



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA
A GRAN ESCALA EN CHILE Y LOS DESAFÍOS
ASOCIADOS A LA GESTIÓN DE SUS RESIDUOS



Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniero Ambiental

POR

JOSEFINA ARCE SILVA

Profesor guía: Dr. Ricardo Figueroa

Concepción, Chile

2021



“Desarrollo de la energía fotovoltaica a gran escala en Chile y los desafíos asociados a la gestión de sus residuos”

PROFESOR GUÍA: RICARDO FIGUEROA JARA

PROFESOR COMISIÓN: Dr. PEDRO ARRIGADA SANHUEZA

PROFESOR COMISIÓN: Dr. RICARDO BARRA RÍOS



CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, mayo 2021



100 AÑOS
DE
DESARROLLO
LIBRE DEL
ESPÍRITU

Por el desarrollo libre del espíritu

Casilla 160 C - Correo 3 - Fono (56-41) 204072 - Fax (56-41) 2207076 - Ciudad Universitaria - Concepción - Chile - <http://www.eula.cl>

AGRADECIMIENTOS

Culminar esta tesis no ha sido fácil, por lo que principalmente, debo agradecerle a mi abuela, por todo lo que ha dejado de lado para verme crecer en cada etapa de mi vida. Te amo con todo mi corazón Tita, eres la mejor madre que pude tener y esta tesis está dedicada a ti. Mis abuelos que me han criado y educado para dar lo mejor de mí pese a las adversidades. A mi hermano mayor y su familia, que me han acogido en su casa para poder terminar este proceso cuando yo más lo necesitaba. A la familia Cáceres-Mendoza, por ser ángeles en nuestro camino. A mi Laly y Pecha. A mis tíos y hermanas Erika, Hernán, Martina, Kimi, Santiago e Ignacio. Estoy feliz con la poca familia que tengo.

A mis amistades cercanas, que han estado conmigo en las buenas y en las malas, especialmente a Luciano, Cecilia, Andrés, Miguel, Fabián y Cinthya, que me acompañaron y animaron para poder terminar mi tesis. A Natalia, Andrea, Valentina, Hagen, Nicole, Roger, Pamela y Laura. Los quiero demasiado, nunca desaparezcan de mi vida.

Especialmente gracias a Tita, Luciano y Asiel por lo que me han brindado en este proceso.

Finalmente, agradecer a la Universidad de Concepción, a mi profesor guía, Dr. Ricardo Figueroa, y profesores parte de mi comisión evaluadora, Dr. Ricardo Barra y Dr. Pedro Arriagada.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ÍNDICE DE TABLAS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vii |
| RESUMEN..... | ix |
| 1. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1. Objetivos..... | 12 |
| Objetivo general | 12 |
| Objetivos específicos | 12 |
| 2. ANTECEDENTES | 14 |
| 2.1. Radiación solar como fuente de energía limpia | 14 |
| 2.2. Problemáticas de la producción fotovoltaica a gran escala | 16 |
| 2.3. Desafíos para la gestión de residuos y reciclaje fotovoltaico..... | 20 |
| 2.4. Responsabilidad Extendida al Productor (REP) | 24 |
| 2.5. Situación actual sobre materia fotovoltaica en Chile | 30 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 33 |
| 3.1. Construcción de la base de datos y supuestos generales | 33 |
| 3.2. Cálculo del escenario presente para la instalación fotovoltaica en Chile | 37 |
| 3.3. Cálculo de escenarios futuros y materiales recuperables..... | 39 |
| 3.4. Criterios de evaluación de favorabilidad | 42 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 45 |
| 4.1. Escenario presente de instalaciones y residuos fotovoltaicos | 45 |
| 4.2. Escenarios futuros de residuos fotovoltaicos y residuos fotovoltaicos recuperables | 54 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3. Favorabilidad de comunas en Chile para ubicar un centro de recuperación de material fotovoltaico | 59 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 63 |
| 6. GLOSARIO..... | 67 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 68 |
| 8. ANEXOS | 72 |
| Anexo 1. Base de datos..... | 72 |
| Anexo 2. Evaluación según método VIKOR. | 99 |
| Anexo 3. Caracterización del parque fotovoltaico chileno. | 103 |
| Anexo 4. Mapas de favorabilidad según macrozonas. | 105 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Escenarios para procesos de reciclaje fotovoltaico. | 23 |
| Tabla 2. Especificaciones generales de módulos fotovoltaicos..... | 36 |
| Tabla 3. Datos para el cálculo del porcentaje de pérdida en la etapa de construcción..... | 39 |
| Tabla 4. Rendimiento de reciclaje y composición promedio de los materiales fotovoltaicos por tecnología. | 41 |
| Tabla 5. Escala de evaluación para la matriz VIKOR del caso de estudio. | 43 |
| Tabla 6. Ranking de favorabilidad ponderado. | 44 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 7. Tasa de pérdida de los módulos fotovoltaicos en la etapa de construcción..... | 54 |
| Tabla 8. Inventario de materiales recuperables por año en el flujo de residuos fotovoltaicos EoL proyectados. | 58 |
| Tabla 9. Base de datos para la Región de Arica y Parinacota. | 72 |
| Tabla 10. Base de datos para la Región de Tarapacá. | 73 |
| Tabla 11. Base de datos para la Región de Antofagasta. | 75 |
| Tabla 12. Base de datos para la Región de Atacama. | 79 |
| Tabla 13. Base de datos para la Región de Coquimbo. | 83 |
| Tabla 14. Base de datos para la Región de Valparaíso. | 85 |
| Tabla 15. Base de datos para la Región Metropolitana de Santiago..... | 87 |
| Tabla 16. Base de datos para la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. | 89 |
| Tabla 17. Base de datos para la Región del Maule..... | 91 |
| Tabla 18. Base de datos para la Región de Ñuble. | 95 |
| Tabla 19. Base de datos para la Región del Biobío..... | 97 |
| Tabla 20. Base de datos para la Región de La Araucanía. | 98 |
| Tabla 21. Matriz VIKOR evaluada. | 99 |
| Tabla 22. Caracterización del parque fotovoltaico en Chile, según las regiones administrativas..... | 103 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 23. Cuota de instalación de las tecnologías fotovoltaicas en Chile. | 104 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Ilustración de un módulo de silicio cristalino. | 14 |
| Figura 2. Capacidad instalada fotovoltaica acumulada en América Latina hasta el 2015 | 31 |
| Figura 3. Criterios de búsqueda de proyectos fotovoltaicos en la plataforma del SEIA..... | 34 |
| Figura 4. Cantidad de proyectos fotovoltaicos con RCA aprobada por región. 46 | |
| Figura 5. Cantidad de módulos fotovoltaicos, agrupados por región, al inicio de operación de los proyectos fotovoltaicos. | 49 |
| Figura 6. Cantidad acumulada de módulos fotovoltaicos instalándose e instalados..... | 50 |
| Figura 7. (a) Preferencia de utilización de las tecnologías fotovoltaicas por proyecto; (b) Cuota total de tipos de tecnologías fotovoltaicas según la cantidad de módulos fotovoltaicos instalados; y (c) Potencia total nominal por tipo de tecnologías..... | 51 |
| Figura 8. Cuota de instalación de los módulos fotovoltaicos hasta el 2021. | 52 |
| Figura 9. Proyección de residuos fotovoltaicos para Chile..... | 55 |
| Figura 10. Proyección de generación de residuos fotovoltaicos acumulados en Chile, según tecnología fotovoltaica. (a) Escenario regular, (b) escenario extendido. | 56 |

Figura 11. Mapas de la macrozona Norte Grande. Ranking de favorabilidad: muy favorable (rosado oscuro), favorable (rosado), medianamente favorable (amarillo) y no favorable (lila)..... 105

Figura 12. Mapas de la macrozona Norte Chico. Ranking de favorabilidad: muy favorable (rosado oscuro), favorable (rosado), medianamente favorable (amarillo), poco favorable (celeste) y no favorable (lila)..... 106

Figura 13. Mapas de la macrozona Centro. Ranking de favorabilidad: muy favorable (rosado oscuro), favorable (rosado), medianamente favorable (amarillo), poco favorable (celeste) y no favorable (lila)..... 107

Figura 14. Mapas de la macrozona Sur. Ranking de favorabilidad: poco favorable (celeste) y no favorable (lila)..... 108



RESUMEN

La necesidad de generación energética limpia ha llevado al desarrollo considerable de la industria solar fotovoltaica, clasificándose los módulos en tres generaciones: la primera, compuesta de módulos m-Si y p-Si; la segunda generación, compuesta de paneles CdTe, a-Si y CIGS; y la tercera, de tecnologías emergentes. Considerando los distintos tipos de módulos y las técnicas de fabricación, éstos pueden contener elementos tóxicos, como el Cd y Pb. Si llegan a depositarse en rellenos sanitarios o vertederos al final de su vida útil, los metales peligrosos podrían lixiviar al medio ambiente.

Se esperan flujos considerables de módulos fotovoltaicos desechados en varios países del mundo, incluido Chile. Es por esto que es importante el desarrollo de políticas que incentiven la gestión de los residuos y el reciclaje de los paneles, a partir de la Responsabilidad Extendida al Productor.

Considerando los proyectos ingresados por el literal c) “centrales generadoras de energía mayores a 3 MW” del Art. 10 de la Ley N° 19.300 y Art. 3 del D.S. N°40/2013 a la plataforma del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) aprobada hasta el 30 de abril del 2021, se construyó una base de datos de todos los proyectos fotovoltaicos a gran escala en Chile. A partir de esta base de datos se calculó el escenario presente y dos escenarios futuros de residuos de módulos fotovoltaicos, además de la cantidad de material fotovoltaico recuperable por año

a partir de la fecha de inicio de fin de la vida útil (EoL) de los proyectos fotovoltaicos, para finalmente sugerir las comunas muy favorables para la instalación de un centro de recuperación de material fotovoltaico utilizando el método VIKOR.

Con el análisis de 495 proyectos fotovoltaicos, se expuso la caracterización del parque fotovoltaico chileno, mostrando predominancia de generación energética (MW) en Antofagasta, Atacama y Tarapacá, con una cuota de instalación nacional de 71,4% de módulos c-Si, 25,0% de CdTe, 3,2% de a-Si y 0,3% de módulos CIGS. A partir de un factor de pérdida de módulos fotovoltaicos en la etapa de construcción de 0,09% y la tendencia a aumentar las instalaciones fotovoltaicas, existiría la cuota necesaria para instalar una planta completa de reciclaje a nivel nacional con capacidad de 100 ton/año.

Los escenarios futuros muestran que al 2050 habrá entre 1,3 y 1,7 millones de toneladas de residuos fotovoltaicos acumulados y 2 millones de toneladas acumuladas del 2058 en adelante, predominando la tecnología c-Si, con los cuales se podría recuperar al año (desde 2033 en adelante) 30.795 toneladas de materiales fotovoltaicos como materia prima.

Considerando el método VIKOR y el escenario presente de residuos, las comunas más favorables para la instalación de un centro de recuperación de material fotovoltaico son María Elena, Antofagasta, Copiapó y Tierra Amarilla. Pozo Almonte resultó ser la comuna con mejor puntuación en la evaluación.

1. INTRODUCCIÓN

Con el aumento de los costos de electricidad y avances en las tecnologías solares fotovoltaicas, se espera un aumento en la demanda de estas tecnologías para el sector residencial y comercial (Ashfaq et al., 2017). Además, teniendo en cuenta la crisis energética global debido al agotamiento de los combustibles fósiles, agregar fuentes de energía fotovoltaica a la matriz energética puede ser una oportunidad valiosa para la contribución a la estrategia de diversificación de energía del país, pudiendo ayudar a reducir la dependencia de fuentes de combustibles fósiles externos, proveyendo energía segura y sustentable, especialmente como suministro para las compañías mineras y otros usos industriales (Agostini et al., 2016).

Además de su contribución a la diversificación de la matriz energética, la energía solar puede considerarse como una de las tecnologías de energía renovables más dinámicas en términos de desarrollo económico, demostrando que economías emergentes, como es el caso de Chile, también pueden usar estrategias verdes en la promoción de un crecimiento general más sustentable (Agostini et al., 2016).

Aunque Chile consta de la Ley N° 20.920 (2016), del Ministerio del Medio Ambiente, que establece el Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida al Productor y Fomento al Reciclaje, en su Art. 3 define a los productos prioritarios como “Sustancia y objeto que una vez

transformado en residuo, por su volumen, peligrosidad o presencia de recursos aprovechables, queda sujeto a las obligaciones de la responsabilidad extendida del productor, en conformidad a esta ley”; pero a la fecha no se encuentra decretado el Reglamento sobre los productos prioritarios de aparatos eléctricos y electrónicos.

El presente trabajo consta de la estimación más precisa sobre residuos de módulos fotovoltaicos presentes y futuros para Chile, cuyos resultados, a partir de la pregunta de investigación de “¿cuál va a ser la proyección y gestión futura asociada a la generación de residuos fotovoltaicos en Chile?”, pueden contribuir en la gestión de residuos en términos de módulos fotovoltaicos.



1.1. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el desarrollo de proyectos fotovoltaicos a gran escala en Chile y la generación de residuos asociados.

Objetivos específicos

- 1) Evaluar el actual escenario de proyectos fotovoltaicos en Chile.
- 2) Estimar la cantidad de residuos fotovoltaicos en Chile para dos escenarios futuros.

3) Analizar la rentabilidad y las comunas favorables para la instalación de un centro de recuperación de material fotovoltaico en Chile.



2. ANTECEDENTES

2.1. Radiación solar como fuente de energía limpia

Un sistema solar típico consiste generalmente de: un sustrato de vidrio templado; un marco de aluminio; un encapsulante, generalmente compuesto del polímero general Etylvinylacetato, comúnmente conocido como EVA, con la fórmula $(C_2H_4)_x(C_4H_6O_2)_y$; la caja de conexiones para la protección de los circuitos eléctricos, que incluye el cuerpo de la caja (con cobre y terminales de plástico), tapa, diodos, cables y conectores; lámina posterior, que puede ser TPT, TPE u otros similares; y varias celdas solares conectadas en serie, compuestas de distintos materiales semiconductores como silicio, cadmio, selenio, telurio, galio, molibdeno e indio, como las más recurrentes. Estas últimas son el dispositivo electrónico que convierte directamente la luz solar en electricidad a través del efecto fotovoltaico (Mohammad Bagher, 2015; Xu et al., 2018).

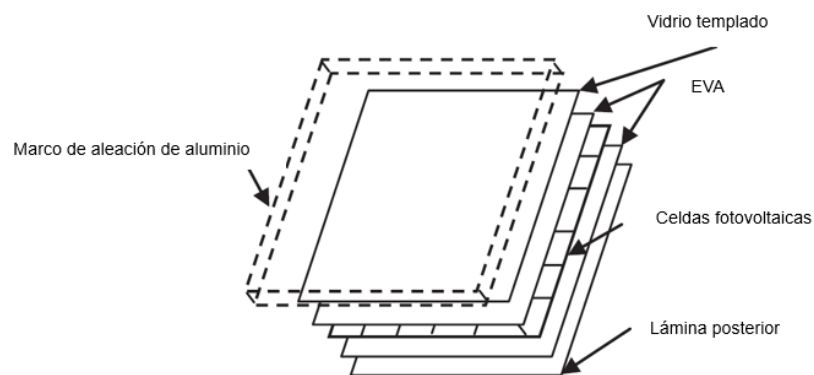


Figura 1. Ilustración de un módulo de silicio cristalino.

Fuente: Traducido de Xu et al. (2018).

El efecto fotovoltaico es un proceso que, con la incidencia de la luz solar en la capa límite de los materiales semiconductores en la celda solar, puede generar corriente eléctrica. Se disponen dos capas de materiales semiconductores diferentes en contacto entre sí para inducir un campo eléctrico dentro de la celda fotovoltaica. La capa tipo n tiene abundancia de electrones y está cargada negativamente, mientras que la capa tipo p tiene abundancia de huecos y está cargada positivamente, que, la conexión de estas capas genera un campo eléctrico (Khaligh & Onar, 2018).

Es gracias a los materiales semiconductores y técnicas de fabricación que se puede clasificar a los módulos fotovoltaicos (Asea-Brown-Boveri, 2011; Xu et al., 2018):

- Primera generación: Silicios cristalinos (c-Si), compuestos de silicio monocristalino (m-Si) y silicio policristalino (p-Si). Debido a ser los módulos con mayor eficiencia de conversión, en la actualidad, y posiblemente, se mantenga así en el futuro, son los materiales fotovoltaicos más comercializados, ocupando aproximadamente el 90% del mercado global fotovoltaico.
- Segunda generación: De película delgada o capa fina, compuestos de silicio amorfo (a-Si), telurio de cadmio (CdTe) y cobre indio galio seleniuro (CIGS).

- Tercera generación: De concentradores solares y tecnologías emergentes, compuestos de paneles CPV, paneles solares sensibilizados, paneles solares orgánicos y paneles híbridos. Aún se desconoce su implementación y comercialización a gran escala.

Mientras que las celdas de silicio cristalino se han mantenido dominantes en el mercado fotovoltaico, los paneles de película delgada han ido ganando popularidad. Debido a la eficiencia (Ramos-Ruiz et al., 2017), relativamente de bajos costos y requerimientos energéticos en su producción, las celdas CdTe y CIGS han experimentado un crecimiento significativo (Giacchetta et al., 2013).

2.2. Problemáticas de la producción fotovoltaica a gran escala

Se ha generado una preocupación por la gestión de los residuos fotovoltaicos que serán desechados cuando se complete el tiempo de vida útil, generalmente aproximado a los 20-30 años, por lo que se espera un volumen masivo de residuos ingresando al sistema de residuos sólidos (Mahmoudi et al., 2021; Savvilotidou et al., 2017).

