2: Tabla de distribución promedio de los componentes para los paneles monofaciales monocristalinos o policristalinos [75] Fuente: Elaboración Propia.



En ambos tipos de paneles podemos notar que el mayor porcentaje de componentes es el vidrio con un 75% para los paneles monofaciales y un 86,8% para los módulos bifaciales y, en segundo lugar, el componente de ambos paneles fotovoltaicos es el aluminio con un 10% en los módulos monofaciales y un 7,9% para los bifaciales. Luego el resto de los componentes son inferiores al 10% para ambos tipos de paneles.

4.2.3 Vida Útil y Fallas de los Paneles Solares Fotovoltaicos

La vida útil de los paneles solares fotovoltaicos se estima que esta entre los 25 a 30 años, después de este tiempo estimado generalmente se garantiza que el rendimiento de los paneles se mantendrá por encima del 80% de su capacidad inicial. Los módulos fotovoltaicos pueden experimentar una degradación anual promedio de entre 0,5% y 1,0% en condiciones normales, en climas más cálidos o en zonas con mayores tensiones ambientales como la humedad o temperaturas extremas los paneles solares pueden presentar una degradación superior [84].

La fallas de los paneles solares fotovoltaicos pueden deberse a distintos factores, algunos de estos son [134]:

- **Fallas Físicas:** Estas fallas se pueden ocasionar por la fabricación misma del panel solar, como en la soldadura, vidrio, defectos en el marco etc. De la misma manera las fallas físicas pueden deberse al envejecimiento de los paneles, es decir en la degradación del cableado, en la estructura, conectores y finalmente para este tipo de fallas pueden ser ocasionadas por grietas debido a una mala manipulación y golpes con objetos extraños.



- **Fallas Ambientales:** Este tipo de fallas se deben a las características ambientales de la instalación de estos paneles. Uno de ellos puede ser por la alta humedad que potencia la degradación de los componentes y puede generar corrosión. Los otros pueden ser por condiciones que generan sombreado en el panel solar fotovoltaico como el ensuciamiento de este, la nieve, polvo, nubes, etc.
- **Fallas Eléctricas:** Estas fallas se presentan durante el funcionamiento del panel solar fotovoltaico. Pueden ser ocasionadas por la unidad de acondicionamiento ya sea por corriente directa que se relacionan con las fallas en las baterías e inversores. Por otro lado, las fallas por corriente alterna se deben a fallas de línea a tierra o de operación aislada.

4.2.4 Peligrosidad de los módulos fotovoltaicos

El manejo de los módulos fotovoltaicos al término de su vida útil presenta implicancias ambientales y sanitarias relevantes, debido a la potencial presencia de las sustancias peligrosas en la composición de estos. En Chile actualmente muchos de los paneles solares fotovoltaicos terminan en vertederos o áreas desérticas, debido a que en nuestro país está la ausencia de una infraestructura robusta de reciclaje (Schott, 2025) [110]. Esto no afecta solo a la economía circular del producto, sino que puede constituir faltas a la normas y afecta la salud de los trabajadores de las plantas y transportistas que manejan la eliminación de los módulos.



El Ministerio de Salud (MINSAL) emitió en el año 2022 una ordenanza que los paneles solares fotovoltaicos deben ser gestionados como un residuo peligroso, salvo que el generador pueda acreditar mediante una caracterización realizada por un laboratorio autorizado que estos no presentan características de peligrosidad según lo dispuesto en el Decreto Supremo N°148/2003 [82]. En tanto que la caracterización no se lleve a cabo, el almacenamiento, transporte, valorización o eliminación debe ejecutarse en conformidad con lo establecido en el citado reglamento.

4.2.5 Capacidad Instalada de Energía Fotovoltaica en el Mundo

La capacidad instalada de energía solar fotovoltaica alcanzó los 1,865 [GW] a nivel mundial a fines del año 2024. Se ha generado un aumento de 710 [GW] desde el año 2020. En el año 2024 se agregaron más de 451[GW]. De la misma forma la energía solar fotovoltaica representó la mayor parte de la capacidad de energía renovable en el año 2023 (IRENA, 2025).

Actualmente, China se ha convertido en un líder mundial en la producción de la energía solar fotovoltaica, además se puede destacar que este tipo de energía es la que presenta un mayor crecimiento anual. Para el año 2030 se espera que la capacidad mundial siga aumentando 1 [TW] por año. A partir del año 2030 se espera que China contribuya con 400 [GW] por año, Europa con 100 [GW] por año y finalmente Estados Unidos con unos 115 [GW] por año [14] [98] [102].

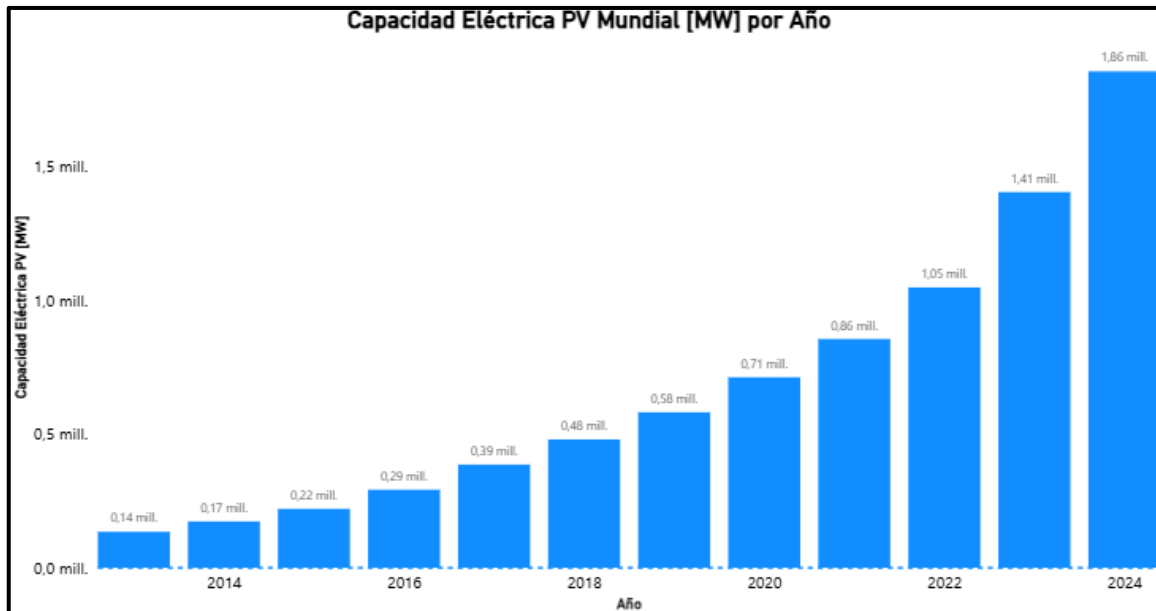


Gráfico 1: Gráfico de la capacidad eléctrica fotovoltaica instalada en el mundo por año IRENA, 2024.
Fuente: Elaboración propia.

En el **Gráfico 1** podemos ver que la capacidad eléctrica fotovoltaica instalada a nivel mundial ha crecido de manera exponencial en los últimos 10 años siendo a fines del año 2024 se registró una capacidad de 1.865 [MW].

4.2.6 Capacidad instalada de Energía Fotovoltaica en Chile

Según la Comisión Nacional de Energía en su reporte de Capacidad Instalada en octubre del año 2025 existe una capacidad de 36.483 [MW] instalada en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Con respecto la energía solar fotovoltaica existe una capacidad de 11.253,94 [MW], lo que representa el 30,84% de la capacidad total instalada (**Gráfico 3**), siendo esta el tipo de tecnología que predomina en la generación de energía a nivel nacional [24], en comparación al año 2024 hubo un aumento de 3,51% que en ese año había una capacidad instalada fotovoltaica de 10.870 [MW] [85].

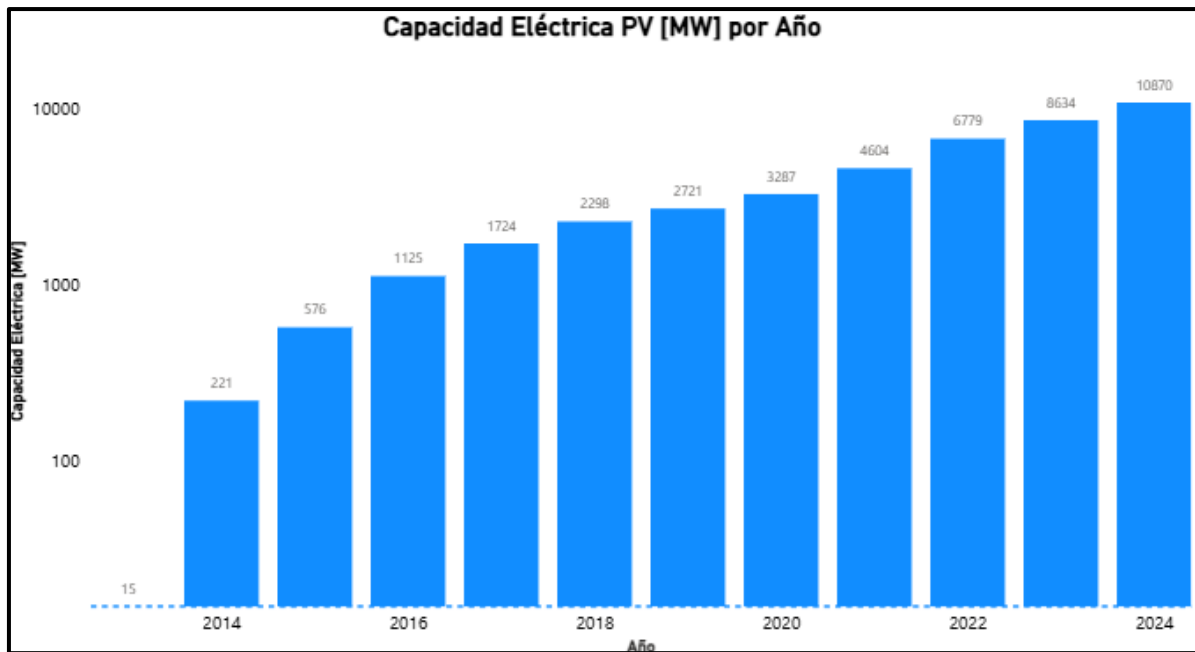


Gráfico 2: Gráfico de la capacidad eléctrica fotovoltaica instalada en Chile por año IRENA, 2024.
Fuente: Elaboración propia.

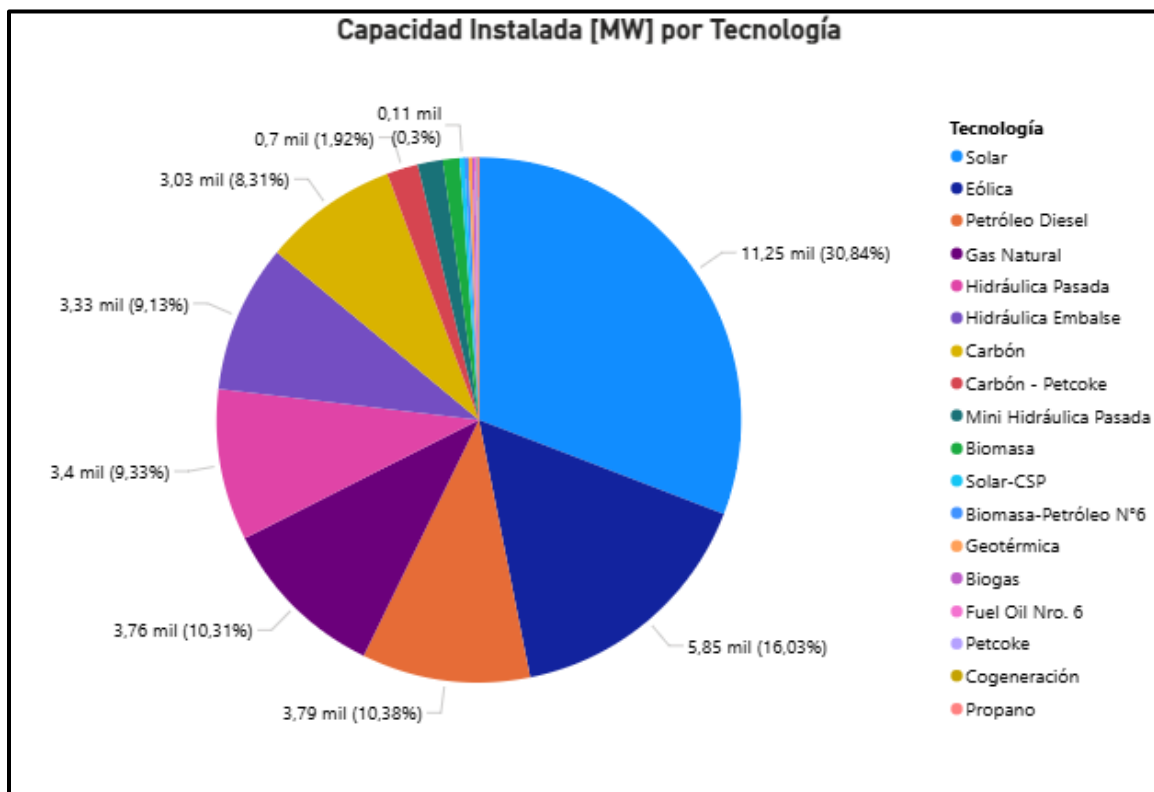


Gráfico 3: Gráfico de la Capacidad Instalada según su tipo de Tecnología en el sistema eléctrico nacional (SEN) en julio del 2025 [25]. Fuente: Elaboración Propia.

En el **Gráfico 3** podemos observar cómo se mencionó anteriormente que la capacidad instalada que predomina es la energía solar fotovoltaica con un 30,84%, el tipo de tecnología que le sigue sería la eólica con un 16,03% y en tercer lugar se encuentra el petróleo diésel con un 10,38%.

En Chile más del 95% de los módulos fotovoltaicos instalados corresponden a tecnologías de silicio cristalino, donde se incluye las tecnologías bifaciales. Se tiene información que, hasta agosto del año 2022, los módulos instalados en Chile se distribuían en primer lugar con silicio policristalino con un 39,0%, en segundo lugar, el silicio monocristalino con un 27,3%, en tercer lugar, con monocristalino bifacial en un 24,8% y finalmente en cuarto lugar se tiene al tipo de capa fina de cadmio telurio 8,9%. [85].

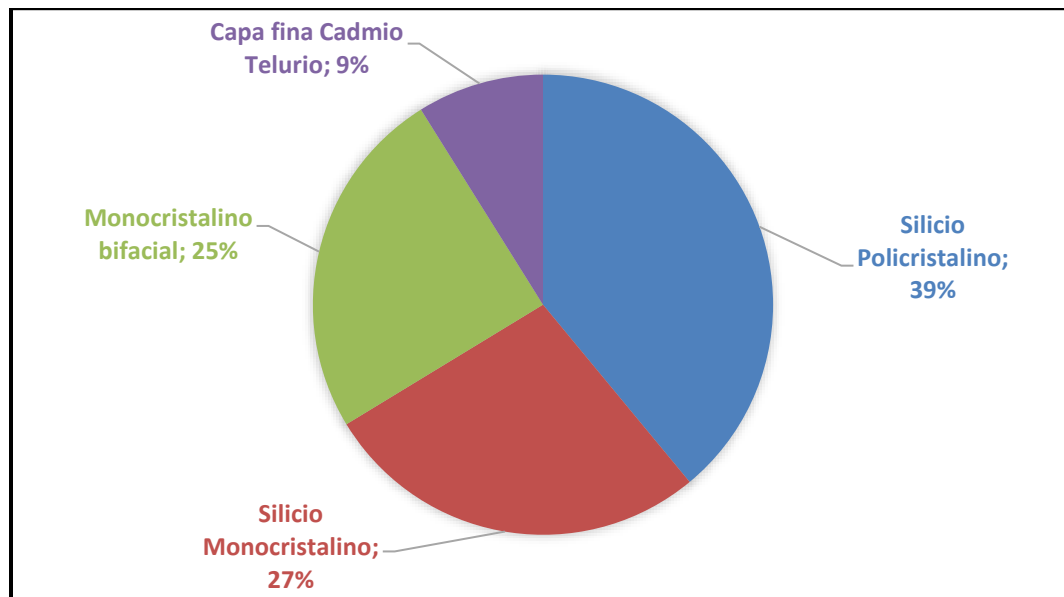


Gráfico 4: Gráfico de distribución de paneles solares fotovoltaicos en base a su tecnología en el año 2022.
Fuente: Elaboración Propia.

4.2.7 Capacidad Instalada de Energía Fotovoltaica en la Región de Antofagasta

La Región de Antofagasta se considera como una de las principales regiones que generan energía eléctrica en nuestro país, reflejándose de esta manera un crecimiento asociado a la transición energética nacional. En el año 2024 la Universidad de Antofagasta en conjunto con el Coordinador Eléctrico Nacional desarrollaron un conversatorio en torno a los desafíos de la transición energética. Es este conversatorio se mencionó que la capacidad instalada total en Antofagasta es de 9.548 [MW], es decir, que aumento en un 80% con respecto al año 2018. Este crecimiento se puede vincular a la expansión de las energías renovables no convencionales y en particular la energía solar fotovoltaica [128].

De la capacidad instalada total de la región, solo 3.801 [MW] serían de generación solar, posicionando de esta manera a la región de Antofagasta como una de las zonas a nivel nacional que tiene una mayor capacidad fotovoltaica, esto se ve explicado debido a que la región posee un alto potencial de radiación solar en el Desierto de Atacama, en términos de infraestructura, y su rol estratégico en la operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Asimismo, la región presenta 935 [MW] de nuevos proyectos de generación en construcción, de los cuales 463 [MW] corresponden a proyectos de energía solar [122]. Como se observa en la ilustración 1 la zona norte de Chile es el lugar en donde hay mayor irradiancia por metro cuadrado y por día, alcanzando valores aproximados de $7,5 [KWh/m^2/día]$.



Ilustración 5: Mapa que muestra la irradiación de Chile por día en el año 2025 [79].

Dentro de los parques o plantas solares fotovoltaicas que se encuentran en operación Antofagasta actualmente se encontraron datos de 36 parques y centrales fotovoltaicos¹. Se tiene el registro de que hay 10.478.532 paneles solares fotovoltaicos en operación y la capacidad que aportan estos parques y plantas es de 3.648,61 [MW].

¹ En el Anexo N°1 se presentan los parques y centrales fotovoltaicas en la Región de Antofagasta con su respectiva capacidad y cantidad de paneles solares fotovoltaicas.



4.2.8 Proyección de Residuos de Paneles Solares Fotovoltaicos

El flujo de residuos de paneles solares fotovoltaicos representa un desafío significativo y creciente a nivel global en la actualidad. Hoy en día se producen más de treinta mil toneladas de residuos de paneles solares al año en el mundo. Se proyecta que para finales del año 2025 las cifras podrían aumentar de manera drástica llegando a un millón de toneladas anuales (Holger, 2022) [132].

Al largo plazo, se calcula que la cantidad acumulada de los paneles en desuso a nivel mundial alcancen aproximadamente los 78 millones de toneladas para el año 2050. Dentro de los principales países que contribuyen a esta producción de los desechos fotovoltaicos se encuentra China y Estados Unidos [106]. En Estados Unidos se estima que los módulos fotovoltaicos acumulados podrían llegar a hacer un total de un millón de toneladas para el 2030 y además este podría ascender a los diez millones de toneladas para el año 2050 [92] [106]. En Chile se proyecta que para el año 2050 existan entre 161 y 270 millones de paneles, generando un peak de residuos de aproximadamente 120.000 toneladas para el año 2046 [84].



Con respecto a la Región de Antofagasta se estimó los residuos que se podían generar en los próximos años en base a la cantidad de paneles de los parques y centrales fotovoltaicas identificadas en el **Anexo N°1**, se seleccionaron aquellos paneles que su vida útil desde la operación tenían una edad operativa mayor a 12 años que son más probables que les ocurra una falla operativa y además no son clasificables para el reacondicionamiento de estos (Solar Circular, 2025), del mismo modo se consideran aquellos paneles que fallan durante los primeros dos años, lo cual corresponde al 0,5% y los paneles que después de los 10 años se convierten en residuos lo que corresponde al 2% de los paneles instalados (InData,2020). De esta manera se obtiene la siguiente cantidad aproximada de paneles que cumplen las condiciones anteriormente mencionadas para los próximos años:

Paneles Monofaciales que se pueden Reciclar			
Año	Cantidad	Año	Cantidad
2026	12.256	2032	9.221
2027	213.774	2033	253.665
2028	326.937	2034	30.676
2029	829.972	2035	1.854.002
2030	1.332.173	2036	1.281.860
2031	469.843	2037	1.220.848

Tabla 3: Cantidad aproximada de paneles solares monofaciales que se podrían reciclar en base a las condiciones seleccionadas para la Región de Antofagasta. Fuente: Elaboración Propia.

Para el año 2030 se generaría el primer peak de residuos fotovoltaicos en la segunda región, como se ha mencionado anteriormente en la **Tabla 2** y en conjunto con el **Anexo N°1** se puede estimar la cantidad de residuos por componente que se generarían ese año con los 1.332.173 de paneles solares monofaciales:

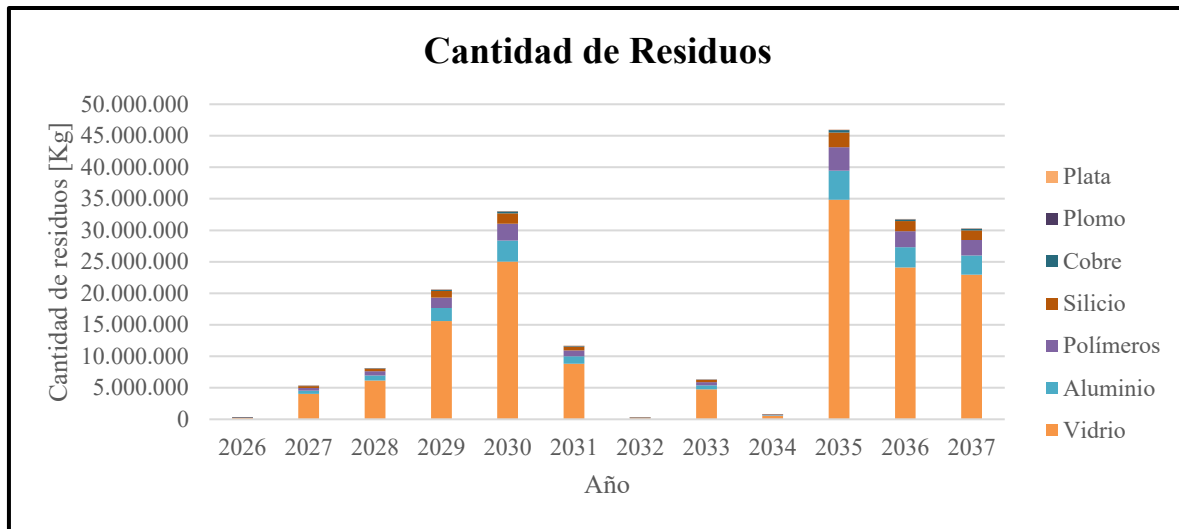


Gráfico 5 :Gráfico de la Cantidad de Residuos en kilogramo por componente de un panel solar monofacial que se generarían en los próximos años para la Región de Antofagasta. Fuente: Elaboración Propia.

Del mismo modo, en el año 2017 del Centro de Energía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (CE-FCFM) los investigadores y profesionales San Martín, Benavides y Moreno, desarrollaron un modelo que posee una base metodológica que proyecta para el año 2030 una generación nacional de residuos de 2.900 toneladas aproximadamente, a nivel de la Región de Antofagasta en el año 2024 se estimaba aproximadamente cerca de los 5.000 [MW] de capacidad instalada de parques fotovoltaicos. No obstante, al contrastarlo con las cifras anteriormente mencionadas en el punto 4.2.7 se observa que la capacidad instalada fotovoltaica no ha alcanzado lo proyectado en el año 2017 por los investigadores. En el caso de la proyección de la generación anual de los residuos de



paneles solares fotovoltaicos en el modelo propuesto por los investigadores fue de 40.860 toneladas, este último valor al compararlo a lo propuesto con anterioridad posee una diferencia aproximada de 7.000 toneladas. Estas diferencias se producen debido a que en se consideran restricciones o consideraciones distintas como la cantidad de paneles que en el estudio de modelación considera todos los tipos de paneles y en la **Tabla 3** y **Gráfico 5** se consideran solo los paneles monofaciales de la Región de Antofagasta. [109].

4.3 Reacondicionamiento de los Paneles Solares Fotovoltaicos

El reacondicionamiento o la reutilización son estrategias fundamentales dentro del marco de la economía circular, ya que, como se mencionó anteriormente es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes para poder maximizar su uso [117].

Llevando esto al contexto de los paneles solares fotovoltaicos, la reutilización o reuso se puede definir como la acción de utilizar el producto nuevamente sin involucrar un proceso productivo, siendo una de la opciones de mayor preferencia en la jerarquía de manejo de residuos, antes que el reciclaje o la eliminación [83]. El reacondicionamiento o reparación para su reutilización es el proceso que busca restaurar y reparar los paneles para poder extender su vida útil, ofreciendo soluciones sostenibles para proyectos secundarios y comunitario [80] [86].

Se asume que la gran mayoría de los paneles retirados anticipadamente de las plantas ya sea por no cumplir con los estándares operativos como la baja eficiencia o repotenciación



aún son funcionales y conservan un rendimiento alrededor del 70% al 95% de su capacidad nominal, lo que invita a analizar la posibilidad de un segundo uso [89].

4.3.1 Proceso de Reacondicionamiento

Para evaluar el estado y la calidad de los paneles solares fotovoltaicos se debe realizar en primer lugar, una inspección visual y seguido a esto se deben realizar distintas pruebas técnicas que se detallarán a continuación [48] [97]. Un estudio de módulos de segunda vida determina que la edad de un módulo es un factor importante e influyente para determinar su competitividad en costos y concluye que la edad máxima de viabilidad para poder reutilizar los módulos fotovoltaicos está situada entre los 10 y 12 años (Wendzich, 2020).

1. Inspección visual

En primer lugar, se debe verificar la existencia de posibles daños visibles como grietas en el vidrio o en el marco, corrosión o humedad en el interior del panel, daños visibles en el encapsulante y la caja de conexiones. Este procedimiento consiste en verificar todos los componentes del panel solar fotovoltaico y posteriormente dejar un registro de los resultados correspondientes. De la misma manera se debe dejar registrado la información de origen del módulo fotovoltaico como el nombre de la empresa, marca, modelo y fecha, con un equipo que permita tomar fotografías se va dejando registro si existe alguna falla [51].

2. Prueba de Aislamiento Eléctrico

Se realizan pruebas de aislamiento para poder detectar posibles fallos eléctricos o cortocircuitos en los módulos. Esta prueba se determina que el módulo necesita una resistencia mínima de $22[M\Omega]$. Referenciado los estándares de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61215-1 e IEC 61215-2 [60] [61] la medición de la aislación corresponde



a una prueba de seguridad para identificar posibles fugas de corriente. Los cables del módulo deben encontrarse en buen estado y contar con los respectivos conectores. El procedimiento como tal, consiste en conectar un megaóhmetro a los terminales del panel solar fotovoltaico y a su chasis, esto permite que evaluar la aislación entre la circuitería del módulo y el marco de aluminio respectivamente.

3. Prueba Eléctrica (Curva I-V)

Seguidamente, se debe realizar una evaluación de la curva corriente-voltaje para poder determinar la potencia de salida y poder compararla con las especificaciones originales del módulo. De esta manera se podrá determinar la eficiencia residual y la capacidad de generación de la energía. Esta medición se realiza de acuerdo con el estándar IEC 60904-1 usando instrumentos como los trazadores de Curva I-V la cual genera un barrido de la corriente en función del voltaje, irradiancia y la temperatura [50] [59].

4. Prueba de Electroluminiscencia

Finalmente, se realiza este test de electroluminiscencia basadas en el estándar IEC 60904-13 permite identificar ciertas fallas y degradaciones en los paneles solares fotovoltaicos que podrían ser significativas. El procedimiento consiste en excitar eléctricamente al panel solar fotovoltaico, utilizando una fuente externa de DC y fotografiarlo utilizando una cámara infrarroja en una habitación que esté completamente oscura para evitar el ruido del ambiente y poder captar la luminosidad que proviene del módulo fotovoltaico con una SNR (Relación señal/ruido) lo más alta posible [49].



4.4 Reciclaje de Paneles Solares Fotovoltaicos

El reciclaje se puede definir como el proceso de recolección y transformación de materiales para convertirlos en nuevos productos [13]. El reciclaje es una de las etapas importantes dentro de la economía circular, de esta forma esta es solo un aspecto más dentro de un conjunto mucho más amplio de estrategias disponibles para poder superar la economía lineal [83].

Con respecto al reciclaje de los paneles solares fotovoltaico el objetivo principal es reducir los desechos y transformar los elementos del producto en materia prima o en un nuevo producto.

4.4.1 Proceso de Reciclaje

El proceso de reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos se considera como una fase crítica dentro del ciclo de vida de las energías renovables en base a los principios de la economía circular. Estos al ser dado de baja por su utilidad operativa o por el fin de su vida útil se transforman en residuos electrónicos complejos que están compuestos principalmente de vidrio, aluminio, silicio, polímeros, cobre y plata. Si se realiza una gestión inadecuada se puede liberar metales pesados y distintas sustancias tóxicas, por lo que se necesita realizar un tratamiento especializado que permita recuperar los componentes valiosos y de la misma forma minimizar el impacto ambiental [139]. A continuación, se presentará las etapas de la cual constituye el proceso de Reciclaje [106] [115]:



1. **Desembalaje:** Esta etapa consiste en el proceso de retirar de manera manual o automáticamente el marco de aluminio de los paneles con la caja de conexiones del resto del panel [100].
2. **Delaminación:** Esta segunda etapa tiene como finalidad de separar el vidrio, las celdas solares, el encapsulante EVA y backsheet). La parte de separar el encapsulante es la parte más crítica del proceso de reciclaje debido a que este actúa como un adhesivo. La delaminación se pueden utilizar distintos métodos para poder remover el EVA y poder liberar los materiales internos del módulo. A continuación, se mencionarán los distintos métodos para esta parte del proceso [32] [53]:
 - ✓ **Delaminación Mecánica:** Este tipo de delaminación incluye la trituración, corte o molienda para que se pueda romper el laminado y de esta manera quede liberado el vidrio, polímeros y metales (Shin et al., 2017; Granata et al., 2014). Este proceso garantiza que es de bajo costo, pero una de sus desventajas es que genera mezclas de los componentes que posteriormente necesitan pasar por un proceso de separación.
 - ✓ **Delaminación Térmica:** Este método utilizan hornos o distintos procesos de combustión controlada para poder degradar el EVA y liberar el vidrio y las celdas fotovoltaicas (Monteiro et al., 2018). La gran desventaja que presenta este método es que su costo es elevado, es de alto consumo energético y genera grandes emisiones de contaminantes.
 - ✓ **Delaminación Química:** Este tipo de delaminación utiliza solventes orgánicos o reactivos como el ácido nítrico que se utiliza para disolver el EVA sin dañar las celdas fotovoltaicas (Doi et al., 2001; Suys, 2010). La ventaja de este método es que permite que se obtengan materiales de alta pureza y celdas fotovoltaicas reutilizables, por otra



parte, las desventajas que presenta es que utiliza sustancias peligrosas, sus costos son elevados y se necesita un tratamiento posterior de los residuos líquidos.