Los residuos electrónicos generalmente se disponen en rellenos sanitarios municipales con residuos sólidos mixtos. La disposición final de residuos electrónicos en rellenos genera preocupación sobre la liberación potencial de compuestos tóxicos al medio ambiente y hay que considerar el potencial impacto de las condiciones bioquímicas encontradas comúnmente en los rellenos

municipales de residuos sólidos mixtos en la movilidad de los contaminantes tóxicos (Ramos-Ruiz et al., 2017), estando el mayor impacto ambiental potencial de los lixiviados de los vertederos asociado a la contaminación del agua subterránea y superficial (Kjeldsen et al., 2002).

La tensión generada en la percepción y aceptación de algunas tecnologías fotovoltaicas debido a la toxicidad asociada al uso de materiales que contienen metales pesados (Babayigit et al., 2016), debiendo considerar su implementación a gran escala con cautela, ya que no hay datos disponibles sobre la liberación de estos compuestos cuando terminan su vida útil o son eliminados (Motta et al., 2016). Los metales pesados contenidos en los módulos fotovoltaicos, como cadmio y plomo, que componen menos del 1% en peso de los paneles, se incrustan en los residuos, clasificándolos como residuos peligrosos que deben ser enviados a vertederos de residuos peligrosos para un tratamiento especializado (Xu et al., 2018), siendo el cadmio uno de los materiales más mortíferos y tóxicos que existen (Mohammad Bagher, 2015).

Los paneles de silicio microcristalino dañados liberan bajas concentraciones de electrolitos (sodio, calcio, magnesio), antimonio, manganeso y níquel potencialmente tóxico (Motta et al., 2016), mientras que selenio y galio se detectan principalmente en celdas CIGS. A su vez, la ausencia de cadmio, que generalmente se usa como sulfuro de cadmio (CdS) en la capa amortiguadora (buffer) de las celdas de capa fina, se podría deber al remplazo de cadmio por

zinc al usar una capa $Zn(O, S, OH)_x$ desde la implementación de la Restricción de Sustancias Peligrosas (RoHS de la Directriz 2002/95/EC) del Parlamento Europeo, ya que las capas amortiguadoras con capa $Zn(O, S, OH)_x$ son menos tóxicas que las de CdS (Savvilotidou et al., 2017).

Ejemplificando algunos efectos por la exposición a metales presentes en los módulos fotovoltaicos, el cadmio ingresa al cuerpo humano a través de la vía respiratoria y gastrointestinal, acumulándose en riñones e hígado, presentando características cancerígenas, prohibiéndose su uso en forma elemental en dispositivos eléctricos en la Unión Europea (Babayigit et al., 2016; Ramírez, 2013; Romeo & Artegiani, 2021), además la exposición aguda a polvo y humos de cadmio puede causar la muerte en 7-10 días (Moskowitz & Fthenakis, 1991). El CdTe puede causar inflamación pulmonar severa y fibrosis y por su absorción puede causar toxicidad extrapulmonar (Morgan et al., 1997). La liberación de cadmio puede presentarse en un escenario ácido, como un relleno sanitario, lixiviándose entre 29% y 40% del cadmio contenido. Con el pH normal del panel, puede lixiviarse un 7% del volumen de cadmio (BIO, 2011).

Por otro lado, la liberación de plomo se asocia principalmente a paneles fotovoltaicos de primera generación, en caso de contacto con lluvia o pH ácido puede lixiviarse hasta un 90% de la cantidad total de plomo encontrado en un panel c-Si promedio (BIO, 2011). El plomo ingresa por la vía respiratoria, gastrointestinal y dérmica, generando deficiencias neurológicas, defectos

reproductivos, carcinogenicidad y genotoxicidad, junto a disfunciones renales y hepáticas, además de una serie de efectos por exposición aguda (Babayigit et al., 2016; Ramírez, 2013).

Las cajas de conexiones utilizadas en los módulos fotovoltaicos podrían considerarse de preocupación mayor debido a la presencia de metales tóxicos como mercurio (con mayor concentración en los paneles CIGS), plomo (sólo en a-Si), cromo y níquel en bajas concentraciones. El plomo podría provenir del PVC utilizado como estabilizador térmico (Savvilotidou et al., 2017).

Es necesario verificar la eficacia real de las nuevas estrategias de fabricación con distintos materiales para los módulos fotovoltaicos, mediante una experimentación rigurosa, y evaluando la eficacia en función de los costos de las propuestas de encapsulación más avanzada y reemplazo de componentes (por ejemplo, el uso de estaño en vez de plomo en celdas perovskitas de alto rendimiento, como alternativa menos perjudicial para el medio ambiente y la salud humana) a nivel de módulo (Babayigit et al., 2016).

Debido a la disposición final de los módulos fotovoltaicos al final de su vida útil, existiría pérdida de materiales valiosos recuperables, como el aluminio (siendo el material más común en el marco) y vidrio, que componen gran parte de los paneles fotovoltaicos, indicando que la pérdida de recursos reutilizables ocurre en todas las categorías de módulos fotovoltaicos (Xu et al., 2018), también existiendo una cantidad importante de silicio, principalmente en módulos c-Si, y

concentraciones de estaño y zinc (Savvilotidou et al., 2017). Pese a su bajo porcentaje (cerca al 1%) dentro de los sistemas fotovoltaicos, la pérdida de metales raros conlleva una pérdida de valor significativa, en particular de indio, telurio y galio, presentes en módulos de capa fina (Xu et al., 2018).

2.3. Desafíos para la gestión de residuos y reciclaje fotovoltaico

La producción fotovoltaica tiene como principales problemáticas para los productores los costos elevados de los sistemas solares fotovoltaicos, la disposición final de los módulos, y la emisión de carbono y costos energéticos durante la producción, siendo el reciclaje la mejor solución para estos problemas, teniendo como objetivo el desarrollo de procesos de disposición final seguros y rentables (Ashfaq et al., 2017).

Mientras que las investigaciones presentes sobre módulos fotovoltaicos se enfocan en incrementar la eficiencia de conversión a energía eléctrica y la capacidad productiva, rara vez se considera el reciclaje y desmontaje de los módulos desechados. Sin embargo, la recuperación de silicio y otros materiales semiconductores de los paneles fotovoltaicos desechados podría compensar el consumo de silicio y otras materias primas necesarias para la producción de nuevos módulos fotovoltaicos (Xu et al., 2018).

El conocimiento sobre la composición precisa de los paneles fotovoltaicos es limitado y depende de las partes examinadas. El análisis químico para obtener el

contenido total de metales en muestras fotovoltaicas confirma que la composición de los paneles depende de la categoría de tecnología fotovoltaica y de la técnica de fabricación. Las principales diferencias entre las muestras atribuidas a la tecnología del panel están relacionadas con los elementos involucrados en los materiales semiconductores. Aun así, se dificulta generalizar el comportamiento durante los tratamientos fotovoltaicos debido a constantes cambios en las técnicas de manufactura, la variedad de las tecnologías fotovoltaicas (existiendo primera, segunda y tercera generación de paneles fotovoltaicos) y la complejidad de su estructura (Savvilotidou et al., 2017), sumándose a que la disposición final de los paneles fotovoltaicos no ha sido suficientemente abordada en los Análisis de Ciclo de Vida, principalmente por el bajo volumen de paneles que se han desechado hasta el momento (Latunussa et al., 2016).

El reciclaje apropiado de los módulos fotovoltaicos EoL puede reducir los costos de producción y evitar su disposición final en rellenos. Además de proveer una amplia gama de materiales semiconductores y otras materias primas para la industria de paneles fotovoltaicos, evitando el uso de recursos naturales (Ashfaq et al., 2017; Xu et al., 2018) y los impactos ambientales asociados a la minería, e impactos ambientales y a la salud humana por reciclaje incorrecto (Domínguez & Geyer, 2017).

Posterior al tratamiento EoL de módulos fotovoltaicos, los materiales obtenidos se pueden utilizar para la producción de nuevos equipamientos, determinándose

que las características eléctricas de las celdas construidas con materiales reciclados cumplen todas las normas de calidad de los productos fotovoltaicos nuevos. Otros materiales más complejos de reciclar, como las mezclas de plásticos, se pueden usar para la producción energética (Ashfaq et al., 2017; Xu et al., 2018).

Es importante, además, el enfoque a mejorar la eficiencia de las tecnologías de reciclaje de módulos fotovoltaicos EoL, ya que, aun vendiendo los materiales reciclados a un alto precio, los beneficios no logran superar a los costos para algunas tecnologías fotovoltaicas, como el CdTe, debido a una alta demanda energética y las emisiones de CO₂ generadas durante el proceso (McDonald & Pearce, 2010; Savvilotidou et al., 2017). Se podrían reducir los costos asociados al reciclaje de paneles de capa fina reduciendo o eliminando etapas del tratamiento y optimizando el proceso completo (Giacchetta et al., 2013). Por ejemplo, desde un punto de vista ambiental y económico, la mezcla de diluyentes provee un reciclaje de módulos fotovoltaicos más sustentable, requiriendo menos volumen de ácido (por ejemplo: ácido sulfúrico y ácido láctico), disminuyendo la generación de subproductos tóxicos (Savvilotidou et al., 2017).

Reciclando el 10% de la unidad fotovoltaica, se cumpliría con la recuperación de elementos críticos (debido a las interrupciones de la cadena de suministro y las fluctuaciones de los precios) como telurio, indio o galio (Cucchiella et al., 2015; Domínguez & Geyer, 2017).

No obstante, es necesario incentivar el reciclaje de los módulos fotovoltaicos de capa fina, ya que las técnicas de manufactura se basan en el uso de metales tóxicos valiosos, aumentando la preocupación ambiental y de salud sobre la disposición final al término de su vida útil, debiéndose adoptar medidas de precaución para cada etapa del ciclo de vida de los módulos fotovoltaicos, desde la fabricación hasta la disposición final o reciclaje (Babayigit et al., 2016; McDonald & Pearce, 2010).

Tabla 1. Escenarios para procesos de reciclaje fotovoltaico.

| Criterio | Planta piloto simple | Planta piloto completa | Planta automatizada |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Capacidad | 1876 módulos (~17 ton) | 185 ton/año | 20.000 ton/año |
| Tipo de procesamiento | Separación manual | Separación manual | Separación automatizada |
| Tasa de recuperación | 85% | 85% | 96% |
| Tipo FV | m-Si | c-Si | Mixto |
| Límite espacial | Un parque fotovoltaico | Alemania | UE |

Fuente: Choi & Fthenakis (2014).

Otro beneficio de una gestión de residuos y reciclaje fotovoltaico es el desarrollo de una nueva industria de reciclaje fotovoltaico, disminuyendo las exportaciones de residuos a países en vías de desarrollo y contribuyendo a la generación de nuevos empleos, con miras a un futuro energético sostenible, basado en las energías renovables (Domínguez & Geyer, 2017).

Existen programas importantes en materia de reciclaje fotovoltaico, como First Solar, que se encarga de la gestión de los módulos de CdTe que ellos producen al fin de su vida útil, encargándose del embalaje y transporte a un centro de reciclaje. Su proceso de reciclaje logra la recuperación del 90% de vidrio y 95% de materiales semiconductores. Además, el telurio recuperado (aproximadamente 80%) puede venderse como grado comercial (99,7% Te). SolarWorld también opera un programa piloto para los módulos c-Si, pudiendo recuperar sobre 84% en peso del material ingresado al proceso (Larsen, 2009).

Recién en Julio de 2018, gracias a la organización PV CYCLE y la compañía francesa Veolia, se instaló la primera planta específicamente enfocada en el reciclaje de módulos fotovoltaicos en el mundo, ubicada en Francia. Gracias a esta planta se trataron 1.800 toneladas de material fotovoltaico en su primer año de funcionamiento, lo que se espera aumentar gradualmente hasta llegar a reciclar 4.000 toneladas por año, con aproximadamente una tasa de recuperación del 95% del material, para luego redirigirlo a varios sectores (Veolia, 2019).

2.4. Responsabilidad Extendida al Productor (REP)

Los paneles utilizados en la industrial solar fotovoltaica representan el flujo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) más significativo en términos de qué podría suceder si no hay una gestión apropiada de los residuos futuros (Cucchiella et al., 2015). Debido a la necesidad de una gestión

sustentable de los residuos de paneles solares desechados (Xu et al., 2018) y gracias al impulso de PV CYCLE, se realizó una iniciativa europea para el reciclaje voluntario de módulos fotovoltaicos desechados y responsabilizarse por los paneles en su cadena de valor completa (Larsen, 2009).

Esta problemática no puede dejarse para el futuro lejano debido al incremento exponencial de residuos, forzando a la industria solar fotovoltaica a ser más consciente acerca del método de disposición de los desechos solares y empezar a desarrollar procesos de reciclaje que prevengan el volumen significativo de residuos proyectados para el futuro y no esperar para tomar acción cuando sea tarde (Ashfaq et al., 2017).

Con esta falta de incentivos, cómo y dónde se reciclan los paneles fotovoltaicos depende en gran medida de las políticas reguladoras y mecanismos de cada país para tratar los residuos fotovoltaicos (Domínguez & Geyer, 2017), por lo que se necesitan incentivos adicionales para descartar completamente la opción de vertederos para la disposición final de los módulos fotovoltaicos (Giacchetta et al., 2013). Este incentivo se podría ver en beneficios económicos apoyados por una legislación que contemple la Responsabilidad Extendida al Productor (McDonald & Pearce, 2010), siendo el instrumento medioambiental más relevante para la gestión adecuada de los RAEE (Silva, 2019).

Aun siendo inicialmente el reciclaje una actividad voluntaria, actualmente existen marcos normativos basados en las directrices de RAEE que incluyen a los

módulos fotovoltaicos EoL. La Comisión de la Unión Europea, a través del Servicio de Bio Inteligencia (2011) realizó un estudio indicando que incluir paneles fotovoltaicos en la directiva RAEE generaría beneficios económicos, evitando la lixiviación de químicos tóxicos al medio ambiente y permitiendo recuperar recursos valiosos y metales raros.

En la Unión Europea, mediante la modificación de la Directriz 2012/19/EU del Parlamento Europeo en su Marco Sustentable introduce la Responsabilidad Extendida al Productor de los paneles fotovoltaicos, incluida en el Anexo III de grandes equipos con un ciclo de vida largo, donde se indica que todo fabricante de productos eléctricos o electrónicos son legalmente responsables de una gestión de sus residuos apropiada, independiente de la localización de su instalación de producción que, desde febrero de 2014, regula efectivamente la recolección, transporte y reciclaje, además del financiamiento y administración de los módulos fotovoltaicos al final de su vida útil (Clyncke, 2014).

Actualmente, los 28 países miembros de la UE han tomado iniciativas para implementar dicha directriz (Sharma et al., 2019), donde los fabricantes de equipos fotovoltaicos son los principales responsables de los costos de recogida, manipulación y tratamiento, y deben cumplir requerimientos y responsabilidades establecidas en el Anexo V de la Directriz RAEE (2012), que indica específicamente que por lo menos 70% de los materiales deben ser reciclados, 80% reutilizados y sólo se permite el vertimiento del 20% del material fotovoltaico.

Esto conlleva a que las compañías fabricantes de módulos fotovoltaicos deban responsabilizarse, entre otras, por: registro en todos los países de la UE donde se consideren productores; reportar periódicamente a los registros RAEE nacionales sobre los módulos fotovoltaicos vendidos; organizar y financiar, individualmente o colectivamente (acreditado), el tratamiento de sus paneles fotovoltaicos desechados; informar a sus clientes cómo deben disponer sus módulos fotovoltaicos; informar a los centros de tratamiento la composición y potencial uso de materiales peligrosos de su producto; y marcar sus productos con el cubo de basura tachado (Clyncke, 2014).

Comenzando las primeras instalaciones significativas de FV a principios de 1990s, especialmente en Alemania, EEUU y España, se espera ver un flujo de módulos desechados desde el 2020 en adelante (Giacchetta et al., 2013), por lo que algunas iniciativas importantes adoptadas por los países a nivel global son (Sharma et al., 2019):

- En Alemania la Directiva RAEE de la UE entró en vigencia en octubre 2015, modificando el Acto de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, para proveer apoyo financiero y recolectar y recuperar desechos fotovoltaicos, a través de programas de reciclaje: transacciones de “empresa a consumidor” (B2C) y transacciones de “empresa a empresa” (B2B).
- El primer país de la UE en el cual se aceptó oficialmente la directiva RAEE fue en el Reino Unido, entrando en vigencia en enero 2014, obligando a

los fabricantes de módulos fotovoltaicos a compartir la información importante, como número de módulos producidos o importados y los canales de distribución. Antes de ser legislado, existían iniciativas voluntarias (por ejemplo: PV CYCLE) para reciclar paneles fotovoltaicos. En el caso del Reino Unido, sus directrices específicas indican que los productores deben inscribirse en un registro de conformidad y presentar la información correspondiente sobre los productos destinados a consumo doméstico (B2C) y no doméstico (B2B), pero en el caso del financiamiento, los requerimientos mínimos son: los productores de módulos fotovoltaicos están obligados a financiar la recolección en B2C según la cuota de mercado y deben financiar el manejo y reciclaje de módulos B2B que lleven el símbolo del contenedor de basura tachado y los módulos antiguos sin símbolo se deberán cambiar por nuevos módulos.

- La entrada en vigencia de la directiva RAEE en Italia en abril de 2014, adaptándola a las políticas nacionales, basándose en los principios REP, responsabilizando financieramente a los productores del transporte y reciclaje de los módulos a través del país, además de tarifas para asegurar el manejo apropiado de los módulos EoL, que sólo se devolverán de acreditarse que los módulos fueron dispuestos apropiadamente.
- En Suiza se estableció la Fundación SENS que, junto con SWICO RECYCLING, se comprometieron a adherirse a los Estándares Europeos, entregando ayuda financiera para el reciclaje de RAEE, recuperando entre

80 y 90% de los materiales c-Si, mientras que los módulos que contienen materiales peligrosos son separados y tratados como sustancias peligrosas.

- Siendo uno de los primeros países del mundo en implementar políticas sobre RAEE, en Noruega se adaptó su legislación a la Directriz, teniendo un mayor alcance que el resto de los países en la UE. El gobierno noruego ha entregado ayuda financiera a compañías que se encargan de proporcionar recolección gratuita de módulos B2C y B2B de empresas, proveedores y municipios, para ser tratados con sus normativas específicas.
- En la República Checa se introdujo la Directriz RAEE a su propia legislación, definiendo responsabilidades a los operadores de plantas fotovoltaicas para asegurar el financiamiento de la gestión integrada de los módulos fotovoltaicos desechados, a través del Act N° 165/2012.
- Japón ha intentado adelantarse a los grandes flujos de módulos EoL esperados en los próximos años. El sector público se encuentra trabajando con el sector privado y el institucional para idear un sistema de reciclaje apropiado según la información de los módulos fotovoltaicos del mercado japonés.

Otros países con alto desarrollo fotovoltaico como E.E.U.U., China, Corea, México e India, actualmente no poseen políticas específicas con respecto a la gestión de los residuos fotovoltaicos (Sharma et al., 2019, Domínguez y Geyer,

2017); pero algunos presentan iniciativas para las políticas de gestión del reciclaje de módulos fotovoltaicos (Mahmoudi et al., 2021).

También deberían elaborarse directrices considerando la evaluación de los posibles beneficios y cargas debido a la generación distribuida a partir de paneles fotovoltaicos, incluyendo también recomendaciones para la minimización de los impactos debidos al desmantelamiento y la recogida de los paneles residuales (Latunussa et al., 2016).

2.5. Situación actual sobre materia fotovoltaica en Chile

En materia legal, se ha fomentado la instalación de ERNC, incluyendo la energía solar fotovoltaica, través de la Ley 20.257 (2008), del Ministerio de Economía; Fomento y Reconstrucción y Subsecretaría de Economía; Fomento y Reconstrucción, que modifica la Ley General de Servicios Eléctricos, obligando a las empresas generadoras eléctricas que suministran energía al Sistema Eléctrico Interconectado Central (SIC) e Interconectado del Norte Grande (SING), desde el 2017 unificado en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (Coordinador Eléctrico Nacional, 2021), con capacidad instalada superior a 200 MW, a comercializar un 10% de energía provenientes de fuentes renovables no convencionales o de centrales hidroeléctricas con potencia inferior a 40.000 kW, incrementando gradualmente hasta alcanzar el 10% el año 2024; y la Ley 20.698 (2013), del Ministerio de Energía, que modifica la Ley General de Servicios

Eléctricos, con el fin de elevar la meta de generación eléctrica a través de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a 20% para el año 2025, propiciando la ampliación de la matriz energética.

Gracias a lo anterior Chile actualmente se posiciona como líder en inversión de energías renovables, aumentando un 302% el 2019 y en capacidad instalada fotovoltaica acumulada en América Latina (Domínguez & Geyer, 2017; REN21, 2021).

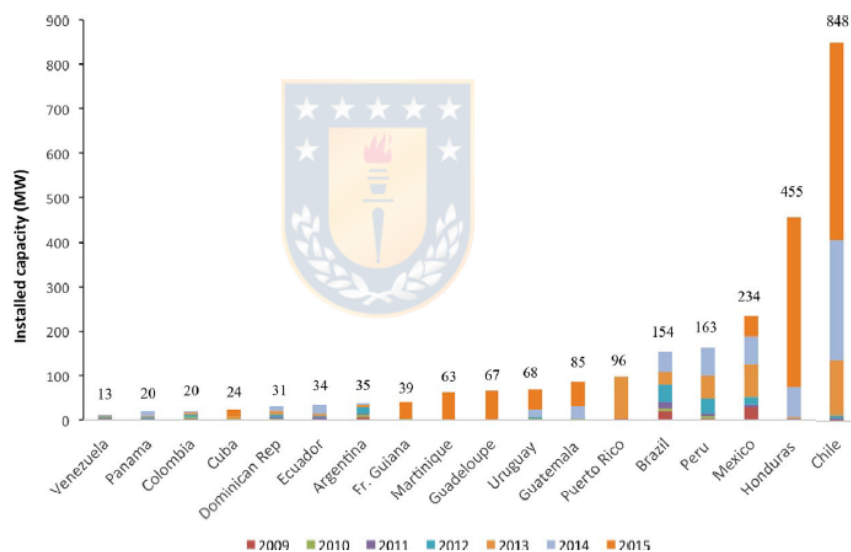


Figura 2. Capacidad instalada fotovoltaica acumulada en América Latina hasta el 2015

Fuente: Domínguez y Geyer (2017).

El aumento en instalaciones de ERNC en Chile ha llevado a que la matriz energética nacional se sustente en un 13,2% de energía a partir de la generación solar fotovoltaica (Comisión Nacional de Energía, 2021), lo que conlleva desafíos

asociados a la falta de capacidad institucional, deficiencias en la gestión de los recursos, exclusión de las comunidades indígenas (Agostini et al., 2016) y a la gestión de residuos, al no poseer ninguna industria del reciclaje con mercados desarrollados con estructura de costos competitiva, siendo insignificante el nivel que se alcanza de reciclaje en el país (CEPAL, 2016).



3. METODOLOGÍA

3.1. Construcción de la base de datos y supuestos generales

En la primera etapa, se construyó una base de datos a partir de los proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). La pertinencia del ingreso de los proyectos fotovoltaicos al SEIA se determina a partir del Art. 10 de la Ley N° 19.300/1994 sobre las Bases Generales del Medio Ambiente del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y el Art. 3 del D.S.40/2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y deroga el D.S. N°95/2013 (MINSEGPRES), en el cual se establece que los proyectos o actividades señalados en dichos artículos, sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental. Específicamente, el literal c) del Art. 3 del D.S.40/2013 y Art. 10 de la Ley N°19.300 señala: “c) Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW”, indicando que estos proyectos o actividades son susceptibles de causar impacto ambiental y que deberán ser sometidos al SEIA.

La plataforma del Servicio de Evaluación Ambiental otorga un sistema de búsqueda en línea. Los criterios de búsqueda se muestran en la Figura 3. De esta búsqueda se encontraron 1.039 proyectos de generación energética con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) aprobada hasta el 30 de abril del 2021, de los cuales 515 proyectos eran proyectos de generación con tecnología

fotovoltaica. No se consideraron los proyectos que, bajo el criterio de búsqueda indicado, se encontraban con RCA caducada, sin RCA aprobada o sin modificación relevante a la cantidad de módulos fotovoltaicos del proyecto original. Finalmente, 495 proyectos fotovoltaicos de la plataforma fueron utilizados en esta investigación, desglosados en las Tablas 8 a 19 del Anexo 1.

Nombre de Proyecto:

Folio del Expediente: Ej.: 2018-99-2

Región:

| | | |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Interregional | <input checked="" type="checkbox"/> Región de Coquimbo | <input checked="" type="checkbox"/> Región de La Araucanía |
| <input checked="" type="checkbox"/> Región Metropolitana de Santiago | <input checked="" type="checkbox"/> Región de Valparaíso | <input checked="" type="checkbox"/> Región de Los Ríos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Región de Arica y Parinacota | <input checked="" type="checkbox"/> Región del Libertador General Bernardo O'Higgins | <input checked="" type="checkbox"/> Región de Los Lagos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Región de Tarapacá | <input checked="" type="checkbox"/> Región del Maule | <input checked="" type="checkbox"/> Región de Aysén |
| <input checked="" type="checkbox"/> Región de Antofagasta | <input checked="" type="checkbox"/> Región de Ñuble | <input checked="" type="checkbox"/> Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| <input checked="" type="checkbox"/> Región de Atacama | <input checked="" type="checkbox"/> Región del Biobío | |

Tipo de presentación: EIA DIA AMBOS

Fecha de presentación: Desde Hasta

Fecha de calificación: Desde Hasta

Estado del proyecto:

| | | |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> En Admisión | <input type="checkbox"/> No Admitido a Tramitación | <input type="checkbox"/> Caducado |
| <input checked="" type="checkbox"/> En Calificación | <input type="checkbox"/> No calificado | <input type="checkbox"/> Revocado |
| <input type="checkbox"/> Rechazado | <input type="checkbox"/> Desistido | <input type="checkbox"/> Renuncia RCA |
| <input type="checkbox"/> Abandonado | <input type="checkbox"/> Ingresados Art 94 RSEIA | |

Seleccionar Todos:

Sectores Productivos:

| | | |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Aprovechamiento | <input type="checkbox"/> Infraestructura Hidráulica | <input type="checkbox"/> Pesca y Acuicultura |
| <input checked="" type="checkbox"/> Energía | <input type="checkbox"/> Infraestructura Portuaria | <input type="checkbox"/> Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas |
| <input type="checkbox"/> Equipamiento | <input type="checkbox"/> Inmobiliarios | <input type="checkbox"/> Saneamiento Ambiental |
| <input type="checkbox"/> Forestal | <input type="checkbox"/> Instalaciones fabriles varias | <input type="checkbox"/> Otros |
| <input type="checkbox"/> Infraestructura de Transporte | <input type="checkbox"/> Minería | |

Selección de la siguiente lista la tipología a la que pertenece su proyecto (DS 95)

b.) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones

b.1) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje

b.2) Subestaciones

c) Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW

d) Reactores y establecimientos nucleares e instalaciones relacionadas

Selección de la siguiente lista la tipología a la que pertenece su proyecto (DS 40)

b.) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones

b.1) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje

b.2) Subestaciones

c) Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW

d) Reactores y establecimientos nucleares e instalaciones relacionadas

Figura 3. Criterios de búsqueda de proyectos fotovoltaicos en la plataforma del SEIA.

Fuente: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, s.f.

Para construir la base de datos, se buscaron los datos de ubicación, potencia nominal, fecha estimada de inicio, meses de construcción, años de vida útil, cantidad de módulos fotovoltaicos, tipo de celda fotovoltaica y peso del panel fotovoltaico considerado para el proyecto. Estos datos se encontraron en las RCA, Adendas, Adendas complementarias, Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o Estudio de Impacto Ambiental (EIA), según fuese el caso. En las

situaciones que los datos no se encontraron directamente de estas fuentes, se aplicaron supuestos y cálculos específicos dependiendo de la información entregada:

- **Ubicación:** Para el caso donde la central fotovoltaica se localizara en la división política de las comunas, se consideró la mitad de los módulos del proyecto por comuna.
- **Potencia nominal:** en el caso que no se entregara la potencia nominal, se consideró la potencia máxima.
- **Fecha estimada de inicio:** Si la fecha estimada de inicio indicada en la EIA o DIA era anterior a la fecha de aprobación de la RCA, se consideró la fecha de aprobación de la RCA como la fecha estimada de inicio. En caso que se indicara una fecha de inicio distinta en la Resolución de Caducidad, en la modificación o ampliación del proyecto original, se consideró esa fecha como fecha estimada de inicio del proyecto.
- **Tiempo de construcción:** Se asumió a los proyectos como un solo proyecto, pese a que mencionen su realización en distintas fases o etapas. En el caso de los proyectos que no entregaban tiempo de construcción, se asumió 1 año de construcción.
- **Vida útil:** Se consideró que este dato incluye todas las fases del proyecto, a no ser que se indique lo contrario. En el caso que indicaran que el

proyecto tenía una vida útil indefinida, se consideró el valor máximo de vida útil de la base de datos (51 años). Para el caso de la extensión de vida útil se consideró 30 años de operación de los módulos fotovoltaicos (Gaete-Morales et al., 2018; Mahmoudi et al., 2021) para los proyectos con tiempo de vida útil extendido menor a 30 años.

- **Cantidad de módulos:** Si no indicó la cantidad de módulos que se utilizó en el proyecto, pero entregó el valor de potencia unitaria del panel, se calculó con la siguiente ecuación (1).

$$x = \frac{P_{m\acute{a}x}^{(MW)}}{P_p^{(MW)}} \quad (1)$$

- **Tipo de celda fotovoltaica y peso:** Si entregó el modelo del panel, se consideró lo indicado en la ficha técnica del panel. Si consideró más de un tipo de panel o no consideró ningún tipo, se asumió que utilizaron c-Si. En la **Tabla 2** se muestran los pesos estimados para cada tipo de panel.

Tabla 2. Especificaciones generales de módulos fotovoltaicos.

| Tipo de tecnología FV | Potencia [W_p] | Peso [kg] | Eficiencia [%] |
|-----------------------|--------------------|---------------|----------------|
| c-Si | 224 | 23 | 15,3 |
| a-Si | 128 | 18,86 | 5,6 |
| CdTe | 65 | 12 | 9 |
| CIGS | 80 | 12,6 | 11 |

Fuente: Elaborado a partir de Domínguez & Geyer (2017).

Debido al uso de supuestos y desconocerse el nivel de cumplimiento de las RCA, los valores calculados en esta investigación son empíricos.

3.2. Cálculo del escenario presente para la instalación fotovoltaica en Chile

Con la base de datos construida, se calculó la fecha estimada de inicio de operación con la ecuación (2), sumándole a la fecha estimada de inicio (f_e) el tiempo de construcción (t_c). De esta forma, se agrupó la cantidad de módulos por año estimado de inicio de operación, obteniendo así, con la ecuación (3), la instalación anual de proyectos fotovoltaicos en Chile para el escenario presente y proyectado.

$$f_{inicio\ operación} = f_e + t_c \quad (2)$$

$$FV^{(mód)} = \sum_1^n FV_{a_n}^{(mód)}, \forall n = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

La cuota de instalación anual de módulos fotovoltaicos ($q(\%)_{a_i}$) se calculó obteniendo un porcentaje de instalación según el año de inicio de operación de los proyectos fotovoltaicos por tecnología fotovoltaica (Siendo i : 1=c-Si, 2=a-Si, 3=CdTe, 4=CIGS).

$$q(\%)_{a_i} = \frac{x_{a_i}}{x_{a_{total}}} [\%] \quad (4)$$

Además, se agrupó la cantidad de módulos fotovoltaicos instalados según año de inicio de operación por región y acumulado por año para mostrar las tendencias de instalación fotovoltaica en Chile.

Con la información recopilada de algunos proyectos fotovoltaicos, como se muestra en la Tabla 3, utilizando la ecuación (5) se obtuvo el factor de pérdida en la etapa de construcción multiplicando la cantidad de módulos defectuosos en la etapa de operación (x_d) por el tiempo de la etapa de construcción en años (t_o), dividido por la multiplicación del peso del panel (w_p) con la cantidad total de módulos (x_t).

$$\text{Factor de pérdida} = x_d * \frac{t_o}{x_t * w_p} [\%] \quad (5)$$

Considerando este resultado, se calculó la cantidad de residuos de módulos fotovoltaicos en toneladas, para obtener con la ecuación (6) la tasa de pérdida de módulos fotovoltaicos en la etapa de construcción a nivel nacional y regional, según tipo de tecnología, multiplicando la cantidad total de módulos (x_{a_i}) por el factor de pérdida calculado y el peso de los módulos fotovoltaicos (w_i), dividiendo por la cantidad de años (A).

$$\text{Tasa de pérdida FV en la etapa de construcción} = \frac{x_{a_i} * f(\%) * w_i}{A} \quad (6)$$

Tabla 3. Datos para el cálculo del porcentaje de pérdida en la etapa de construcción.

| Nombre acotado del proyecto fotovoltaico | Cantidad de paneles | Etapas construcción [años] | Peso panel [Kg] | Módulos defectuosos en la etapa de operación [ton/año] | Factor de pérdida en la etapa de construcción [%] |
|------------------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| El Cortijo | 25.352 | 0,5 | 28 | 1,44 | 0,10 |
| Rimini Solar | 27.216 | 0,5 | 24,9 | 0,36 | 0,03 |
| Ampliación Amparo del Sol | 10.620 | 0,5 | 25,8 | 0,72 | 0,13 |
| Santa Isabel | 613.408 | 1 | 25 | 0,12 | 0,00 |
| Angamos | 40.000 | 0,7 | 25 | 2,28 | 0,15 |
| Michilla | 40.000 | 0,7 | 25 | 2,28 | 0,15 |

Fuente: Elaborado a partir de los proyectos seleccionados.