3. Separación de materiales y purificación: Como última etapa del reciclaje de los paneles. Para la separación de los metales se utilizan las siguientes tecnologías (Tao y Yu, 20115; Doni y Dughiero, 2012) [33] [122] [23]:

- ✓ **Separación Electroestática:** Según la conductividad eléctrica permite separar el cobre, silicio y la mezcla de los polímeros con el vidrio.
- ✓ **Separación por Densidad:** Utiliza distintos fluidos de densidades intermedias para poder separar los polímeros, vidrio y el silicio.
- ✓ **Separación Óptica:** Para este tipo de separación se utilizan sensores de color para poder diferenciar el vidrio de los fragmentos de las celdas fotovoltaicas.

Por otro lado, para la purificación de los metales se emplea ya sea la hidrometalurgia o la pirometalurgia.

- ✓ **Hidrometalurgia:** Utilizan la lixiviación, extracción por solventes y la electrorrefinación. Esta es una de las técnicas empleadas en la minería Chilena para el cobre y se adapta para el reciclaje de los paneles fotovoltaicos (Shin et al., 2017).
- ✓ **Pirometalurgia:** Este tipo de purificación de metales consiste en fundir los materiales para poder separarlos con diferencias de densidad y puntos de fusión.



4.4.2 Situación en Chile con respecto al Reciclaje y Reacondicionamiento de los Paneles Solares Fotovoltaicos

En nuestro país el reciclaje y reacondicionamiento de los paneles solares fotovoltaicos ha ido avanzando de manera positiva en los últimos años, debido a que, ha habido un auge con respecto a la expansión de la energía solar, por ende, se generará un aumento en los módulos en desuso y con ello cumplir las obligaciones establecidas en la Ley REP para los Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

En Chile no existe una ruta clara para el reacondicionamiento y reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos, es por esto que muchas empresas desechan los módulos y estos terminan deteriorándose o siendo descartados [84]. De la misma manera las grandes plantas fotovoltaicas presentan problemas en la trazabilidad de la información completa de los paneles solares fotovoltaicos, es decir los años de operación de los módulos, si presento fallas durante su operación, si fue reparado, etc. [48].

Siguiendo el modelo de la economía circular, este busca mantener los componentes en uso el mayor tiempo posible mediante distintas estrategias para el reúso, reciclaje, recuperación y disposición final (Solar Circular, 2025). En la Región de Antofagasta se han establecidos protocolos de diagnóstico, reacondicionamiento y guías técnicas para habilitar una segunda vida de los paneles funcionales o reparables antes de que estos sean reciclados. [48][90]. Con respecto al reciclaje, algunas de las empresas que se conocen a gran escala son:



✓ **Solar Recycling**

Se encuentra ubicada en Viña del Mar y fue fundada en el año 2021, esta empresa logra recuperar de los paneles solares fotovoltaicos el vidrio, el silicio y metales raros que provienen de los módulos. De la misma manera comercializa los materiales reciclados de alta calidad e incorpora la trazabilidad de los residuos en el Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER) [118].

✓ **Hidronor**

Ubicada en la Región de Antofagasta ofrece servicios de manera integral con respecto al manejo, tratamiento y disposición de los residuos industriales, peligrosos y domiciliarios. Dentro de lo que la empresa ofrece e la revalorización y reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos cumpliendo de esta manera con la normativa vigente [57] [58].

✓ **Pañiwe**

Esta empresa se encuentra ubicada en la Región Metropolitana en la comuna de Pudahuel, se especializan en el reciclaje y gestión autorizada de los residuos electrónicos, ferrosos y no ferrosos incluyendo los paneles solares fotovoltaicos [95].

✓ **Planta de Reciclaje Empresa Affal**

Esta será la primera planta industrial de reciclaje de los paneles solares en Chile, en la cual el inicio de su construcción está previsto para el segundo semestre del año 2026. La planta contará con tres líneas de reciclaje con una capacidad total de procesar hasta 345.000 módulos solares al año y de la misma manera constará con una línea de reparación y reacondicionamiento de los paneles solares fotovoltaicos [96].

5 Marco Regulatorio y Normativo en Chile

Es de suma importancia tener en cuenta el desarrollo en soluciones para la gestión de residuos fotovoltaicos en la Región de Antofagasta se encuentra condicionado por un marco legal que se ha transitado desde un enfoque lineal hacia una economía circular. Dentro de las normativas existentes están:

- **Responsabilidad Extendida del Productor y Gestión de Residuos**

Esta es la Ley N°20.920, más conocida como La Ley REP, esta establece la gestión de los residuos, la cual se busca sancionar a las empresas y/o personas que contaminen, obligando de esta manera a los productores e importadores de productos prioritarios a organizar y financiar una correcta gestión de los residuos derivados de estos mismos (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Dentro de esta normativa los paneles solares fotovoltaicos se encuentran dentro de la clasificación de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE). La Ley genera una obligación jurídica que aseguran el flujo de materiales hacia instalaciones de valorización y la Superintendencia del Medio Ambiente tiene el poder de fiscalizar y sancionar el incumplimiento de las metas de recolección [86].

- **Ley Marco de Cambio Climático**

La Ley N°21.445 establece como meta nacional de alcanzar la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero a más tardar para el año 2050 (Ministerio del Medio Ambiente, 2022). Esta Ley mandata la creación de instrumentos de gestión a niveles sectoriales como regionales. El reciclaje de los módulos fotovoltaicos reducen la huella de carbono asociadas a la extracción de las materias primas y asegura que la transición energética de Chile sea sostenible en todo el ciclo de vida, de este modo alineándose con las directrices de los Planes de Acción Regional de Cambio Climático [87].



- **Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040**

A nivel de política pública, esta hoja de ruta define las metas a largo plazo para la transformación productiva del país, se busca que la economía circular sea un modelo de desarrollo predominante (Ministerio del Medio Ambiente, 2020). Dentro de los objetivos que se plantean en esta hoja de ruta está la valorización de los materiales reciclados y la reducción de vertederos de residuos, el aumento de la tasa de reciclaje, aumento de empleos verdes, etc. [87].

- **Marco Sanitario para Residuos Peligrosos**

Este corresponde al Decreto Supremo N°148 en la cual reglamenta el manejo de los residuos peligrosos. Este reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínima a la que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reúso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de residuos peligrosos [85].



6 Alcance

El presente estudio tiene como propósito evaluar la viabilidad de implementar una empresa dedicada al reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos en la Región de Antofagasta. Se escogió esta ubicación debido a que la región representa unos de los niveles más altos de irradiancia solar en Chile, lo que la convierte en un punto estratégico para el desarrollo de proyectos asociados a la energía solar.

Esto busca determinar la factibilidad técnica y económica de esta iniciativa, considerando el crecimiento sostenido a través de los años de la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica y por ende el crecimiento de los residuos generados al finalizar su vida útil o al finalizar su tiempo en una empresa al a no cumplir con los estándares de operación y funcionamiento. En este contexto, la propuesta aborda los principios de la economía circular donde se propondrá una planta de reciclaje que ayudaría a disminuir los impactos ambientales dando una valorización a materiales secundarios, aumentando la tasa de reciclaje y cumpliendo con el marco regulatorio correspondiente a la Ley REP.

En términos operativos, el estudio se evaluará el proceso para la recuperación de algunos componentes presentes en los paneles, tales como el vidrio, el aluminio, silicio y cobre, el propósito de esto es su posterior venta, favoreciendo la sustentabilidad local y disminución de los residuos de los paneles solares fotovoltaicos.



7 Metodología

Para el desarrollo del presente estudio se aplicará una metodología analítica y cuantitativa, que está orientada a evaluar la viabilidad técnica y económica de la implementación de una planta que se dedicará al reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos en la Región de Antofagasta.

En primer lugar, se efectuará un análisis del macro y microentorno, con la finalidad de entender el contexto general y específico en la cual se desarrollará el proyecto. En el análisis del macroentorno se considerarán las variables económicas, sociales, políticas, tecnológicas, ecológicas y legales (Modelo PESTEL), por otro lado, con respecto al microentorno se centra en la estructura competitiva del sector, como los proveedores, los clientes y los potenciales competidores (Modelo 5 fuerzas de Porter). Este diagnóstico permitirá disponer de una visión estratégica del negocio, identificando las oportunidades y amenazas, estableciendo los lineamientos para la propuesta de valor que orientará el modelo de negocios.

En segundo lugar, se utilizará la herramienta de Modelo de Negocios Canvas, con la finalidad de definir los elementos esenciales que componen el proyecto como las actividades claves, clientes, propuesta de valor, recursos clave, etc. Esta herramienta permite que visualmente sea sencillo de entender integrando la operación propuesta y alineando los elementos comerciales, operativos y técnicos del proyecto.

Finalmente, para el estudio económico se realizará un flujo de caja en base a la inversión inicial requerida, ingresos y costos estimados que tendría la planta con respecto al reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos y de esta manera ver si es rentable el modelo de negocios propuesto. La evaluación de este se realiza mediante los indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (Payback).

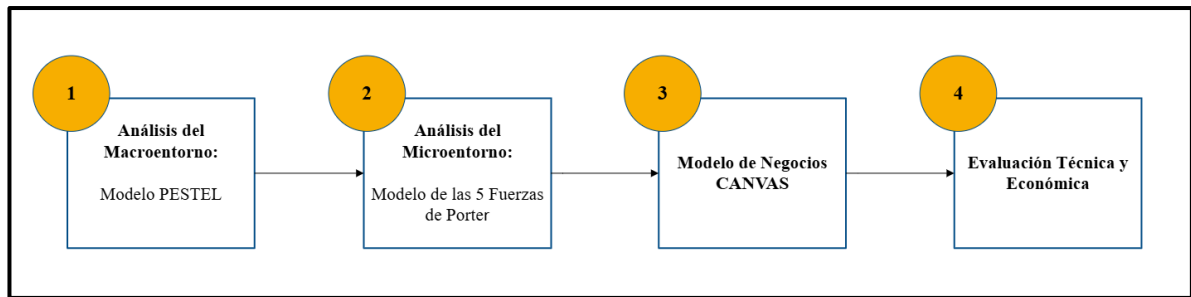


Ilustración 6: Diagrama de la metodología propuesta. Fuente: Elaboración Propia.



8 Desarrollo

En este apartado se presenta el desarrollo de la metodología propuesta para evaluar la viabilidad del proyecto de una Planta de Reciclaje de Paneles Solares Fotovoltaicos en la Región de Antofagasta. Para esto se realiza un análisis del macro y microentorno a través de los modelos PESTEL y las Cinco Fuerzas de Porter, la estructuración de un Modelo de Negocios Canvas y finalizando con una Evaluación Económica del Proyecto.

Asimismo, dentro de este análisis se estima la demanda, la inversión, los costos y los ingresos proyectados elaborándose un Flujo de Caja que permite calcular los indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (Payback). En base a los resultados obtenidos se puede determinar la factibilidad y sostenibilidad del modelo de negocios.

8.1 Análisis del Macroentorno: Modelo PESTEL

El modelo PESTEL es una herramienta importante dentro de la planificación estratégica, se utiliza para identificar y analizar los factores externos a un nivel más macro que influyen sobre el negocio. El acrónimo PESTEL se refiere a los factores de la dimensión macroeconómica de una empresa. A continuación, se presenta el análisis de los distintos factores que influyen en el rubro de reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos.



8.1.1 Factores Políticos

En Chile se ha avanzado en la construcción con respecto al marco legislativo orientado a la transición energética y gestión sustentable de residuos. La Ley N°20.920 de la Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP), promueve que los productores asuman la responsabilidad por la recolección y valorización de los productos al final de su vida útil. Esto implica obligaciones para los productores, importadores y gestores de estos paneles solares fotovoltaicos generando un entorno regulatorio favorable para empresas que se quieran enfocar en el reacondicionamiento y reciclaje de estos.

La Agenda de Energía 2022-2026 propuesta por el Ministerio de Energía establece lineamientos para una transición social y ecológica de manera justa, inclusiva y descentralizada. Esto ayuda a fortalecer las políticas públicas que fomentan las energías limpias y a la economía circular. Siguiendo la misma línea, la Hoja de Ruta para un Chile circular al 2040 y el Programa Territorio Circular 2025-2030, estos son impulsados por la Corporación de fomento de la Producción (CORFO) y el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), buscando consolidar el ámbito público-privado fomentando la innovación y la creación de nuevos empleos verdes [83] [86].

Otro factor importante para considerar en este período de tiempo es el cambio de Gobierno que se tendrá a partir de marzo del año 2026, debido a que esto genera incertidumbre para el proceso y ritmo de la implementación, valorización y fiscalización de las políticas, objetivos y metas públicas con respecto a la economía circular.



8.1.2 Factores Económicos

La inflación anual en Chile se mantiene por encima de la meta del Banco Central (sobre el 3%). La inflación moderada pero persistente ha implicado que los costos de operación, mano de obra, transporte, insumos importados y servicios tengan una tendencia a la alza, lo que podría aumentar los costos de operación del reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos [9][11].

De la misma manera el precio de inversión de la energía solar fotovoltaica ha ido disminuyendo en el tiempo. De acuerdo con la organización International Renewable Energy Agency (IRENA) en el año 2000 el precio por módulo solar fotovoltaico era de \$6.29[USD/W] y para el año 2024 el precio es de \$0.26[USD/W] por lo que hubo una variación del 96% a la baja respectivamente. Esto se debe a que se han reducido los costos de producción de los mismos módulos fotovoltaicos. Esto genera que haya un mayor volumen en el mercado con respecto a los paneles solares fotovoltaicos y por ende una mayor cantidad de residuos al final de la vida útil de estos [68] [105].

En Chile se estima que la valorización de los residuos de paneles solares podría llegar a generar beneficios económicos de aproximadamente 29 millones de dólares y de la misma forma la creación de 6.700 empleos verdes en los próximos años (Ministerio de Energía, 2020) [104].



Durante los últimos años ha habido un aumento en los precios de los componentes reciclados, tales como los del vidrio, aluminio, cobre y silicio. Esto se debe al aumento de la oferta de estos componentes y además de que cada vez se valoriza más los componentes reciclados que conservan sus propiedades. Del mismo modo se debe tener consideración que los precios de estos pueden ser muy volátiles al tipo de cambio y a la oferta y demanda de cada componente.

8.1.3 Factores Socioculturales

En los últimos años, la población en Chile se ha desarrollado una cultura ambiental más consciente y responsable con un creciente interés en actividades y prácticas sostenibles sobre la economía circular. La Hoja de Ruta destaca la importancia de la “Cultura Circular”, que se entiende como un cambio en los hábitos de consumo y en la percepción del residuo como un recurso [86].

Demográficamente la Región de Antofagasta presenta una de las condiciones más importante, lo que hace que esta sea un privilegio, debido a que, presenta la mayor irradiancia solar del país, superando los $2.800 [KWh/m^2]$ al año, lo que hace que esta región sea estratégica para la generación solar. En este contexto se propicia la instalación de paneles solares fotovoltaicos y por ende la generación de un volumen considerable de paneles a reciclar o a reacondicionar [107]. Documentos técnicos del CDEA-UA (Centro Desarrollo Energético Antofagasta - Universidad de Antofagasta) resaltan esta condición con relevancia para el desarrollo y ejecución de los proyectos solares y a la vez, para la generación significativa de módulos al final de su vida útil [131].



A medida que se fortalezca la cultura de una responsabilidad ambiental y que la ciudadanía aumente en su participación con respecto a temas de sostenibilidad ofrece un entorno sociocultural favorable para la aceptación de empresas que promuevan el reacondicionamiento, reutilización y reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos.

8.1.4 Factores Tecnológicos

Dentro de los factores tecnológicos a considerar es la maquinaria que se necesita para el desmontaje, separación y tratamiento de materiales. En la actualidad se buscan los procesos menos invasivos y dañinos para el medio ambiente y las personas, es por esto que una de las plantas reconocidas es First Solar en el país de Estados Unidos que logra recuperar hasta el 90% de los componentes, lo que demuestra el potencial tecnológico que se podría instalar en Chile. En China empresas como Suny Group y Xrido Group fabrican máquinas para el reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos, de los cuales en base a su tecnología se puede recuperar alguno de los componentes que la componen como el aluminio, cobre, silicio, plástico y vidrio [121].

Asimismo, la adopción de sistemas de trazabilidad digital del Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER) y del análisis de ciclo de vida de los paneles, permitirá mejorar la gestión integral de los residuos, garantizando la transparencia y eficiencia en los procesos [28][48].



8.1.5 Factores Ecológicos

El reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos contribuye de manera directa en la mitigación de impactos ambientales y la conservación de los recursos naturales, los componentes que poseen mayor peso son el vidrio y aluminio, además estos son los materiales más altamente reciclables y que ayudan a minimizar los residuos enviados a rellenos sanitarios.

De la misma manera en Chile la Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040, busca consolidar un modelo productivo que potencia la protección de los ecosistemas, la reducción de emisiones y la creación de nuevos empleos verdes avanzando hacia un país más sustentable [78][83].

La empresa China Trinasolar produce el primer módulo fotovoltaico de silicio totalmente reciclado, utilizando silicio, marcos de aluminio y vidrio recuperados del proceso de reciclaje [125].

8.1.6 Factores Legales

Dentro de la normativas chilenas existen algunas leyes que ayudan a reforzar la sostenibilidad y la gestión responsable de residuos. Una de ellas es la Ley N°20.920 de Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP) cuenta con especificaciones para los productores y el cumplimiento de metas de recolección y valorización bajo la supervisión de la Superintendencia del Medio Ambiente. Sin embargo, en la actualidad no existe ningún documento oficial por parte del Ministerio del Medio Ambiente con respecto a los



procedimientos de reutilización y reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos, además este Ministerio se encarga de fiscalizar esta Ley [86].

De la misma manera, la Ley N°21.455 de Marco de Cambio Climático consolida los compromisos del país con la neutralidad de carbono al año 2050, esto impulsa los instrumentos de regulación, incentivos económicos y programas de trazabilidad que favorecen la implementación de modelos económicos circulares para el sector fotovoltaico [87].

En síntesis, el análisis PESTEL deja en evidencia que con respecto al reciclaje de los paneles solares presenta un entorno altamente favorable, que a pesar de que no exista un documento oficial con respecto a los procedimientos y condiciones que se deban cumplir con respecto al reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos hay políticas públicas que promueven la transición energética y la economía circular con el fin de disminuir la cantidad de residuos, es por esto que la Ley REP y la Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040 publicada por el Ministerio del Medio Ambiente establece obligaciones y oportunidades que ayudan a fortalecer la demanda por servicios de valorización de los residuos solares.

Del mismo modo, la creciente capacidad solar instalada y, por ende, el aumento exponencial de desechos, en conjunto de la existencia de tecnologías que permitan valorizar componentes reciclados y tener una trazabilidad de los residuos permite que esto sea viable.



Finalmente, la sociedad en la actualidad ha aumentado en ella la conciencia por el cuidado del medio ambiente y adoptar nuevas prácticas del reciclaje y/o circulares, sumándole a esto las condiciones climáticas que se presenta en el norte de nuestro país, se consolida una estrategia para desarrollar un negocio especializado en la gestión responsable y sustentable de los residuos de los módulos fotovoltaicos.

8.2 Análisis del Microentorno: 5 Fuerzas de Porter

Esta herramienta se utiliza para encontrar las fortalezas y amenazas existentes en el mercado, con la finalidad de poder tomar decisiones y poder lograr la sostenibilidad de una empresa (Espinoza Mina, M. A., & Espinoza Gallegos, M. D, 2020). En este caso particular para analizar el microentorno veremos el mercado del reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos en la Región de Antofagasta:

8.2.1 Amenaza de Entrada Nuevos Competidores

En Chile el crecimiento de los parques o plantas fotovoltaicas ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años tal como se puede ver en los **Anexos N°7, 8, 9 y 10**. Este crecimiento se debe a la ventaja demográfica que se tiene en el norte del país, especialmente en la Región de Antofagasta y además los costos de inversión de los paneles ha disminuido de tal manera que es más accesible para las empresas y las personas.

Si bien, el reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos sigue siendo un mercado nuevo en el país, con incertidumbre y del mismo modo, resulta emergente a nivel nacional. En la actualidad Chile no cuenta con una regulación y protocolo claro con respecto al



reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos (ACESOL², 2025) [6], es por esto que el mercado se puede mostrar como algo inseguro y como barrera de entrada para nuevos competidores, debido a que se necesita equipamiento especializado, capital humano y económico y además la capacidad de gestionar de manera correcta los residuos.

Se concluye que la entrada de nuevos competidores en de carácter bajo, debido a que si bien hoy en día no hay empresas en la Región de Antofagasta que lideré el mercado del reciclaje de los módulos fotovoltaicos, existe solo se encuentra la empresa Hidronor que gestiona los residuos de manera general. Si resulta ser un mercado bastante atractivo para las grandes empresas por la oportunidad que se tendrá a partir desde el año 2030 que se presenciara el primer peak de residuos de los paneles.

8.2.2 El Poder de los Proveedores

En la Región de Antofagasta los proveedores de los paneles solares fotovoltaicos presentan un alto poder. En este caso se analiza como proveedores aquellos que poseen paneles solares que estén o a prontas de estar en desuso. Actualmente en la región hay más de 10.000.000 de paneles solares fotovoltaicos en operación, esto solo considerando los parques y centrales fotovoltaicas (**Anexo N°1**), en esta cantidad mencionada no se consideran las mineras que dentro de sus instalaciones poseen módulos fotovoltaicos, las pequeñas, medianas empresas y viviendas que poseen paneles solares para su alto consumo. Del mismo modo, en el mes de Septiembre del 2025 se registraron 2 proyectos de parques fotovoltaicos en la comuna de Antofagasta que están en estado de prueba (Ministerio de Energía, 2025),

² ACESOL es la Asociación Chilena de Energía Solar [7].



estos son Andes III- Etapa 1 con una capacidad de 200 [MW] y la Planta Fotovoltaica Pangui con una capacidad de 9[MW]. Finalmente se tiene registro de 5 parques fotovoltaicos que se encuentran en fase de construcción como el Parque Fotovoltaico Gabriela en la comuna de Sierra Gorda con una capacidad de 220[MW], Lince Solar ubicada en la comuna de Antofagasta con una capacidad de 9[MW], Estepa Solar en la comuna de María Elena con una capacidad de 220[MW], Cristales en la comuna de Antofagasta con una capacidad de 400[MW] y Ckontor igualmente ubicada en la comuna de Antofagasta con un capacidad de 9[MW] [81].

En base a lo anterior se puede definir que el poder de los proveedores es alto debido a la cantidad de paneles solares que se tiene actualmente en la Región de Antofagasta y además la incorporación de nuevos parques y centrales de paneles fotovoltaicas para los próximos períodos.

8.2.3 El Poder de los Compradores

En la segunda región se ubica principalmente empresas que reciclan aluminio, cartón, plástico y vidrio. En la cual la empresa “Excedentes DSY” ubicada en la ciudad de Antofagasta compra aluminio que sería recuperado del reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos respectivamente.

De manera negativa no se encuentra ninguna empresa que compre vidrio, cobre y silicio reciclado en la región, es por esto que se tiene que enviar estos componentes recuperados a otras regiones. En la Región Metropolitana con respecto al vidrio la empresa



“Cristal Toro” compra vidrio reciclado de los paneles solares, del mismo modo las empresas recicladoras como “San Francisco” y “Recicla2 Chile” compran cobre y aluminio reciclado. El silicio es el único componente reciclado de los paneles solares fotovoltaicos que no se compra en Chile, por lo que su venta tiene que ser a países de Europa o China que utilizan este silicio para la construcción de nuevos módulos fotovoltaicos. Por todo lo detallado anteriormente decimos que el poder de los compradores es bajo en la Región de Antofagasta, pero tiene oportunidades de venta en la Región Metropolitana con respecto al cobre y el vidrio y al extranjero en el caso del silicio.

8.2.4 La Amenaza de los Sustitutos

Lo que se ofrece en este caso es el servicio de reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos. En este ámbito la amenaza de productos sustitutos sería la disponibilidad y el costo de las materias primas vírgenes, es decir, del aluminio primario, el vidrio virgen y el cobre de manera refinada, este último se encuentran de manera presente en la región de Antofagasta que se caracteriza por la actividad minera. Esto llevaría a que las empresas quieran adquirir componentes que han sido recuperados del proceso de reciclaje.

Con respecto a la disposición final de los módulos fotovoltaicos existen empresas en las cuales gestionan residuos triturándolos por completo sin tener un mayor cuidado con respecto a la valorización de los componentes que se podrían reutilizar, esta actividad si bien es más económica es menos sostenible que reciclar de manera correcta.



En síntesis, la amenaza de sustitutos es media debido a la disponibilidad de productos vírgenes a un bajo o igual costo y la existencia de opciones de disposición no valorizada que compite de una manera directa con el proceso de reciclaje. Sin embargo, a futuro se esperaría que el poder de amenaza de los sustitutos vaya incrementando con el tiempo, esto debido a que el mercado o rubro del reciclaje resulta atractivo para invertir, por ende, existirán más empresas que ofrezcan este tipo de servicio del reciclaje de los módulos fotovoltaicos y venta-compra de los componentes recuperados del proceso de reciclaje. Del mismo modo el precio de los componentes vírgenes ya sea el vidrio, aluminio, cobre y silicio sus costos de producción pueden reducir debido a los avances tecnológicos que se puedan presentar haciendo este factor más relevante que la valorización de los componentes reciclados.

8.2.5 Rivalidad Entre los Competidores Existentes

En la ciudad de Antofagasta se encuentra el Centro de Desarrollo Energético Antofagasta (CDEA-UA), este centro se ha focalizado en impulsar la innovación, desarrollo e investigación aplicada en temas que tienen relación con las necesidades energéticas. Cuentan con un laboratorio de inspección de módulos fotovoltaicos donde realizan pruebas para poder conocer el estado de estos, esta serie de pruebas permite identificar si el dispositivo es capaz de convertir la energía solar en electricidad con una eficiencia y seguridad aceptable para su reacondicionamiento y posteriormente ser reutilizado [18].



En cuanto al reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos en la Región de Antofagasta se cuenta con la empresa Hidronor que gestiona los residuos de distintos tipos una pequeña parte de esto son los paneles solares fotovoltaicos por lo que con respecto a este rubro se presenta un poder de la competencia baja.

Con respecto al análisis del microentorno se puede decir que con respecto al sector del reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos para la Región de Antofagasta se presenta un escenario favorable. En cuanto a la amenaza de nuevos competidores es baja debido a que este rubro aún no se encuentra altamente desarrollado, aunque de igual forma se presentan barreras para el ingreso inmediato de nuevos actores debido a las tecnologías y la inversión inicial que se requiere. Por otro lado, los proveedores poseen un poder elevado dado que, en la Región de Antofagasta a futuro se encontrarán muchos módulos que estarán en desuso ya sea de los parques fotovoltaicos, las mineras, pequeñas y medianas empresas y las mismas viviendas que tengan instalados los paneles solares fotovoltaicos. Los compradores poseen un poder bajo debido a que en la región se podría comercializar solo el aluminio, teniendo que vender a empresas ubicadas en la región metropolitana el cobre y el vidrio y finalmente exportar el silicio a China o Europa. Finalmente, con respecto a la rivalidad entre competidores es reducida debido que actualmente en la región, no hay como tal una planta de reciclaje que solo gestione los residuos de los paneles solares fotovoltaicos, en cambio con respecto al reacondicionamiento se encuentra el CDEA-UA³ que realiza procedimientos para darle una segunda vida a estos módulos.

³ Centro de Desarrollo Energético Antofagasta- Universidad de Antofagasta [31].



Es por esto que podemos decir que el mercado con respecto al reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos sería emergente con un alto potencial debido al crecimiento esperado de desechos y por ende, sería una gran oportunidad de entrar al mercado del reciclaje de estos antes de que sea el primer peak de residuos de los módulos fotovoltaicos.

8.3 Modelo de Negocios CANVAS

El modelo de negocios CANVAS es una herramienta que permite realizar un análisis de las ideas de negocios. Fue desarrollada por Alexander Osterwalder en el año 2004. Esta herramienta describe de una manera más sencilla y lógica de como las organizaciones crean, entregan y capturan valor (Ferreira-Herrera, D.C, 2015). A continuación, se presenta el modelo de negocio para el reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos.

8.3.1 Segmentos de Clientes

Se identificarán como principales clientes aquellos actores que generen desechos o residuos de módulos fotovoltaicos que estén fuera de uso que requiere de una gestión trazable y alineada con la normativa ambiental vigente.

En este caso analizaremos a empresas que pueden ser Early Adopters. Los parques y las centrales fotovoltaicas en la Región de Antofagasta calza perfectamente como este tipo de clientes, estas son fundamentales debido a que existen plantas de mediana y gran escala, por ende, a futuro van a generar una parte importante de residuos fotovoltaicos. Estas empresas tienen que cumplir la normativa de la Ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor) y la trazabilidad y reportabilidad de estos residuos con el Ministerio del Medio



Ambiente a través del sitio web de Ventanilla Única del RECT (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes) [88].

8.3.2 Socios Claves

Estos agentes serán aquellos que ayuden a sostener la correcta operación de la Planta de Reciclaje de los Paneles Solares Fotovoltaicos. Las empresas recicladoras de aluminio, vidrio, cobre y silicio serán en parte nuestros grandes aliados estratégicos debido a que estas nos permitirán darle una valorización a los componentes recuperados en el proceso de reciclaje para que sean comercializados garantizando que estos ingresen a las cadenas productivas secundarias, ayudando al enfoque de la economía circular.

Del mismo modo, los inversionistas es crucial para poder obtener un capital inicial o a futuro un apoyo en el crecimiento de la Planta de Reciclaje a través de la adquisición de nuevas maquinarias o expansión de la infraestructura.

Para los primeros años productivos de la Planta de Reciclaje es crucial contar con la asesoría legal adecuada para mantenerse al tanto con las normativas vigentes, apoyo en la credibilidad frente a los clientes y reducir obviamente los riesgos legales que puedan surgir, como la mala gestión de los residuos en base a lo establecido por la Ley REP.

Las entidades gubernamentales como las Municipalidades de la Región de Antofagasta o el Gobierno Regional (GORE) es de mucha importancia. Esto debido a los diferentes programas como el denominado “Casa Solar Social Región de Antofagasta” o el



subsidio de “Energía solar para tu Vida” de la Municipalidad de Calama en la cuales entregan módulos solares fotovoltaicos a viviendas, después de su instalación a futuro se convertirán en residuos, por lo que al tener esta alianza con anterioridad garantizaría un ingreso a futuro para la Planta de Reciclaje [4] [91].

Finalmente, otro socio estratégico sería la Centro de Desarrollo Energético Antofagasta- Universidad de Antofagasta (CDEA-UA) en conjunto con el proyecto de “Solar Circular”, que si bien se han enfocado en el reacondicionamiento de los paneles solares tal como se menciona en su documento de “Guía Técnica para decomisionamiento, almacenamiento, manipulación y uso de módulos fotovoltaicos de 2da vida” que ellos no consideran para el reacondicionamiento aquellos paneles solares que hayan tenido una vida operativa mayor de 12 años dado que no es rentable para ellos [48], por tanto los módulos que no sean considerados por parte de ellos son un ingreso para el proceso productivo de la Planta de Reciclaje.

8.3.3 Propuesta de Valor

Con respecto a la propuesta de valor de la Planta de Reciclaje de los Módulos Fotovoltaicos es ofrecer un servicio integral y enfocado en gestión y valorización de los paneles solares fotovoltaicos en desuso de la Región de Antofagasta, con la finalidad de garantizar el cumplimiento correspondiente a la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor, reduciendo la contaminación ambiental y fortaleciendo el desempeño sostenible de las empresas.



El servicio que se ofrece contempla el retiro, reciclaje de los módulos fotovoltaicos (gestión del residuo) recuperando el vidrio, aluminio, cobre y silicio que compone el módulo fotovoltaico y además la elaboración de un informe que ayude a las organizaciones cumplir con los sistemas de trazabilidad con respecto a la gestión de los Residuos. De esta manera, la Planta de Reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos no solo ofrece una solución estratégica con respecto a la gestión de los residuos, sino, que contribuye a la economía circular y ayuda a la mejora de los indicadores Environmental, Social y Governance (ESG) de los clientes como la tasa de reciclaje y la cantidad de residuos totales generados por año.

8.3.4 Canales

Con respecto a los canales se hacen referencia a los medios de comunicación en la cual la Planta de Reciclaje comunica la propuesta de valor, estableciendo contacto con los clientes para concretar el servicio ofrecido. Para poder llegar a los clientes y darse a conocer será por medio de:

- Un sitio web corporativo que será un canal de información y de respaldo para la planta de reciclaje.
- Marketing digital orientado a que sea a través de publicaciones en las redes sociales, subiendo contenido con respecto a la economía circular, normativas ambientales y del servicio que ofrece la Planta de Reciclaje de módulos Fotovoltaicos.
- Participar en ferias y eventos como en la feria minera y energética “EXPONOR” para poder darse a conocer, generar contactos directos y establecer posible alianzas con actores claves del sector.



8.3.5 Relación con los Clientes

Esto es fundamental para lograr confianza y estabilidad con los clientes. Esta relación debe ser de carácter formal y de largo plazo para garantizar la continuidad operativa y la generación de valor sostenible. Dado que nuestros clientes corresponden a los parques o centrales fotovoltaicos la estructura que debe tener esta relación debe ser por medio de un contrato del servicio ofrecido, con acuerdos y seguimiento permanentes de estos. La Planta de Reciclaje dentro de sus servicios ofrece la entrega de reportes de trazabilidad con respecto a la gestión de los residuos tratados fortaleciendo que los clientes puedan cumplir con la normativa vigente y el seguimiento de los indicadores Environmental, Social y Governance (ESG). De esta manera la relación con el cliente se configura como una alianza estratégica al cumplimiento de la normativa ambiental, en la cual el cliente externaliza la gestión de sus residuos fotovoltaicos reduciendo los riesgos legales y reputacionales, asegurando de este modo su compromiso con la economía circular y la sostenibilidad corporativa de la organización.

8.3.6 Actividades Claves

Dentro de las actividades claves del servicio ofrecido, en primer lugar, es el retiro de los módulos fotovoltaicos y el transporte de manera adecuada de estos. Seguidamente una vez que los paneles solares fotovoltaicos lleguen a la Planta de Reciclaje se debe tener una recepción adecuada para que luego estos módulos fotovoltaicos puedan ser reciclados en la máquina de reciclaje recuperando el aluminio, vidrio, cobre y silicio. Además, la elaboración de informe de trazabilidad de la gestión de los residuos se debe tener en detalle la cantidad de paneles solares fotovoltaicos recibidos, la cantidad de aquellos que pasaron por la máquina



de reciclaje y la cantidad recuperada de este proceso de reciclaje de cada componente. Finalmente, la venta del vidrio, aluminio, cobre y silicio reciclados es de suma importancia para la viabilidad económica de la Planta de Reciclaje y está en alineamiento con la economía circular a darle una valorización a estos componentes.

8.3.7 Recursos Claves

Los recursos claves para el funcionamiento de una Planta de Reciclaje de módulos fotovoltaicos se encuentra:

- La infraestructura. Esta debe ser adecuada para la recepción, almacenamiento y el proceso de reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos.
- Se requiere una maquinaria especializada y segura para la separación de los materiales que componen el módulo fotovoltaico.
- Para el transporte se necesita un camión adecuado para el transporte seguro y apropiado para los paneles solares fotovoltaicos.
- Se necesita personal capacitado en paneles solares fotovoltaicos y en la operación de la máquina de reciclaje de estos módulos. De la misma forma se requieren profesionales con conocimientos en la normativa ambiental, gestión documental y desarrollo en el área comercial.



8.3.8 Estructura de Costos

En la estructura de costos, se encuentran los costos fijos y variables. Con respecto a los costos fijos encontramos el arriendo de la infraestructura, la mantención de la máquina de reciclaje, los servicios básicos (agua y electricidad), las remuneraciones de los trabajadores y los sacos para guardar los componentes recuperados del proceso de reciclaje. Con los costos variables encontramos el costo del combustible líquido, debido a que este va a depender de la cantidad de veces que se llene el estanco del camión seleccionado.

8.3.9 Fuentes de Ingresos

Las fuentes de ingreso del modelo de negocio se obtendrá a través del servicio ofrecido del retiro de paneles solares fotovoltaicos y el informe de Gestión de Residuos de estos. Del mismo modo, se obtendrán ingresos con la venta de los componentes recuperados en el proceso de reciclaje (vidrio, aluminio, cobre y silicio), los cuales ingresarían en las cadenas productivas secundarias reforzando de este modo la economía circular.



8.4 Estudio Económico

8.4.1 Estimación de la demanda

Para determinar la posible demanda de los paneles solares fotovoltaicos de la Región de Antofagasta, en primer lugar, se estimó la cantidad de paneles instalados en la región. Tal como se muestra en el **Anexo N°1**. A partir de la información recopilada por las empresas de las plantas fotovoltaicas, Comisión de Nacional de Energía, Ministerio de Energía y el Coordinador Eléctrico Nacional se estima que en la segunda región hay 10.478.532 paneles solares en operación, considerando exclusivamente aquellos instalados en parques y centrales fotovoltaicas. Para el desarrollo del presente proyecto, se consideran únicamente los paneles solares monofaciales tanto policristalino como monocristalino debido a que estos corresponden a la tecnología mayoritariamente instalados en la región. Este conjunto de módulos representa una cantidad estimada de 8.410.635 paneles solares fotovoltaicos. Adicionalmente, este tipo de paneles presenta menores complejidades técnicas en los procesos de reciclaje, lo que facilita su proceso dentro del alcance de este proyecto.

De la misma manera como se menciona en el apartado **4.2.8** del presente documento en la **Tabla 3**, se estima que el año más favorable para el ingreso al mercado del reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos sería el año 2027. Esto se debe a que en dicho año se proyecta una demanda de 213.774 módulos fotovoltaicos aproximadamente. En base a esta proyección, la selección de la maquinaria para la planta de reciclaje deberá considerar una capacidad que permita abarcar una proporción representativa de la demanda estimada, aspecto que será analizado en los siguientes apartados del documento.

8.4.2 Inversión

8.4.2.1 Equipos y herramientas

Para el proceso de reciclaje se necesita seleccionar una tecnología que ayude a maximizar la cantidad de paneles solares fotovoltaicos que se reciclarían, de este modo se podrían obtener mayores ingresos operacionales, y se abarcaría una parte importante de la cantidad de demanda posible. Con esto se evaluaron dos líneas de reciclaje de las empresas Xrido Group y Suny Group.

Cotización Máquinas de Reciclaje				
Empresa	Capacidad [paneles/hora]	Precio [USD]	Precio [CLP] ⁴	% Demanda Cubierta
Xrido Group	40	\$205.000 (valor EXW ⁵)	\$186.966.150	26,94%
Suny Group	50-60	\$450.700 (con valor FOB ⁶ incluido)	\$411.051.921	33,68% - 40,42%

*Tabla 4: Tabla precio de las máquinas de línea de reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos [121] [136].
Elaboración Propia.*

Para el desarrollo de este proyecto se seleccionó la maquinaria de la empresa Suny Group debido a que, la capacidad de la maquinaria cubriría una parte de la demanda dado que podría abarcar entre 72.000 y 86.400 paneles solares fotovoltaicos al año, es decir que, para el 2027 esto significaría que podría cubrir entre el 34% y 40% de la demanda. En los costos de esta

⁴ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].

⁵ EXW: Hace referencia al precio del producto entregado en la fábrica de origen [109].

⁶ FOB: Valor de una mercancía de exportación cuando está embarcada en la nave, antes de salir hacia su destino [110]

máquina vienen incluido el transporte hasta el puerto de la ciudad de origen que sería la ciudad de Qingdao, China. Por lo que hace falta considerar el precio de transporte hacia el puerto ubicado en la ciudad de Antofagasta. El costo de transporte marítimo considerando el seguro correspondiente y el costo de la agencia de aduanas, el precio final de la máquina tendría un valor total de \$535.215.941⁷ CLP aproximadamente, lo que es equivalente a \$586.840 USD a la fecha del 16 de diciembre del año 2025.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso de reciclaje de la máquina seleccionada:

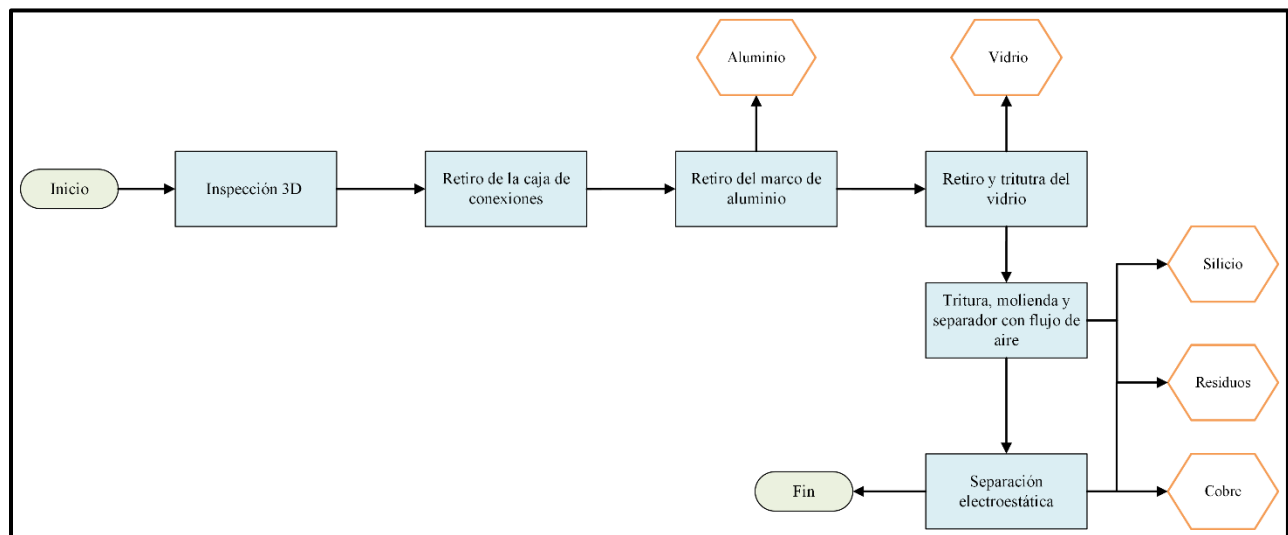


Ilustración 7: Diagrama de flujo del proceso de reciclaje de máquina de Suny Group. Elaboración propia.

La línea de reciclaje viene incorporada un brazo robótico y una meza elevadora que levantan y posicionan los paneles solares fotovoltaicos en el inicio de la línea de proceso. En esta etapa se realiza una inspección visual automatizada en la cual se captura la longitud y ancho del panel, se identifica la ubicación de la caja de conexiones y ejecutan los ajustes

⁷ Costo cotizado a la empresa de importación y exportación Komex Chile [72].

necesarios de forma automática para las siguientes etapas del proceso.

El retiro de la caja de conexiones se tiene una máquina específica para dicha función, de igual manera, la etapa del retiro del aluminio cuenta con una máquina específica. Posteriormente para remover y triturar el vidrio la máquina correspondiente a esta parte del proceso logra recuperar el 85% del vidrio total del panel y se obtiene de manera triturada.

El silicio se recupera a través de un triturado, molienda y separación de los componentes a través de un flujo de aire, generándose además residuos asociados al proceso. Finalmente, el material resultante es sometido a una separación electrostática en la cual se obtiene el cobre y el resto de los residuos como el plástico y EVA [121].

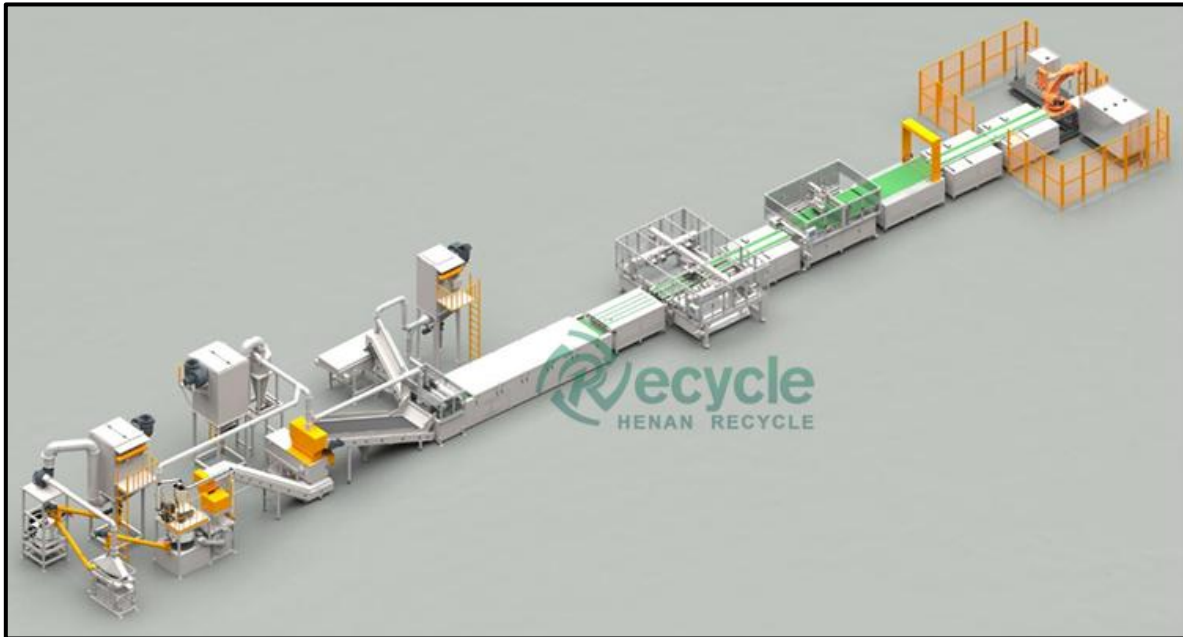


Ilustración 8: Layout de la Línea de Reciclaje de la empresa Suny Group. Fuente: Suny Group [121].

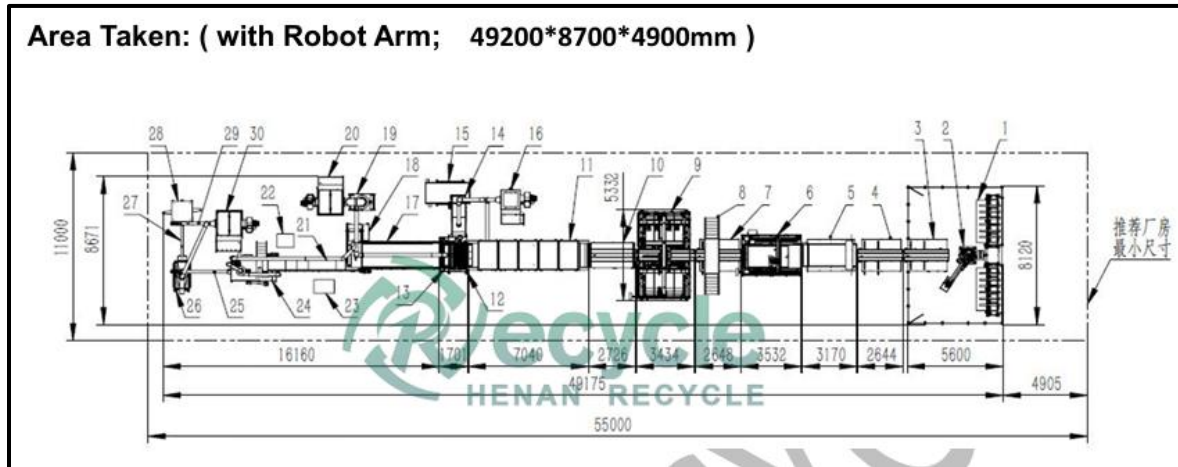


Ilustración 9: Layout de la línea de Reciclaje de la empresa Suny Group con sus respectiva medidas en milímetros. Fuente: Suny Group [121].

Como se puede apreciar en la Ilustración 9 con respecto al Layout de la máquina de reciclaje ocuparía un espacio de $605[m^2]$.

Para la recolección de los paneles solares fotovoltaicos y el envío de los componentes recuperados en el proceso de reciclaje para su posterior venta se debe contar con un camión de carga pesada. En este caso se escogió un tipo de camión que posee una capacidad de $19.500 [Kg]$, es decir que aproximadamente se podrían trasladar alrededor de 780 módulos fotovoltaicos.



Ilustración 10: Imagen de referencia del camión de carga pesada.

En la planta se requiere de una grúa horquilla para mover los paneles y los sacos con los componentes recuperados, se seleccionó una grúa con una capacidad de 2.5 [Toneldas].



Ilustración 11: Imagen de referencia de la grúa horquilla.

Al interior de la planta de reciclaje se contempla la implementación de bodegas internas destinadas al almacenamiento temporal de los paneles solares fotovoltaicos en espera de ser procesados en la línea de reciclaje y de los componentes recuperados en el proceso de reciclaje respectivamente. Esta medida permite que en el área de trabajo no se generen interferencias con el funcionamiento de la maquinaria, la grúa horquilla y contribuyendo a un flujo de trabajo más seguro y ordenado.

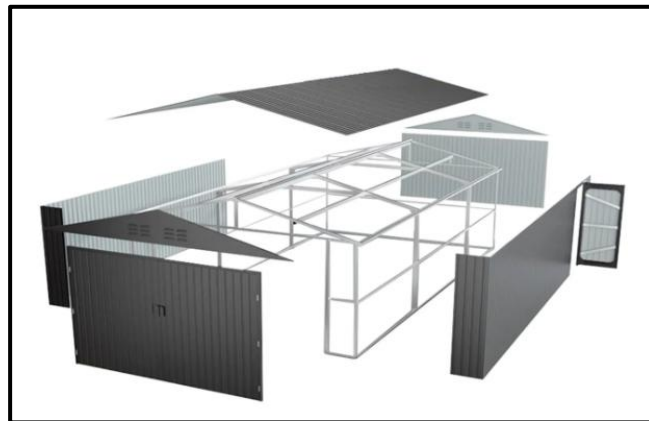


Ilustración 12: Imagen de referencia de la bodega de almacenaje.

También es necesario poseer un equipo de herramientas básicas junto a un estante para su almacenamiento y correcta organización. Este equipamiento permitirá realizar labores de apoyo operativo, como el desarme manual de los paneles solares fotovoltaicos u otras actividades en la cual se requieran durante la operación de la planta.



Ilustración 13: Imagen de referencia del equipo de herramientas.



Ilustración 14: Imagen de referencia del estante para almacenar las herramientas.

A continuación, se mostrará los montos de la inversión inicial para la planta de reciclaje:

Inversión⁸			
Equipo/Máquina	Cantidad	Precio CLP [\$]	Precio USD [\$]⁹
Maquinaria Línea de Reciclaje Suny Group	1	\$535.215.941	\$586.840,28
Camión de Carga	2	\$120.000.000	\$131.574,62
Grúa Horquilla	1	\$10.990.000	\$12.050,04
Estante Herramientas y Equipos pequeños	1	\$79.000	\$86,62
Caja de Herramientas	2	\$119.000	\$130,48
Bodega de Almacenaje Componentes y Paneles	2	\$2.499.980	\$2.741,12
Total		\$668.903.921	\$733.423,16

Tabla 5: Tabla de Inversión inicial necesaria para la Planta de Reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos. Elaboración Propia.

Otra cosa que hay que considerar en la inversión inicial del proyecto es el desarrollo de la ingeniería conceptual, en este caso para el proyecto solo se considerará el desarrollo de los estudios necesarios para la correcta formulación y viabilidad del proyecto. En esta etapa se incluye la realización de los estudios de impacto ambiental, solución sanitaria el pago de patentes, permisos y otros costos administrativos y regulatorios que se requieran para poner en operación la planta de reciclaje. Para efectos de este proyecto en su evaluación económica se estima un monto de \$25.000.000 CLP equivalente a \$27.411,38 USD ⁹ los cuales se incorpora dentro de la inversión inicial en el año cero.

⁸ Los links de referencia de los precios están en el **Anexo N°6**

⁹ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].

8.4.3 Depreciación

A los equipos y herramientas que se van a adquirir para la planta de reciclaje se le deben agregar una depreciación de acuerdo con lo establecido por el Organismo de Servicio de Impuestos Internos de Chile (SII). En efecto del proyecto se utilizará una depreciación lineal para todas las maquinarias y herramientas. Se estima que cada una de estos equipos y herramientas tendrán un valor residual correspondiente al 10% al valor de su inversión inicial. Como se puede observar el costo total de la depreciación anual sería de \$40.887.130 CLP lo que equivale a \$44.831,91 USD.

Depreciación en CLP				
Equipo/Máquina	Vida Útil [años] ¹⁰	Valor Residual CLP [\$]	Depreciación anual CLP [\$]	Depreciación mensual CLP [\$]
Línea de Reciclaje	15	\$41.105.192	\$24.663.115	\$ 2.055.260
Camión de Carga	7	\$12.000.000	\$15.428.571	\$1.285.714
Estante	7	\$7.900	\$10.157	\$846
Caja de Herramienta	8	\$11.900	\$13.388	\$1.116
Grúa Horquilla	15	\$1.099.000	\$659.400	\$54.950
Bodega de Almacenamiento	20	\$249.998	\$112.499	\$9.375
Total			\$40.887.130	\$3.407.261

*Tabla 6: Tabla de valor de la depreciación de las maquinarias y equipos en pesos Chilenos.
Fuente: Elaboración Propia.*

¹⁰ La vida útil de los equipos fueron obtenidos en la página de Servicios Puestos Internos (SII) de Chile [113].

Depreciación en USD ¹¹				
Equipo/Máquina	Vida Útil [años] ⁹	Valor Residual USD [\$]	Depreciación anual USD [\$]	Depreciación mensual USD [\$]
Línea de Reciclaje	15	\$45.070,00	\$27.042,00	\$ 2.254,50
Camión de Carga	7	\$13.157,46	\$16.917,74	\$1.409,73
Estante	7	\$8,66	\$11,14	\$0,93
Caja de Herramienta	8	\$13,05	\$14,68	\$1,22
Grúa Horquilla	15	\$1.205,00	\$723,00	\$60,25
Bodega de Almacenamiento	20	\$274,11	\$123,35	\$10,28
Total			\$44.831,91	\$3.736,91

*Tabla 7: Tabla de valor de la depreciación de las máquinas y equipos en dólares.
Fuente: Elaboración Propia.*

8.4.4 Costos Fijos

Dentro de estos costos se considera el arriendo, las remuneraciones y los servicios básicos (electricidad, agua e internet) y finalmente el costo de mantención de los equipos. Con respecto al arriendo para la planta de reciclaje se seleccionó una bodega en un parque industrial ubicado en la Ruta 26, a 12 kilómetros de distancia del límite urbano con la ciudad de Antofagasta. Esta bodega tiene un espacio de 1.327 [m²] además, cuenta con oficinas en su interior y contempla vigilancia permanente.

En el caso de las remuneraciones se consideraron los siguientes cargos para operar y gestionar la planta:

¹¹ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].



- 1. Gerente General:** Esta persona es responsable de la dirección estratégica y administrativa de la planta de reciclaje de los módulos fotovoltaicos asegurando la sostenibilidad económica, operativa y ambiental cumpliendo con los estándares de calidad y seguridad. Dentro de las principales funciones debe verificar el correcto cumplimiento de los lineamientos y objetivos estratégicos del negocio. Debe gestionar los financiamientos y evaluación de posibles inversiones de mejoramiento para la planta de reciclaje, ayudando a mantener las alianzas con las empresas que generan estos residuos fotovoltaicos, con los organismos públicos y los clientes. Del mismo modo, se encarga de gestionar el correcto cumplimiento de las normativas ambientales, analizar los indicadores financieros y operacionales para la toma de decisiones.
- 2. Encargado de Planta:** Es el responsable de planificar, organizar y supervisar las operaciones de la planta de reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos. Su función principal es asegurar una correcta ejecución del proceso productivo, desde la recolección de los paneles hasta la obtención venta de los materiales valorizados. Debe asegurarse de la continuidad operativa, la eficiencia durante el proceso y el cumplimiento de las normas de seguridad y medioambientales. De la misma forma, debe controlar indicadores de desempeño de la operación que le facilite elaborar reportes para apoyar en las tomas de decisiones del proyecto mientras este en ejecución.
- 3. Vendedor:** Estará a cargo de la comercialización de los componentes que se recuperan de los paneles solares fotovoltaicos obtenidos del proceso de reciclaje (vidrio, aluminio, silicio y cobre). Dentro de las funciones que debe realizar está la



gestión de las relaciones con los clientes finales, su negociación, condiciones de venta y la coordinación de las fechas de despacho y entrega de los materiales.

4. **Operarios:** Es el personal encargado de ejecutar directamente la actividad operativa del proceso de reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos. Dentro de sus funciones es operar la grúa horquilla, distribuir los paneles para que la máquina realice su operación, de la misma manera deben encargarse de almacenar los componentes recuperados en el proceso de reciclaje en las bodegas. Los operarios deben tener conocimientos técnicos asociados a los módulos fotovoltaicos y estar capacitados en la máquina que estará en operación.
5. **Conductor de Camión:** Esta persona será la encargada de recolectar los paneles solares fotovoltaicos en el establecimiento que solicite el servicio hasta la planta de reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos, así como de llevar los componentes al lugar de los clientes finales de una manera segura y confiable.
6. **Especialista de Informe:** Es responsable de la gestión documental y del cumplimiento de la normativa ambiental con respecto a la gestión y reciclaje de los residuos de los módulos fotovoltaicos. Elaborando informes sobre la gestión de residuos, manteniendo la trazabilidad de los paneles y los materiales reciclados ayudando de esta manera a las empresas y/o personas que contratan el servicio cumplir con lo establecido en la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP).



A continuación, se presenta a detalle el monto de las remuneraciones para cada cargo:

Remuneraciones CLP			
Cargo	Cantidad	Sueldo Mensual [\$ CLP/ trabajador]	Sueldo Mensual [SCLP/mes]
Gerente General	1	\$4.000.000	\$4.000.000
Encargado de Planta	1	\$2.500.000	\$2.500.000
Vendedor	1	\$1.700.000	\$1.700.000
Especialista de Informe	2	\$1.600.000	\$3.200.000
Operarios	4	\$1.500.000	\$6.000.000
Conductor de camión	2	\$1.200.000	\$2.400.000
Total		\$8.500.000	\$15.800.000

*Tabla 8: Tabla al detalle de las remuneraciones en pesos chilenos para los cargos de la planta de reciclaje.
Fuente: Elaboración Propia.*

Remuneraciones USD¹²			
Cargo	Cantidad	Sueldo Mensual [\$ USD/ trabajador]	Sueldo Mensual [\$ USD/mes]
Gerente General	1	\$4.385,82	\$4.385,82
Encargado de Planta	1	\$2.741,14	\$2.741,14
Vendedor	1	\$1.863,97	\$1.863,97
Especialista de Informe	2	\$1.754,33	\$3.508,66
Operarios	4	\$1.644,68	\$6.578,73
Conductor de camión	2	\$1.315,75	\$2.631,49
Total		\$9.319,87	\$17.323,99

*Tabla 9: Tabla al detalle de las remuneraciones en dólares para los cargos de la planta de reciclaje.
Fuente: Elaboración Propia.*

¹² El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].

Con respecto a los costos de los servicios básicos se consideró la electricidad, el agua y el internet y se estimó los siguientes costos en base a la información otorgada para la Región de Antofagasta por las empresas Aguas Antofagasta, VTR y la Compañía General de Electricidad S.A (CGE).