3.3. Cálculo de escenarios futuros y materiales recuperables

Utilizando la base de datos construida inicialmente, se aplicaron las ecuaciones (7) y (8) para obtener el escenario regular y el escenario extendido, sumándole a la fecha estimada (f_e) de inicio los años de vida útil regulares (t_T) y años de vida útil más extensión de vida útil ($t_{T\text{extendida}}$) respectivamente. En el caso de la vida útil extendida, si $t_{T\text{extendida}} < 30$ años, se consideró 30 años como vida útil extendida (Mahmoudi et al., 2021).

$$f_e + t_T \tag{7}$$

$$f_e + t_{T\text{extendida}} \tag{8}$$

Así se obtuvo el año EoL de cada proyecto para ambos escenarios. Para expresar los escenarios en toneladas ($W_r^{(ton)}$), mostrado en la ecuación (9), se multiplicó la cantidad de módulos (x_{rp}) por sus respectivos pesos en toneladas (w_{rp}). Luego, para agruparlos, se realizó una sumatoria, por año de fin de vida útil y por tipo de tecnología fotovoltaica, para finalmente obtener las toneladas acumuladas de residuos de módulos fotovoltaicos, según las ecuaciones (10) y (11), obteniendo así los flujos de residuos anuales proyectados totales y por tipo de tecnología fotovoltaica.

$$W_r^{(ton)} = x_{rp} * w_{rp} \quad (9)$$

$$PV_a^{(ton)} = \sum W_r^{(ton)} \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^k n_i = n_1 + n_2 + \dots + n_k = N \quad (11)$$

De esta forma, utilizando la composición promedio adaptada de composición de los módulos fotovoltaicos, mostrados en la Tabla 4, se calcularon los flujos de residuos fotovoltaicos según composición por año, multiplicando la composición (m_y) por la cantidad de material fotovoltaico ($PV_{n_i}^{(ton)}$), utilizando la ecuación (12).

$$C_{mat} = PV_{n_i}^{(ton)} * m_y \quad (12)$$

$$C_{matrec} = C_{mat} * \gamma_{mat} * q(\%)_{a_i} \quad (13)$$

Tabla 4. Rendimiento de reciclaje y composición promedio de los materiales fotovoltaicos por tecnología.

| Inventario de metales | Rendimiento de reciclaje [γ_{mat} %] | Tecnología fotovoltaica | | | |
|-----------------------|----------------------------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|
| | | c-Si [%] | a-Si [%] | CdTe [%] | CIGS [%] |
| Ag | 95 | 6,34E-02 | - | - | - |
| Al | 99,7 | 1,81E+01 | 6,93E+01 | 9,13E-02 | 8,58E+00 |
| Cu | 100 | 8,03E-01 | 1,50E+00 | 3,04E+00 | 2,84E-01 |
| Ni | 41 | 1,16E-03 | - | - | - |
| Fe | 90 | - | 1,24E-03 | - | - |
| Ti | 52 | 5,71E-06 | - | 1,40E-07 | - |
| Sn | 32 | 6,44E-05 | - | 1,40E-06 | 5,68E-02 |
| Zn | 27 | 8,58E-06 | 6,20E-04 | 1,83E-07 | 5,68E-02 |
| Cr | 20 | - | 9,42E-04 | 1,83E-02 | - |
| Mn | 37 | - | 1,56E-03 | - | - |
| Mo | 18 | - | - | - | 5,68E-02 |
| Cd | 95 | - | 8,55E-03 | 1,21E-01 | 1,71E-01 |
| Pb | 96 | 5,13E-03 | - | 4,26E-03 | - |
| Se | 89 | - | - | - | 5,68E-02 |
| Mg | 33 | 5,71E-01 | 2,18E+00 | - | 2,67E-01 |
| Ga | 90 | - | - | - | 5,68E-02 |
| In | 90 | - | 1,93E-02 | - | 2,84E-02 |
| Te | 95 | - | 1,07E-02 | 1,21E-01 | - |
| Si | 99,9 | 8,69E-01 | 4,28E-03 | 3,04E-01 | - |
| EVA | 100 | 7,14E+00 | 2,65E+01 | 3,65E+00 | 5,12E+00 |
| Glass | 95 | 7,19E+01 | 7,65E-01 | 9,24E+01 | 8,53E+01 |

Fuente: Adaptado de Mahmoudi et al. (2021) y Domínguez & Geyer (2017).

Utilizando la ecuación (13), con los rendimientos (γ_{mat}) de reciclaje de los materiales fotovoltaicos y la cuota de instalación fotovoltaica calculada en **3.2**, se obtuvieron los flujos de residuos fotovoltaicos recuperables por año.

3.4. Criterios de evaluación de favorabilidad

Obtenida la base de datos para elaborar el escenario presente, se procedió a seleccionar los criterios de favorabilidad, sumando la base de datos de Huaquilaf (2018) que proporciona el Catastro Nacional de Instalaciones de Recepción y Almacenamiento e Instalaciones de Valorización de Residuos (abreviado RAVR en esta investigación) en Chile. Los nueve criterios seleccionados fueron: número de proyectos fotovoltaicos, cantidad total de módulos fotovoltaicos instalados, cantidad de módulos de c-Si, cantidad de módulos de a-Si, cantidad de módulos de CdTe y cantidad de módulos de CIGS, cantidad de instalaciones RAVR de vidrio, cantidad de instalaciones RAVR de aluminio y cantidad de instalaciones RAVR de RAEE.

Seleccionados los criterios, se procedió a aplicar el método VIKOR, que se aplica para la toma de decisión multicriterio, proveyendo un índice de clasificación con respecto a las mediciones más cercanas a la solución ideal positiva. En el método VIKOR se asume que cada alternativa es evaluada acorde a cada función de criterio, donde la calificación podría realizarse comparando la medida de cercanía a la alternativa ideal (Sayadi et al., 2009).

Construida la matriz de las comunas con proyectos fotovoltaicos y los criterios seleccionados, se procedió a calcular los cuantiles para obtener los rangos de cada criterio (Véase Tabla 20).

Tabla 5. Escala de evaluación para la matriz VIKOR del caso de estudio.

| Escala | N° proyectos | Cantidad total de módulos fotovoltaicos | | | | | Instalaciones RAVR | | |
|--------|--------------|-----------------------------------------|------------|-----------|-----------|---------|--------------------|----|------|
| | | Total | c-Si | a-Si | CdTe | CIGS | Vidrio | AI | REEA |
| 0 | 1 | 2.100 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 1 | 32.010 | 31.185 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 2 | 64.832 | 62.829 | - | - | - | 1 | - | - |
| 3 | 4 | 281.657 | 261433 | - | - | - | 8 | - | - |
| 4 | 30 | 25.606.749 | 15.751.568 | 1.444.500 | 9.855.181 | 313.020 | 212 | 1 | 2 |

Fuente: Adaptado de Goe et al. (2015) y Kumar et al. (2020).

A la matriz evaluada (Tabla 21 del Anexo 2) se le realizó una ponderación (Goe et al., 2015) con la ecuación (14), para finalmente reevaluar las comunas según la Tabla 5 y digitar los rankings en el Software ArcGIS para mostrar cartográficamente la favorabilidad de las comunas estudiadas.

$$S_i = \frac{\sum_v^V \gamma_{uv}}{V}, \forall_u = 1,2 \dots U, \forall_v = 1,2 \dots V \quad (14)$$

Tabla 6. Ranking de favorabilidad ponderado.

| Escala | Rango |
|------------------------|-----------------|
| No favorable | [0 – 0,333] |
| Poco favorable |]0,333 – 0,667] |
| Medianamente favorable |]0,667 – 1,111] |
| Favorable |]1,111 – 1,333] |
| Muy favorable |]1,333 – 2,222] |

Fuente: Adaptado de Goe et al. (2015) y Kumar et al. (2020).



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Escenario presente de instalaciones y residuos fotovoltaicos

La base de datos se construyó con 495 proyectos fotovoltaicos que contaban con su RCA aprobada, presentados a SEIA hasta el 30 de abril del 2021 que, de un total de 1.039 proyectos encontrados en la base de datos, menos 39 proyectos con RCA caducada, sin RCA aprobada o sin modificaciones relevantes para esta investigación, significa el 49% del total de los proyectos ingresados al SEIA por el literal c) del Art. 10 de la Ley N°19.300 y Art. 3 del D.S. N°40/2013.

Además, se suma una cantidad total de potencia de 24.356 MW nominal empírica. En la Figura 4 se muestra la cantidad de proyectos con su RCA aprobada, presentados a SEIA hasta el 30 de abril del 2021, según la región en la que están ubicados y su potencia instalada empírica. Del total de regiones administrativas, el promedio de proyectos aprobados es de 30,9 proyectos, traduciéndose en 1.522,3 MW nominal por región.

Se puede observar tanto en la Figura 4 como en la Tabla 22 del Anexo 3, que existen dos zonas predominantes de instalación de proyectos fotovoltaicos, estando la primera ubicada en las Regiones de Antofagasta y Atacama, que conforma el 33,54% de los proyectos considerados, cada una un 17,98% y 15,56% respectivamente; y la segunda en la Región de Maule, conformando el 15,35% de la cantidad de total de proyectos considerados. Esto no se refleja en la relación con la potencia total instalada empírica, ya que las Regiones de

Antofagasta y Atacama estarían generando empíricamente el 68,41% de la potencia instalada nominal fotovoltaica (40,23% y 28,18% respectivamente), mientras que la Región del Maule sólo tendría una instalación del 3,65% de la capacidad nominal fotovoltaica aportando a la matriz energética chilena.

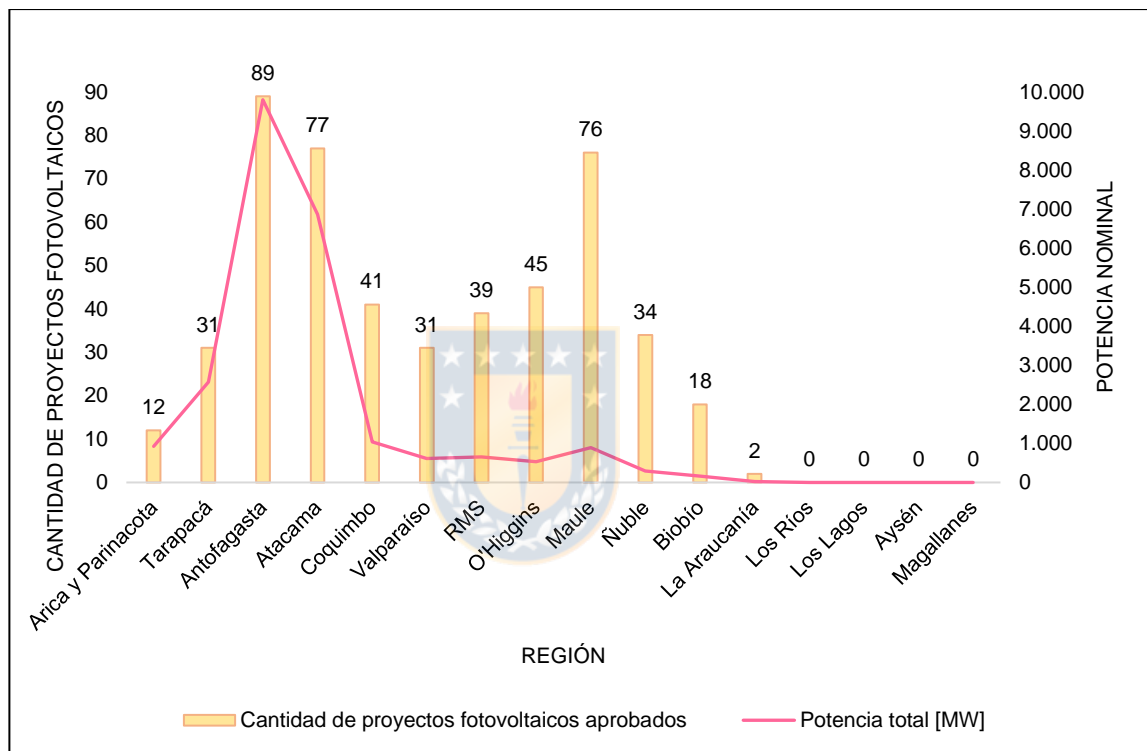


Figura 4. Cantidad de proyectos fotovoltaicos con RCA aprobada por región.

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Para un análisis más certero, los climas de Chile Continental se obtuvieron de Sarricolea et al. (2017). Las macro regiones con incidencia fotovoltaica a gran escala en Chile se obtuvieron de la caracterización del parque fotovoltaico de Chile, siendo sus respectivas zonas climáticas: Norte Grande (regiones de Arica

y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta), con ocurrencia de climas áridos desérticos (73%) y polares (en la cordillera de Los Andes); Norte Chico (regiones de Atacama y Coquimbo), con predominancia de climas áridos desérticos (67%) y polares (en las elevaciones altas de la cordillera de Los Andes) y un pequeño porcentaje de clima templado (4%); Zona Central (regiones de Valparaíso, Metropolitana de Santiago, O'Higgins, Maule, Ñuble y Biobío), predominando el clima templado (91%), con pequeñas ocurrencias de clima árido (3%) y polares (6%); Zona Sur (regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos), donde predomina el clima templado (97%), con pequeñas ocurrencias de tundra (2,5%) y polar (0,5). No se considera la macrozona Sur Austral, ya que hasta el 30 de abril de 2021 no se aprobaron proyectos presentaron a SEIA ubicados en dicha zona.

El rendimiento de los sistemas fotovoltaicos depende de los parámetros climáticos, pudiendo variar dependiendo de la vida útil del sistema fotovoltaico (Malvoni et al., 2020), lo que podría explicar la cantidad de proyectos fotovoltaicos en la Región de Maule con respecto a la baja potencia de estos, con un promedio de 11,7 MW instalada total empírica. Esta región se encuentra en una macrozona con predominancia del clima templado, según la clasificación de Köppen (Sarricolea et al., 2017), lo cual se puede asociar a un rendimiento promedio de 2,87 horas por día en zonas climáticas templadas (Malvoni et al., 2020).

En cambio, la macrozona del Norte Grande y Norte Chico, donde están ubicadas las Regiones de Antofagasta y Atacama, tienen una predominancia climática árida desértica (Sarricolea et al., 2017) que, asociándolo al rendimiento promedio de 4 horas por día (Malvoni et al., 2020), explicaría la relación entre la cantidad de proyectos en esas regiones con su alta capacidad de instalación empírica (110,1 MW y 89,1MW respectivamente).

Las zonas climáticas en las que están emplazados los proyectos también podrían afectar la degradación de los módulos fotovoltaicos, por lo que se podría ampliar esta investigación según los modelos de degradación descritos en la literatura, ya que para una planta solar es importante poder cuantificar y predecir la degradación (que representa el cociente entre la potencia entregada y la potencia nominal) de los paneles fotovoltaicos (Charki, 2013).

Nuevamente se observa, según el inicio de operación de los proyectos fotovoltaicos, en la Figura 5, una tendencia a la instalación de módulos fotovoltaicos en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama. Considerando hasta la fecha presente (2021), tanto en la Figura 5 como en la 6 se aprecia una tendencia positiva al aumento de instalaciones fotovoltaicas a gran escala.

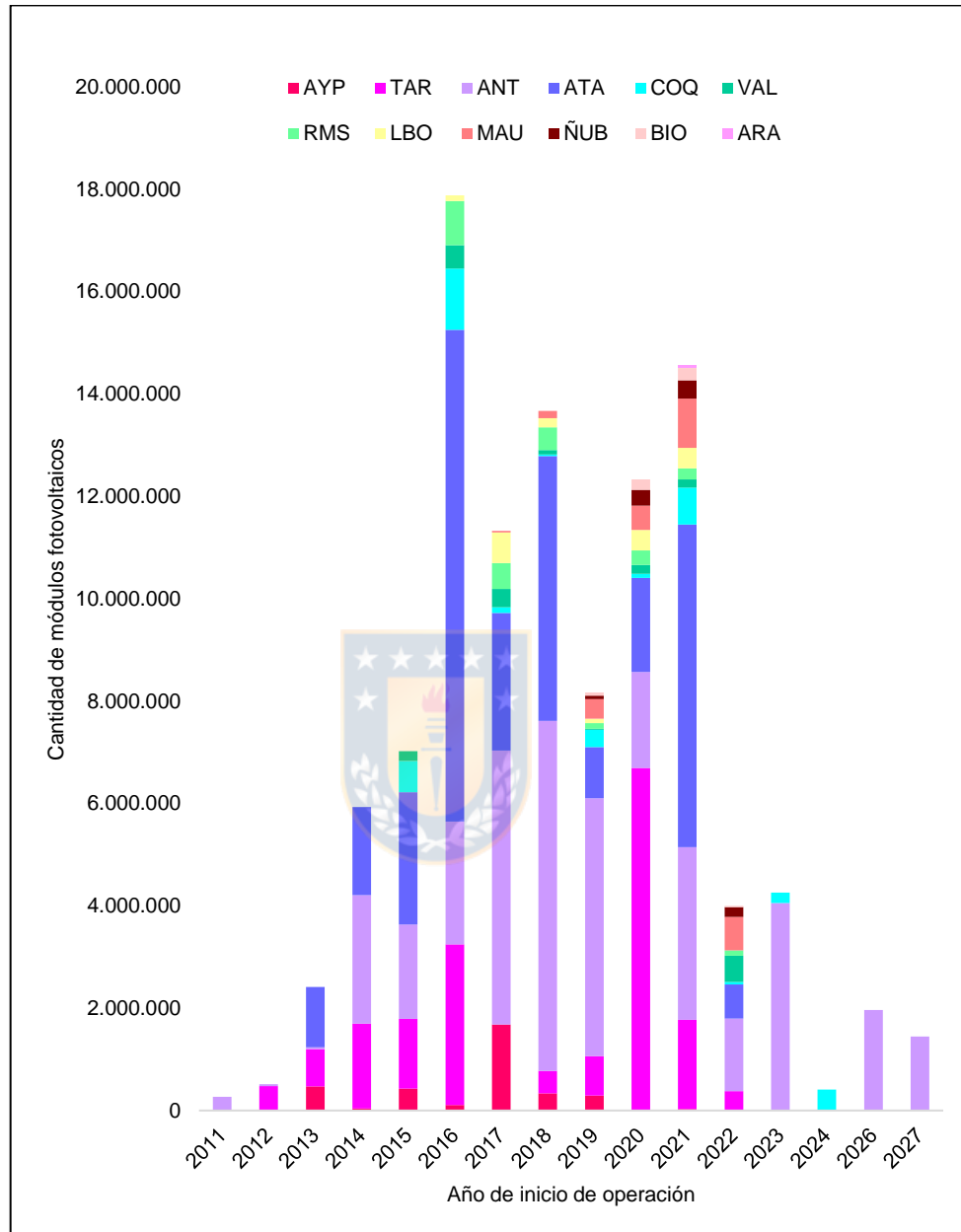


Figura 5. Cantidad de módulos fotovoltaicos, agrupados por región, al inicio de operación de los proyectos fotovoltaicos.

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

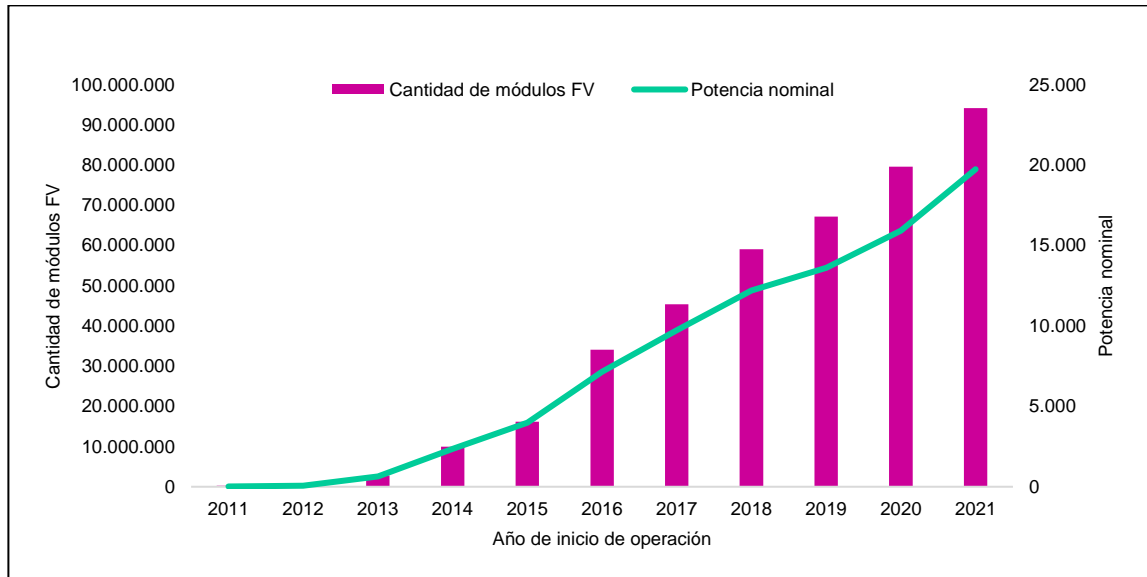


Figura 6. Cantidad acumulada de módulos fotovoltaicos instalándose e instalados.

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Según los datos recolectados, se estima que las tecnologías de capa fina, a-Si, CdTe y CIGS, conforman el 28,3% de la cuota total de instalación fotovoltaica de los proyectos analizados hasta el 30 de abril de 2021, siendo la más prominente la cuota de los módulos CdTe, con un 25%. Por otro lado, las tecnologías de primera generación, p-Si y m-Si, conforman el 71,4% de la cuota total, como se muestra en (b) de la Figura 7.

Dentro de los proyectos analizados no se consideran tecnologías fotovoltaicas emergentes. Puede que se considere su uso en el futuro, ya que ha aumentado su cuota en el mercado general de los países de la OCDE desde el 2014 y se espera que aumenten hasta un 44,2% en el 2030 (Mahmoudi et al., 2021).

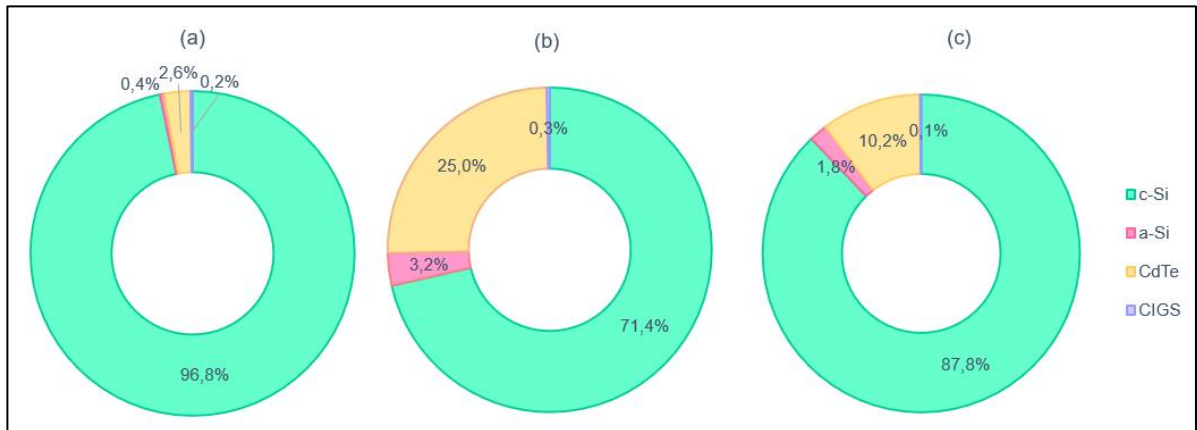


Figura 7. (a) Preferencia de utilización de las tecnologías fotovoltaicas por proyecto; (b) Cuota total de tipos de tecnologías fotovoltaicas según la cantidad de módulos fotovoltaicos instalados; y (c) Potencia total nominal por tipo de tecnologías.

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

La comparación de los gráficos (a), (b) y (c) de la Figura 7 estaría indicando que pocos proyectos (sólo 3,2%) estarían utilizando tecnologías de capa fina para producir energía, lo que no se refleja en la cantidad de módulos fotovoltaicos instalados o instalándose, ocupando un 28,5% de la cuota de instalación y 12,1% de la potencia nominal instalada. Esto quiere decir, que los pocos proyectos que decidieron llevar a cabo su generación energética con módulos de capa fina fueron proyectos de gran envergadura en términos de cantidad de módulos fotovoltaicos instalados, pero con paneles de menor eficiencia de conversión que las de tecnología de c-Si.

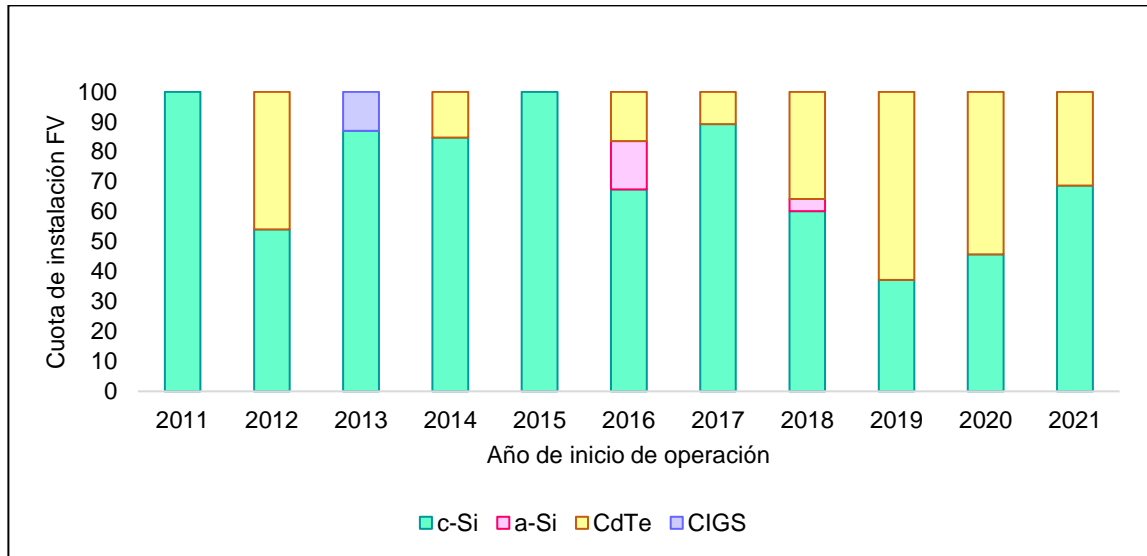


Figura 8. Cuota de instalación de los módulos fotovoltaicos hasta el 2021.

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

En términos de la estimación anual, en la Figura 8 se muestra una clara tendencia al aumento de las tecnologías de capa fina, específicamente de CdTe, hasta el 2020. Los módulos de CIGS y a-Si no se muestran de gran interés en la instalación de tecnologías fotovoltaicas en Chile. En los años de inicio de operación se muestra una predominancia de la preferencia de las tecnologías cristalinas, excepto el año 2019 y 2020, donde predomina la tecnología CdTe con 63% y 54% respectivamente, mostrado detalladamente en la Tabla 23 del Anexo 3.

Esta tendencia no es similar a la cuota de mercado de la OCDE, donde se mostró un 5,2% de cuota para CdTe y 73,3% para c-Si (Mahmoudi et al., 2021). Aunque los resultados de esta investigación estarían siguiendo las tendencias del

mercado fotovoltaico mundial, que muestran una futura reducción de tecnologías c-Si y aumento de las tecnologías de capa fina, especialmente de CdTe y CIGS (Domínguez & Geyer, 2017), enfatizando la necesidad de minimizar la disposición de paneles CdTe en rellenos sanitarios debido a su alta toxicidad (Ramos-Ruiz et al., 2017).

Se calculó el factor de pérdida de módulos fotovoltaicos en la etapa de construcción de las instalaciones fotovoltaicas a gran escala en Chile, resultando:

$$\text{Factor de pérdida} = 0,09\%$$

Teniendo este factor presente, se obtuvo la tasa a nivel regional y nacional, según tipo de tecnología, de módulos fotovoltaicos desechados en la etapa de construcción, mostrado en la Tabla 6. No existiría la cuota necesaria para instalar una planta especializada y automatizada, aunque, mostrándose en la Figura 6 una tendencia a aumentar las instalaciones, esto podría cambiar según la tasa de instalación de proyectos fotovoltaicos a gran escala en el futuro.

Según el escenario presente, no existirían las condiciones necesarias para tener un mercado de reciclaje fotovoltaico competitivo en Chile. Aun así, podría instalarse una única planta piloto a nivel nacional, de separación manual y con tasa de recuperación del 85%, exclusivamente para las tecnologías c-Si (Choi & Fthenakis, 2014), considerando una capacidad de aproximadamente 97 toneladas al año de residuos fotovoltaicos de dicha tecnología.

Tabla 7. Tasa de pérdida de los módulos fotovoltaicos en la etapa de construcción.

| Región | Residuos fotovoltaicos (ton/año) | | |
|----------|----------------------------------|------|-----------|
| | Total | c-Si | Capa fina |
| AYP | 3 | 6 | 5 |
| TAR | 18 | 15 | 31 |
| ANT | 47 | 42 | 52 |
| ATA | 37 | 41 | 31 |
| COQ | 4 | 8 | 0 |
| VAL | 3 | 5 | 0 |
| RMS | 13 | 8 | 0 |
| LBO | 2 | 6 | 0 |
| MAU | 3 | 9 | 0 |
| ÑUB | 1 | 5 | 0 |
| BIO | 1 | 3 | 0 |
| ARA | 0 | 1 | 0 |
| Nacional | 132 | 97 | 25 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

4.2. Escenarios futuros de residuos fotovoltaicos y residuos fotovoltaicos recuperables

Los escenarios futuros muestran que el inicio de los flujos de residuos fotovoltaicos proyectados comenzaría entre el año 2033 (escenario regular) y 2041 (escenario tardío). Se espera que en promedio se generen entre 50.709

(escenario regular) y 60.569 (escenario extendido) de toneladas de residuos fotovoltaicos EoL por año. Además, se muestra que los residuos acumulados estarían superando las 20.000 toneladas anuales necesarias para suplir la capacidad de una planta de reciclaje automatizada, comenzando entre los años 2033 y 2043 (Véase Figura 9).

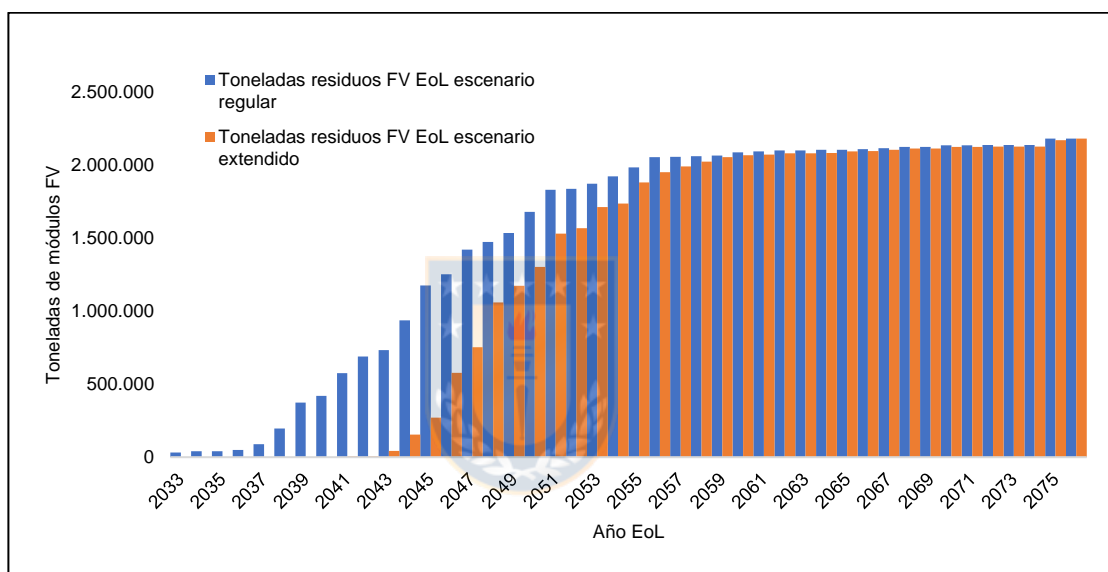


Figura 9. Proyección de residuos fotovoltaicos para Chile.

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

No sólo es importante tener conocimiento de la cantidad de residuos fotovoltaicos EoL, sino que también es importante conocer la composición de estos residuos para su tratamiento adecuado, adoptando medidas de seguridad específicas en caso de tratarse de flujos con alto porcentaje de residuos que podrían considerarse tóxicos, en todo el proceso que conlleva el reciclaje, desde el desmontaje hasta el posterior tratamiento. En la Figura 10 se muestra que existe

una predominancia de los flujos de tecnología c-Si, seguida de CdTe y en mucho menor medida, de a-Si y CIGS.

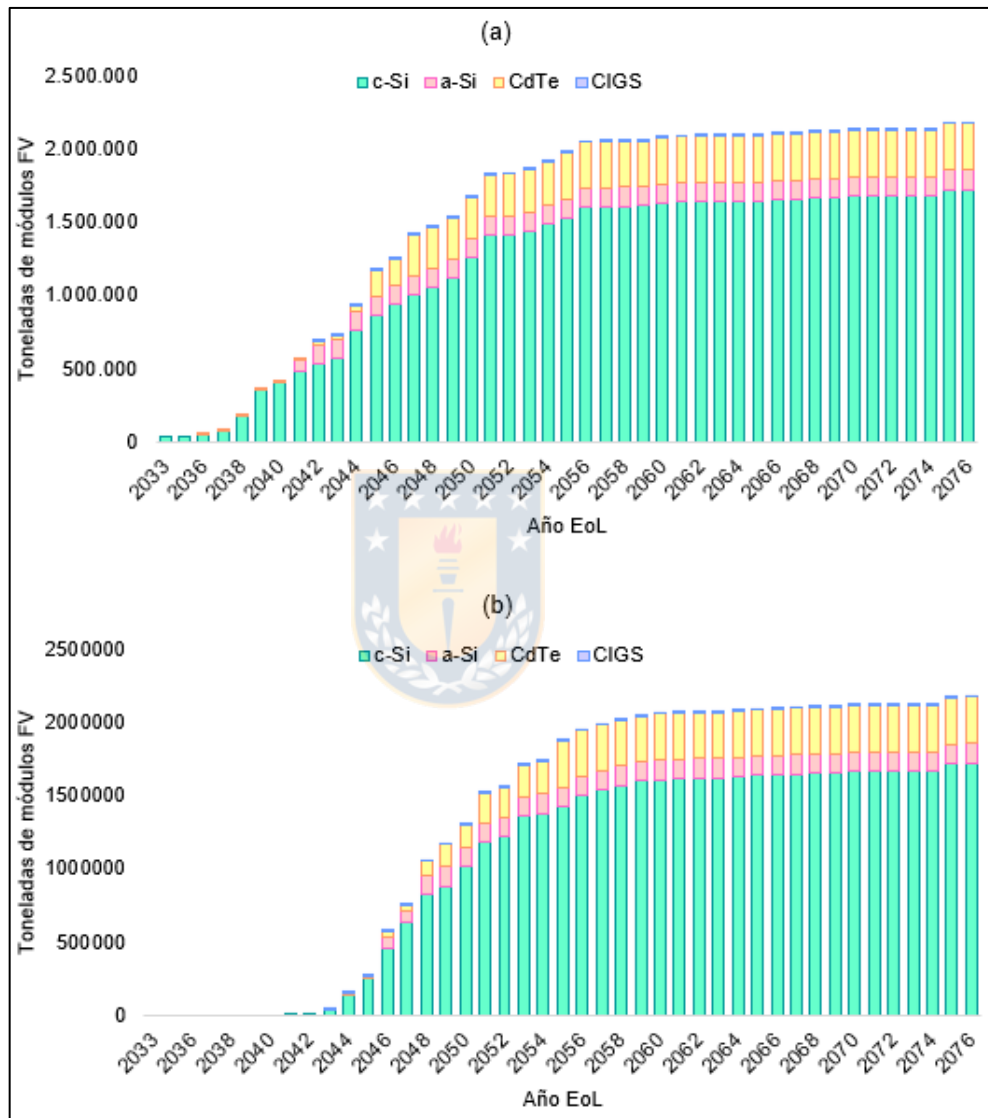


Figura 10. Proyección de generación de residuos fotovoltaicos acumulados en Chile, según tecnología fotovoltaica. (a) Escenario regular, (b) escenario extendido.