Con respecto al servicio de agua se estimó un consumo de 20,00 [m³] al mes teniendo un costo de \$45.481 CLP. En el caso del servicio de energía la máquina consume 299,67[KW] por lo que considerando que la máquina operará 6 horas diarias y 20 días al mes además sumando el consumo eléctrico de las misma oficina, aparatos eléctricos, entre otros, se espera un costo de aproximadamente de \$250.000 CLP. Finalmente, con el servicio de Internet consta de un plan mensual con un valor de \$14.900 CLP.

Servicios Básicos		
Tipo de Servicio	[\$ CLP/mes]	[\$ USD/mes]¹³
Electricidad	\$250.000	\$274,11
Agua	\$45.481	\$49,87
Internet	\$14.990	\$17,53
Total	\$311.471	\$341,51

Tabla 10: Tabla con los costos fijos mensuales de los servicios básicos para la planta de reciclaje [3]/[19]/[132]. Elaboración Propia.

El costo del mantenimiento se estima que su valor será igual a un 3% del valor de la inversión inicial de cada equipo dando como valor un resultado de \$16.342.197 CLP al año lo que equivale a \$17.918,49 USD¹³.

¹³ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].

Finalmente, para los costos fijos se consideró la compra de los sacos para el almacenaje de los componentes recuperados, se necesitan sacos de 1.000 kilogramos para optimizar la cantidad de estos. Tal como se detalla en la **Tabla 13** de la sección **8.4.6** la cantidad máxima estimada de componente en kilogramos es de 144.000 [Kg] por lo consiguiente, se deberá comprar 144 sacos de este tipo, cada una tiene un valor de \$7.225 CLP, por lo que el total de este costo será de \$1.040.400 CLP.

A continuación, se presentan los costos fijos por mes:

Costos Fijos		
Costos	[\$ CLP/mes]	[\$ USD/mes] ¹⁴
Arriendo	\$9.917.603	\$10.874,21
Remuneraciones	\$16.500.000	\$17.323,99
Servicios Básicos	\$311.471	\$341,51
Sacos para los componentes recuperados	\$1.040.400	\$1.140,75
Total	\$26.029.074	\$28.539,71

Tabla 11: Tabla de los costos fijos mensuales de la planta de reciclaje. Fuente: Elaboración Propia.

8.4.5 Costos Variables

Para la estimación de estos costos se consideró solo el transporte dado que este va a depender de la cantidad de paneles que sean recolectados mensualmente, la distancias recorridas y el precio del combustible. Para efectos del proyecto el costo variable del transporte solo va a variar por el precio del combustible diésel que ocupan los camiones seleccionados en la inversión inicial del proyecto.

¹⁴ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].



Para poder definir el rango de precio en el cual fluctuará el costo del transporte se utilizó la data histórica de los “Precios Nacionales de Combustibles Líquidos” disponible en Energía Abierta ¹⁵, de los cuales se filtró por los precios de la Región de Antofagasta y por el tipo de combustible que en este caso es petróleo diésel [23][25]. En el **Anexo N°11** se puede observar el valor promedio del petróleo desde enero del 2020 hasta diciembre del 2025. Del mismo modo, para definir el límite inferior y superior de este rango se consideró los informes semanales publicados por la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) en la cual estiman el aumento o disminución del precio si es que corresponde. La ENAP se guía con los antecedentes de los precios de importación de productos desde un mercado de referencia cercano y profundo (Costa de Golfo de Estados Unidos) y otros costos propios de la actividad de importación del combustible (por ejemplo, el costo marítimo hasta Chile) y finalmente con las normas de funcionamiento del Mecanismo de Estabilización de Precios del Petróleo (FEPP) [38]. Para efectos de este estudio se tomaron en cuenta los informes desde octubre del año 2025 hasta diciembre del mismo año, en el **Anexo N°12** se puede ver que la mayor variación del precio por litro en ese período fue en la semana 10 de diciembre con un valor a la baja de $-20,4 \left[\frac{CLP}{L} \right]$.

¹⁵ Energía Abierta es una iniciativa desarrollada por la Comisión Nacional de Energía para atender los intereses y necesidades asociados al sector energético aumentando la transparencia y la participación ciudadana.

En base a lo mencionado en el párrafo anterior, se decidió que para el límite inferior y superior se tomara el precio promedio del petróleo de diciembre del año 2025 ($\$1.057 \left[\frac{CLP}{L}\right]$) y se le aplicará la resta y suma de el mayor valor de la variación de precios publicada por la ENAP ($-20,4 \left[\frac{CLP}{L}\right]$), quedando que el precio del combustible va a variar entre el rango de $[\$1.036, \$1.079]$ pesos chilenos.

De acuerdo con la ficha técnica del camión el rendimiento del motor es de $3,5[km/l]$ y el estanque tiene una capacidad de llenado de 680 litros, por lo que el camión podría andar con una autonomía aproximada de 2.380 kilómetros. Para el desarrollo del flujo de caja se supondrá que se llenará 8 veces al mes el estanque entre los dos camiones. Con lo detallado anteriormente el costo del transporte quedaría con un valor entre:

Costo Transporte			
Precio [\$ CLP/L]	Precio [\$ USD/L]¹⁶	Precio Llenado al mes [\$ CLP]	Precio Llenado al mes [\$ USD]¹⁶
\$1.036	\$1,14	\$5.635.840	\$6.179,45
\$1.079	\$1,18	\$5.869.760	\$6.436,93

Tabla 12: Tabla con el rango del costo del transporte. Fuente: Elaboración Propia.

¹⁶ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].



8.4.6 Ingresos por Ventas

Para los ingresos por ventas se utilizará los siguientes supuestos:

- Se trabajarán 40 horas laborales a la semana, de lunes a viernes. De las cuales se considerarán 6 horas efectivas de operación de la máquina de reciclaje.
- La máquina de reciclaje solo procesa paneles solares fotovoltaicos monofaciales.
- Con la información recopilada con respecto a los módulos fotovoltaicos monofaciales el peso promedio de este es de 25[Kg] [75].
- Se recupera el 100% del aluminio, cobre y silicio. En cambio, el vidrio, en base a la ficha técnica de la máquina de reciclaje, se recupera el 85% de este.
- Se utilizará la información de la **Tabla 2** con respecto al porcentaje en peso de los componentes.
- El proceso de reciclaje comenzará previamente con una inspección visual por parte de los operadores de las cuales se realizará el supuesto de que por cada 50-60 paneles solares fotovoltaicos que ingresen a la máquina solo el 2% pasa al proceso de reciclaje de la máquina.
- Debido a que el flujo de caja se trabajará en dólares, todo será expresado en este tipo de moneda.

En primer lugar, para obtener la cantidad en kilogramos de los componentes recuperados se realizó un balance de masa para ver la cantidad máxima por hora que se podría recuperar. A continuación, se presenta la cantidad de componentes recuperados en el rango de 50 – 60 paneles por hora:

Cantidad de Componentes Recuperados [Kg/hora]				
Cantidad de Paneles por hora	Vidrio	Aluminio	Silicio	Cobre
50	781,00	122,50	71,43	9,36
51	796,68	124,95	72,86	9,54
52	812,30	127,40	74,29	9,73
53	827,92	129,85	75,72	9,92
54	844,00	132,30	77,15	10,11
55	859,17	134,75	78,57	10,29
56	875,00	137,20	80,00	10,48
57	890,41	139,65	81,43	10,67
58	906,03	142,10	82,86	10,85
59	921,65	144,55	84,29	11,04
60	937,27	147,00	85,72	11,23

Tabla 13: Tabla que contiene la cantidad en kilogramos por hora de cada componente recuperado en la máquina de reciclaje. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez obtenidos los kilogramos de componentes se debe tener el precio por kilogramo de cada componente recuperado. En el **Anexo N°2** se presenta las empresas que compran aluminio, cobre y vidrio. En el caso del silicio en Chile no se encuentra ninguna empresa que compre este tipo de componente, es por esto que se decide exportar el silicio a países que poseen tecnologías y maquinarias para utilizar el silicio reciclado como China y el países Europeos.

Debido a que no se tiene una información histórica de los precios de los componentes reciclados en Chile, en el caso del cobre y del aluminio se analizó el precio nominales de los últimos 5 años según la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), (**Anexo N°3**). Estos precios se encuentran influenciados por las condiciones de oferta y demanda del mercado internacional como la Bolsa de Metales de Londres [74].

Con la finalidad de estimar los precios a futuro del aluminio y el cobre a partir de la información disponible de COCHILCO, se determinó en primer lugar, el factor de descuento asociado a su condición de material reciclado. Dicho factor se calculó mediante una comparación entre los precios observados en el mercado nacional del reciclaje y los precios del material primario o puro. Como resultado se obtuvo para el precio del aluminio tiene un descuento de 37,43% y del cobre un 31,54%. Dando como resultado los precios de los últimos 5 años como los que se muestran en las siguientes tablas y gráficos:

Precio del Aluminio Reciclado		
Año	[\$ CLP/Kg]	[\$ USD/Kg] ¹⁷
2020	\$972	\$1,07
2021	\$1.415	\$1,55
2022	\$1.543	\$1,69
2023	\$1.284	\$1,41
2024	\$1.380	\$1,51
2025	\$1.500	\$1,64

Tabla 14: Tabla Precio del aluminio reciclado en Chile en los últimos años. Fuente: Elaboración Propia.

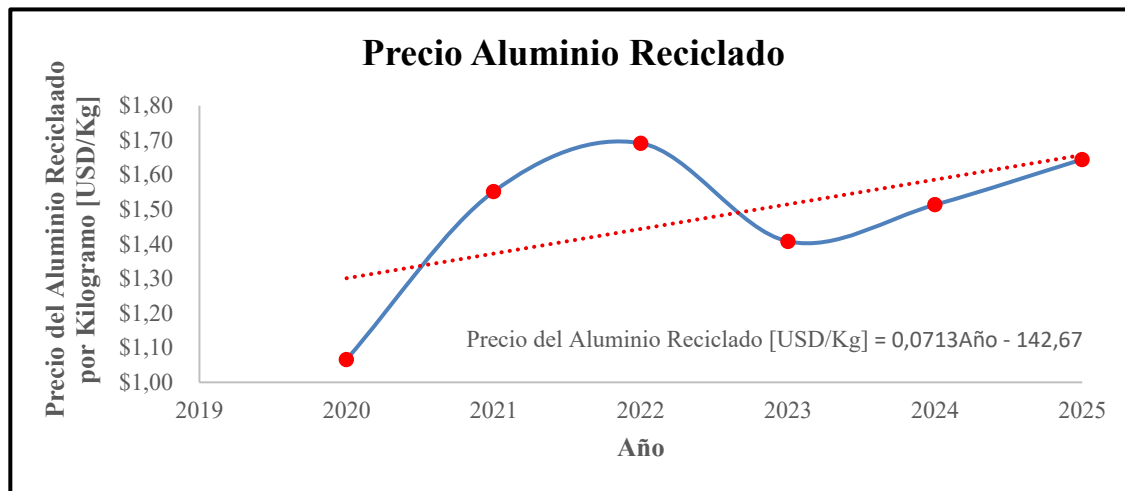


Gráfico 6: Gráfico de la estimación del precio del aluminio reciclado en Chile en los últimos 5 años. Fuente: Elaboración Propia.

¹⁷ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].

Precio del Cobre Reciclado		
Año	[\$ CLP/Kg]	[\$ USD/Kg] ¹⁸
2020	\$3.859	\$4,23
2021	\$5.817	\$6,38
2022	\$5.492	\$6,02
2023	\$5.293	\$5,80
2024	\$5.711	\$6,26
2025	\$6.150	\$6,74

Tabla 15: Tabla Precio del cobre reciclado en Chile en los últimos años. Fuente: Elaboración Propia.

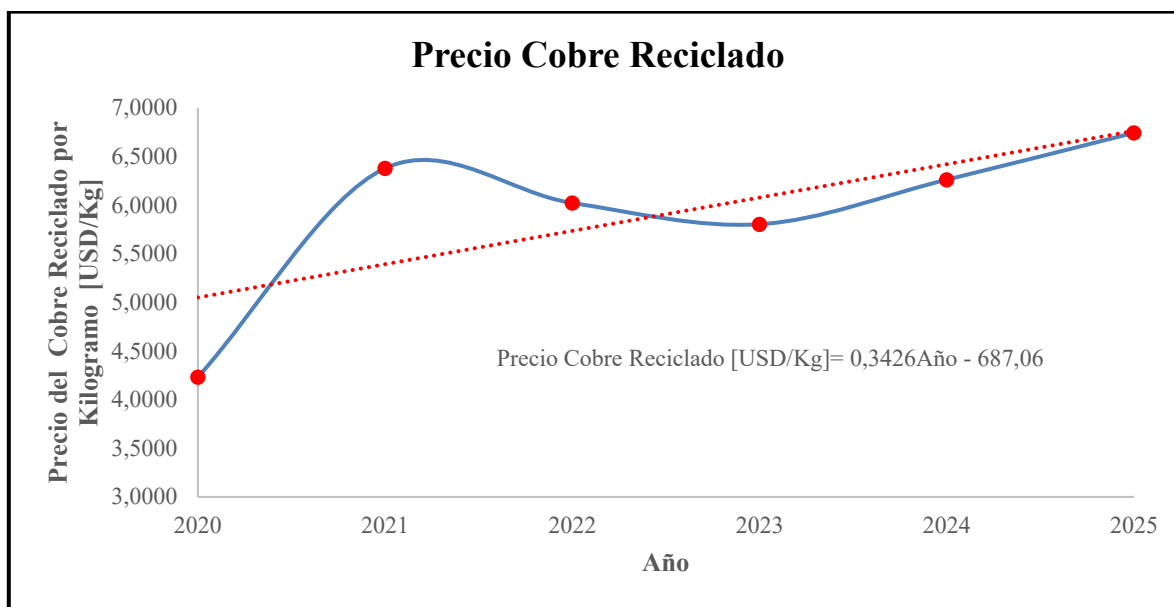


Gráfico 7: Gráfico de la estimación del precio del cobre reciclado en Chile en los últimos 5 años. Fuente: Elaboración Propia.

¹⁸ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].

A partir de la información presentadas en las tablas y gráficos anteriores se observa una tendencia a la alza en los precios del aluminio y del cobre reciclado en Chile, con fluctuaciones asociadas a las condiciones del mercado y a la evolución de la demanda por los materiales secundarios. Con el objetivo de proyectar los precios de ambos materiales para los siguientes años y utilizarlo en el flujo de caja del proyecto, se determinó la ecuación de la recta correspondiente mediante un ajuste de regresión lineal.

En el caso del precio del silicio reciclado no se obtuvo acceso a la data histórica de este. En cambio, se obtuvo información con respecto a la data histórica del precio del silicio 5-5-3¹⁹ con fecha desde noviembre del año 2020 hasta diciembre del año 2025 (Scrap Moster, 2025) [111]. Se asumirá que el comportamiento de este es comparable con el precio del aluminio reciclado, por ende, se utilizará el mismo factor de descuento de este (37,43%). A continuación, se presenta la tabla y gráfico del precio del silicio reciclado en los últimos años:

Promedio Silicio Reciclado		
Año	[\$ CLP/Kg]	[\$ USD²⁰/Kg]
2020	\$58	\$0,06
2021	\$ 22	\$0,02
2022	\$16	\$0,02
2023	\$12	\$0,01
2024	\$10	\$0,01
2025	\$704	\$0,77

Tabla 16: Tabla Precio del Silicio Reciclado en los últimos años. Fuente: Elaboración Propia.

¹⁹ Los números 5-5-3 hace referencia a la cantidad de hierro, aluminio y calcio que compone el silicio. En este caso es del 5% de hierro, 5% de aluminio y 5% de 3% de calcio.

²⁰ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].

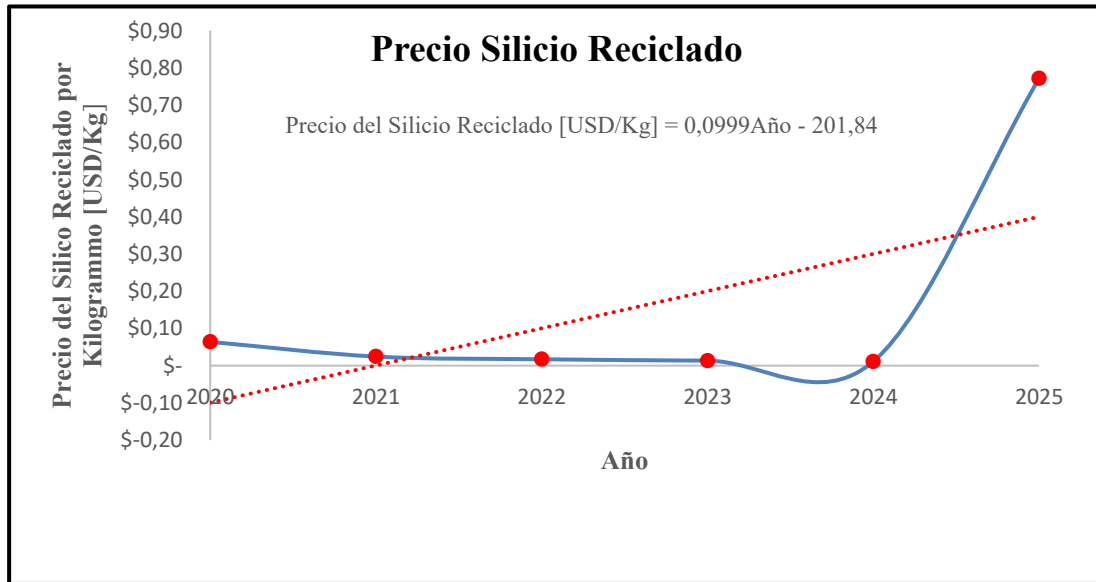


Gráfico 8: Gráfico de la estimación del precio del silicio reciclado en Chile en los últimos 5 años. Fuente: *Elaboración Propia.*

De la misma manera para el vidrio reciclado en Chile no se cuenta con una data histórica de los últimos años con respecto a su precio. Es por esto para poder proyectarlos al valor actual que se encuentra en el mercado (80[\$ CLP/Kg]) se considerará que cada año el mercado aumentará el 2%. Estos supuestos permitirá estimar la evolución futura del precio del vidrio reciclado en Chile.

A continuación, se presentan los precios proyectados para el aluminio, vidrio, silicio y cobre:



Precio Proyectado del Aluminio Reciclado	
Año	Precio [\$ USD/Kg]
2026	\$1,784
2027	\$1,855
2028	\$1,926
2029	\$1,998
2030	\$2,069
2031	\$2,140

*Tabla 17: Tabla de precio del aluminio reciclado por kilogramo proyectado para los próximos años.
Fuente: Elaboración Propia.*

Precio Proyectado del Cobre Reciclado	
Año	Precio [\$ USD/Kg]
2026	\$7,048
2027	\$7,390
2028	\$7,733
2029	\$8,075
2030	\$8,418
2031	\$8,761

*Tabla 18: Tabla de precio del cobre reciclado por kilogramos proyectado para los próximos años.
Fuente: Elaboración Propia.*

Precio Proyectado del Silicio Reciclado	
Año	Precio [\$ USD/Kg]
2026	\$0,557
2027	\$0,657
2028	\$0,757
2029	\$0,857
2030	\$0,957
2031	\$1,057

*Tabla 19: Tabla de precio del silicio reciclado por kilogramos proyectado para los próximos años.
Fuente: Elaboración Propia.*

Precio Proyectado del Vidrio Reciclado	
Año	Precio [\$ USD/Kg]
2026	\$0,089
2027	\$0,091
2028	0,093
2029	\$0,095
2030	\$0,097
2031	\$0,099

*Tabla 20: Tabla de precio del vidrio reciclado por kilogramos proyectado para los próximos años.
Fuente: Elaboración Propia.*

También se obtendrán ingresos por el servicio de retiro e informe de gestión de residuos para las empresas y personas que soliciten el servicio. Esto tendrá un valor de \$1.500 pesos Chilenos por panel solar fotovoltaico. Se estimo el ingreso que se tendría en el rango de lo que puede operar la máquina de reciclaje (50-60 paneles por hora) sería de:

Cantidad de Paneles por hora	Cantidad de Paneles al mes	Ingreso por mes [\$ CLP]	Ingreso por mes [\$ USD²¹]
50	6.000	\$9.000.000	\$9.868,10
51	6.120	\$9.180.000	\$10.065,46
52	6.240	\$9.360.000	\$10.262,82
53	6.360	\$9.540.000	\$10.460,18
54	6.480	\$9.720.000	\$10.657,54
55	6.600	\$9.900.000	\$10.854,91
56	6.720	\$10.080.000	\$11.051,27
57	6.840	\$10.260.000	\$11.249,63
58	6.960	\$10.440.000	\$11.446,99
59	7.080	\$10.620.000	\$11.644,35
60	7.200	\$10.800.000	\$11.841,72

*Tabla 21: Tabla de los ingresos por mes por el informe de sustentabilidad y gestión de los residuos.
Fuente: Elaboración Propia*

²¹ El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].



8.4.7 Capital de Trabajo

El capital de trabajo corresponde a los recursos financieros necesarios para poder cubrir los costos operacionales del proyecto durante la fase inicial de funcionamiento, con la finalidad de asegurar la continuidad operacional hasta que los ingresos permitan alcanzar la autosuficiencia. En este proyecto en particular de la Planta de Reciclaje es fundamental para cubrir los gastos como las remuneraciones, los servicios básicos, arriendo e insumos esenciales para el proceso de reciclaje.

Se utilizó la siguiente fórmula para poder calcular el capital de trabajo:

$$Capital\ de\ Trabajo = \frac{\sum Costo\ Operacionales}{12} \times Desfase \quad (1)$$

El valor del capital de trabajo dependerá de la cantidad de paneles por hora que trabajará la máquina de reciclaje, el tipo de cambio (USD-CLP) y costo variable del transporte. En la **Ecuación 1** la sumatoria de los costos operacionales en la **Tabla 22** se muestra como “Egresos Netos” y el mes de desfase en este caso será de un mes. A continuación, se presenta la estructura para el cálculo del capital de trabajo y el resultado de este:

Estructura Capital de Trabajo Anual [\$ USD ²²]						
Período	0	1	2	3	4	5
Ingresos						
Ingresos netos	\$ -	\$863.322	\$898.944	\$934.616	\$970.338	\$1.006.112
Egresos						
Inversión inicial	\$-733.423	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Arriendo	\$ -	\$ -130.706	\$ -131.177	\$ -131.650	\$ -132.125	\$ -132.602
Insumos	\$ -	\$ -13.712	\$ -13.761	\$ -13.811	\$ -13.860	\$ -13.910
Servicios Básicos	\$ -	\$ -4.105	\$ -4.120	\$ -4.135	\$ -4.150	\$ -4.164
Remuneraciones	\$ -	\$ -208.231	\$ -208.982	\$ -209.736	\$ -210.492	\$ -211.251
Transporte	\$ -	\$ -76.494	\$ -78.350	\$ -80.252	\$ -82.199	\$ -84.194
Egresos netos	\$ -733.423	\$ -356.754	\$ -358.040	\$ -359.331	\$ -360.627	\$ -361.927
Flujos Netos	\$ -733.423	\$506.568	\$540.904	\$575.285	\$609.711	\$644.184
Acumulado	\$ -733.423	\$506.568	\$540.904	\$575.285	\$609.711	\$644.184
Máximo déficit	\$506.568					

Tabla 22: Tabla de la estructura del capital de trabajo anual proyectado a 5 años cuando la máquina opera 60 paneles por hora, el tipo de cambio de un dólar equivale a 912,03 pesos chilenos y el costo de transporte mensual es de 6.305[USD]. Fuente: Elaboración Propia.

Capital de Trabajo [SUSD]					
Período	1	2	3	4	5
Capital de trabajo	\$ -29.729	\$ -29.837	\$ -29.944	\$ -30.052	\$ -30.161

Tabla 23: Tabla con el resultado del capital de trabajo proyectado a 5 años cuando la máquina opera 60 paneles por hora, el tipo de cambio de un dólar equivale a 912,03 pesos chilenos y el costo del transporte mensual es de 6.305[USD]. Fuente: Elaboración Propia.

Tal como se puede apreciar en la **Tabla 23** en el escenario que se describe, lo que se requiere el primer mes para poder cubrir los costos operacionales es de \$29.729 USD.

²² El tipo de cambio que se utilizó al momento de realizar la conversión de un dólar a pesos chilenos es de \$912,03 CLP según lo señalado en el Banco Central a la fecha al 16 de diciembre del 2025 [10].

8.4.8 Tasa de Descuento

Para la determinación de la tasa de descuento se utilizó como referencia el comportamiento del mercado de capitales asociado a la industria solar, en este caso se tomó como referencia la empresa First Solar, de origen estadounidense y reconocida como líder en tecnología de la energía solar y el reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos [47].

La empresa First Solar transa sus acciones en el mercado National Association of Securities Dealers Automated Quotation (NASDAQ), por lo que mercado fue utilizado como referencia para estimar el retorno de las acciones de este. Para ello se calcularon los retornos mensuales del NASDAQ correspondientes a los últimos cinco años [69], obteniéndose como resultado un retorno promedio anual del 16,29%.

La tasa libre de riesgo (R_f) se obtuvo de la página oficial del Banco Central cuyo valor corresponde a un 5,21% (Banco Central, Noviembre 2025) [121]. De la misma manera, según la información recopilada el coeficiente beta (β) asociado al mercado NASDAQ es de 1,03 y el retorno de mercado (R_m) sería de 16,29% como se mencionó anteriormente. Con estos antecedentes, se aplicó el modelo de valoración de activos Capital Asset Pricing Model (CAPM):

$$CAPM = R_f + [R_m - R_f] \times \beta \quad (2)$$



EL valor obtenido en el CAPM es de 16,62%. se adopta como la tasa de descuento del proyecto, dado que la iniciativa se financiará exclusivamente con capital propio y recursos provenientes de fondos concursables de la CORFO, SERCOTEC, etc. Para el proyecto no se considera endeudamiento bancario, por ende, la tasa calculada representa el costo del capital propio y el riesgo asociado a la evaluación del proyecto.

8.4.9 Resultado Flujo de caja

Para analizar el flujo de caja se han tomado las siguientes consideraciones:

- El flujo de caja será expresado en dólares.
- Tendrá un horizonte de evaluación de 5 años.
- La tasa de descuento tiene un valor de 16,62%.
- La inversión inicial será 100% financiada por capital propio.
- El flujo de caja va a ir variando con tres variables. La primera es la cantidad de paneles por hora (entre 50 y 60 paneles), la segunda el tipo de cambio (USD-CLP) y finalmente, el valor del precio del diésel por litro (detallado en el punto 8.4.5). La simulación de este se realizó con una Macro en Microsoft Excel.
- Para la variable del tipo de cambio se consideró el valor de esta variable a la fecha del 16 de diciembre del 2025 y para definir en el rango que fluctuará el dólar se estableció el supuesto de que su comportamiento va a variar en un 3% a la baja y al alza, quedando como resultado que el precio de un dólar se moverá entre los valores [885,00 – 939,00]CLP.



- Se evaluarán los indicadores del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa de Retorno Interna (TIR) y el tiempo de recuperación de la inversión será a través del Payback Descontado.
- Se evaluarán distintos escenarios que se presenten en las 1.000 iteraciones, cuando la máquina opera en un rango de capacidad entre 50 – 60 paneles por hora (**Anexo N°4 y 5**).

En los siguientes puntos se presentará los resultados obtenidos en las 1.000 iteraciones en dos casos, cuando el Valor Actual Neto toma valores negativos y cuando se obtienen valores positivos. Para cada cantidad de paneles que ingresan en el proceso de reciclaje se mostrará el mínimo y máximo VAN obtenido respectivamente en cada uno de los casos.

8.4.9.1 Valor Actual Neto Negativo

Con respecto al **Anexo N°4** se presenta el archivo Excel donde se encuentra el resultado de las 1.000 iteraciones de las cuales 45 casos corresponden cuando el Valor Actual Neto (VAN) da un valor negativo. Esto ocurre únicamente cuando al proceso de reciclaje entran 50 o 51 paneles por hora. En la **Tablas 24 y 25** se presenta el detalle de las variables que van cambiando en cada iteración (Tipo de Cambio y Valor Diésel por litro) en conjunto con la cantidad de paneles solares fotovoltaicos. De la misma manera, en el **Anexo N°13** en el punto **9.13.1 y 9.13.2** se presenta el flujo de caja detallado para cada caso.

Del mismo modo, se observa que en la **Tabla 24** se presenta el peor escenario que podría ocurrir que es cuando el VAN de un valor de \$ - 43.674 USD, el tipo de cambio toma su menor valor del rango aleatorio en el cual este va cambiando en cada iteración (\$885,00 CLP) y el precio del petróleo diésel tiene un valor de \$1.073 CLP por litro de combustible. De la misma forma se observa que para todos los casos el Tiempo de Recuperación de la Inversión es superior a los 5 años proyectados en el flujo de caja.

50 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$ -43.674	14,32%	5<	\$885,00	\$1.073
Máximo	\$ -568	16,59%	5 <	\$907,00	\$1.049

Tabla 24: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es negativo y al proceso de reciclaje ingresan 50 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

51 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$ -4.483	16,39%	5<	\$885,00	\$1.058
Máximo	\$ -1.660	16,54%	5<	\$888,00	\$1.072

Tabla 25: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es negativo y al proceso de reciclaje ingresan 51 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

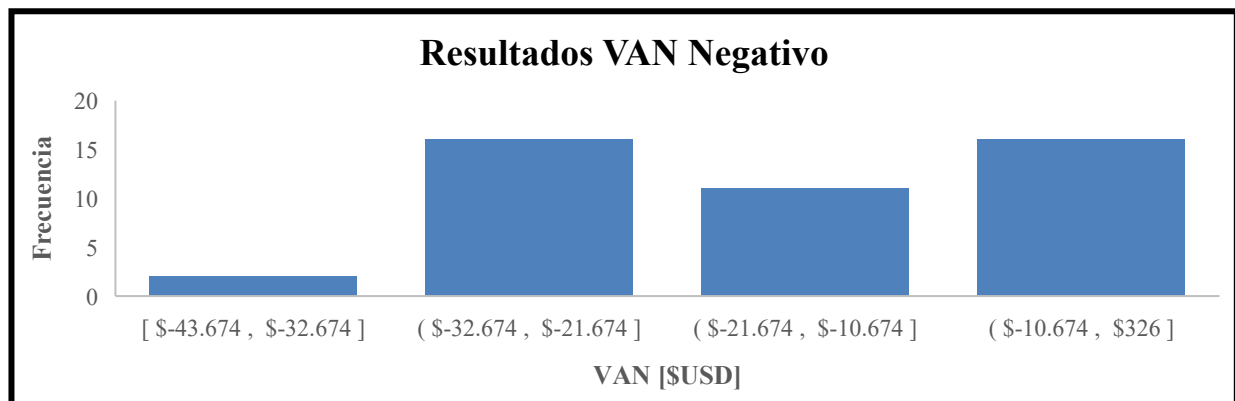


Gráfico 9: Gráfico de Resultados del Valor Actual Neto Negativo. Fuente: Elaboración Propia.