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Según las proyecciones, para el año 2050 habrá entre 1,3 (escenario extendido) y 1,7 (escenario regular) millones de toneladas de residuos de módulos fotovoltaicos acumulados. Desde el año 2058 en adelante, para ambos escenarios, se esperan sobre 2 millones de toneladas de residuos fotovoltaicos EoL acumulados.

Generados estos escenarios fue posible realizar una aproximación a la composición de los flujos de residuos fotovoltaicos anuales recuperables desde el año 2033 en adelante, detallados en la Tabla 7. Agrupándolos según tipo de residuos, se obtiene que el flujo recuperable al año más significativo es 22.088 toneladas de vidrio, integrando el 71,7% del total de residuos recuperables, seguido de 6.244 toneladas de materiales base (Al, Cu, Ni, Fe, Ti, Sn, An, Cr, Mn, Mo, Si), que equivalen al 20,3% de los residuos totales (de ese porcentaje, el 90% se debe al flujo de aluminio) y 2.377 toneladas anuales de EVA (7,7% del total).

En menor cantidad, pero no menos importante se podrían recuperar al año aproximadamente 19 toneladas de metales preciosos (Ag), 4,2 toneladas de metales peligrosos (Cd, Cr, Ni, Pb, Se) y 63,2 toneladas de metales críticos (Mg, Ga, In, Te). Todos estos materiales podrían incorporarse al mercado nacional o internacional para su venta o reincorporarse al ciclo de vida de los paneles fotovoltaicos como materia prima.

Tabla 8. Inventario de materiales recuperables por año en el flujo de residuos fotovoltaicos EoL proyectados.

| Material | Tecnologías fotovoltaicas [ton/año] | | | | Ponderado [ton/año] | Porcentaje [%] |
|----------|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------------------|----------------|
| | c-Si | a-Si | CdTe | CIGS | | |
| Vidrio | 2,8E+04 | 2,4E+01 | 7,0E+03 | 1,1E+02 | 22.088 | 71,7 |
| Aluminio | 7,8E+03 | 2,3E+03 | 7,3E+00 | 1,1E+01 | 5.651 | 18,3 |
| EVA | 3,2E+03 | 8,8E+02 | 2,9E+02 | 6,8E+00 | 2.377 | 7,7 |
| Cu | 3,5E+02 | 5,0E+01 | 2,4E+02 | 3,8E-01 | 310 | 1,0 |
| Ag | 2,7E+01 | - | - | - | 19 | 0,06 |
| Ni | 2,1E-01 | - | - | - | 0,152 | 0,0005 |
| Ti | 1,3E-03 | - | 5,9E-06 | - | 0,001 | 0,000003 |
| Sn | 9,2E-03 | - | 3,6E-05 | 2,4E-02 | 0,007 | 0,00002 |
| Zn | 1,0E-03 | 5,6E-03 | 4,0E-06 | 2,0E-02 | 0,001 | 0,000003 |
| Pb | 2,2E+00 | - | 3,3E-01 | - | 1,7 | 0,01 |
| Mg | 8,4E+01 | 2,4E+01 | - | 1,2E-01 | 61 | 0,2 |
| Si | 3,9E+02 | 1,4E-01 | 2,4E+01 | - | 283 | 0,9 |
| Fe | - | 3,7E-02 | - | - | 0,001 | 0,000004 |
| Cr | - | 6,3E-03 | 2,9E-01 | - | 0,073 | 0,0002 |
| Mn | - | 1,9E-02 | - | - | 0,001 | 0,000002 |
| Cd | - | 2,7E-01 | 9,2E+00 | - | 2,3 | 0,01 |
| In | - | 5,8E-01 | - | 3,4E-02 | 0,019 | 0,0001 |
| Te | - | 3,4E-01 | 9,2E+00 | - | 2,3 | 0,01 |
| Mo | - | - | - | 1,4E-02 | 0,00004 | 0,0000001 |
| Se | - | - | - | 6,7E-02 | 0,0002 | 0,0000007 |
| Ga | - | - | - | 6,8E-02 | 0,0002 | 0,0000007 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA, Mahmoudi et al. (2021) y Domínguez &

Geyer (2017).

4.3. Favorabilidad de comunas en Chile para ubicar un centro de recuperación de material fotovoltaico

Para abrir el mercado de reciclaje fotovoltaico en Chile es importante dar a conocer la magnitud de los flujos futuros, para que los stakeholders del rubro solar puedan tomar conciencia que la problemática que se avecina a nivel mundial por la inmensidad de flujos de residuos fotovoltaicos no es un problema alejado de la realidad chilena, estando latente como posible impacto ambiental para abordar en la toma de decisiones futuras. Es por eso por lo que también se debe incentivar económicamente al reciclaje, mostrando la Tabla 7 una oportunidad para Chile de generar nuevos mercados nacionales o aumentar las exportaciones de los materiales recuperables como materia prima a los fabricantes de módulos fotovoltaicos.

Una estrategia para un mercado de reciclaje de módulos fotovoltaicos EoL en Chile sería la selección de una posible localización de un centro de recuperación de material fotovoltaico que se asocie a través de transacciones B2B a empresas o centros de acopio ya existentes, donde exista una densidad favorable de módulos fotovoltaicos. De esta manera y siendo un primer acercamiento, se obtuvieron los resultados del ranking de favorabilidad mostrados en las Figuras 11, 12, 13 y 14, en el Anexo 4 detallado en la Tabla 21 del Anexo 2.

Es así como 28 límites políticos administrativos de Chile resultaron ser muy favorables. De estas, las comunas de Pozo Almonte, seguida de Arica, fueron las

con mejor puntuación de toda el área de estudio. Esto se debe a que la comuna Pozo Almonte tiene relevancia en relación con la cantidad de proyectos y cantidad de módulos fotovoltaicos totales, de c-Si, a-Si y CdTe, no mostrando favorabilidad respecto a los centros de acopio de vidrio, aluminio o RAEE. En cuanto a Arica, esta posee favorabilidad en cuanto la cantidad total de proyectos, cantidad de módulos totales, de c-Si y CIGS, además de presentar una instalación RAVR de vidrio.

En la macrozona del Norte Chico, las comunas más favorables resultaron ser Copiapó y Tierra Amarilla, mientras que en la zona Centro fueron TilTil, Lampa, Linares y Los Ángeles. Se puede observar que, en general, las comunas de la zona Centro mostraron mayor presencia de instalaciones RAVR.

Teniendo en cuenta que en los métodos multicriterio las clasificaciones y ponderaciones de los criterios son conocidas, en cambio, en el mundo real, en un ambiente impreciso e incierto, es un supuesto irreal que el conocimiento y representación del responsable de la toma de decisiones o expertos es precisa (Sayadi et al., 2009). Se debe ampliar esta metodología construyendo un panel de expertos e integrando los métodos multicriterio para incluir el método STEEP (criterios según aspectos sociales, técnicos, económicos, ambientales y políticos), método TOPSIS (que se basa en la distancia de un punto óptimo debe ser menor distancia a la solución ideal positiva y distancia más lejana a la solución

ideal negativa) y finalmente, el método VIKOR (Kumar et al., 2020; Sayadi et al., 2009) aplicado en esta investigación.

Como parte de los criterios STEEP, debería considerarse el cálculo del índice medio del vecino más cercano (ANNI) que compara la distancia media observada entre cada punto con la distancia media esperada en un patrón aleatorio, según la metodología de Goe et al. (2015) para modelar la dispersión espacial de las instalaciones fotovoltaicas y predecir futuras agrupaciones. De esa manera y utilizando una mayor variedad de criterios de ubicación que dependan directamente de los límites territoriales, se deberían asignar sitios dentro los límites político administrativos muy favorables obtenidos en esta investigación, no superando un centro por comuna.

Aun así, faltaría la legislación correspondiente que lo gestione adecuadamente, nivelándose con los estándares internacionales y para la implementación de estrategias de financiamiento enfocadas en la Responsabilidad Extendida al Productor, posiblemente utilizando transacciones B2B, priorizando asociatividad con empresas e instalaciones RAVR como opción favorable en este momento para el país. Legislar las responsabilidades extendidas al productor, como los requisitos de retirada de los productos, transporte y manejo, será clave para incentivar y asegurar que por lo menos una parte relevante de los productos fotovoltaicos se reciclen adecuadamente, responsabilizando a los productores de

productos prioritarios y generadores de desechos por los impactos ambientales en el ciclo de vida de los módulos fotovoltaicos.

A pesar de estar promulgada la Ley N°20.920 (2016) del Ministerio del Medio Ambiente, que establece el Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, que apunta a introducir un sistema REP, definiendo producto prioritario según el Art. 3 de la Ley como “sustancia u objeto que una vez transformado en residuo, por su volumen, peligrosidad o presencia de recursos aprovechables, queda sujeto a las obligaciones de la responsabilidad extendida del productor, en conformidad a esta ley.” Dentro de las líneas de productos, incluye pilas y baterías y aparatos eléctricos y electrónicos, estableciendo metas específicas de reutilización y reciclado mediante decretos reglamentarios para cada grupo de productos antes del año 2020 (CEPAL, 2016), a la fecha no se ha decretado el reglamento necesario para los productos prioritarios de la categoría RAEE. Sin embargo, la Ley indica, según la definición de generador en el Art.3, que los titulares de los proyectos fotovoltaicos se considerarían generadores bajo la legislación chilena, obligándolos, según el Art. 5, a entregar los residuos a un gestor apropiado para su tratamiento.

5. CONCLUSIONES

Las tecnologías de capa fina componen el 28,5% de la cuota de instalación a nivel nacional, por lo que es importante considerar el reciclaje para recuperar materiales críticos y materiales peligrosos para que no sean eliminados en un relleno sanitario y disminuir la percepción negativa sobre estas tecnologías, ya que la tendencia indica que van ganando popularidad en Chile.

Considerando un factor de pérdida de módulos fotovoltaicos en la etapa de construcción de 0,09%, los residuos indican que no habría la cuota necesaria para un mercado competitivo de reciclaje fotovoltaico en la actualidad. Se entregan tres alternativas para considerar.

Esta investigación busca informar a los stakeholders del mercado fotovoltaico chileno, especialmente en las comunas donde hay un rápido crecimiento de ERNC, para incentivar el diseño de un plan de reciclaje nacional en materia fotovoltaica, dando a conocer la pérdida de materiales recuperables valiosos, ya que se esperan para Chile entre 1,3 y 1,7 millones de toneladas de residuos fotovoltaicos acumulados al 2050 y aproximadamente 2 millones de toneladas de residuos fotovoltaicos acumulados desde 2058 en adelante con una predominancia de tecnología c-Si, y a partir del 2033 (cuando inicie el flujo de residuos proyectados) se podrían recuperar al año aproximadamente 30.795 toneladas de materiales fotovoltaicos como materia prima.

Además, estando promulgada la Ley N° 20.920 no se puede aplicar adecuadamente, por lo que se recomienda la priorización en materia de legislación medioambiental en Chile, para que los reglamentos necesarios para la gestión de productos prioritarios de RAEE sean decretados prontamente, para ser el primer país en Latinoamérica que incorpore en su legislación la gestión de los módulos fotovoltaicos.

Entregando una posible estrategia para abordar un mercado de reciclaje fotovoltaico en Chile, se consideraron 9 criterios de favorabilidad, principalmente de asociatividad a plantas de tratamiento y acopio existentes y distribución fotovoltaica, que a través del método VIKOR, 28 comunas resultaron ser muy favorables para implementar un centro de recuperación de material fotovoltaico, siendo las comunas de Pozo Almonte, seguido de Arica, las comunas con mejor puntuación. Este escenario podría ser una oferta para la generación de nuevos empleos en Chile.

Siendo esta investigación la primera en su tipo específicamente para Chile, se recomienda la profundización en aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos para futuros estudios, permitiendo generar una gestión integrada de los residuos fotovoltaicos. Por ello, se recomienda continuar con esta investigación incorporando las nuevas tecnologías fotovoltaicas que penetren en la matriz energética chilena (como concentradores solares) y confirmando el cumplimiento de las RCA, con la información otorgada por la Comisión Nacional

de Energía y continuando los supuestos de esta investigación en caso de no haber iniciado la etapa de construcción a la fecha, incorporando la planificación y gestión territorial para la toma de decisiones y un análisis espacial estadístico de futuras instalaciones fotovoltaicas en Chile. Asimismo, se podría realizar un análisis de la problemática del uso de suelo de los proyectos fotovoltaicos, debido a la amplitud de las instalaciones y los lugares donde se pueden instalar (por falta de planificación territorial), entregando recomendaciones debido a la posibilidad de lixiviación de materiales como Cd y Pb en relación con los factores climáticos. Otra investigación que puede abordarse desde este proyecto de tesis es un análisis de percepción social de los módulos fotovoltaicos a partir de las problemáticas expuestas en los antecedentes y los escenarios chilenos presentados en los resultados. Continuando con la incertidumbre expuesta sobre la falta de decretos reglamentarios sobre los RAEE, una vez promulgado dicho decreto, realizar un análisis con respecto a la industria fotovoltaica en el marco de la Ley N° 20.920, identificando el rol de los generadores y los gestores de productos prioritarios.

Finalmente, y acorde a las Naciones Unidas (2020), se reconoce que la tesis desarrollada contribuye específicamente a tres Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- **Objetivo 9, meta 9.2:** Promoviendo una industrialización de los sistemas de reciclaje fotovoltaico para contribuir al PIB en Chile.

- **Objetivo 11, meta 11,6:** Prestándole especial atención a la gestión de los residuos fotovoltaicos para reducir impactos ambientales negativos.
- **Objetivo 12, meta 12,5:** Incentivando a la reducción considerable de desechos fotovoltaicos mediante el reciclaje.



6. GLOSARIO

Generador: Poseedor de un producto, sustancia u objeto que lo desecha o tiene la obligación de desecharlo de acuerdo a la normativa vigente.

Gestor: Persona natural o jurídica, pública o privada, que realiza cualquiera de las operaciones de manejo de residuos y que se encuentra autorizada y registrada en conformidad a la normativa vigente.

Producto prioritario: Sustancia u objeto que una vez transformado en residuo, por su volumen, peligrosidad o presencia de recursos aprovechables, queda sujeto a las obligaciones de la responsabilidad extendida del productor, en conformidad a la Ley N° 20.920 de Ministerio del Medio Ambiente.

Reciclaje: Empleo de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo, incluyendo el coprocesamiento y compostaje, pero excluyendo la valorización energética.

Responsabilidad Extendida al Productor: Corresponde a un régimen especial de gestión de residuos, conforme al cual los productores de productos prioritarios son responsables de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos de los productos prioritarios que comercialicen en el país.

Stakeholders: las partes interesadas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostini, C. A., Nasirov, S., & Silva, C. (2016). Solar PV Planning Toward Sustainable Development in Chile: Challenges and Recommendations. *Journal of Environment and Development*, 25(1), 25–46.
- Asea-Brown-Boveri, S. A. (2011). Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n° 10. Plantas fotovoltaicas. *Asea Brown Boveri, S.A.*, 116.
- Ashfaq, H., Hussain, I., & Giri, A. (2017). Comparative analysis of old, recycled and new PV modules. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 29(1), 22–28.
- Babayigit, A., Ethirajan, A., Muller, M., & Conings, B. (2016). Toxicity of organometal halide perovskite solar cells. *Nature Materials*, 15(3), 247–251.
- BIO. (2011). *Cadmium has one of the lowest cost to produce of any solar panel technology and is the only thin film technology with lower cost to produce than silicon. April.*
- CEPAL. (2016). *Evaluaciones de desempeño ambiental.*
- Charki, A. (2013). Accelerated degradation testing of a photovoltaic module. *Journal of Photonics for Energy*, 3(1), 033099.
- Choi, J. K., & Fthenakis, V. (2014). Crystalline silicon photovoltaic recycling planning: Macro and micro perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 66, 443–449.
- Clyncke, J. (2014). Embracing new recycling rules. *Renewable Energy Focus*, 15(2), 38–39.
- Comisión Nacional de Energía. (2021). *Reporte Mensual ERNC Marzo 2021 Vol. N°55 (Vol. 55).*
- Coordinador Eléctrico Nacional. (2021). *Sistema Eléctrico Nacional*. Recuperado de: <https://www.coordinador.cl/sistema-electrico/> (Fecha de acceso: 25/04/2021)
- Cucchiella, F., D'Adamo, I., Lenny Koh, S. C., & Rosa, P. (2015). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 263–272.
- Domínguez, A., & Geyer, R. (2017). Photovoltaic waste assessment in Mexico. *Resources, Conservation and Recycling*, 127(August), 29–41.
- Gaete-Morales, C., Gallego-Schmid, A., Stamford, L., & Azapagic, A. (2018). Assessing the environmental sustainability of electricity generation in Chile.

Science of the Total Environment, 636, 1155–1170.

- Giacchetta, G., Leporini, M., & Marchetti, B. (2013). Evaluation of the environmental benefits of new high value process for the management of the end of life of thin film photovoltaic modules. *Journal of Cleaner Production*, 51(2013), 214–224.
- Goe, M., Gaustad, G., & Tomaszewski, B. (2015). System tradeoffs in siting a solar photovoltaic material recovery infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 160, 154–166.
- Huaiquilaf. (2018). *Anexo C : Base de datos georreferenciada, Catastro Nacional de Instalaciones de Recepción y Akmacenamiento, e instalaciones de valorización de residuos en Chile*.
- Khaligh, A., & Onar, O. (2018). *Power Electronics Handbooks (Fourth Edition)*.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., & Christensen, T. H. (2002). Critical Reviews in Environmental Science and Technology Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 32(324), 37–41.
- Kumar, A., Wasan, P., Luthra, S., & Dixit, G. (2020). Development of a framework for selecting a sustainable location of waste electrical and electronic equipment recycling plant in emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 277, 122645.
- Larsen, K. (2009). End-of-life PV: then what? *Renewable Energy Focus*, 10(4), 48–53.
- Latunussa, C. E. L., Ardente, F., Blengini, G. A., & Mancini, L. (2016). Life Cycle Assessment of an innovative recycling process for crystalline silicon photovoltaic panels. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 156, 101–111.
- Mahmoudi, S., Huda, N., & Behnia, M. (2021). Critical assessment of renewable energy waste generation in OECD countries: Decommissioned PV panels. *Resources, Conservation and Recycling*, 164(September 2020), 105145.
- Malvoni, M., Kumar, N. M., Chopra, S. S., & Hatziaargyriou, N. (2020). Performance and degradation assessment of large-scale grid-connected solar photovoltaic power plant in tropical semi-arid environment of India. *Solar Energy*, 203(April), 101–113.
- McDonald, N. C., & Pearce, J. M. (2010). Producer responsibility and recycling solar photovoltaic modules. *Energy Policy*, 38(11), 7041–7047.
- Ministerio de Economía; Fomento y Reconstrucción & Subsecretaría de Economía; Fomento y Reconstrucción (2008). *Ley N° 20.257*.

- Ministerio de Energía (2013). *Ley N° 20.698*.
- Ministerio del Medio Ambiente (2016). *Ley N° 20.920*.
- Mohammad Bagher, A. (2015). Types of Solar Cells and Application. *American Journal of Optics and Photonics*, 3(5), 94.
- Morgan, D. L., Shines, C. J., Jeter, S. P., Blazka, M. E., Elwell, M. R., Wilson, R. E., Ward, S. M., Price, H. C., & Moskowitz, P. D. (1997). Comparative pulmonary absorption, distribution, and toxicity of copper gallium diselenide, copper indium diselenide, and cadmium telluride in Sprague-Dawley rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 147(2), 399–410.
- Moskowitz, P. D., & Fthenakis, V. M. (1991). Environmental, health and safety issues associated with the manufacture and use of II-VI photovoltaic devices. *Solar Cells*, 30(1–4), 89–99.
- Motta, C. M., Cerciello, R., De Bonis, S., Mazzella, V., Cirino, P., Panzuto, R., Ciaravolo, M., Simoniello, P., Toscanesi, M., Trifuoggi, M., & Avallone, B. (2016). *Potential toxicity of improperly discarded exhausted photovoltaic cells* (pp. 1–7).
- Parlamento Europeo. (2012). *Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE)*.
- Ramírez, A. V. (2013). Biomarcadores en monitoreo de exposición a metales pesados en metalurgia. *Anales de la Facultad de Medicina*, 67(1), 49.
- Ramos-Ruiz, A., Wilkening, J. V., Field, J. A., & Sierra-Alvarez, R. (2017). Leaching of cadmium and tellurium from cadmium telluride (CdTe) thin-film solar panels under simulated landfill conditions. *Journal of Hazardous Materials*, 336, 57–64.
- REN21. (2021). *Renewables in Cities 2021 Global Status Report*. 336.
- Romeo, A., & Artegiani, E. (2021). CdTe-Based Thin Film Solar Cells: Past, Present and Future. *Energies*, 14(6), 1684.
- Sarricolea, P., Herrera-Ossandon, M., & Meseguer-Ruiz, Ó. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*, 13(2), 66–73.
- Savvilotidou, V., Antoniou, A., & Gidarakos, E. (2017). Toxicity assessment and feasible recycling process for amorphous silicon and CIS waste photovoltaic panels. *Waste Management*, 59, 394–402.
- Sayadi, M. K., Heydari, M., & Shahanaghi, K. (2009). Extension of VIKOR method for decision making problem with interval numbers. *Applied Mathematical Modelling*, 33(5), 2257–2262.

- Sharma, A., Pandey, S., & Kolhe, M. (2019). Global review of policies & guidelines for recycling of solar pv modules. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 8(5), 597–610.
- Silva, U. (2019). Guía para Comunicadores y Preiodistas. Residuos de Aparatos electrónicos, y eléctricos (RAEE). *Jefatura de Gabinete de Ministros*.
- Veolia. (2019). *The first recycling plant in Europe for solar panels!* Recuperado de: <https://www.livingcircular.veolia.com/en/industry/first-recycling-plant-europe-solar-panels> (Fecha de acceso: 24/05/2021)
- Xu, Y., Li, J., Tan, Q., Peters, A. L., & Yang, C. (2018). Global status of recycling waste solar panels: A review. *Waste Management*, 75, 450–458.



8. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos.