8.4.9.2 Valor Actual Neto Positivo

En los escenarios que el Valor Actual Neto toma un valor positivo es en la mayoría de las iteraciones (955 casos). En estos casos se generan escenarios en los cuales entran al proceso de reciclaje desde 50 hasta 60 paneles solares fotovoltaicos.

En la **Tabla 36** se observa que el máximo valor del VAN es de \$413.271 USD cuando el tipo de cambio toma su mayor valor de \$939 CLP y, además el valor del diésel por litro es de \$1.051 CLP. En este caso el Tiempo de Recuperación de la Inversión es de 3 años. Este escenario sería el más favorable para la Planta de Reciclaje dado que es el menor tiempo en el cual se obtiene ganancias. En el **Anexo N°14**, en el punto **9.4.11** se observa con detalle el flujo de caja.

50 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$1.467	16,70%	5	\$911,00	\$1.076
Máximo	\$52.106	19,47%	5	\$938,00	\$1.042

Tabla 26: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 50 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

51 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$712	16,66%	5	\$888,00	\$1.059
Máximo	\$86.970	21,33%	5	\$937,00	\$1.040

Tabla 27: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 51 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

52 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$33.791	18,37%	5	\$885,00	\$1.048
Máximo	\$124.896	23,34%	5	\$939,00	\$1.048

Tabla 28: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 52 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

53 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$66.940	20,06%	5	\$885,00	\$1.066
Máximo	\$161.353	25,24%	4	\$939,00	\$1.046

Tabla 29: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 53 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

54 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$102.785	21,87%	5	\$886,00	\$1.079
Máximo	\$198.327	25,24%	4	\$939,00	\$1.041

Tabla 30: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 54 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

55 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$137.814	23,61%	5	\$885,00	\$1.077
Máximo	\$232.713	28,89%	4	\$939,00	\$1.051

Tabla 31: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 55 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

56 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$178.037	25,59%	4	\$886,00	\$1.066
Máximo	\$270.378	30,79%	4	\$939,00	\$1.042

Tabla 32: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 56 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

57 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$ 214.769	27,38%	4	\$887,00	\$1.074
Máximo	\$306.144	32,57%	4	\$939,00	\$1.044

Tabla 33: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 57 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

58 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$247.146	28,91%	4	\$885,00	\$1.077
Máximo	\$340.523	34,22%	4	\$937,00	\$1.036

Tabla 34: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 58 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

59 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$284.972	30,72%	4	\$886,00	\$1.079
Máximo	\$376.128	35,96%	4	\$937,00	\$1.039

Tabla 35: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 59 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

60 Paneles por hora					
	VAN [\$ USD]	TIR	Payback [años]	Tipo de Cambio [\$ CLP]	Valor Diésel [\$ CLP/L]
Mínimo	\$320.034	32,35%	4	\$885,00	\$1.077
Máximo	\$413.271	37,79%	3	\$939,00	\$1.051

Tabla 36: Tabla de resultados de indicadores financieros cuando el VAN es positivo y al proceso de reciclaje ingresan 60 paneles por hora. Fuente: Elaboración Propia.

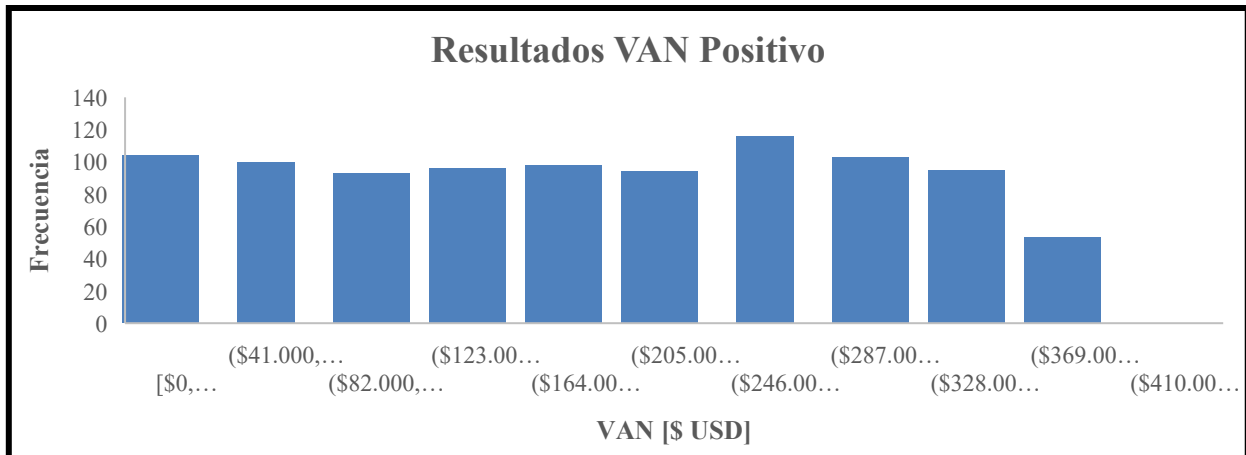


Gráfico 10: Gráfico de Resultados del Valor Actual Neto Positivo. Fuente: Elaboración Propia.

En las tablas anteriores podemos ver que a medida que incrementa la cantidad de paneles solares fotovoltaicos en el proceso de reciclaje mayor serán los valores del VAN y el TIR y también va disminuyendo el tiempo de recuperación de la inversión (Payback). Del mismo modo siempre será más favorable operar la Planta de Reciclaje cuando el tipo de cambio este en su máximo valor (\$939 CLP) y el valor por litro del combustible diésel no contrarreste de manera significativa en los ingresos operacionales, así mismo para la Planta de Reciclaje será favorable operar a su máxima capacidad dado que se obtendrían más kilogramos de los componentes recuperados en el proceso de reciclaje para su comercialización.



8.5 Recomendaciones

Dentro de las principales recomendaciones dado los resultados del flujo económico se debe ingresar en el mercado del reciclaje de los módulos fotovoltaicos cuando el tipo de cambio *USD – CLP* este a un valor conveniente para poder invertir en un menor costo. De la misma forma la viabilidad de este Proyecto de la Planta de Reciclaje para la Región de Antofagasta depende de distintas variables que bajo los supuestos establecidos en este informe permite que esto sea rentable en la mayoría de los casos, es por esto que se tiene que estar constantemente revisando el tipo de cambio, el precio de los componentes reciclados, el precio del combustible líquido y el costo de los insumos ya que esto afecta directamente en los ingresos, egresos y por consecuencia el flujo de caja neto.

De la misma forma para un correcto funcionamiento de la Planta de Reciclaje se necesita contar con un personal operativo y administrativo adecuado, con alto conocimiento en módulos solares fotovoltaicos, en gestión de residuos y en el tipo de tecnología que se selecciono para el proceso de reciclaje. Esto con la finalidad de tener una buena estructura organizacional, continuidad operativa y de este modo poder generar confianza a los clientes.

Además, considerando la elevada demanda proyectada de los módulos solares fotovoltaicos que estarán en desuso en los próximos años, se recomienda ampliar el alcance del negocio incorporando el reacondicionamiento de los módulos fotovoltaicos. Esta estrategia permitiría reducir de manera significativa la cantidad de residuos generados, además de extender la vida útil de estos y ofrecer a menor costo los paneles solares fotovoltaicos a personas y empresas interesadas en implementar este tipo de energía renovable a un menor costo. Para una correcta implementación de esta línea de negocio, se



sugiere adoptar los lineamientos establecidos en la “*Guía de Buenas Prácticas de Solar Circular*”, la cual entrega los criterios de operación y las herramientas necesarias para la reutilización efectiva de los módulos fotovoltaicos.

De la misma forma se recomienda que al quinto año de operación del proyecto se evalué la posibilidad de invertir nuevamente en una máquina adicional del reciclaje de los paneles solares fotovoltaicos. Esto con la finalidad de cubrir una mayor parte de la demanda y poder gestionar de manera más rápida los residuos fotovoltaicos

Finalmente, como una estrategia de expansión a largo plazo, se propone extender la operación de la planta para las Regiones de Tarapacá y de Arica y Parinacota. Esto con el fin de ampliar la cobertura territorial del proyecto fortaleciendo la posición competitiva de la empresa y consolidar un mayor poder de mercado en el norte grande del país.



8.6 Conclusiones

El análisis de este proyecto permite concluir que la gestión de los módulos solares en desuso es un gran desafío no solo para la Región de Antofagasta, sino a nivel nacional en términos de la sostenibilidad de la industria energética, debido a que, a pesar de que han avanzado en términos legislativos aún persisten brechas significativas con respecto al tratamiento de los módulos fotovoltaicos al final de la vida útil en el marco operativo y normativo.

Si bien en Antofagasta existe una empresa que gestiona los residuos (Hidronor), esta no basta para tratar todos los paneles solares fotovoltaicos en desuso que se proyectan para los próximos años, por ende, es una buena oportunidad para entrar al mercado dado que la entrada de nuevos competidores es baja. De la misma forma ofrecer el servicio de informe de gestión de residuos para que los parques y centrales fotovoltaicos cumplan con la Ley N°20.920 (Ley REP) es una ventaja competitiva ya que las organizaciones no solo cumplirán con el marco normativo vigente, sino que también los ayudará a cumplir con sus propias metas y objetivos con respecto al reciclaje.

Con respecto a la venta de los componentes recuperados en el proceso de reciclaje en la Región de Antofagasta no se cuenta con empresas que compren el vidrio, cobre y silicio, por otro lado, solo se obtuvo información de una empresa en la comuna de Antofagasta que compraría aluminio reciclado. El vidrio y el cobre reciclado se venden a empresas recicladoras ubicadas en la Región Metropolitana, esto genera un costo de transporte mayor por las distancias que se encuentran ambas regiones. Finalmente, de manera muy desfavorable para las empresas de este rubro es que el silicio reciclado se debe exportar a



otros países, dado que lamentablemente en nuestro país no se encuentra ninguna empresa o fábrica que reutilice este tipo de material. En cambio, en China, por ejemplo, utilizan el silicio reciclado para nuevamente poder generar módulos fotovoltaicos ayudando de lleno al concepto de la economía circular.

Finalmente, se puede ver que, si bien la inversión de un negocio de una Planta de Reciclaje es alto, en base a los resultados favorables obtenidos se obtiene que a más tardar el tiempo de recuperación de la inversión es al quinto año cuando el tipo de cambio supere los 911 CLP (**Tabla 26**), lo que permite que el proyecto si sea rentable bajo los supuestos planteados. Del mismo modo se estaría aportando a las metas y objetivos establecidos en el documento “Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040”, donde se busca aumentar los empleos verdes, aumentar la tasa de reciclaje de residuos sólidos municipales, una disminución de la generación total del residuos por PIB, etc.

9 Anexos

9.1 Anexo N°1: Plantas y Centrales Fotovoltaicas ubicadas en la Región de Antofagasta.

Nombre PFV	Fecha de Operación	Comuna	Potencia [MW]	Tipo de Panel	Cantidad Paneles
FV Bolero	2018	Sierra Gorda	138,2	Policristalino Silicio	475.000
María Elena FV	2015	María Elena	68	Policristalino Silicio	240.640
Puerto Seco Solar	2017	Calama	9	Policristalino Silicio	32.000
Calama Solar 1	2017	Calama	9	Policristalino Silicio	32.000
Uribe Solar	2017	Antofagasta	57,62	Policristalino Silicio	235.200
Lalackama 2	2015	Taltal	16,45	Policristalino Silicio	59.110
Sol de Lila	2022	Antofagasta	161	Monocristalino Bifacial Silicio	407.400
Lalackama	2014	Taltal	60	Policristalinos Silicio	197.030
Conejo Solar	2016	Taltal	104	Policristalinos Silicio	392.640
Pampa Solar Norte	2016	Taltal	69,3	Policristalino Silicio	258.096
PFV Azabache	2022	Calama	61	Monocristalino Bifacial Silicio	154.170
San Pedro I y IV	2021	Calama	110	Monocristalino Bifacial Silicio	234.696
PFV USYA-Acciona	2020	Calama	64	Monocristalino Silicio	187.200
Central Las Salinas	2024	Sierra Gorda	205	Monocristalino Bifacial Silicio	458.044
PFV Victoria	2020	Calama	9	Policristalino Silicio	29.960
PFV Paine	2021	Calama	9	Monocristalino Silicio	24.250
PFV Quetena	2021	Calama	9	Monocristalino Bifacial Silicio	18.600
PFV Valle Del Sol	2023	María Elena	150	Monocristalinos Bifaciales Silicio	477.708
PFV La Cruz Solar	2022	María Elena	52	Monocristalinos Bifaciales Silicio	130.000

PFV Coya	2024	María Elena	81	Policristalino y Monocristalino Silicio	369.432
Planta Fotovoltaica Santa Isabel	2021	María Elena	170,2	Monocristalino Silicio	436.783
Cerro Dominador	2017	María Elena	110	Monocristalino Silicio	392.000
PFV Mitchi	2022	María Elena	10,8	Policristalinos Bifaciales Silicio	20.000
Parque Fotovoltaico Capricornio	2022	Antofagasta	87,9	Monocristalino Silicio	249.210
PFV Lockma	2022	Antofagasta	10,8	Policristalinos Bifaciales Silicio	20.000
PFV Ckilir	2022	Antofagasta	9	Monocristalino Bifacial Silicio	20.169
Parque Fotovoltaico Quillagua	2021	María Elena	95	Monocristalino Bifacial Silicio	257.110
Planta Solar Finis Terrae Extensión	2023	María Elena	126	Policristalino y Monocristalino Silicio	984.060
Planta Solar Finis Terrae	2017	María Elena	160	Policristalino y Monocristalino Silicio	668.160
Parque Fotovoltaico Tamaya	2022	Tocopilla	144	Monocristalino Silicio	303.744
PFV CEME 1	2024	María Elena	480	Monocristalino Silicio	882.720
PFV Sol del Desierto	2022	María Elena	258,7	Monocristalino Silicio	582.930
PFV Domeyko	2022	Antofagasta	207,29	Monocristalino Silicio	472.590
PFV Jama	2016	Calama	52,7	Policristalino Silicio	186.480
PFV Pampa Tigre	2022	Antofagasta	103,65	Monocristalino Silicio	265.440
Andes Solar IIB	2023	Antofagasta	180	Monocristalino Silicio	323.960
		Total	3.648,61	Total	10.478.532

Tabla 37: Tabla de la Capacidad [MW] y Cantidad de los paneles de los parques y centrales fotovoltaicas en la Región de Antofagasta. Fuente: Elaboración Propia. [80][32][137][76][33][34][112][24][95][69][53][67].

9.2 Anexo N°2: Nombre y precio de las empresas que compran aluminio, cobre y vidrio reciclado en Chile.

Aluminio			
Nombre	Teléfono	Ubicación	Precio [\$/[kg]
Excedentes dsy	56 957587821	Antofagasta	\$1.400
Recicla2 Chile	56 961364232	La Pintana, RM	\$1.400
San Francisco	56 932334311	San Joaquín, RM	\$1.500
Farex	569 95342437	Cerrillos, RM	\$1.500
KonsTander	56 955145437	Lampa, RM	\$1.500
Promedio M°			\$1.460

Tabla 38: Tabla con los nombres de las empresas que compran aluminio reciclado con su respectivo precio [26][45][46][99][100]. Fuente: Elaboración Propia.

Cobre			
Nombre	Teléfono	Ubicación	Precio[\$/[kg]
San Francisco	56 932334311	San Joaquín, RM	\$6.700
Recicla2 Chile	56 961364232	La Pintana, RM	\$5.600
Promedio M°			\$6.150

Tabla 39: Tabla con los nombres de las empresas que compran cobre reciclado con su respectivo precio [99][100]. Fuente: Elaboración Propia.

Vidrio			
Nombre	Teléfono	Ubicación	Precio[\$/[kg]
Cristoro	56 224374500	Cerrillos, RM	\$80

Tabla 40: Tabla con el nombre de la empresa que compra vidrio reciclado con su precio respectivo. [29]. Fuente: Elaboración Propia.

9.3 Anexo N°3: Precio del aluminio y el cobre por kilogramo en los últimos 5 años.

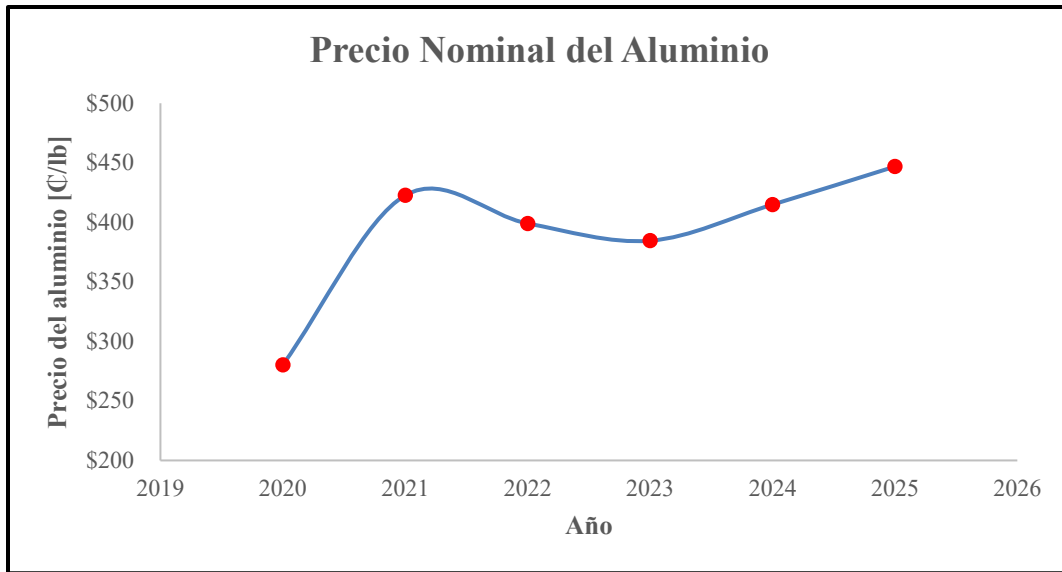


Gráfico 11: Gráfico de precio del aluminio nominal en Chile de los últimos 5 años. Fuente: COCHILCO [13] Fuente: Elaboración Propia.

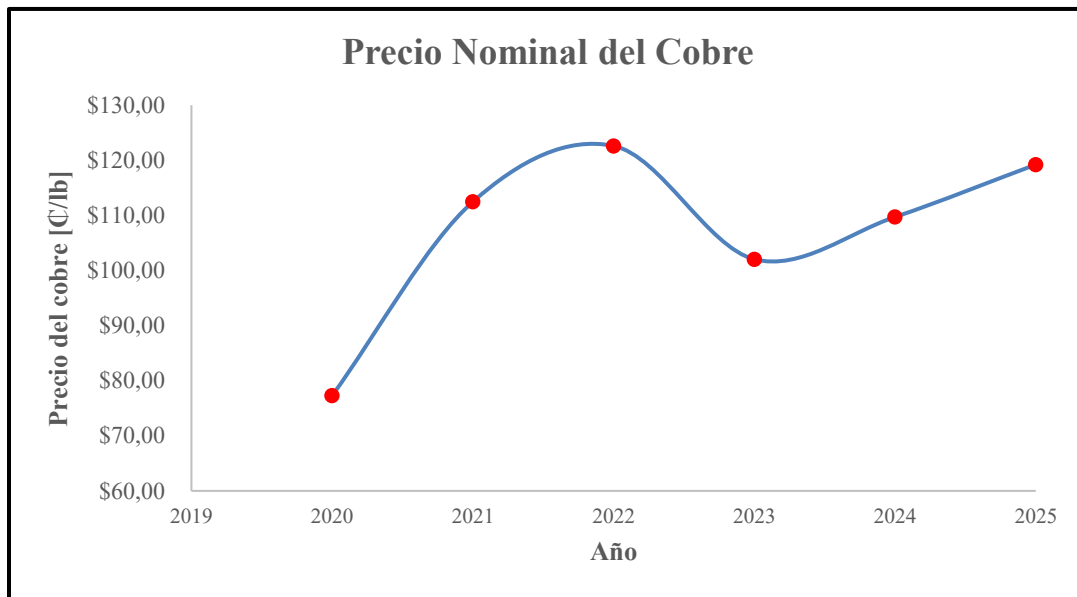


Gráfico 12: Gráfico de precio nominal del Cobre en Chile de los últimos 5 años. Fuente: COCHILCO [13] Fuente: Elaboración Propia.

9.4 Anexo N°4: Link de Acceso a los Resultados de las Iteraciones para el VAN esperado ordenados de manera ascendente.

➤ Link: [Anexo N°4 Link de Visualización 1000 iteraciones.xlsx](#)

9.5 Anexo N°5: Resultados de los datos estadísticos de las iteraciones.

Resultado Estadísticos	
Promedio	\$187.832 [USD]
Mediana	\$190.747 [USD]
Desviación Estándar	\$120.070 [USD]
Varianza	14416756290
Curtosis	-1,149041768
Coefficiente de Asimetría	-0,027115239
Rango	\$456.944 [USD]
Mínimo	\$ -43.674 [USD]
Máximo	\$413.271 [USD]
Suma	\$187.831.661 [USD]
Iteraciones	1000

Tabla 41: Tabla con los resultados estadísticos de las 1.000 iteraciones. Elaboración Propia.

9.6 Anexo N°6: Links de Referencia de los equipos, infraestructura y herramientas cotizadas

Links de Referencia	
Equipo/Máquina/ Herramienta/ Infraestructura	Link
Maquinaria Línea de Reciclaje Suny Group	Ver planta de reciclaje
Camión de Carga	Ver camión
Grúa Horquilla	Ver grúa horquilla
Estante Herramientas y Equipos pequeños	Ver estante
Caja de Herramientas	Ver herramientas
Sacos de Almacenamiento	Ver sacos

Tabla 42: Tabla con los links de referencias de los equipos, máquina, etc. Elaboración Propia.

9.7 Anexo N°7: Evolución de la capacidad instalada desde marzo del 2015.

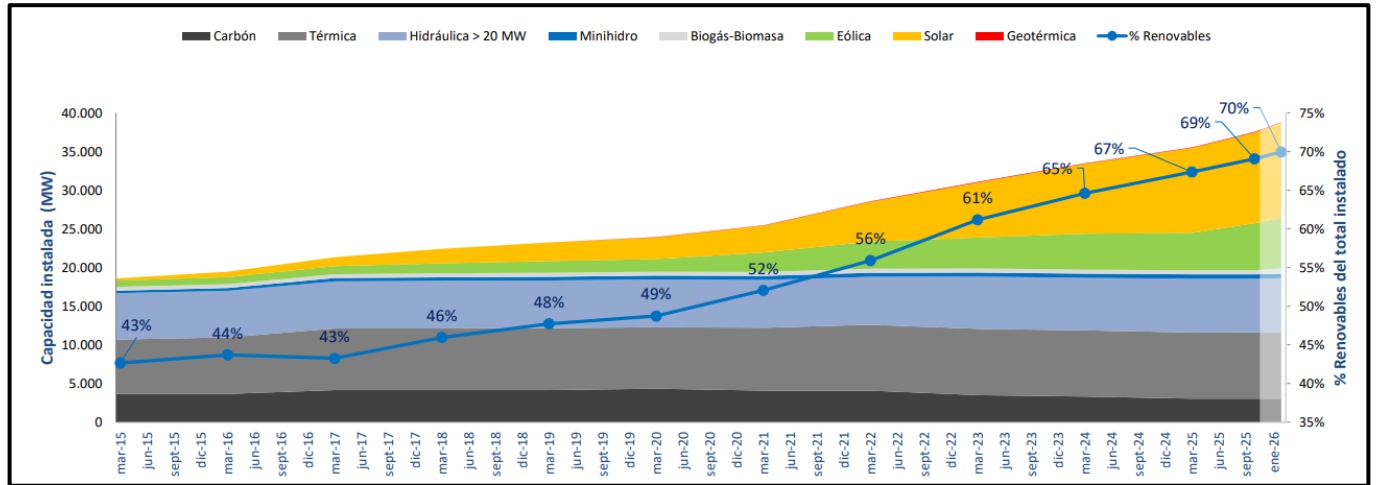


Ilustración 15: Evolución de la capacidad instalada según el tipo de energía en Chile en los últimos 10 años. Fuente: Ministerio de Energía, octubre 2025 [129].

9.8 Anexo N°8: Capacidad en [MW] neto de nuevas centrales en operación según tecnología al 30 de octubre de 2025.

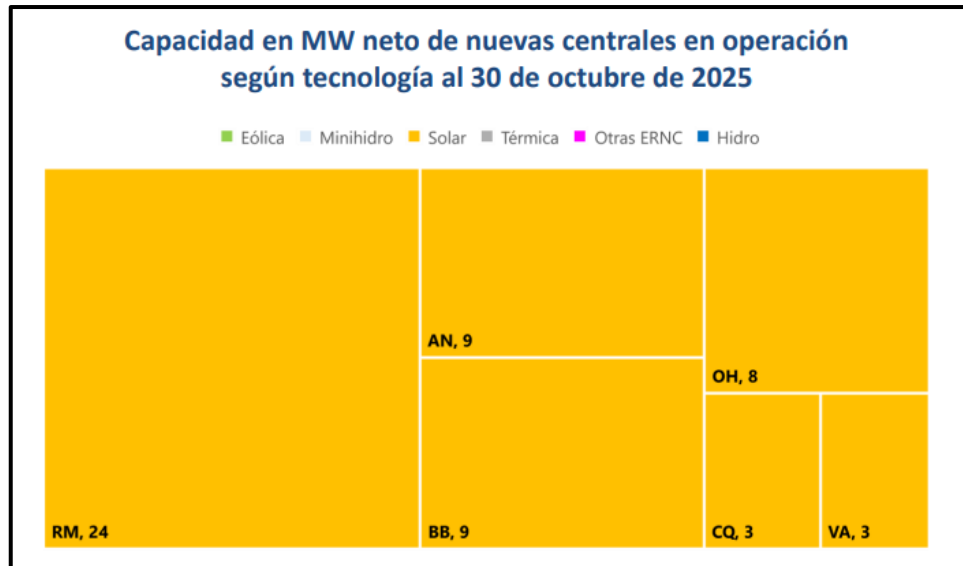


Ilustración 16: Gráfico de la cantidad en [MW] neto de las nuevas centrales en operación. Fuente: Ministerio de Energía, octubre 2025 [129].

9.9 Anexo N°9: Capacidad en [MW] neto de centrales en pruebas según tecnología al 30 de octubre de 2025.

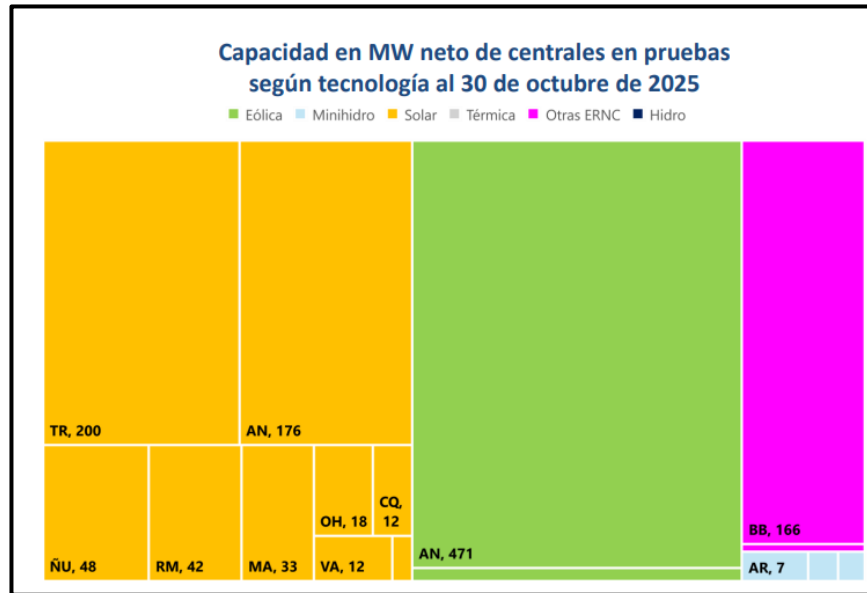


Ilustración 17: Gráfico de la capacidad en [MW] neto de centrales es estado de prueba. Fuente: Ministerio de Energía, octubre 2025 [129].

9.10 Anexo N°10: Capacidad en [MW] neto de centrales en construcción según tecnología al 30 de octubre de 2025.

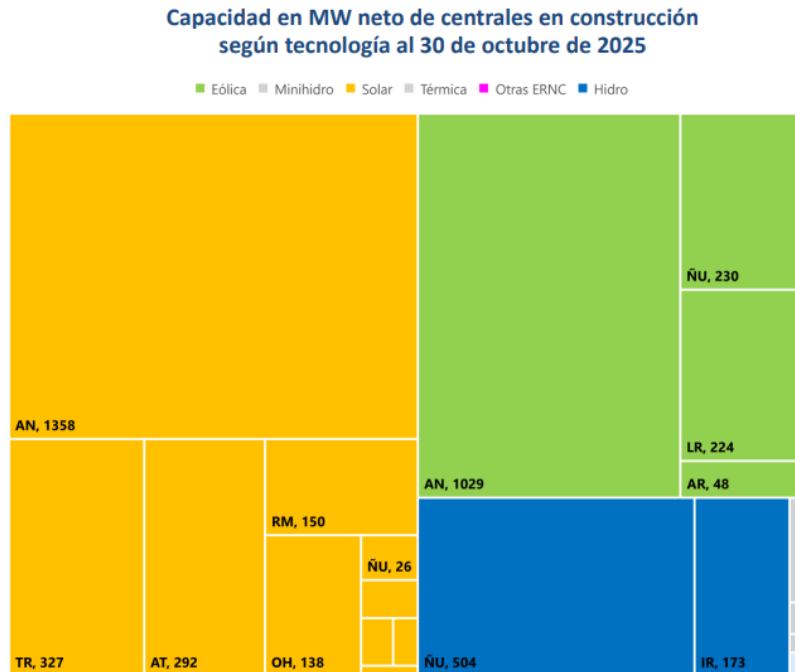


Ilustración 18: Gráfico de la capacidad en [MW] de centrales en estado de construcción. Fuente: Ministerio de Energía, octubre 2025 [129].

9.11 Anexo N°11: Precio promedio del combustible líquido petróleo diésel en el periodo de los años 2020-2025.

Precio [CLP/L]						
Mes/Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Enero	\$670	\$535	\$804	\$1.204	\$1.066	\$1.039
Febrero	\$673	\$556	\$853	\$1.113	\$1.058	\$1.085
Marzo	\$651	\$582	\$879	\$1.133	\$1.093	\$1.087
Abril	\$623	\$613	\$905	\$1.093	\$1.111	\$1.045
Mayo	\$601	\$618	\$931	\$1.078	\$1.104	\$1.034
Junio	\$580	\$649	\$963	\$1.050	\$1.078	\$1.024
Julio	\$551	\$673	\$1.008	\$1.036	\$1.058	\$1.030
Agosto	\$529	\$696	\$1.059	\$1.011	\$1.059	\$1.049
Septiembre	\$521	\$699	\$1.118	\$1.028	\$1.038	\$1.050
Octubre	\$500	\$724	\$1.159	\$1.046	\$998	\$1.050
Noviembre	\$504	\$752	\$1.215	\$1.082	\$997	\$1.044
Diciembre	\$ 508	\$778	\$1.227	\$1.099	\$1.006	\$1.057

Tabla 43: Tabla de Precio promedio del combustible líquido petróleo diésel en el periodo de los años 2020-2025. Fuente: Elaboración Propia [23][25].

9.12 Anexo N°12: Precios estimados de variación del petróleo diésel desde octubre a diciembre del año 2025 establecido por la ENAP.

Variación de Precio del petróleo diésel [CLP/L]		
Semana	Variación [CLP/L]	N° Documento
01-10-2025	0,0	2772
08-10-2025	+10,3	2775
15-10-2025	0,0	2784
22-10-2025	0,0	2799
29-10-2025	-20,5	2807
05-11-2025	0,0	2813
12-11-2025	0,0	2819
19-11-2025	+20,9	2825
26-11-2025	0,0	2840
03-12-2025	0,0	2843
10-12-2025	-21,4	2859
17-12-2025	0,0	2868
24-12-2025	0,0	28870

Tabla 44: Tabla de precios estimados de variación del petróleo diésel desde octubre a diciembre del año 2025 establecido por la ENAP. Fuente: Elaboración Propia [38].

9.13 Anexo N°13: Flujo de Caja detallado Valores del Valor Actual Neto Negativo

9.13.1 Flujos de Caja cuando la máquina opera 50 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	\$ 755.824					
HH ingeniería	\$ 28.249					
Ingresos		\$ 723.072	\$ 752.757	\$ 782.483	\$ 812.252	\$ 842.063
Costos Variables						
Transporte		\$ 80.024	\$ 81.966	\$ 83.955	\$ 85.932	\$ 88.079
Otros		-	-	-	-	-
Total Costos Variables		\$ 80.024	\$ 81.966	\$ 83.955	\$ 85.932	\$ 88.079
Mg. Operacional		\$ 643.048	\$ 670.791	\$ 698.529	\$ 726.260	\$ 753.985
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.591	\$ 215.365	\$ 216.142	\$ 216.921	\$ 217.703
Insumos		\$ 14.130	\$ 14.181	\$ 14.233	\$ 14.284	\$ 14.335
Arriendo		\$ 134.698	\$ 135.184	\$ 135.671	\$ 136.160	\$ 136.651
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.675	\$ 22.677	\$ 22.679	\$ 22.682	\$ 22.684
Servicios básicos		\$ 4.230	\$ 4.246	\$ 4.261	\$ 4.276	\$ 4.292
Total Costos fijos		\$ 390.325	\$ 391.653	\$ 392.985	\$ 394.323	\$ 395.665
EBITDA		\$ 252.723	\$ 279.138	\$ 305.543	\$ 331.937	\$ 358.319
Depreciación		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
EBIT		\$ 207.349	\$ 233.764	\$ 260.169	\$ 286.563	\$ 312.945
TAX 27%		\$ 55.984	\$ 63.116	\$ 70.246	\$ 77.372	\$ 84.495
Depreciación		\$ 151.365	\$ 170.648	\$ 189.923	\$ 209.191	\$ 228.450
Capital de Trabajo	\$ -30.637	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -784.072	\$ 196.739	\$ 216.022	\$ 235.298	\$ 254.565	\$ 273.824
Flujo de caja acumulado		-\$ 587.333	-\$ 371.311	-\$ 136.014	\$ 118.551	\$ 392.376

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	-\$ 43.674	14,32%	\$ 885	\$ 1.073	50

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -784.072	\$ -	-\$ 784.072
1	\$ 196.739	\$ 168.698	-\$ 615.376
2	\$ 216.022	\$ 158.828	-\$ 456.549
3	\$ 235.298	\$ 148.340	-\$ 308.208
4	\$ 254.565	\$ 137.611	-\$ 170.597
5	\$ 273.824	\$ 126.923	-\$ 43.674

Ilustración 19: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.073 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 737.491					
	\$ 27.563					
Ingresos		\$ 720.095	\$ 749.780	\$ 779.507	\$ 809.275	\$ 839.087
Costos Variables						
Transporte		\$ 76.336	\$ 78.189	\$ 80.086	\$ 82.029	\$ 84.020
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 76.336	\$ 78.189	\$ 80.086	\$ 82.029	\$ 84.020
Mg. Operacional		\$ 643.759	\$ 671.592	\$ 699.421	\$ 727.246	\$ 755.067
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 209.386	\$ 210.141	\$ 210.899	\$ 211.659	\$ 212.423
Insumos		\$ 13.788	\$ 13.837	\$ 13.887	\$ 13.937	\$ 13.988
Arriendo		\$ 131.431	\$ 131.905	\$ 132.380	\$ 132.858	\$ 133.337
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.125	\$ 22.127	\$ 22.129	\$ 22.131	\$ 22.134
Servicios básicos		\$ 4.128	\$ 4.143	\$ 4.158	\$ 4.173	\$ 4.188
Total Costos fijos		\$ 380.857	\$ 382.153	\$ 383.453	\$ 384.758	\$ 386.068
EBITDA		\$ 262.902	\$ 289.439	\$ 315.968	\$ 342.488	\$ 368.999
Depreciación		\$ 44.930	\$ 44.930	\$ 44.930	\$ 44.930	\$ 44.930
EBIT		\$ 217.972	\$ 244.509	\$ 271.038	\$ 297.558	\$ 324.069
TAX 27%		\$ 58.853	\$ 66.018	\$ 73.180	\$ 80.341	\$ 87.499
Depreciación		\$ 159.120	\$ 178.492	\$ 197.858	\$ 217.217	\$ 236.571
		\$ 44.930	\$ 44.930	\$ 44.930	\$ 44.930	\$ 44.930
Capital de Trabajo	\$ -29.894	\$ -108	\$ -108	\$ -109	\$ -109	\$ -
Flujo de Caja	\$ -765.054	\$ 204.049	\$ 223.421	\$ 242.787	\$ 262.147	\$ 281.500
Flujo de caja acumulado		-\$ 561.004	-\$ 337.583	-\$ 94.796	\$ 167.351	\$ 448.851

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	-\$ 568	16,53%	\$ 907	\$ 1.049	50

Payback descontado		
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]
0	\$ -765.054	\$ -765.054
1	\$ 204.049	\$ 174.964
2	\$ 223.421	\$ 164.268
3	\$ 242.787	\$ 153.062
4	\$ 262.147	\$ 141.710
5	\$ 281.500	\$ 130.481

Ilustración 20: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$907 [CLP] y el precio del diésel es \$1.049 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

9.13.2 Flujos de Caja cuando la máquina opera 51 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 755.824					
	\$ 28.249					
Ingresos		\$ 737.533	\$ 767.812	\$ 798.133	\$ 828.497	\$ 858.905
Costos Variables						
Transporte		\$ 78.905	\$ 80.820	\$ 82.781	\$ 84.790	\$ 86.847
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 78.905	\$ 80.820	\$ 82.781	\$ 84.790	\$ 86.847
Mg. Operacional		\$ 658.628	\$ 686.992	\$ 715.352	\$ 743.707	\$ 772.057
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.591	\$ 215.365	\$ 216.142	\$ 216.921	\$ 217.703
Insumos		\$ 14.130	\$ 14.181	\$ 14.233	\$ 14.284	\$ 14.335
Arriendo		\$ 134.698	\$ 135.184	\$ 135.671	\$ 136.160	\$ 136.651
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.675	\$ 22.677	\$ 22.679	\$ 22.682	\$ 22.684
Servicios básicos		\$ 4.230	\$ 4.246	\$ 4.261	\$ 4.276	\$ 4.292
Total Costos fijos		\$ 390.325	\$ 391.653	\$ 392.985	\$ 394.323	\$ 395.665
EBITDA		\$ 268.303	\$ 295.339	\$ 322.366	\$ 349.384	\$ 376.392
Depreciacion		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
EBIT		\$ 222.929	\$ 249.965	\$ 276.992	\$ 304.010	\$ 331.018
TAX 27%		\$ 60.191	\$ 67.491	\$ 74.788	\$ 82.083	\$ 89.375
Depreciación		\$ 162.736	\$ 182.475	\$ 202.204	\$ 221.927	\$ 241.643
Capital de Trabajo	\$ -30.637	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -784.072	\$ 208.112	\$ 227.849	\$ 247.579	\$ 267.301	\$ 287.017
Flujo de caja acumulado		\$ 575.960	\$ 348.111	\$ 100.532	\$ 166.769	\$ 453.786

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	-4.483	16,39%	\$ 885	1.058	51

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -784.072		\$ -784.072
1	\$ 208.112	\$ 178.448	\$ -605.624
2	\$ 227.849	\$ 167.523	\$ -438.101
3	\$ 247.579	\$ 156.083	\$ -282.018
4	\$ 267.301	\$ 144.496	\$ -137.522
5	\$ 287.017	\$ 133.038	\$ -4.483

Ilustración 21: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.058 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.



	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 753.270					
	\$ 28.153					
Ingresos		\$ 737.110	\$ 767.389	\$ 797.710	\$ 828.074	\$ 858.482
Costos Variables						
Transporte		\$ 79.679	\$ 81.613	\$ 83.593	\$ 85.621	\$ 87.699
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 79.679	\$ 81.613	\$ 83.593	\$ 85.621	\$ 87.699
Mg. Operacional		\$ 657.431	\$ 685.776	\$ 714.117	\$ 742.452	\$ 770.783
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 213.866	\$ 214.637	\$ 215.411	\$ 216.188	\$ 216.968
Insumos		\$ 14.083	\$ 14.133	\$ 14.184	\$ 14.236	\$ 14.287
Arriendo		\$ 134.243	\$ 134.727	\$ 135.213	\$ 135.700	\$ 136.190
Mantenición de los equipos		\$ 22.598	\$ 22.600	\$ 22.603	\$ 22.605	\$ 22.607
Servicios básicos		\$ 4.216	\$ 4.231	\$ 4.246	\$ 4.262	\$ 4.277
Total Costos fijos		\$ 389.006	\$ 390.329	\$ 391.658	\$ 392.991	\$ 394.329
EBITDA		\$ 268.425	\$ 295.447	\$ 322.459	\$ 349.462	\$ 376.454
Depreciación		\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312
EBIT		\$ 223.113	\$ 250.135	\$ 277.147	\$ 304.149	\$ 331.142
TAX 27%		\$ 60.240	\$ 67.536	\$ 74.830	\$ 82.120	\$ 89.408
Depreciación		\$ 162.872	\$ 162.598	\$ 202.317	\$ 222.029	\$ 241.733
		\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312
Capital de Trabajo	\$ -30.534	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -111	\$ -
Flujo de Caja	\$ -781.423	\$ 208.185	\$ 227.911	\$ 247.630	\$ 267.341	\$ 287.046
Flujo de caja acumulado		-\$ 573.239	-\$ 345.328	-\$ 97.698	\$ 169.643	\$ 456.688

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	-\$ 1.660	16,54%	\$ 888	\$ 1.072	51

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -781.423		\$ -781.423
1	\$ 208.185	\$ 178.510	\$ -602.913
2	\$ 227.911	\$ 167.568	\$ -435.345
3	\$ 247.630	\$ 156.115	\$ -279.230
4	\$ 267.341	\$ 144.518	\$ -134.712
5	\$ 287.046	\$ 133.052	\$ -1.660

Ilustración 22: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$888 [CLP] y el precio del diésel es \$1.072 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

9.14 Anexo N°14: Flujo de Caja detallado Valores del Valor Actual Neto Negativo

9.14.1 Flujos de Caja cuando la máquina opera 50 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 734.252					
	\$ 27.442					
Ingresos		\$ 719.570	\$ 749.255	\$ 778.981	\$ 808.750	\$ 838.561
Costos Variables						
Transporte		\$ 77.957	\$ 79.849	\$ 81.787	\$ 83.771	\$ 85.804
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 77.957	\$ 79.849	\$ 81.787	\$ 83.771	\$ 85.804
Mg. Operacional		\$ 641.612	\$ 669.406	\$ 697.195	\$ 724.978	\$ 752.757
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 208.467	\$ 209.218	\$ 209.373	\$ 210.730	\$ 211.490
Insumos		\$ 13.727	\$ 13.777	\$ 13.826	\$ 13.876	\$ 13.926
Arriendo		\$ 130.854	\$ 131.326	\$ 131.799	\$ 132.274	\$ 132.751
Mantenición de los equipos		\$ 22.028	\$ 22.030	\$ 22.032	\$ 22.034	\$ 22.036
Servicios básicos		\$ 4.110	\$ 4.124	\$ 4.139	\$ 4.154	\$ 4.169
Total Costos fijos		\$ 379.185	\$ 380.475	\$ 381.770	\$ 383.069	\$ 384.373
EBITDA		\$ 262.428	\$ 288.931	\$ 315.425	\$ 341.909	\$ 368.384
Depreciación		\$ 44.851	\$ 44.851	\$ 44.851	\$ 44.851	\$ 44.851
EBIT		\$ 217.577	\$ 244.080	\$ 270.574	\$ 297.058	\$ 323.533
TAX 27%		\$ 58.746	\$ 65.902	\$ 73.055	\$ 80.206	\$ 87.354
Depreciación		\$ 158.831	\$ 178.178	\$ 197.519	\$ 216.853	\$ 236.179
Depreciación		\$ 44.851	\$ 44.851	\$ 44.851	\$ 44.851	\$ 44.851
Capital de Trabajo	\$ -29.763	\$ -107	\$ -108	\$ -108	\$ -108	\$ -
Flujo de Caja	\$ -761.695	\$ 203.682	\$ 223.029	\$ 242.370	\$ 261.704	\$ 281.030
Flujo de caja acumulado	-\$	558.013	-\$	334.984	-\$	450.120

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 1.467	16,70%	\$ 911	\$ 1.076	50

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -761.695		\$ -761.695
1	\$ 203.682	\$ 174.649	\$ -587.046
2	\$ 223.029	\$ 163.980	\$ -423.066
3	\$ 242.370	\$ 152.799	\$ -270.267
4	\$ 261.704	\$ 141.470	\$ -128.797
5	\$ 281.030	\$ 130.263	\$ 1.467

Ilustración 23: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$911 [CLP] y el precio del diésel es \$1.076 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 713.117					
	\$ 26.652					
Ingresos		\$ 716.138	\$ 745.823	\$ 775.550	\$ 805.316	\$ 835.130
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.321	\$ 75.100	\$ 76.922	\$ 78.789	\$ 80.701
Otros		-	-	-	-	-
Total Costos Variables		\$ 73.321	\$ 75.100	\$ 76.922	\$ 78.789	\$ 80.701
Mg. Operacional		\$ 642.817	\$ 670.723	\$ 698.627	\$ 726.529	\$ 754.429
Costos Fijos						
Premuneraciones		\$ 202.466	\$ 203.196	\$ 203.929	\$ 204.664	\$ 205.402
Insumos		\$ 13.332	\$ 13.980	\$ 13.428	\$ 13.477	\$ 13.525
Arriendo		\$ 127.087	\$ 127.545	\$ 128.005	\$ 128.467	\$ 128.930
Mantenición de los equipos		\$ 21.394	\$ 21.396	\$ 21.398	\$ 21.400	\$ 21.402
Servicios básicos		\$ 3.991	\$ 4.006	\$ 4.020	\$ 4.035	\$ 4.049
Total Costos fijos		\$ 368.270	\$ 369.523	\$ 370.780	\$ 372.042	\$ 373.309
EBITDA		\$ 274.547	\$ 301.200	\$ 327.847	\$ 354.487	\$ 381.120
Depreciación		\$ 44.338	\$ 44.338	\$ 44.338	\$ 44.338	\$ 44.338
EBIT		\$ 230.209	\$ 256.862	\$ 283.509	\$ 310.148	\$ 336.782
TAX 27%		\$ 62.156	\$ 69.353	\$ 76.547	\$ 83.740	\$ 90.931
Depreciación		\$ 168.053	\$ 187.509	\$ 206.961	\$ 226.408	\$ 245.851
Capital de Trabajo	\$ -28.906	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -739.770	\$ 212.391	\$ 231.848	\$ 251.300	\$ 270.747	\$ 290.189
Flujo de caja acumulado		-\$ 527.379	-\$ 295.531	-\$ 44.231	\$ 226.515	\$ 516.704

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 52.106	19,47%	\$ 938	\$ 1.042	50

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -739.770		\$ -739.770
1	\$ 212.391	\$ 182.117	\$ -557.653
2	\$ 231.848	\$ 170.463	\$ -387.190
3	\$ 251.300	\$ 158.429	\$ -228.761
4	\$ 270.747	\$ 146.359	\$ -82.402
5	\$ 290.189	\$ 134.509	\$ 52.106

Ilustración 24: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$938 [CLP] y el precio del diésel es \$1.042 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

9.14.2 Flujos de Caja cuando la máquina opera 51 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 753.270					
	\$ 28.153					
Ingresos		\$ 737.110	\$ 767.389	\$ 797.710	\$ 828.074	\$ 858.482
Costos Variables						
Transporte		\$ 78.713	\$ 80.623	\$ 82.579	\$ 84.583	\$ 86.636
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 78.713	\$ 80.623	\$ 82.579	\$ 84.583	\$ 86.636
Mg. Operacional		\$ 658.397	\$ 686.766	\$ 715.131	\$ 743.491	\$ 771.846
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 213.866	\$ 214.637	\$ 215.411	\$ 216.188	\$ 216.968
Insumos		\$ 14.083	\$ 14.133	\$ 14.184	\$ 14.236	\$ 14.287
Arriendo		\$ 134.243	\$ 134.727	\$ 135.213	\$ 135.700	\$ 136.190
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.598	\$ 22.600	\$ 22.603	\$ 22.605	\$ 22.607
Servicios básicos		\$ 4.216	\$ 4.231	\$ 4.246	\$ 4.262	\$ 4.277
Total Costos fijos		\$ 369.006	\$ 390.329	\$ 391.658	\$ 392.991	\$ 394.329
EBITDA		\$ 269.391	\$ 296.437	\$ 323.473	\$ 350.500	\$ 377.517
Depreciación		\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312
EBIT		\$ 224.079	\$ 251.124	\$ 278.161	\$ 305.188	\$ 332.205
TAX 27%		\$ 60.501	\$ 67.804	\$ 75.103	\$ 82.401	\$ 89.695
Depreciación		\$ 163.578	\$ 183.321	\$ 203.057	\$ 222.787	\$ 242.510
Depreciación		\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312	\$ 45.312
Capital de Trabajo	\$ -30.534	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -111	\$ -
Flujo de Caja	\$ -781.423	\$ 208.890	\$ 228.633	\$ 248.370	\$ 268.099	\$ 287.822
Flujo de caja acumulado		-\$ 572.533	-\$ 343.900	-\$ 95.531	\$ 172.569	\$ 460.391

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 712	16,66%	\$ 888	\$ 1.059	51

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -781.423		\$ -781.423
1	\$ 208.890	\$ 179.115	\$ -602.308
2	\$ 228.633	\$ 168.100	\$ -434.209
3	\$ 248.370	\$ 156.581	\$ -277.627
4	\$ 268.099	\$ 144.928	\$ -132.700
5	\$ 287.822	\$ 133.412	\$ 712

Ilustración 25: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$888 [CLP] y el precio del diésel es \$1.059 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.



	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 713.878					
	\$ 26.681					
Ingresos		\$ 730.587	\$ 760.866	\$ 791.187	\$ 821.551	\$ 851.959
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.258	\$ 75.036	\$ 76.857	\$ 78.722	\$ 80.632
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 73.258	\$ 75.036	\$ 76.857	\$ 78.722	\$ 80.632
Mg. Operacional		\$ 657.329	\$ 685.830	\$ 714.330	\$ 742.829	\$ 771.327
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.682	\$ 203.413	\$ 204.146	\$ 204.883	\$ 205.621
Insumos		\$ 13.346	\$ 13.394	\$ 13.443	\$ 13.491	\$ 13.540
Arriendo		\$ 127.223	\$ 127.682	\$ 128.142	\$ 128.604	\$ 129.068
Mantenimiento de los equipos		\$ 21.416	\$ 21.418	\$ 21.421	\$ 21.423	\$ 21.425
Servicios básicos		\$ 3.996	\$ 4.010	\$ 4.024	\$ 4.039	\$ 4.053
Total Costos fijos		\$ 368.663	\$ 369.917	\$ 371.176	\$ 372.440	\$ 373.707
EBITDA		\$ 288.666	\$ 315.913	\$ 343.154	\$ 370.390	\$ 397.619
Depreciación		\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357
EBIT		\$ 244.309	\$ 271.556	\$ 298.797	\$ 326.033	\$ 353.262
TAX 27%		\$ 65.963	\$ 73.320	\$ 80.675	\$ 88.029	\$ 95.381
Depreciación		\$ 178.346	\$ 198.236	\$ 218.122	\$ 238.004	\$ 257.881
Depreciación		\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357
Capital de Trabajo	\$ -28.937	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -740.559	\$ 222.702	\$ 242.593	\$ 262.479	\$ 282.361	\$ 302.238
Flujo de caja acumulado		-\$ 517.857	-\$ 275.264	-\$ 12.785	\$ 269.575	\$ 571.814

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 86.970	21,33%	\$ 937	1.040	51

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -740.559		\$ -740.559
1	\$ 222.702	\$ 190.958	\$ -549.601
2	\$ 242.593	\$ 178.363	\$ -371.238
3	\$ 262.479	\$ 165.476	\$ -205.761
4	\$ 282.361	\$ 152.637	\$ -53.124
5	\$ 302.238	\$ 140.094	\$ 86.970

Ilustración 26: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$937 [CLP] y el precio del diésel es \$1.040 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

9.14.3 Flujos de Caja cuando la máquina opera 52 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	\$ 755.824					
HH ingeniería	\$ 28.249					
Ingresos		\$ 751.995	\$ 782.867	\$ 813.783	\$ 844.742	\$ 875.746
Costos Variables						
Transporte		\$ 78.159	\$ 80.056	\$ 81.999	\$ 83.988	\$ 86.026
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 78.159	\$ 80.056	\$ 81.999	\$ 83.988	\$ 86.026
Mg. Operacional		\$ 673.835	\$ 702.811	\$ 731.784	\$ 760.754	\$ 789.719
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.591	\$ 215.365	\$ 216.142	\$ 216.921	\$ 217.703
Insumos		\$ 14.130	\$ 14.181	\$ 14.233	\$ 14.284	\$ 14.335
Ariendo		\$ 134.698	\$ 135.184	\$ 135.671	\$ 136.160	\$ 136.651
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.675	\$ 22.677	\$ 22.679	\$ 22.682	\$ 22.684
Servicios básicos		\$ 4.230	\$ 4.246	\$ 4.261	\$ 4.276	\$ 4.292
Total Costos fijos		\$ 390.325	\$ 391.653	\$ 392.965	\$ 394.323	\$ 395.665
EBITDA		\$ 283.511	\$ 311.159	\$ 338.799	\$ 366.431	\$ 394.054
Depreciación		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
EBIT		\$ 238.136	\$ 265.784	\$ 293.424	\$ 321.056	\$ 348.680
TAX 27%		\$ 64.297	\$ 71.762	\$ 79.225	\$ 86.685	\$ 94.144
Depreciación		\$ 173.840	\$ 194.023	\$ 214.200	\$ 234.371	\$ 254.536
Capital de Trabajo	\$ -30.637	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -784.072	\$ 219.214	\$ 239.397	\$ 259.574	\$ 279.745	\$ 299.910
Flujo de caja acumulado		\$ -564.858	\$ -325.462	\$ -65.888	\$ 213.858	\$ 513.768

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 33.791	18,37%	\$ 885	\$ 1.048	52

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -784.072		\$ -784.072
1	\$ 219.214	\$ 187.967	\$ -596.105
2	\$ 239.397	\$ 176.014	\$ -420.092
3	\$ 259.574	\$ 163.645	\$ -256.447
4	\$ 279.745	\$ 151.223	\$ -105.223
5	\$ 299.910	\$ 139.015	\$ 33.791

Ilustración 27: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.048 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 712.358					
	\$ 26.624					
Ingresos		\$ 744.656	\$ 775.528	\$ 806.444	\$ 837.403	\$ 868.407
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.665	\$ 75.452	\$ 77.283	\$ 79.158	\$ 81.079
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 73.665	\$ 75.452	\$ 77.283	\$ 79.158	\$ 81.079
Mg. Operacional		\$ 670.991	\$ 700.076	\$ 729.161	\$ 758.245	\$ 787.328
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.250	\$ 202.980	\$ 203.712	\$ 204.446	\$ 205.183
Insumos		\$ 13.318	\$ 13.366	\$ 13.414	\$ 13.462	\$ 13.511
Arriendo		\$ 126.952	\$ 127.410	\$ 127.869	\$ 128.330	\$ 128.793
Mantenimiento de los equipos		\$ 21.371	\$ 21.373	\$ 21.375	\$ 21.377	\$ 21.379
Servicios básicos		\$ 3.987	\$ 4.001	\$ 4.016	\$ 4.030	\$ 4.045
Total Costos fijos		\$ 367.878	\$ 369.129	\$ 370.386	\$ 371.646	\$ 372.911
EBITDA		\$ 303.113	\$ 330.947	\$ 358.775	\$ 386.598	\$ 414.416
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
EBIT		\$ 258.793	\$ 286.627	\$ 314.455	\$ 342.278	\$ 370.096
TAX 27%		\$ 69.874	\$ 77.389	\$ 84.903	\$ 92.415	\$ 99.926
		\$ 188.919	\$ 209.237	\$ 229.552	\$ 249.863	\$ 270.170
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
Capital de Trabajo	\$ -28.876	\$ -104	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -738.982	\$ 233.239	\$ 253.557	\$ 273.872	\$ 294.183	\$ 314.490
Flujo de caja acumulado		-\$ 505.743	-\$ 252.185	\$ 21.687	\$ 315.870	\$ 630.360
Tasa Descuento CAPM						
16,62%	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles	
	\$ 124.896	23.34%	\$ 939	\$ 1.048	52	
Payback descontado						
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]			
0	\$ -738.982		\$ -738.982			
1	\$ 233.239	\$ 199.933	\$ -538.989			
2	\$ 253.557	\$ 186.425	\$ -352.564			
3	\$ 273.872	\$ 172.659	\$ -179.905			
4	\$ 294.183	\$ 159.028	\$ -20.877			
5	\$ 314.490	\$ 145.773	\$ 124.896			

Ilustración 28: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.048 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

9.14.4 Flujos de Caja cuando la máquina opera 53 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 755.824					
	\$ 28.249					
Ingresos		\$ 766.456	\$ 797.922	\$ 829.432	\$ 860.987	\$ 892.587
Costos Variables						
Transporte		\$ 79.502	\$ 81.431	\$ 83.407	\$ 85.431	\$ 87.504
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 79.502	\$ 81.431	\$ 83.407	\$ 85.431	\$ 87.504
Mg. Operacional		\$ 686.954	\$ 716.491	\$ 746.025	\$ 775.556	\$ 805.083
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.591	\$ 215.365	\$ 216.142	\$ 216.921	\$ 217.703
Insumos		\$ 14.130	\$ 14.181	\$ 14.233	\$ 14.284	\$ 14.335
Arriendo		\$ 134.698	\$ 135.184	\$ 135.671	\$ 136.160	\$ 136.651
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.675	\$ 22.677	\$ 22.679	\$ 22.682	\$ 22.684
Servicios básicos		\$ 4.230	\$ 4.246	\$ 4.261	\$ 4.276	\$ 4.292
Total Costos fijos		\$ 390.325	\$ 391.653	\$ 392.985	\$ 394.323	\$ 395.665
EBITDA		\$ 296.630	\$ 324.839	\$ 353.040	\$ 381.233	\$ 409.418
Depreciación		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
EBIT		\$ 251.255	\$ 279.464	\$ 307.666	\$ 335.859	\$ 364.044
TAX 27%		\$ 67.839	\$ 75.455	\$ 83.070	\$ 90.682	\$ 98.292
Depreciación		\$ 183.416	\$ 204.009	\$ 224.596	\$ 245.177	\$ 265.752
Depreciación		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
Capital de Trabajo	\$ -30.637	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -784.072	\$ 228.791	\$ 249.383	\$ 269.970	\$ 290.551	\$ 311.126
Flujo de caja acumulado	-\$	555.282	-\$	305.898	-\$	35.928
Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles	
16,62%	\$ 66.940	20,06%	\$ 885	\$ 1.066	53	
Payback descontado						
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]			
0	\$ -784.072		\$ -784.072			
1	\$ 228.791	\$ 196.179	\$ -587.893			
2	\$ 249.383	\$ 183.356	\$ -404.537			
3	\$ 269.970	\$ 170.199	\$ -234.338			
4	\$ 290.551	\$ 157.065	\$ -77.274			
5	\$ 311.126	\$ 144.213	\$ 66.940			

Ilustración 29: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.066 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.



	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 712.358					
	\$ 26.624					
Ingresos		\$ 758.976	\$ 790.442	\$ 821.952	\$ 853.507	\$ 885.107
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.524	\$ 75.308	\$ 77.136	\$ 79.007	\$ 80.924
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 73.524	\$ 75.308	\$ 77.136	\$ 79.007	\$ 80.924
Mg. Operacional		\$ 685.452	\$ 715.134	\$ 744.817	\$ 774.500	\$ 804.183
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.250	\$ 202.980	\$ 203.712	\$ 204.446	\$ 205.183
Insumos		\$ 13.318	\$ 13.366	\$ 13.414	\$ 13.462	\$ 13.511
Arriendo		\$ 126.952	\$ 127.410	\$ 127.869	\$ 128.330	\$ 128.793
Mantenimiento de los equipos		\$ 21.371	\$ 21.373	\$ 21.375	\$ 21.377	\$ 21.379
Servicios básicos		\$ 3.987	\$ 4.001	\$ 4.016	\$ 4.030	\$ 4.045
Total Costos fijos		\$ 367.878	\$ 369.129	\$ 370.386	\$ 371.646	\$ 372.911
EBITDA		\$ 317.574	\$ 346.005	\$ 374.431	\$ 402.853	\$ 431.271
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
EBIT		\$ 273.254	\$ 301.685	\$ 330.111	\$ 358.533	\$ 386.951
TAX 27%		\$ 73.779	\$ 81.455	\$ 89.130	\$ 96.804	\$ 104.477
Depreciación		\$ 199.476	\$ 220.230	\$ 240.981	\$ 261.729	\$ 282.474
Capital de Trabajo	\$ -28.876	\$ -104	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -738.982	\$ 243.795	\$ 264.550	\$ 285.301	\$ 306.049	\$ 326.794
Flujo de caja acumulado		\$ 495.186	\$ 230.637	\$ 54.664	\$ 360.714	\$ 687.508

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 161.353	25,24%	\$ 939	\$ 1.046	53

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -738.982		\$ -738.982
1	\$ 243.795	\$ 209.045	\$ -529.937
2	\$ 264.550	\$ 194.507	\$ -335.430
3	\$ 285.301	\$ 179.864	\$ -155.566
4	\$ 306.049	\$ 165.442	\$ 9.877
5	\$ 326.794	\$ 151.476	\$ 161.353

Ilustración 30: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.046 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

9.14.5 Flujos de Caja cuando la máquina opera 54 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 754.971					
	\$ 28.217					
Ingresos		\$ 780.768	\$ 812.828	\$ 844.932	\$ 877.082	\$ 909.279
Costos Variables						
Transporte		\$ 80.380	\$ 82.331	\$ 84.329	\$ 86.375	\$ 88.471
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 80.380	\$ 82.331	\$ 84.329	\$ 86.375	\$ 88.471
Mg. Operacional		\$ 700.387	\$ 730.497	\$ 760.604	\$ 790.707	\$ 820.808
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.349	\$ 215.122	\$ 215.898	\$ 216.676	\$ 217.457
Insumos		\$ 14.114	\$ 14.165	\$ 14.216	\$ 14.268	\$ 14.319
Arriendo		\$ 134.546	\$ 135.031	\$ 135.518	\$ 136.007	\$ 136.497
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.649	\$ 22.651	\$ 22.654	\$ 22.656	\$ 22.658
Servicios básicos		\$ 4.226	\$ 4.241	\$ 4.256	\$ 4.271	\$ 4.287
Total Costos fijos		\$ 389.884	\$ 391.211	\$ 392.542	\$ 393.878	\$ 395.219
EBITDA		\$ 310.503	\$ 339.286	\$ 368.062	\$ 396.829	\$ 425.589
Depreciación		\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354
EBIT		\$ 265.150	\$ 293.933	\$ 322.708	\$ 351.476	\$ 380.235
TAX 27%		\$ 71.590	\$ 79.362	\$ 87.131	\$ 94.898	\$ 102.664
Depreciación		\$ 193.559	\$ 214.571	\$ 235.577	\$ 256.577	\$ 277.572
Capital de Trabajo	\$ -30.603	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -783.187	\$ 238.913	\$ 259.924	\$ 280.930	\$ 301.931	\$ 322.925
Flujo de caja acumulado	-\$	\$ 544.274	-\$	\$ 284.350	-\$	\$ 621.437

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 102.785	21,87%	\$ 886	\$ 1.079	54

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -783.187		\$ -783.187
1	\$ 238.913	\$ 204.858	\$ -578.329
2	\$ 259.924	\$ 191.106	\$ -387.223
3	\$ 280.930	\$ 177.109	\$ -210.114
4	\$ 301.931	\$ 163.216	\$ -46.898
5	\$ 322.925	\$ 149.683	\$ 102.785

Ilustración 31: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$886 [CLP] y el precio del diésel es \$1.079 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 712.358					
	\$ 26.624					
Ingresos		\$ 773.296	\$ 805.356	\$ 837.461	\$ 869.611	\$ 901.807
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.875	\$ 75.668	\$ 77.504	\$ 79.385	\$ 81.311
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 73.875	\$ 75.668	\$ 77.504	\$ 79.385	\$ 81.311
Mg. Operacional		\$ 699.421	\$ 729.688	\$ 759.956	\$ 790.226	\$ 820.496
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.250	\$ 202.980	\$ 203.712	\$ 204.446	\$ 205.183
Insumos		\$ 13.318	\$ 13.366	\$ 13.414	\$ 13.462	\$ 13.511
Arriendo		\$ 126.952	\$ 127.410	\$ 127.869	\$ 128.330	\$ 128.793
Mantenimiento de los equipos		\$ 21.371	\$ 21.373	\$ 21.375	\$ 21.377	\$ 21.379
Servicios básicos		\$ 3.987	\$ 4.001	\$ 4.016	\$ 4.030	\$ 4.045
Total Costos fijos		\$ 367.878	\$ 369.129	\$ 370.386	\$ 371.646	\$ 372.911
EBITDA		\$ 331.543	\$ 360.559	\$ 389.571	\$ 418.580	\$ 447.584
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
EBIT		\$ 287.223	\$ 316.239	\$ 345.251	\$ 374.260	\$ 403.264
TAX 27%		\$ 77.550	\$ 85.384	\$ 93.218	\$ 101.050	\$ 108.881
		\$ 209.673	\$ 230.854	\$ 252.033	\$ 273.209	\$ 294.383
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
Capital de Trabajo	\$ -28.876	\$ -104	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -738.982	\$ 253.993	\$ 275.174	\$ 296.353	\$ 317.529	\$ 338.703
Flujo de caja acumulado		-\$ 484.989	-\$ 209.815	\$ 86.538	\$ 404.068	\$ 742.771

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 196.602	27,06%	\$ 939	\$ 1.051	54

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -738.982		\$ -738.982
1	\$ 253.993	\$ 217.789	\$ -521.193
2	\$ 275.174	\$ 202.318	\$ -318.875
3	\$ 296.353	\$ 186.832	\$ -132.043
4	\$ 317.529	\$ 171.648	\$ 39.606
5	\$ 338.703	\$ 156.996	\$ 196.602

Ilustración 32: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.051 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

9.14.6 Flujos de Caja cuando la máquina opera 55 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 755.824					
	\$ 28.249					
Ingresos		\$ 795.379	\$ 828.033	\$ 860.732	\$ 893.477	\$ 926.270
Costos Variables						
Transporte		\$ 80.322	\$ 82.271	\$ 84.268	\$ 86.312	\$ 88.407
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 80.322	\$ 82.271	\$ 84.268	\$ 86.312	\$ 88.407
Mg. Operacional		\$ 715.057	\$ 745.761	\$ 776.464	\$ 807.165	\$ 837.863
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.591	\$ 215.365	\$ 216.142	\$ 216.921	\$ 217.703
Insumos		\$ 14.130	\$ 14.181	\$ 14.233	\$ 14.284	\$ 14.335
Arriendo		\$ 134.698	\$ 135.184	\$ 135.671	\$ 136.160	\$ 136.651
Mantenición de los equipos		\$ 22.675	\$ 22.677	\$ 22.679	\$ 22.682	\$ 22.684
Servicios básicos		\$ 4.230	\$ 4.246	\$ 4.261	\$ 4.276	\$ 4.292
Total Costos fijos		\$ 390.325	\$ 391.653	\$ 392.985	\$ 394.323	\$ 395.665
EBITDA		\$ 324.732	\$ 354.109	\$ 383.479	\$ 412.842	\$ 442.197
Depreciación		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
EBIT		\$ 279.358	\$ 308.734	\$ 338.104	\$ 367.467	\$ 396.823
TAX 27%		\$ 75.427	\$ 83.358	\$ 91.288	\$ 99.216	\$ 107.142
Depreciación		\$ 203.931	\$ 225.376	\$ 246.816	\$ 268.251	\$ 289.681
Depreciación		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
Capital de Trabajo	\$ -30.637	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -784.072	\$ 249.305	\$ 270.750	\$ 292.190	\$ 313.625	\$ 335.055
Flujo de caja acumulado		\$ 534.767	\$ 264.016	\$ 28.174	\$ 341.799	\$ 676.854

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 137.814	23,61%	\$ 885	\$ 1.077	55

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -784.072	\$ -	\$ -784.072
1	\$ 249.305	\$ 213.769	\$ -570.303
2	\$ 270.750	\$ 199.066	\$ -371.237
3	\$ 292.190	\$ 184.208	\$ -187.029
4	\$ 313.625	\$ 169.538	\$ -17.491
5	\$ 335.055	\$ 155.305	\$ 137.814

Ilustración 33: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.077 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 712.358					
	\$ 26.624					
Ingresos		\$ 787.617	\$ 820.270	\$ 852.969	\$ 885.715	\$ 918.507
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.875	\$ 75.668	\$ 77.504	\$ 79.385	\$ 81.311
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 73.875	\$ 75.668	\$ 77.504	\$ 79.385	\$ 81.311
Mg. Operacional		\$ 713.741	\$ 744.602	\$ 775.465	\$ 806.330	\$ 837.196
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.250	\$ 202.980	\$ 203.712	\$ 204.446	\$ 205.183
Insumos		\$ 13.318	\$ 13.366	\$ 13.414	\$ 13.462	\$ 13.511
Arriendo		\$ 126.952	\$ 127.410	\$ 127.869	\$ 128.330	\$ 128.793
Mantenimiento de los equipos		\$ 21.371	\$ 21.373	\$ 21.375	\$ 21.377	\$ 21.379
Servicios básicos		\$ 3.987	\$ 4.001	\$ 4.016	\$ 4.030	\$ 4.045
Total Costos fijos		\$ 367.878	\$ 369.129	\$ 370.386	\$ 371.646	\$ 372.911
EBITDA		\$ 345.863	\$ 375.473	\$ 405.079	\$ 434.683	\$ 464.285
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
EBIT		\$ 301.543	\$ 331.153	\$ 360.759	\$ 390.363	\$ 419.965
TAX 27%		\$ 81.417	\$ 89.411	\$ 97.405	\$ 105.398	\$ 113.390
Depreciación		\$ 220.127	\$ 241.741	\$ 263.354	\$ 284.965	\$ 306.574
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
Capital de Trabajo	\$ -28.876	\$ -104	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -738.982	\$ 264.447	\$ 286.061	\$ 307.674	\$ 329.285	\$ 350.894
Flujo de caja acumulado	-\$	\$ 474.535	-\$	\$ 188.474	\$ 448.486	\$ 799.380

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 232.713	28,89%	\$ 939	\$ 1.051	55

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -738.982		\$ -738.982
1	\$ 264.447	\$ 226.752	\$ -512.229
2	\$ 286.061	\$ 210.323	\$ -301.906
3	\$ 307.674	\$ 193.969	\$ -107.937
4	\$ 329.285	\$ 178.003	\$ 70.066
5	\$ 350.894	\$ 162.647	\$ 232.713

Ilustración 34: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.051 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

9.14.7 Flujos de Caja cuando la máquina opera 56 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	\$ 754.971					
HH ingeniería	\$ 28.217					
Ingresos		\$ 609.685	\$ 842.933	\$ 876.226	\$ 909.567	\$ 942.956
Costos Variables						
Transporte		\$ 79.412	\$ 81.339	\$ 83.313	\$ 85.334	\$ 87.405
Otros		-	-	-	-	-
Total Costos Variables		\$ 79.412	\$ 81.339	\$ 83.313	\$ 85.334	\$ 87.405
Mg. Operacional		\$ 730.273	\$ 761.593	\$ 792.913	\$ 824.232	\$ 855.551
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.349	\$ 215.122	\$ 215.898	\$ 216.676	\$ 217.457
Insumos		\$ 14.114	\$ 14.165	\$ 14.216	\$ 14.268	\$ 14.319
Arriendo		\$ 134.546	\$ 135.031	\$ 135.518	\$ 136.007	\$ 136.437
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.649	\$ 22.651	\$ 22.654	\$ 22.656	\$ 22.658
Servicios básicos		\$ 4.226	\$ 4.241	\$ 4.256	\$ 4.271	\$ 4.287
Total Costos fijos		\$ 389.884	\$ 391.211	\$ 392.542	\$ 393.878	\$ 395.219
EBITDA		\$ 340.389	\$ 370.383	\$ 400.371	\$ 430.354	\$ 460.332
Depreciación		\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354
EBIT		\$ 295.035	\$ 325.029	\$ 355.018	\$ 385.001	\$ 414.978
TAX 27%		\$ 79.660	\$ 87.758	\$ 95.855	\$ 103.950	\$ 112.044
Depreciación		\$ 215.376	\$ 237.271	\$ 259.163	\$ 281.051	\$ 302.934
Capital de Trabajo	\$ -30.603	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -783.187	\$ 260.729	\$ 282.625	\$ 304.517	\$ 326.404	\$ 348.288
Flujo de caja acumulado	-\$	522.458	-\$	239.833	\$	739.376

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 178.037	25,53%	\$ 886	\$ 1.066	56

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -783.187		\$ -783.187
1	\$ 260.729	\$ 223.565	\$ -559.622
2	\$ 282.625	\$ 207.797	\$ -351.826
3	\$ 304.517	\$ 191.979	\$ -159.847
4	\$ 326.404	\$ 176.446	\$ 16.599
5	\$ 348.288	\$ 161.439	\$ 178.037

Ilustración 35: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$886 [CLP] y el precio del diésel es \$1.066 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia.

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 712.358					
	\$ 26.624					
Ingresos		\$ 801.937	\$ 835.184	\$ 868.478	\$ 901.819	\$ 935.207
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.243	\$ 75.020	\$ 76.841	\$ 78.705	\$ 80.615
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 73.243	\$ 75.020	\$ 76.841	\$ 78.705	\$ 80.615
Mg. Operacional		\$ 728.694	\$ 760.164	\$ 791.637	\$ 823.113	\$ 854.592
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.250	\$ 202.980	\$ 203.712	\$ 204.446	\$ 205.183
Insumos		\$ 13.318	\$ 13.366	\$ 13.414	\$ 13.462	\$ 13.511
Arriendo		\$ 126.952	\$ 127.410	\$ 127.869	\$ 128.330	\$ 128.793
Mantenimiento de los equipos		\$ 21.371	\$ 21.373	\$ 21.375	\$ 21.377	\$ 21.379
Servicios básicos		\$ 3.987	\$ 4.001	\$ 4.016	\$ 4.030	\$ 4.045
Total Costos fijos		\$ 367.878	\$ 369.129	\$ 370.386	\$ 371.646	\$ 372.911
EBITDA		\$ 360.816	\$ 391.035	\$ 421.252	\$ 451.467	\$ 481.681
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
EBIT		\$ 316.496	\$ 346.715	\$ 376.932	\$ 407.147	\$ 437.361
TAX 27%		\$ 85.454	\$ 93.613	\$ 101.772	\$ 109.930	\$ 118.087
Depreciación		\$ 231.042	\$ 253.102	\$ 275.160	\$ 297.217	\$ 319.274
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
Capital de Trabajo	\$ -28.876	\$ -104	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -738.982	\$ 275.362	\$ 297.422	\$ 319.480	\$ 341.537	\$ 363.593
Flujo de caja acumulado		\$ -463.620	\$ -166.198	\$ 153.282	\$ 494.819	\$ 858.413

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 270.378	30,73%	\$ 939	\$ 1.042	56

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -738.982		\$ -738.982
1	\$ 275.362	\$ 236.112	\$ -502.870
2	\$ 297.422	\$ 218.676	\$ -284.194
3	\$ 319.480	\$ 201.412	\$ -82.782
4	\$ 341.537	\$ 184.628	\$ 101.844
5	\$ 363.593	\$ 168.533	\$ 270.378

Ilustración 36: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.042 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia

9.14.8 Flujos de Caja cuando la máquina opera 57 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 754.119					
	\$ 28.185					
Ingresos		\$ 823.986	\$ 857.827	\$ 891.715	\$ 925.652	\$ 959.637
Costos Variables						
Transporte		\$ 79.918	\$ 81.857	\$ 83.843	\$ 85.878	\$ 87.962
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 79.918	\$ 81.857	\$ 83.843	\$ 85.878	\$ 87.962
Mg. Operacional		\$ 744.068	\$ 775.970	\$ 807.872	\$ 839.774	\$ 871.675
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.107	\$ 214.879	\$ 215.654	\$ 216.432	\$ 217.212
Insumos		\$ 14.093	\$ 14.149	\$ 14.200	\$ 14.252	\$ 14.303
Arriendo		\$ 134.394	\$ 134.879	\$ 135.365	\$ 135.853	\$ 136.343
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.624	\$ 22.628	\$ 22.628	\$ 22.630	\$ 22.633
Servicios básicos		\$ 4.221	\$ 4.236	\$ 4.251	\$ 4.267	\$ 4.282
Total Costos fijos		\$ 389.445	\$ 390.770	\$ 392.039	\$ 393.434	\$ 394.773
EBITDA		\$ 354.624	\$ 385.201	\$ 415.773	\$ 446.340	\$ 476.902
Depreciación		\$ 45.333	\$ 45.333	\$ 45.333	\$ 45.333	\$ 45.333
EBIT		\$ 309.291	\$ 339.868	\$ 370.440	\$ 401.007	\$ 431.569
TAX 27%		\$ 83.509	\$ 91.764	\$ 100.019	\$ 108.272	\$ 116.524
Depreciación		\$ 225.782	\$ 248.104	\$ 270.421	\$ 292.735	\$ 315.045
Depreciación		\$ 45.333	\$ 45.333	\$ 45.333	\$ 45.333	\$ 45.333
Capital de Trabajo	\$ -30.568	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -111	\$ -
Flujo de Caja	\$ -782.304	\$ 271.115	\$ 293.436	\$ 315.754	\$ 338.068	\$ 360.378
Flujo de caja acumulado	-\$	\$ 511.189	-\$ 217.753	\$ 98.001	\$ 436.069	\$ 796.447

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 214.769	27,38%	\$ 887	\$ 1.074	57

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -782.304		\$ -782.304
1	\$ 271.115	\$ 232.471	\$ -549.834
2	\$ 293.436	\$ 215.746	\$ -334.088
3	\$ 315.754	\$ 199.063	\$ -135.025
4	\$ 338.068	\$ 182.751	\$ 47.726
5	\$ 360.378	\$ 167.043	\$ 214.769

Ilustración 37: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$887 [CLP] y el precio del diésel es \$1.074 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia



	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 712.358					
	\$ 26.624					
Ingresos		\$ 816.257	\$ 850.098	\$ 883.986	\$ 917.922	\$ 951.908
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.383	\$ 75.164	\$ 76.988	\$ 78.856	\$ 80.770
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 73.383	\$ 75.164	\$ 76.988	\$ 78.856	\$ 80.770
Mg. Operacional		\$ 742.874	\$ 774.934	\$ 806.998	\$ 839.066	\$ 871.138
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.250	\$ 202.980	\$ 203.712	\$ 204.446	\$ 205.183
Insumos		\$ 13.318	\$ 13.366	\$ 13.414	\$ 13.462	\$ 13.511
Arriendo		\$ 126.952	\$ 127.410	\$ 127.869	\$ 128.330	\$ 128.793
Mantenición de los equipos		\$ 21.371	\$ 21.373	\$ 21.375	\$ 21.377	\$ 21.379
Servicios básicos		\$ 3.987	\$ 4.001	\$ 4.016	\$ 4.030	\$ 4.045
Total Costos fijos		\$ 367.878	\$ 369.129	\$ 370.386	\$ 371.646	\$ 372.911
EBITDA		\$ 374.996	\$ 405.805	\$ 436.613	\$ 467.420	\$ 498.226
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
EBIT		\$ 330.676	\$ 361.485	\$ 392.293	\$ 423.100	\$ 453.906
TAX 27%		\$ 89.282	\$ 97.601	\$ 105.919	\$ 114.237	\$ 122.555
Depreciación		\$ 241.393	\$ 263.884	\$ 286.374	\$ 308.863	\$ 331.352
Capital de Trabajo	\$ -28.876	\$ -104	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -738.982	\$ 285.713	\$ 308.204	\$ 330.694	\$ 353.183	\$ 375.672
Flujo de caja acumulado		-\$ 453.268	-\$ 145.065	\$ 185.629	\$ 538.812	\$ 914.484

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 306.144	32,57%	\$ 939	1.044	57

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -738.982		\$ -738.982
1	\$ 285.713	\$ 244.988	\$ -493.994
2	\$ 308.204	\$ 226.603	\$ -267.391
3	\$ 330.694	\$ 208.482	\$ -58.909
4	\$ 353.183	\$ 190.922	\$ 132.012
5	\$ 375.672	\$ 174.132	\$ 306.144

Ilustración 38: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.044 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia

9.14.9 Flujos de Caja cuando la máquina opera 58 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH Ingeniería	\$ 755.824					
	\$ 28.249					
Ingresos		\$ 838.763	\$ 873.198	\$ 907.681	\$ 942.212	\$ 976.793
Costos Variables						
Transporte		\$ 80.322	\$ 82.271	\$ 84.268	\$ 86.312	\$ 88.407
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 80.322	\$ 82.271	\$ 84.268	\$ 86.312	\$ 88.407
Mg. Operacional		\$ 758.441	\$ 790.927	\$ 823.413	\$ 855.900	\$ 888.386
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.591	\$ 215.365	\$ 216.142	\$ 216.921	\$ 217.703
Insumos		\$ 14.130	\$ 14.181	\$ 14.233	\$ 14.284	\$ 14.335
Arriendo		\$ 134.698	\$ 135.194	\$ 135.671	\$ 136.160	\$ 136.651
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.675	\$ 22.677	\$ 22.679	\$ 22.682	\$ 22.684
Servicios básicos		\$ 4.230	\$ 4.246	\$ 4.261	\$ 4.276	\$ 4.292
Total Costos fijos		\$ 390.325	\$ 391.653	\$ 392.985	\$ 394.323	\$ 395.685
EBITDA		\$ 368.116	\$ 399.274	\$ 430.428	\$ 461.577	\$ 492.721
Depreciación		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
EBIT		\$ 322.742	\$ 353.900	\$ 385.053	\$ 416.202	\$ 447.347
TAX 27%		\$ 87.140	\$ 95.553	\$ 103.964	\$ 112.375	\$ 120.784
Depreciación		\$ 235.602	\$ 258.347	\$ 281.089	\$ 303.828	\$ 326.563
		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
Capital de Trabajo	\$ -30.637	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -784.072	\$ 280.976	\$ 303.721	\$ 326.463	\$ 349.202	\$ 371.937
Flujo de caja acumulado	-\$	\$ 503.096	-\$	\$ 199.375	\$ 476.290	\$ 848.227

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 247.146	28,91%	\$ 885	1.077	58

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -784.072		\$ -784.072
1	\$ 280.976	\$ 240.926	\$ -543.147
2	\$ 303.721	\$ 223.307	\$ -319.839
3	\$ 326.463	\$ 205.814	\$ -114.025
4	\$ 349.202	\$ 188.770	\$ 74.745
5	\$ 371.937	\$ 172.401	\$ 247.146

Ilustración 39: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.077 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 713.878					
	\$ 26.681					
Ingresos		\$ 830.864	\$ 865.293	\$ 899.781	\$ 934.313	\$ 968.894
Costos Variables						
Transporte		\$ 72.977	\$ 74.747	\$ 76.561	\$ 78.419	\$ 80.322
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 72.977	\$ 74.747	\$ 76.561	\$ 78.419	\$ 80.322
Mg. Operacional		\$ 757.887	\$ 790.551	\$ 823.220	\$ 855.894	\$ 888.572
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.682	\$ 203.413	\$ 204.146	\$ 204.883	\$ 205.621
Insumos		\$ 13.346	\$ 13.394	\$ 13.443	\$ 13.491	\$ 13.540
Ariendo		\$ 127.223	\$ 127.682	\$ 128.142	\$ 128.604	\$ 129.068
Mantenición de los equipos		\$ 21.416	\$ 21.416	\$ 21.421	\$ 21.423	\$ 21.425
Servicios básicos		\$ 3.996	\$ 4.010	\$ 4.024	\$ 4.039	\$ 4.053
Total Costos fijos		\$ 368.663	\$ 369.917	\$ 371.176	\$ 372.440	\$ 373.707
EBITDA		\$ 389.224	\$ 420.634	\$ 452.044	\$ 483.454	\$ 514.865
Depreciación		\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357
EBIT		\$ 344.867	\$ 376.277	\$ 407.687	\$ 439.097	\$ 470.508
TAX 27%		\$ 33.114	\$ 101.595	\$ 110.075	\$ 118.556	\$ 127.037
		\$ 251.753	\$ 274.682	\$ 297.612	\$ 320.541	\$ 343.471
Depreciación		\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357
Capital de Trabajo	\$ -28.937	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -740.559	\$ 296.110	\$ 319.039	\$ 341.968	\$ 364.898	\$ 387.828
Flujo de caja acumulado		-\$ 444.449	-\$ 125.410	\$ 216.558	\$ 581.456	\$ 969.284

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 340.523	34,22%	\$ 937	\$ 1.036	58

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -740.559		\$ -740.559
1	\$ 296.110	\$ 253.903	\$ -486.657
2	\$ 319.039	\$ 234.570	\$ -252.087
3	\$ 341.968	\$ 215.530	\$ -36.498
4	\$ 364.898	\$ 197.255	\$ 160.757
5	\$ 387.828	\$ 179.766	\$ 340.523

Ilustración 40: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$937 [CLP] y el precio del diésel es \$1.036 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia

9.14.10 Flujos de Caja cuando la máquina opera 59 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 754.971					
	\$ 28.217					
Ingresos		\$ 853.061	\$ 888.090	\$ 923.167	\$ 958.294	\$ 993.471
Costos Variables						
Transporte		\$ 80.380	\$ 82.331	\$ 84.329	\$ 86.375	\$ 88.471
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 80.380	\$ 82.331	\$ 84.329	\$ 86.375	\$ 88.471
Mg. Operacional		\$ 772.681	\$ 805.759	\$ 838.838	\$ 871.919	\$ 905.000
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.349	\$ 215.122	\$ 215.898	\$ 216.676	\$ 217.457
Insumos		\$ 14.114	\$ 14.165	\$ 14.216	\$ 14.268	\$ 14.319
Arriendo		\$ 134.546	\$ 135.031	\$ 135.518	\$ 136.007	\$ 136.497
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.649	\$ 22.651	\$ 22.654	\$ 22.656	\$ 22.658
Servicios básicos		\$ 4.226	\$ 4.241	\$ 4.256	\$ 4.271	\$ 4.287
Total Costos fijos		\$ 389.884	\$ 391.211	\$ 392.542	\$ 393.878	\$ 395.219
EBITDA		\$ 382.797	\$ 414.548	\$ 446.296	\$ 478.041	\$ 509.781
Depreciación		\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354
EBIT		\$ 337.443	\$ 369.195	\$ 400.943	\$ 432.687	\$ 464.428
TAX 27%		\$ 91.110	\$ 99.683	\$ 108.254	\$ 116.826	\$ 125.396
Depreciación		\$ 246.333	\$ 269.512	\$ 292.688	\$ 315.862	\$ 339.032
Depreciación		\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354	\$ 45.354
Capital de Trabajo	\$ -30.603	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -783.187	\$ 291.687	\$ 314.866	\$ 338.042	\$ 361.215	\$ 384.386
Flujo de caja acumulado	-\$	\$ 491.500	-\$	\$ 176.635	\$ 522.622	\$ 907.008

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 284.972	30,72%	\$ 886	\$ 1.079	59

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -783.187		\$ -783.187
1	\$ 291.687	\$ 250.110	\$ -533.077
2	\$ 314.866	\$ 231.501	\$ -301.576
3	\$ 338.042	\$ 213.114	\$ -88.462
4	\$ 361.215	\$ 195.264	\$ 106.801
5	\$ 384.386	\$ 176.171	\$ 284.972

Ilustración 41: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$886 [CLP] y el precio del diésel es \$1.079 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 713.878					
	\$ 26.681					
Ingresos		\$ 845.183	\$ 880.217	\$ 915.295	\$ 950.422	\$ 985.599
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.188	\$ 74.964	\$ 76.783	\$ 78.646	\$ 80.554
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 73.188	\$ 74.964	\$ 76.783	\$ 78.646	\$ 80.554
Mg. Operacional		\$ 772.001	\$ 805.254	\$ 838.512	\$ 871.775	\$ 905.045
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.682	\$ 203.413	\$ 204.146	\$ 204.883	\$ 205.621
Insumos		\$ 13.346	\$ 13.394	\$ 13.443	\$ 13.491	\$ 13.540
Arriendo		\$ 127.223	\$ 127.682	\$ 128.142	\$ 128.604	\$ 129.068
Mantenimiento de los equipos		\$ 21.416	\$ 21.418	\$ 21.421	\$ 21.423	\$ 21.425
Servicios básicos		\$ 3.996	\$ 4.010	\$ 4.024	\$ 4.039	\$ 4.053
Total Costos fijos		\$ 368.663	\$ 369.917	\$ 371.176	\$ 372.440	\$ 373.707
EBITDA		\$ 403.338	\$ 435.336	\$ 467.336	\$ 499.336	\$ 531.337
Depreciación		\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357	\$ 44.357
EBIT		\$ 358.981	\$ 390.979	\$ 422.979	\$ 454.979	\$ 486.980
TAX 27%		\$ 96.925	\$ 105.564	\$ 114.204	\$ 122.844	\$ 131.485
Depreciación		\$ 262.056	\$ 285.415	\$ 308.774	\$ 332.135	\$ 355.496
Capital de Trabajo	\$ -28.937	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -740.559	\$ 306.413	\$ 329.772	\$ 353.131	\$ 376.492	\$ 399.852
Flujo de caja acumulado		-\$ 434.146	-\$ 104.374	\$ 248.757	\$ 625.249	\$ 1.025.101

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 376.128	35,96%	\$ 937	\$ 1.039	59

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -740.559	\$ -	\$ -740.559
1	\$ 306.413	\$ 262.737	\$ -477.822
2	\$ 329.772	\$ 242.461	\$ -235.361
3	\$ 353.131	\$ 222.627	\$ -12.734
4	\$ 376.492	\$ 203.522	\$ 190.787
5	\$ 399.852	\$ 185.340	\$ 376.128

Ilustración 42: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$937 [CLP] y el precio del diésel es \$1.039 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia

9.14.11 Flujos de Caja cuando la máquina opera 60 paneles por hora

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 755.824					
	\$ 28.249					
Ingresos		\$ 867.686	\$ 903.308	\$ 938.980	\$ 974.702	\$ 1.010.476
Costos Variables						
Transporte		\$ 80.322	\$ 82.271	\$ 84.268	\$ 86.312	\$ 88.407
Otros		-	-	-	-	-
Total Costos Variables		\$ 80.322	\$ 82.271	\$ 84.268	\$ 86.312	\$ 88.407
Mg. Operacional		\$ 787.364	\$ 821.037	\$ 854.712	\$ 888.390	\$ 922.069
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 214.591	\$ 215.365	\$ 216.142	\$ 216.921	\$ 217.703
Insumos		\$ 14.130	\$ 14.181	\$ 14.233	\$ 14.284	\$ 14.335
Arriendo		\$ 134.698	\$ 135.184	\$ 135.671	\$ 136.160	\$ 136.651
Mantenimiento de los equipos		\$ 22.675	\$ 22.677	\$ 22.679	\$ 22.682	\$ 22.684
Servicios básicos		\$ 4.230	\$ 4.246	\$ 4.261	\$ 4.276	\$ 4.292
Total Costos fijos		\$ 390.325	\$ 391.653	\$ 392.985	\$ 394.323	\$ 395.665
EBITDA		\$ 397.039	\$ 429.384	\$ 461.727	\$ 494.067	\$ 526.404
Depreciación		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
EBIT		\$ 351.665	\$ 384.010	\$ 416.353	\$ 448.692	\$ 481.029
TAX 27%		\$ 94.950	\$ 103.683	\$ 112.415	\$ 121.147	\$ 129.878
Depreciación		\$ 256.715	\$ 280.327	\$ 303.937	\$ 327.546	\$ 351.151
Depreciación		\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374	\$ 45.374
Capital de Trabajo	\$ -30.637	\$ -110	\$ -111	\$ -111	\$ -112	\$ -
Flujo de Caja	\$ -784.072	\$ 302.090	\$ 325.702	\$ 349.312	\$ 372.920	\$ 396.526
Flujo de caja acumulado	-\$	481.983	-\$	156.281	565.950	962.476

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 320.034	32,35%	\$ 885	1.077	60

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -784.072		\$ -784.072
1	\$ 302.090	\$ 259.090	\$ -525.042
2	\$ 325.702	\$ 239.468	\$ -285.574
3	\$ 349.312	\$ 220.219	\$ -65.355
4	\$ 372.920	\$ 201.591	\$ 136.236
5	\$ 396.526	\$ 183.798	\$ 320.034

Ilustración 43: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$885 [CLP] y el precio del diésel es \$1.077 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia

	Periodo de Evaluación					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
HH ingeniería	\$ 712.358					
	\$ 26.624					
Ingresos		\$ 859.218	\$ 894.840	\$ 930.512	\$ 966.234	\$ 1.002.008
Costos Variables						
Transporte		\$ 73.875	\$ 75.668	\$ 77.504	\$ 79.385	\$ 81.311
Otros		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costos Variables		\$ 73.875	\$ 75.668	\$ 77.504	\$ 79.385	\$ 81.311
Mg. Operacional		\$ 785.343	\$ 819.172	\$ 853.008	\$ 886.849	\$ 920.697
Costos Fijos						
Remuneraciones		\$ 202.250	\$ 202.980	\$ 203.712	\$ 204.446	\$ 205.183
Insumos		\$ 13.318	\$ 13.366	\$ 13.414	\$ 13.462	\$ 13.511
Arriendo		\$ 126.952	\$ 127.410	\$ 127.869	\$ 128.330	\$ 128.793
Mantenimiento de los equipos		\$ 21.371	\$ 21.373	\$ 21.375	\$ 21.377	\$ 21.379
Servicios básicos		\$ 3.987	\$ 4.001	\$ 4.016	\$ 4.030	\$ 4.045
Total Costos fijos		\$ 367.878	\$ 369.129	\$ 370.386	\$ 371.646	\$ 372.911
EBITDA		\$ 417.465	\$ 450.043	\$ 482.622	\$ 515.203	\$ 547.785
Depreciación		\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320	\$ 44.320
EBIT		\$ 373.145	\$ 405.723	\$ 438.302	\$ 470.883	\$ 503.465
TAX 27%		\$ 100.749	\$ 109.545	\$ 118.342	\$ 127.138	\$ 135.936
Depreciación		\$ 272.396	\$ 296.178	\$ 319.961	\$ 343.745	\$ 367.530
Capital de Trabajo	\$ -28.876	\$ -104	\$ -104	\$ -105	\$ -105	\$ -
Flujo de Caja	\$ -738.982	\$ 316.716	\$ 340.498	\$ 364.280	\$ 388.065	\$ 411.850
Flujo de caja acumulado		\$ -422.266	\$ -81.769	\$ 282.512	\$ 670.576	\$ 1.082.426

Tasa Descuento CAPM	VAN	TIR	T. Cambio	C. Diésel [CLP/L]	Cant. Paneles
16,62%	\$ 413.271	37,19%	\$ 939	1.051	60

Payback descontado			
Año	Flujo de caja [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
0	\$ -738.982		\$ -738.982
1	\$ 316.716	\$ 271.571	\$ -467.411
2	\$ 340.498	\$ 250.347	\$ -217.064
3	\$ 364.280	\$ 229.656	\$ 12.592
4	\$ 388.065	\$ 209.778	\$ 222.370
5	\$ 411.850	\$ 190.901	\$ 413.271

Ilustración 44: Resultado Flujo de caja, cuando el tipo de cambio es \$939 [CLP] y el precio del diésel es \$1.051 [CLP]. Fuente: Elaboración Propia



10 Referencias

- [1] Abdul Kahar, N. H., Azhan, N. H., Alhamrouni, I., Zulkifli, M. N., Sutikno, T., & Jusoh, A. (2023). Comparative analysis of grid-connected bifacial and standard monofacial photovoltaic solar systems. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(4), 1993–2004. <https://doi.org/10.11591/eei.v12i4.5072>
- [2] ACESOL. (2020). Informe 1: Alternativas de tratamiento de módulos fotovoltaicos luego de su vida útil [Informe técnico]. https://acesol.cl/images/noticias/noticias-2021/Informe-1_Tratamiento-Modulos-FV.pdf
- [3] AES Andes. (s. f.). Hito histórico para AES Andes: inicia operación el mayor sistema de baterías (comunicado de prensa). <https://www.aesandes.com/es/press-release/hito-historico-para-aes-andes-inicia-operacion-el-mayor-sistema-de-baterias-de>
- [4] Agencia de Sostenibilidad Energética. (s.f.). Casa Solar Social. <https://www.casasolar.c>
- [5] Agua Antofagasta. (s. f.). Transparencia. <https://wwwprod.aguasantofagasta.cl/nosotros/transparencia/>
- [6] Asociación Chilena de Energía Solar. (2025, diciembre). ¿Qué pasa con las tecnologías limpias cuando termina su vida útil? <https://acesol.cl/noticias/%C2%BFqu%C3%A9-pasa-con-las-tecnolog%C3%ADas-limpias-cuando-termina-su-vida-%C3%BAtil.html>
- [7] Asociación Chilena de Energía Solar. (s.f.). ACESOL. <https://acesol.cl/>
- [8] AutoconsumoWeb. (2023). Paneles monofaciales vs. bifaciales: diferencias, ventajas y cuándo elegir cada uno. <https://autoconsumoweb.es/paneles-monofaciales-vs-bifaciales/>



- [9] Banco Central de Chile. (2025, marzo). Resumen del Informe de Política Monetaria (IPOM) – Marzo 2025. <https://www.bcentral.cl/en/resumen-ipom/-/detalle/resumen-ipom-marzo-2025>
- [10] Banco Central de Chile. (s. f.). Indicadores Siete: tipo de cambio observado (serie). https://si3.bcentral.cl/indicadoressiete/secure/Serie.aspx?gcode=PRE_TCO¶m=RA_BmAFYAWQB3AGYAaQBuAEkALQAzADUAbgBNAGgAaAAkADUAVwBQAC4AbQBYADAARwBOAGUAYwBjACMAQQBaAHAARgBhAGcAUABTAGUAdwA1ADQAMQA0AE0AawBLAF8AdQBDACQASABzAG0AXwA2AHQAawBvAFcAZwBKAEwAegBzAF8AbgBMAHIAYgBDAC4ARQA3AFUAVwB4AFIAWQBhAEEAOABkAHkAZwAxAEERAA=
- [11] Banco Central de Chile. (s. f.). Monetary Policy Report (IPoM). <https://www.bcentral.cl/en/web/banco-central/areas/monetary-politics/monetary-policy-report-ipom>
- [12] Banco Central de Chile. (s. f.). Siete: TPM y tasas (cuadro estadístico). https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_ESTADIST_MACRO/MN_EST_MACRO_IV/PEM_TPMyTASAS/PEM_TPMyTASAS
- [13] BBVA. (2023, 19 de mayo). Qué es el reciclaje y por qué es importante reciclar. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-reciclaje-y-por-que-es-importante-reciclar/>
- [14] Bhambhani, A. (2023, 6 de julio). 6 TW global solar PV installed capacity by 2030. Taiyang News.



- [15] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2016). Ley N.º 20.920: Establece el marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y el fomento al reciclaje. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>
- [16] Boletín Cochilco. (s. f.). Estadísticas: gráfico (metal). https://boletin.cochilco.cl/estadisticas/grafico.asp?tipo_metal=1
- [17] Boviet Solar. (s. f.). Monofacial PV modules. <https://bovietsolar.com/technology/monofacial-pv-modules>
- [18] Centro de Desarrollo Energético Antofagasta. (s. f.). Laboratorio de Energía Fotovoltaica. <https://www.cdeaua.cl/home/laboratorio-de-energia-fotovoltaica/>
- [19] CGE. (s. f.). Tarifas y procesos tarifarios: tarifa de suministro. <https://www.cge.cl/informacion-comercial/tarifas-y-procesos-tarifarios/tarifa-de-suministro/>
- [20] Chileautos. (s. f.). Vehículo: 2020 Foton Auman 2544 (ficha de aviso). <https://www.chileautos.cl/vehiculos/detalles/2020-foton-auman-2544/CL-AD-18158030/?Cr=16>
- [21] Chileautos. (s. f.). Vehículo: 2021 FAW F-1722 (ficha de aviso). <https://www.chileautos.cl/vehiculos/detalles/2021-faw-f-1722/CL-AD-17760334/?Cr=15>
- [22] Comisión Nacional de Energía de Chile. (s. f.). Hidrocarburos: estadísticas. Energía Abierta. <http://energiaabierta.cl/categorias-estadistica/hidrocarburos/>



- [23] Comisión Nacional de Energía. (s. f.). Archivo de datos estadísticos [Hoja de cálculo]. SharePoint. https://comisionenergia-my.sharepoint.com/:x/g/personal/infoestadistica_cne_cl/EfH8hgb8SZdNg8dXVhKPfPsBpbwczC-UYA7qDulU771qCw
- [24] Comisión Nacional de Energía. (2025). Energía Maps. <https://energiamaps.cne.cl/#>
- [25] Comisión Nacional de Energía. (s. f.). Normativas: electricidad (consulta pública). <https://www.cne.cl/normativas/electrica/consulta-publica/electricidad/>
- [26] CompraMetales.cl. (2025). Precios. https://www.comprametales.cl/precios?srsId=AfmBOopazrox6dTn_rb84KNtQjGF0ZO2BycWv-9km3lQXrY6UYTASvTH
- [27] Conexión Reciclado. (2025). Somos (sitio web). <https://www.conexionreciclado.com.ar/somos>
- [28] CORFO. (2024). Hoja de ruta del Programa Territorio Circular 2025–2030. Gobierno de Chile.
- [29] Cristoro. (s. f.). Sitio web. <https://cristoro.cl/>
- [30] De Miguel, C., et al. (2021). Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidades y desafíos. CEPAL.
- [31] Desarrollo Energético Antofagasta. (2025). Inicio. <https://www.cdeaua.cl/home/>
- [32] Doi, T., Tsuda, I., Unagida, H., Murata, A., Sakuta, K., & Kurokawa, K. (2001). Experimental study on PV module recycling with organic solvent method. *Solar Energy Materials*, 397–403.



- [33] Doni, A., & Dughiero, F. (2012). Electrothermal heating process applied to c-Si PV recycling. Photovoltaic Specialist Conference (PVSC).
- [34] EcoLEC. (2025). Economía circular: información y recursos. <https://ecolec.es/informacion-y-recursos/economia-circular/>
- [35] Economía Circular MMA. (2025). Hoja de ruta. <https://economiacircular.mma.gob.cl/hoja-de-ruta/>
- [36] El-Khawad, L., Bartkowiak, D., & Kümmerer, K. (2022). Improving the end-of-life management of solar panels in Germany. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 168, 112678. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112678>
- [37] Ellen MacArthur Foundation. (2014). Towards the circular economy. <https://ellenmacarthurfoundation.org>
- [38] Empresa Nacional del Petróleo (ENAP). (2025). Informe semanal de precios. <https://www.enap.cl/informe-semanal-de-precios?year=2025&page=2>
- [39] Enel Chile. (2025). Nuestras centrales. <https://www.enel.cl/es/conoce-enel/nuestras-centrales.html>
- [40] Enel Chile. (2025). Planta solar Lalackama I. <https://www.enel.cl/es/conoce-enel/nuestras-centrales/planta-solar-lalackama-I.html>
- [41] Enel Chile. (2025). Planta solar Las Salinas. <https://www.enel.cl/es/conoce-enel/nuestras-centrales/planta-solar-las-salinas.html>
- [42] Enel Green Power. (2025). Módulo fotovoltaico. <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>



- [43] Energía Solar Corchile. (2025). Paneles solares. <https://solcorchile.com/paneles-solares/>
- [44] EverExceed. (2025). Componentes de los paneles solares. https://es.everexceed.com/blog/componentes-de-los-paneles-solares_b134
- [45] Excedentes DSY. (2025). Sitio web. <https://excedentesdsy.cl/>
- [46] FAREX. (2025). Precios de metales. <https://farex.cl/ver-precios-metales/?print=print>
- [47] First Solar. (2025). First Solar. <https://www.firstsolar.com/>
- [48] Fuentealba, E., Astudillo, J., Beltrán, S., & Rabanal-Arabach, J. (2023). Manual de buenas prácticas para la manipulación, almacenaje y traslado de MFV. Antofagasta.
- [49] Fuentealba, E., Rabanal-Arabach, J., & Astudillo, J. (2022). Procedimiento de pruebas para electroluminiscencia en módulos fotovoltaicos (Versión 6). Centro de Desarrollo Energético de Antofagasta, Universidad de Antofagasta.
- [50] Fuentealba, E., Rabanal-Arabach, J., & Astudillo, J. (2022). Procedimiento de pruebas para medición de curvas I–V en módulos fotovoltaicos (Versión 6). Centro de Desarrollo Energético de Antofagasta, Universidad de Antofagasta.
- [51] Fuentealba, E., Rabanal-Arabach, J., Astudillo, J., & Tapia, J. (2022). Procedimiento de pruebas para inspección visual de módulos fotovoltaicos (Versión 7). Centro de Desarrollo Energético de Antofagasta, Universidad de Antofagasta.
- [52] Fundación ECOLEC. (2025). Economía circular: información y recursos. <https://ecolec.es/informacion-y-recursos/economia-circular/>
- [53] Granata, G., Pagnanelli, F., Moscardini, E., Havlik, T., & Toro, L. (2014). Study on mechanical separation processes for PV module recycling.



- [54] Grupo JR Ortiz. (s. f.). Proyectos. <https://gruposjrortiz.com/proyectos/>
- [55] Hacienda de Chile. (2025). Glosario: valor FOB. <https://old.hacienda.cl/glosario/valor-fob.html>
- [56] Haro Sarango, A. F., Pico Lescano, J. C., Moina Sánchez, P. V., Carrillo Barragán, C. E., & López Velasco, J. E. (2024). Economía circular: Modelos de negocio y estrategias sostenibles.
- [57] Hidronor Chile. (2023, 24 de octubre). Aportamos a la sostenibilidad ambiental con nuevo servicio de reciclaje de paneles fotovoltaicos. <https://www.hidronor.cl/aportamos-a-la-sostenibilidad-ambiental-con-nuevo-servicio-de-reciclaje-de-paneles-fotovoltaicos/>
- [58] Hidronor Chile. (2025). Quiénes somos. <https://www.hidronor.cl/hidronor-chile/>
- [59] IEC. (2002). IEC 60512-2-1: Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 2-1: Electrical continuity and contact resistance tests – Test 2a: Contact resistance – Millivolt level method. International Electrotechnical Commission.
- [60] IEC. (2016). IEC 61215-1: Design qualification and type approval – Part 1: Test requirements. International Electrotechnical Commission.
- [61] IEC. (2016). IEC 61215-2: Design qualification and type approval – Part 2: Test procedures. International Electrotechnical Commission.
- [62] In-Data & RIGK Chile. (2020). Informe 2: Alternativas de tratamiento de módulos fotovoltaicos luego de su vida útil. Ministerio de Energía de Chile.
- [63] In-Data & RIGK Chile. (2020). Informe 3: Alternativas de tratamiento de módulos fotovoltaicos luego de su vida útil. <https://rechile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/3-Informe-3.pdf>



- [64] In-Data & RIGK Chile. (2020). Resumen ejecutivo: Alternativas de tratamiento de módulos fotovoltaicos luego de su vida útil [Informe técnico]. Ministerio de Energía de Chile.
- [65] In-Data & RIGK. (2020). Informe 1: Alternativas de tratamiento de módulos fotovoltaicos luego de su vida útil. Ministerio de Energía de Chile.
- [66] Ingeniería de prefactibilidad técnico-económica de una planta de reciclaje de paneles solares. (2023). Memoria de título. Universidad de Chile.
- [67] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2023). Definición de energía solar fotovoltaica. Colombia.
- [68] International Renewable Energy Agency. (2024). Costos de generación de energías renovables en 2023. IRENA.
- [69] Investing.com. (2025). Nasdaq OMX Group historical data. Investing.com. <https://es.investing.com/equities/nasdaq-omx-group-historical-data>
- [70] Investopedia. (2025). EXW (Ex Works). <https://www.investopedia.com/terms/e/exw.asp>
- [71] Kirchherr, J., et al. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling.
- [72] Komex Chile. (s. f.). Sitio web. <https://komexchile.cl/>
- [73] Lee, J.-K., Lee, J.-S., Ahn, Y.-S., Kang, G.-H., Song, H.-E., Kang, M.-G., Kim, Y.-H., & Cho, C.-H. (2017). Simple pretreatment processes for successful reclamation and remanufacturing of crystalline silicon solar cells. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 26, 179–187. <https://doi.org/10.1002/pip.2963>



- [74] London Metal Exchange. (2025). Official prices. <https://www.lme.com/>
- [75] Maani, T., Celik, I., Heben, M. J., Ellingson, R. J. & Apul, D. (septiembre, 2020). Environmental impacts of recycling crystalline silicon (c-SI) and cadmium telluride (CDTE) solar panels. En Science of The Total Environment, vol(735), 138827. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138827>
- [76] Mapa ACERA. (2025). Mapa de proyectos energéticos. <https://mapa.acera.cl/>
- [77] Metal.com. (2025). Silicon prices. <https://www.metal.com/es/prices/202307250004>
- [78] Ministerio de Energía de Chile. (2022). Agenda de Energía 2022–2026. Gobierno de Chile.
- [79] Ministerio de Energía de Chile. (s. f.). *Exploración solar*. <https://solar.minenergia.cl/exploracion>
- [80] Ministerio de Energía de Chile. (2022). Informe final: Recuperación de materiales de valor en módulos fotovoltaicos en Chile [Informe técnico]. Gobierno de Chile.
- [81] Ministerio de Energía de Chile. (2025). Reporte de proyectos en construcción e inversión en el sector energía: septiembre 2025. División de Desarrollo de Proyectos.
- [82] Ministerio de Salud de Chile. (2003). Decreto Supremo N.º 148: Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos. Gobierno de Chile.
- [83] Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2020). Hoja de ruta para un Chile circular al 2040 [Informe técnico]. Gobierno de Chile.
- [84] Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2021). Diagnóstico residuos de paneles fotovoltaicos: Informe N.º 3 de la Hoja de Ruta para la Economía Circular en Chile. Gobierno de Chile.



- [85] Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2024). Guía técnica para la gestión y valorización de módulos fotovoltaicos al final de su vida útil [Informe técnico]. Gobierno de Chile.
- [86] Ministerio del Medio Ambiente. (2016b). Ley 20920: Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://bcn.cl/2k3kf>
- [87] Ministerio del Medio Ambiente. (2022). Ley 21455: Ley marco de cambio climático. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://bcn.cl/OddaEK>
- [88] Ministerio del Medio Ambiente. (2025). Resolución Exenta N.º 4771: Realiza requerimiento de información a los productores de productos prioritarios que indica. Gobierno de Chile.
- [89] Modelo de proyección de residuos fotovoltaicos y opciones de uso para su revalorización. (2022). Tesis de magíster. Universidad de Chile.
- [90] Montes Montoya, C. L. (2023). Segunda vida: Una mirada holística al reciclaje de paneles solares en proyectos a gran escala [Tesis de maestría, Universidad del Rosario].
- [91] Municipalidad de Calama. (2025). Subsidio Energía Solar para Tu Vida. https://www.municipalidadcalama.cl/Noticias/noticia_20250328
- [92] National Renewable Energy Laboratory. (2019). Environmental impacts of solar energy: Exploring the life cycle. <https://www.nrel.gov>



- [93] National Renewable Energy Laboratory. (2025). NREL researchers construct world's fastest low-cost ultra-efficient silicon carbide power module. <https://www.nrel.gov/news/detail/features/2025/nrel-researchers-construct-worlds-fastest-low-cost-ultraefficient-silicon-carbide-power-module>
- [94] Open Infrastructure Map. (2025). Power plants in Chile. <https://openinframap.org/stats/area/Chile/plants>
- [95] Paniwe. (2025). Servicios de gestión y reciclaje de residuos. <https://www.paniwe.cl/servicios/>
- [96] País Circular. (2023). Primera planta de reciclaje de paneles solares de Chile estará en Atacama por iniciativa de la empresa regional AMFFAL. <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/primera-planta-de-reciclaje-de-paneles-solares-de-chile-estara-en-atacama-por-iniciativa-de-la-empresa-regional-amffal/>
- [97] Phibrand. (2023). Informe de investigación: Desarrollo de casos de negocios módulos fotovoltaicos reutilizados. Proyecto Solar Circular. <https://www.phibrand.com>
- [98] PV Magazine. (2024, noviembre). Global installed PV capacity tops 2 TW.
- [99] Recicla2 Chile. (2025). Servicios. <https://recicla2chile.cl/>
- [100] Reciclaje San Francisco. (2025). Lista de precios. <https://reciclajesanfrancisco.cl/lista-de-precios/>
- [101] Reportesostenible.cl. (2025). Segunda vida para los paneles fotovoltaicos: Grupo Cerro Dominador avanza al programa energía regenerativa en Antofagasta. <https://reportesostenible.cl/blog/segunda-vida-para-los-paneles-fotovoltaicos-grupo-cerro-dominador-avanza-al-programa-energia-regenerativa-en-antofagasta/>



- [102] Repositorio UCAM. (2025). Interfaz gráfica para el análisis de la rentabilidad de una instalación fotovoltaica [Trabajo fin de grado]. https://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/9930/TFG_Miguel_Angel_Beltran_Parra.pdf
- [103] Revista Electricidad y Industria. (Marzo, 2016). Parque solar Finis Terrae tiene la mayor capacidad instalada en el país. <https://www.revistaei.cl/parque-solar-finis-terrae-tiene-la-mayor-capacidad-instalada-en-el-pais/>
- [104] RIGK & In-Data. (2020). La industria del reciclaje de módulos solares y perspectivas en Chile, en el contexto de la Ley REP. Ministerio de Energía de Chile.
- [105] Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2024). Solar PV prices [Conjunto de datos]. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/solar-pv-prices>
- [106] Romero, C. F. (2020). Reciclaje de paneles fotovoltaicos.
- [107] Rosas, I. (2022). Modelo de proyección de residuos fotovoltaicos y opciones de uso para su revalorización [Tesis de magíster, Universidad de Chile].
- [108] ROSI Solar. (2025). Soluciones para el reciclaje y la recuperación de materiales de paneles solares. <https://www.rosi-solar.com/es/solutions>
- [109] San Martín, J. P., Benavides, C., & Moreno, S. (2017). Metodología para determinar la ubicación y capacidad óptima de plantas de reciclaje de residuos de la industria solar. Centro de Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.



- [110] Schott, E. (2025, 11 de junio). La tercera vida de los paneles solares. Facultad de Química y de Farmacia, Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://quimica.uc.cl/en/noticias/la-tercera-vida-de-los-paneles-solares/>
- [111] ScrapMonster. (2026, 1 de marzo). Silicon Metal 5-5-3 Price. Recuperado el 1 de marzo de 2026, de <https://www.scrapmonster.com/metal-prices/silicon-metal-5-5-3-price/789>
- [112] SEIA. (2025). Expediente proyecto (ficha). https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?id_expediente=2128739205
- [113] Servicio de Impuestos Internos. (2025). Tabla de vida útil del activo inmovilizado. https://www.sii.cl/valores_y_fechas/tabla_vida_util_activo_inmovilizado.html
- [114] SFE Solar. (s. f.). Tipos de paneles solares. <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/>
- [115] Shin, J., Park, J., & Park, N. (2017). A method to recycle silicon wafer from end-of-life photovoltaic module and solar panels by using recycled silicon wafers. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 162, 1–6.
- [116] Smets, A., Jäger, K., Isabella, O., Van Swaaij, R., & Zeman, M. (2015). *Solar energy: The physics and engineering of photovoltaic conversion technologies and systems*. UIT Cambridge Ltd.
- [117] Sodhi, M., Banaszek, L., Magee, C., & Rivero-Hudec, M. (2022). Economic lifetimes of solar panels. *Procedia CIRP*, 105, 782–787. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.130>
- [118] Solar Recycling Chile. (2025). Servicios de reciclaje de paneles solares.



<https://solarrecycling.cl/servicios/>

- [119] Solarplak. (2025). ¿Qué es un panel solar bifacial? <https://solarplak.es/energia/que-es-un-panel-solar-bifacial/>
- [120] Solcor Chile. (2025). Paneles solares. <https://solcorchile.com/paneles-solares/>
- [121] Suny Group. (2025). Solar panel recycling plant. https://www.sunygroup.cn/products/Recycling_equipment/Solar-Panel-Recycling-Plant.html
- [122] Suys, M. (2010). Assessment of pyrometallurgical approaches for PV module recycling.
- [123] Tao, M., & Yu, J. (2015). Review on feasible recycling pathways and technologies of solar photovoltaic modules. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 141, 108–124.
- [124] TFM-E-269. (Noviembre, 2023). Trabajo fin de máster “Reciclaje de Paneles Fotovoltaicos” [Documento PDF].
- [125] Trina Solar. (2024). Newsroom: Trina Solar update. <https://www.trinasolar.com/es/resources/newsroom/tue-20240924-0324>
- [126] TRITEC Center. (Agosto, 2017). Tipos de paneles fotovoltaicos. <https://tritec-center.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- [127] TRITEC Intervento. (2025). PMGD Quetena: Case study. https://tritec-intervento.cl/case_study/pmgd-quetena/
- [128] Universidad de Antofagasta. (2024, 2 de septiembre). Capacidad de generación eléctrica en Antofagasta ha crecido 80 % [Comunicado de prensa].
- [129] Universidad de Antofagasta. (2025, octubre). Reporte de proyectos.



<https://energia.gob.cl/panel/reporte-de-proyectos>

- [130] Universidad de Antofagasta. (2022). Informe de energía fotovoltaica. Centro de Desarrollo Energético de Antofagasta.
- [131] Vmax. (2025). Diésel 2,5 ton 4,5 m altura. <https://www.vmax.cl/product-page/diesel-2-5-ton-4-5-mt-altura>
- [132] VTR. (2025). Packs internet hogar. <https://vtr.com/productos/hogar-packs/internet-hogar/>
- [133] Vásquez Narváez, M. M. (2023). Clasificación de fallas en paneles fotovoltaicos: Una revisión [Trabajo de grado, Instituto Tecnológico Metropolitano].
- [134] Wang, X., Tian, X., Chen, X., Ren, L., & Geng, C. (2022). A review of end-of-life crystalline silicon solar photovoltaic panel recycling technology. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 248, 111976. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.111976>
- [135] Weckend, S., Wade, A., & Heath, G. (2016). End-of-life management: Solar photovoltaic panels. International Renewable Energy Agency.
- [136] XRIDO. (2025). E-waste recycling plant. <https://en.xrido.com/products/Complete-Plant/e-waste-recycling-plant.html>
- [137] Yingli Green Energy Holding Co., Ltd. (2014). Panel Yingli Solar YGE 72 Cell Series 2: 290 W–310 W [Ficha técnica].
- [138] YouTube. (Ener, 2024). Video: reciclaje y reutilización de paneles fotovoltaicos. <https://youtu.be/W8XRZ4fMfGA>
- [139] Yovera Cortez, M. E. A. (2025). Estudio, análisis cualitativo-cuantitativo y dimensionamiento del impacto ambiental del proceso de reciclaje de paneles



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

fotovoltaicos [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].