Tabla 9. Base de datos para la Región de Arica y Parinacota.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Proyecto PV Dos Cruces | 30 | Arica | 15-03-2012 | 12 | 30 | 0 | 313.020 | CIGS | 16,5 |
| Planta Solar Fotovoltaica Arica I | 18 | Arica | 30-07-2012 | 15 | 25 | 10 | 84.240 | p-Si | 19 |
| Planta Solar Fotovoltaica Arica II, 15 MW | 15 | Arica | 01-04-2013 | 6 | 35 | 10 | 75.600 | p-Si | 19 |
| Parque Solar Azapa | 104 | Arica | 29-07-2016 | 12 | 30 | 30 | 479.736 | p-Si | 23 |
| Proyecto Parque Fotovoltaico Willka | 98 | Arica | 03-07-2013 | 7 | 20 | 0 | 431.200 | m-Si | 19 |
| Declaración de Impacto Ambiental Planta Solar Fotovoltaica Arica II, María José 88 MW y Línea de Transmisión 220 kV | 88 | Arica | 12-08-2013 | 39 | 30 | 10 | 105.600 | p-Si | 19 |
| Planta Solar Fotovoltaica Arica I, 8 MW Ampliación | 8 | Arica | 17-02-2014 | 3 | 25 | 10 | 40.320 | p-Si | 19 |
| Planta Solar Fotovoltaica Pampa Camarones | 300 | Camarones | 21-02-2014 | 39 | 30 | 0 | 1.200.000 | p-Si | 12 |
| Declaración de Impacto Ambiental Proyecto Fotovoltaico Los Manolos | 79,5 | Arica | 08-08-2017 | 17 | 25 | 0 | 265.188 | p-Si | 24 |
| Parque Fotovoltaico Lauca Solar | 80 | Arica | 02-07-2018 | 14 | 30 | 0 | 25.000 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico ALWA | 93 | Arica | 01-09-2017 | 14 | 30 | 0 | 334.080 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Arica 9 MW | 9 | Arica | 10-11-2020 | 6 | 30 | 0 | 26.880 | p-Si | 23 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Tabla 10. Base de datos para la Región de Tarapacá.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Complejo Solar FV Pica 90 MW | 90 | Pica y Pozo Almonte | 11-01-2012 | 36 | 34 | 0 | 447.120 | m-Si | 20 |
| Planta Fotovoltaica Lagunas 30 MW y Línea de Transmisión 220kV PFV Lagunas - SS/EE Lagunas | 30 | Pozo Almonte | 11-01-2012 | 12 | 34 | 0 | 149.040 | m-Si | 20 |
| Planta Fotovoltaica Salar de Huasco 30 MW y Línea de transmisión 66 kV PFV Salar de Huasco - LAT Pozo Almonte | 30 | Pozo Almonte | 11-01-2012 | 12 | 34 | 10 | 149.040 | m-Si | 20 |
| Planta Solar Fotovoltaica Pozo Almonte Solar 3, I Región | 16 | Pozo Almonte | 01-09-2011 | 15 | 25 | 10 | 236.544 | CdTe | 12 |
| Planta Solar Fotovoltaica Pozo Almonte Solar 2, I Región | 7,5 | Pozo Almonte | 01-08-2011 | 15 | 25 | 10 | 110.880 | c-Si | 23 |
| Planta Solar Fotovoltaica Pozo Almonte Solar 1, I Región | 9 | Pozo Almonte | 01-08-2011 | 15 | 25 | 10 | 133.056 | c-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Atacama Solar 250 MW | 250 | Pica y Pozo Almonte | 05-05-2011 | 66 | 30 | 0 | 2.889.000 | a-Si | 25,5 |
| Planta fotovoltaica 9MW SELTEC ING Ltda, Provincia del Tamarugal, Región de Tarapacá | 9 | Pozo Almonte | 30-07-2012 | 24 | 30 | 0 | 39.123 | p-Si | 22 |
| Parque Solar Almonte | 75 | Pozo Almonte | 22-01-2013 | 24 | 20 | 0 | 270.000 | p-Si | 27 |
| La Tirana Solar | 30,24 | Pozo Almonte | 04-03-2013 | 14 | 30 | 0 | 423.360 | CdTe | 12 |
| Planta Solar Fotovoltaica Wara III | 45 | Huara | 26-04-2013 | 18 | 25 | 10 | 216.000 | c-Si | 23 |
| Proyecto Fotovoltaico Huatacondo | 98 | Pozo Almonte | 28-06-2013 | 12 | 20 | 0 | 431.200 | m-Si | 19 |
| Parque Solar El Tamarugo | 22 | Pozo Almonte | 27-03-2014 | 5 | 25 | 0 | 244.350 | c-Si | 23 |
| Parque Solar El Pimiento | 22 | Pozo Almonte | 27-03-2014 | 5 | 25 | 0 | 244.350 | c-Si | 23 |
| Parque Solar El Chañar | 22 | Pozo Almonte | 27-03-2014 | 5 | 25 | 0 | 244.350 | c-Si | 23 |
| Parque Solar El Algarrobo | 22 | Pozo Almonte | 27-03-2014 | 5 | 25 | 0 | 244.350 | c-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Gramadal | 92 | Huara | 06-01-2014 | 12 | 25 | 0 | 299.600 | p-Si | 22 |
| Pampa Solar | 120 | Pozo Almonte | 08-07-2015 | 36 | 30 | 0 | 57.143 | p-Si | 23 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Planta Solar Pintados | 77,44 | Pozo Almonte | 02-10-2014 | 8 | 30 | 0 | 280.000 | p-Si | 23 |
| Cielos de Tarapacá | 600 | Pozo Almonte | 27-01-2016 | 57 | | 0 | 6.696.000 | CdTe | 12 |
| Proyecto Fotovoltaico Lagunas | 63 | Pozo Almonte | 31-12-2015 | 8 | 30 | 0 | 250.000 | p-Si | 23 |
| Planta de Concentración Solar de Potencia Tamarugal Solar | 293 | Pozo Almonte | 30-06-2018 | 36 | 30 | 0 | 1.189.440 | c-Si | 23 |
| Parque Solar Qanqiña | 80 | Iquique | 30-06-2018 | 11 | 20 | 0 | 649.530 | CdTe | 12 |
| Parque Fotovoltaico Granja Solar | 100 | Pozo Almonte | 04-10-2017 | 14 | 20 | 10 | 384.480 | p-Si | 28 |
| Parque Fotovoltaico Bellavista | 9 | Pozo Almonte | 02-11-2019 | 6 | 30 | 0 | 28.125 | p-Si | 28 |
| Parque Fotovoltaico Bellavista | 9 | Pozo Almonte | 27-05-2019 | 6 | 30 | 0 | 32.538 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Dolores | 9 | Huara | 23-04-2019 | 6 | 30 | 0 | 32.538 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Pintados | 9 | Pozo Almonte | 24-05-2019 | 6 | 30 | 0 | 32.538 | p-Si | 23 |
| Parque Iquique Solar | 119,79 | Alto Hospicio | 15-07-2021 | 11 | 35 | 0 | 375.930 | p-Si | 22,4 |
| Parque Fotovoltaico Aurora Solar | 187 | Pozo Almonte | 01-09-2020 | 10 | 30 | 0 | 555.988 | p-Si | 23 |
| Ampliación de planta generadora de energía fotovoltaica de 9MW a 30MW, SELTEC. La Huayca, Provincia del Tamarugal, Región de Tarapacá | 21 | Pozo Almonte | 11-09-2013 | 24 | 30 | 0 | 65.625 | p-Si | 18,2 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Tabla 11. Base de datos para la Región de Antofagasta.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Planta Solar Fotovoltaica Calama Solar 1, II Región | 9 | Calama | 12-01-2010 | 12 | 30 | 0 | 133.056 | c-Si | 23 |
| Planta Solar Fotovoltaica Calama Solar 2, II Región | 9 | Calama | 04-08-2010 | 12 | 30 | 0 | 133.056 | c-Si | 23 |
| Huerta Solar Fotovoltaica 8MW | 8 | Antofagasta | 09-11-2011 | 7 | 35 | 0 | 34.816 | c-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica San Pedro de Atacama III | 30 | Calama | 29-10-2013 | 12 | 35 | 0 | 144.000 | m-Si | 20 |
| Planta Fotovoltaica San Pedro de Atacama II | 30 | Calama | 06-06-2014 | 12 | 35 | 0 | 144.000 | m-Si | 20 |
| Central Sol del Loa | 110 | María Elena | 23-04-2012 | 32 | 25 | 0 | 478.261 | CdTe | 12 |
| Planta Fotovoltaica Crucero Solar | 180 | María Elena | 01-10-2012 | 72 | 35 | 0 | 2.448.000 | CdTe | 12 |
| Planta Fotovoltaica Encuentro Solar | 180 | María Elena | 01-10-2012 | 72 | 35 | 0 | 2.448.000 | CdTe | 12 |
| Parque Fotovoltaico Los Andes | 220 | Antofagasta | 01-01-2013 | 72 | 30 | 0 | 550.000 | a-Si | 100 |
| Proyecto Fotovoltaico Domeyko Este | 111,97 | Antofagasta | 29-12-2017 | 16 | 29 | 0 | 409.600 | p-Si | 19,8 |
| Proyecto Fotovoltaico Crucero Este | 127,87 | María Elena | 03-11-2014 | 33 | 25 | 20 | 466.560 | m-Si | 20 |
| Proyecto Fotovoltaico Laberinto Oeste | 69,8 | Sierra Gorda | 01-11-2014 | 42 | 25 | 20 | 532.800 | m-Si | 20 |
| Proyecto Fotovoltaico Laberinto Este | 76,7 | Sierra Gorda | 01-03-2014 | 23 | 25 | 20 | 290.880 | m-Si | 17,5 |
| Proyecto Fotovoltaico Domeyko 2 | 159,67 | Antofagasta | 02-01-2013 | 23 | 25 | 20 | 319.680 | m-Si | 19 |
| Proyecto Fotovoltaico Crucero Oeste | 160,36 | María Elena | 02-05-2013 | 42 | 25 | 20 | 665.280 | m-Si | 19 |
| Parque Fotovoltaico Tocopilla | 192,6 | María Elena | 02-05-2013 | 50 | 25 | 20 | 668.160 | m-Si | 19 |
| Planta Fotovoltaica San Pedro de Atacama I | 30 | Calama | 01-01-2013 | 72 | 25 | 0 | 465.532 | p-Si | 20 |
| Planta Fotovoltaica San Pedro de Atacama IV | 30 | Calama | 09-12-2013 | 12 | 35 | 0 | 117.000 | p-Si | 26,8 |
| Planta Solar Fotovoltaica Usya | 25 | Calama | 29-03-2013 | 11 | 35 | 0 | 134.400 | p-Si | 26,8 |
| Parque Fotovoltaico María Elena | 72 | María Elena | 01-05-2013 | 11 | 30 | 0 | 102.960 | c-Si | 27 |
| Proyecto Solar Sky 2 | 26 | María Elena | 14-06-2013 | 12 | 25 | 0 | 99.792 | p-Si | 22,2 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Proyecto Solar Sky 1 | 26 | María Elena | 24-04-2013 | 12 | 25 | 0 | 131.040 | p-Si | 19 |
| Parque Solar Fotovoltaico Aguas Blancas I | 8,8 | Antofagasta | 24-04-2013 | 12 | 25 | 0 | 131.040 | p-Si | 19 |
| Proyecto Fotovoltaico Lalackama | 129 | Taltal | 01-07-2013 | 5 | 25 | 0 | 34.428 | p-Si | 18,5 |
| Proyecto Fotovoltaico Valle del Sol | 143 | María Elena | 31-10-2013 | 14 | 25 | 0 | 430.416 | p-Si | 25 |
| Proyecto Fotovoltaico Sol de Lila | 122 | Antofagasta | 31-10-2013 | 14 | 25 | 0 | 408.114 | p-Si | 25 |
| Proyecto Fotovoltaico Inti | 69,5 | María Elena | 02-12-2013 | 18 | 25 | 0 | 350.280 | p-Si | 19 |
| Planta Fotovoltaica Calama Sur | 30 | Calama | 30-09-2013 | 12 | 35 | 0 | 138.240 | p-Si | 19 |
| Proyecto Fotovoltaico Pacific | 54 | María Elena | 27-12-2013 | 18 | 25 | 0 | 272.160 | p-Si | 19 |
| Alfa Solar | 280 | María Elena | 15-12-2014 | 36 | 30 | 0 | 1.651.200 | p-Si | 30 |
| Proyecto Fotovoltaico Pampa Solar Norte | 90,9 | Taltal | 03-11-2013 | 17 | 40 | 0 | 362.400 | p-Si | 23 |
| Proyecto Fotovoltaico Pampa Solar Sur | 90,9 | Taltal | 03-11-2014 | 14 | 40 | 0 | 322.311 | p-Si | 23 |
| Proyecto Fotovoltaico Flor del Desierto | 50 | Antofagasta | 05-03-2014 | 8 | 25 | 10 | 166.698 | p-Si | 21 |
| Parque Fotovoltaico Capricornio | 90 | Antofagasta | 29-10-2013 | 12 | 35 | 0 | 117.000 | p-Si | 26,8 |
| Proyecto Solar Conejo | 306 | Taltal | 30-09-2014 | 36 | 30 | 0 | 1.275.880 | p-Si | 26 |
| Proyecto Fotovoltaico Uribe Solar | 50 | Antofagasta | 03-06-2015 | 18 | 25 | 0 | 235.200 | p-Si | 19,5 |
| Planta Solar Cerro Dominador | 100 | María Elena | 01-06-2015 | 12 | 30 | 20 | 431.480 | c-Si | 23 |
| Proyecto Solar Toro | 56 | Taltal | 01-09-2015 | 15 | 30 | 0 | 198.400 | p-Si | 23 |
| Proyecto Fotovoltaico Azabache | 77 | Calama | 30-07-2014 | 18 | 25 | 0 | 256.500 | p-Si | 24 |
| Proyecto Parque Fotovoltaico Grace S.A. | 25 | Tocopilla | 16-10-2014 | 6 | 25 | 0 | 94.482 | c-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Sol del Desierto | 369,36 | María Elena | 30-06-2015 | 51 | 30 | 0 | 4.480.920 | CdTe | 12 |
| Planta Fotovoltaica San Pedro V | 38,5 | Calama | 10-03-2015 | 8 | 30 | 0 | 132.472 | p-Si | 23 |
| Planta Solar Fotovoltaica San Pedro VI | 22,45 | Calama | 24-04-2015 | 8 | 30 | 0 | 76.680 | p-Si | 23 |
| Planta Solar Atacama 2 | 11 | Antofagasta | 07-09-2015 | 32 | 30 | 0 | 392.000 | c-Si | 23 |
| Planta PV Cerro Dominador | 100 | María Elena | 28-03-2016 | 12 | 30 | 0 | 392.000 | c-Si | 23 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-------------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Fotovoltaica Los Andes | 30 | Antofagasta | 06-05-2016 | 11 | 26 | 0 | 104.400 | p-Si | 23 |
| Planta Solar CEME 1 | 70 | María Elena | 01-03-2017 | 27 | 51 | 0 | 50.688 | m-Si | 18,6 |
| Proyecto Fotovoltaico Elena | 446 | María Elena | 05-01-2017 | 40 | 33,3 | 0 | 1.539.000 | p-Si | 20,8 |
| Parque Fotovoltaico Santa Isabel | 408 | María Elena | 15-03-2019 | 24 | 30 | 0 | 613.408 | p-Si | 25 |
| Fotovoltaica del Desierto | 9 | Antofagasta | 15-10-2018 | 6 | 25 | 0 | 31.600 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Pampa Tigre | 142 | Antofagasta | 01-03-2020 | 19 | 50 | 0 | 430.920 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Quetena | 9,9 | Calama | 04-07-2019 | 6 | 30 | 0 | 28.880 | m-Si | 22,4 |
| Parque Fotovoltaico Verano de San Juan I | 9 | Calama | 01-07-2019 | 6 | 30 | 0 | 30.685 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Verano de San Juan II | 9 | Calama | 01-07-2019 | 6 | 30 | 0 | 30.685 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico USYA | 51 | Calama | 01-08-2019 | 10 | 30 | 0 | 187.200 | c-Si | 23 |
| Tamaya Solar | 122,4 | Tocopilla | 02-12-2019 | 15 | 35 | 0 | 360.000 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Mitchi | 9 | Antofagasta | 31-03-2020 | 6 | 30 | 0 | 29.120 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico El Aguilucho | 12 | Antofagasta | 30-04-2020 | 6 | 30 | 0 | 32.432 | p-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Ckilir | 9 | Antofagasta | 31-05-2020 | 6 | 30 | 0 | 28.224 | p-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Lockma | 9 | Antofagasta | 31-05-2020 | 6 | 30 | 0 | 28.224 | p-Si | 22,5 |
| Parque Kimal Solar | 251 | María Elena | 30-06-2020 | 16 | 35 | 0 | 718.200 | p-Si | 22,4 |
| Planta Fotovoltaica Ckontor | 9 | Antofagasta | 04-03-2021 | 6 | 30 | 0 | 27.216 | p-Si | 22,5 |
| Parque Lince Solar | 65,34 | Mejillones | 31-12-2020 | 8 | 35 | 0 | 215.460 | p-Si | 22,4 |
| Parque Frontera Solar | 105,27 | María Elena | 30-06-2021 | 10 | 35 | 0 | 343.890 | p-Si | 22,4 |
| Proyecto Solar Antofagasta | 500 | María Elena | 01-04-2024 | 40 | 30 | 0 | 1.449.000 | p-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Inti Pacha | 719 | María Elena | 01-08-2021 | 54 | 53,5 | 0 | 1.965.600 | c-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Angamos | 9 | Mejillones | 01-04-2021 | 8 | 40 | 0 | 40.000 | c-Si | 25 |
| Parque Fotovoltaico Michilla | 9 | Mejillones | 01-04-2021 | 8 | 40 | 0 | 40.000 | c-Si | 25 |
| Proyecto Fotovoltaico Lalackama 3 | 181 | Taltal | 01-09-2021 | 19 | 30 | 0 | 411.600 | m-Si | 25,5 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|---------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Fotovoltaico Taltal Solar | 317 | Taltal | 01-09-2021 | 20 | 30 | 0 | 719.712 | m-Si | 25,5 |
| Proyecto Fotovoltaico Amanecer | 9 | Sierra Gorda | 03-01-2022 | 6 | 30 | 0 | 28.980 | m-Si | 25,1 |
| Proyecto Fotovoltaico La Sierra | 9 | Sierra Gorda | 01-07-2021 | 6 | 30 | 0 | 25.920 | m-Si | 25,1 |
| Planta Fotovoltaica Taruca | 9 | María Elena | 15-02-2021 | 11 | 30 | 0 | 26.964 | m-Si | 26,8 |
| Planta Fotovoltaica Lunar | 9 | Tocopilla | 04-02-2021 | 11 | 30 | 0 | 26.964 | m-Si | 26,8 |
| Planta Fotovoltaica Pudu | 9 | Mejillones | 15-02-2021 | 11 | 30 | 0 | 26.964 | m-Si | 26,8 |
| Planta Fotovoltaica Zатурno 9 MW | 9 | Antofagasta | 16-04-2021 | 11 | 30 | 0 | 26.964 | m-Si | 26,8 |
| Planta Fotovoltaica Alto Norte 9 MW | 9 | Antofagasta | 24-03-2021 | 11 | 30 | 0 | 16.880 | m-Si | 26,8 |
| Parque Fotovoltaico Santa Isabel II | 53,46 | María Elena | 19-03-2021 | 12 | 30 | 0 | 356.000 | p-Si | 25 |
| Parque Solar Fotovoltaico Quebrada del Sol | 12,5 | Sierra Gorda | 01-03-2021 | 6 | 41 | 0 | 40.000 | m-Si | 29,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico Chungungo Solar | 12,5 | Antofagasta | 01-03-2021 | 6 | 41 | 0 | 40.000 | m-Si | 29,5 |
| Planta Fotovoltaica Tocopilla | 227,46 | María Elena | 22-02-2021 | 17 | 35 | 0 | 568.650 | p-Si | 24,9 |
| Parque Solar Fotovoltaico Don Esteban | 12,5 | Antofagasta | 01-03-2021 | 6 | 41 | 0 | 40.000 | m-Si | 29,5 |
| Parque Fotovoltaico Estepa Solar | 492 | María Elena | 01-07-2021 | 24 | 35 | 0 | 910.728 | m-Si | 31,5 |
| Plantas Fotovoltaicas Armazones y Paranal | 9 | Taltal | 04-03-2021 | 6 | 51 | 0 | 25.040 | p-Si | 22,8 |
| Planta Fotovoltaica Sierra Gorda Solar | 404 | Sierra Gorda | 01-06-2021 | 22 | 30 | 0 | 897.778 | p-Si | 27,5 |
| Modificación Proyecto PV Coya | 180 | María Elena | 01-10-2015 | 18 | 30 | 0 | 793.100 | p-Si | 19 |
| Actualización Proyecto La Cruz Solar | 90 | María Elena | 28-01-2020 | 12 | 40 | 0 | 285.012 | m-Si | 29,2 |
| Modificación del Proyecto Fotovoltaico Valle del Sol | 45 | María Elena | 29-09-2020 | 14 | 30 | 0 | 470.000 | p-Si | 23 |
| Ampliación Parque Fotovoltaico Los Andes. Fase III y IV | 489 | Antofagasta | 03-08-2020 | 30 | 30 | 0 | 1.111.968 | m-Si | 23 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Tabla 12. Base de datos para la Región de Atacama.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Planta Fotovoltaica Canto del Agua 21 MW, Provincia de Huasco, Región de Atacama | 21 | Vallenar | 03-12-2012 | 5 | 25 | 0 | 75.264 | p-Si | 27 |
| Planta Fotovoltaica, 7,5 MW, Provincia de Huasco, Región de Atacama | 7,5 | Vallenar | 08-12-2012 | 5 | 25 | 0 | 26.880 | p-Si | 27 |
| Planta fotovoltaica Denersol III, 30 MW, Provincia de Huasco, Región de Atacama. | 30 | Vallenar | 09-12-2012 | 5 | 25 | 0 | 107.520 | p-Si | 27 |
| Proyecto PV Salvador | 40 | Diego de Almagro | 02-01-2013 | 16 | 30 | 0 | 208.000 | p-Si | 21 |
| Parque Solar Diego de Almagro | 162 | Diego de Almagro | 15-01-2013 | 10 | 20 | 10 | 579.000 | p-Si | 27 |
| Planta Fotovoltaica Diego de Almagro Solar | 90 | Diego de Almagro | 16-10-2013 | 42 | 40 | 0 | 1.224.000 | CdTe | 12 |
| Parque Fotovoltaico Llano de Llampos | 100 | Copiapó | 22-05-2013 | 10 | 25 | 0 | 304.848 | m-Si | 22 |
| Proyecto GENPAC Fotovoltaico | 14 | Copiapó | 02-05-2013 | 12 | 25 | 0 | 60.000 | p-Si | 19 |
| Parque PV Diego de Almagro | 52 | Diego de Almagro | 01-07-2013 | 3 | 25 | 0 | 188.715 | p-Si | 23,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico DAS | 9,7 | Diego de Almagro | 09-07-2013 | 2 | 25 | 0 | 32.984 | p-Si | 26,8 |
| Proyecto Solar San Andrés | 48,2 | Copiapó | 22-08-2013 | 3 | 25 | 0 | 166.896 | c-Si | 23 |
| Parque Solar Carrera Pinto | 135 | Copiapó | 02-09-2013 | 8 | 32 | 0 | 560.832 | p-Si | 20 |
| Central Solar Chaka | 20 | Diego de Almagro | 31-01-2014 | 3 | 25 | 0 | 91.200 | p-Si | 19,1 |
| El Romero Solar | 196 | Vallenar | 04-03-2014 | 49 | 25 | 0 | 856.269 | p-Si | 19 |
| Valleland Solar | 60 | Vallenar | 01-08-2014 | 3 | 25 | 0 | 279.738 | p-Si | 19 |
| Parque Fotovoltaico Luz del Norte | 162,36 | Copiapó | 16-06-2014 | 25 | 30 | 0 | 1.710.720 | CdTe | 12 |
| Central Desierto de Atacama | 120 | Tierra Amarilla y Copiapó | 02-06-2014 | 12 | 30 | 0 | 480.000 | p-Si | 19 |
| Parque Solar Los Loros | 50,22 | Tierra Amarilla | 27-03-2014 | 24 | 25 | 0 | 178.200 | p-Si | 29 |
| Central Fotovoltaica Inca de Varas I | 50 | Copiapó | 03-03-2014 | 6 | 50 | 0 | 216.000 | p-Si | 18,6 |
| Planta Solar Fotovoltaica El Adelantado | 47,5 | Chañaral | 01-07-2014 | 12 | 30 | 0 | 193.800 | p-Si | 27 |
| Planta Solar Fotovoltaica Margarida | 28 | Diego de Almagro | 01-07-2014 | 10 | 30 | 0 | 114.240 | p-Si | 27 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Proyecto Fotovoltaico Sol de Los Andes | 100 | Diego de Almagro | 31-07-2014 | 16 | 30 | 0 | 417.312 | p-Si | 19 |
| Proyecto Parque Solar Javiera | 75 | Chañaral | 04-08-2014 | 7 | 25 | 0 | 243.000 | p-Si | 23 |
| Proyecto Fotovoltaico Sol de Atacama | 80,8 | Chañaral | 02-02-2015 | 16 | 30 | 0 | 343.804 | p-Si | 19 |
| Planta FV Carrera II | 36 | Copiapó | 01-12-2014 | 11 | 35 | 0 | 115.200 | p-Si | 23 |
| Planta FV El Salado II | 36 | Diego de Almagro | 14-05-2015 | 11 | 25 | 0 | 136.320 | p-Si | 23 |
| Planta FV El Salado I | 36 | Diego de Almagro | 01-12-2014 | 12 | 35 | 0 | 136.320 | p-Si | 23 |
| Nueva Planta Fotovoltaica Carrera Pinto Solar | 90 | Copiapó | 09-09-2015 | 14 | 40 | 0 | 1.224.000 | CdTe | 12 |
| Solairedirect Generación Carrera Pinto | 47,44 | Copiapó | 30-06-2014 | 12 | 27 | 0 | 158.160 | p-Si | 29 |
| Proyecto Fotovoltaico Sol de Varas | 100,8 | Copiapó | 10-11-2014 | 16 | 30 | 0 | 417.312 | p-Si | 19 |
| Planta Fotovoltaica Solar 9 y Línea de Transmisión 110 kV | 50 | Tierra Amarilla | 22-12-2014 | 12 | 30 | 10 | 178.752 | p-Si | 26,8 |
| Parque Solar Abasol | 61,5 | Vallenar | 01-12-2014 | 5 | 30 | 0 | 189.831 | p-Si | 23 |
| Proyecto Fotovoltaico Sierra Soleada | 48,9 | Diego de Almagro | 14-10-2014 | 12 | 24 | 0 | 174.760 | p-Si | 23 |
| Proyecto Campos del Sol Sur | 698 | Copiapó | 03-09-2014 | 24 | 25 | 0 | 3.517.920 | p-Si | 19,5 |
| Proyecto Fotovoltaico Llanta | 112 | Diego de Almagro | 01-07-2014 | 24 | 25 | 0 | 564.480 | p-Si | 19,5 |
| Proyecto "Ampliación Planta Fotovoltaica Diego de Almagro Solar" | 79,2 | Diego de Almagro | 25-09-2015 | 12 | 40 | 0 | 897.600 | p-Si | 27 |
| Parque Solar Pedernales | 63 | Diego de Almagro | 26-05-2015 | 10 | 25 | 0 | 213.750 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico DAS2 | 54,72 | Diego de Almagro | 01-12-2014 | 8 | 25 | 0 | 182.400 | p-Si | 23 |
| Planta de Concentración solar de Potencia Copiapó Solar | 150 | Copiapó | 21-08-2015 | 36 | 30 | 0 | 579.840 | c-Si | 23 |
| Proyecto Solar Escondido | 245 | Copiapó | 02-02-2017 | 23 | 25 | 0 | 932.368 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Llano Victoria | 25,5 | Freirina | 04-07-2016 | 12 | 30 | 0 | 110.313 | p-Si | 18,5 |
| Proyecto Campos del Sol Centro | 237 | Diego de Almagro | 21-06-2016 | 24 | 25 | 0 | 1.194.480 | p-Si | 19,5 |
| Proyecto Campos del Sol Norte | 186 | Diego de Almagro | 31-03-2016 | 24 | 25 | 12,5 | 937.440 | p-Si | 19,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico Tamarico | 153 | Vallenar | 12-07-2016 | 9 | 25 | 0 | 496.512 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Sol del Verano | 112 | Vallenar | 18-12-2015 | 31 | 32 | 0 | 403.200 | c-Si | 23 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-------------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Fotovoltaico Cachiyuyo Solar | 9 | Tierra Amarilla | 25-09-2015 | 8 | 31,3 | 0 | 33.120 | p-Si | 26,5 |
| Parque Fotovoltaico Malaquita Solar | 10 | Tierra Amarilla | 25-09-2015 | 8 | 31,3 | 0 | 33.120 | p-Si | 26,5 |
| Parque Fotovoltaico Valle Solar Oeste | 9 | Copiapó | 20-10-2015 | 8 | 31,3 | 0 | 33.120 | p-Si | 26,5 |
| Parque Fotovoltaico Valle Solar Este | 9 | Copiapó | 25-10-2015 | 8 | 31,3 | 0 | 33.120 | p-Si | 26,5 |
| Central Fotovoltaica Inca de Varas II | 144 | Copiapó | 03-09-2018 | 23 | 50 | 0 | 327.586 | c-Si | 18,8 |
| Planta Fotovoltaica Cachiyuyo | 50 | Vallenar | 04-01-2016 | 6 | 25 | 0 | 188.940 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Andino | 90 | Copiapó | 26-09-2016 | 12 | 51 | 0 | 316.160 | p-Si | 26,5 |
| Proyecto Parque Fotovoltaico Valle Solar | 70 | Vallenar | 09-02-2017 | 12 | 26 | 0 | 237.600 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Luz del Oro | 475 | Diego de Almagro | 28-02-2017 | 48 | 30 | 0 | 4.171.200 | CdTe | 12 |
| Planta Solar Fotovoltaica Piedra Colgada | 90 | Copiapó | 21-06-2016 | 10 | 35 | 0 | 304.560 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Domeyko | 60 | Vallenar | 24-10-2016 | 6 | 25 | 0 | 237.600 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Malgarida II | 163 | Diego de Almagro | 30-10-2017 | 8 | 30 | 0 | 597.760 | p-Si | 23 |
| Proyecto Diego de Almagro Sur 1 | 64 | Diego de Almagro | 04-11-2019 | 24 | 25 | 0 | 246.688 | p-Si | 26,5 |
| Proyecto Diego de Almagro Sur 2 | 66 | Diego de Almagro | 04-11-2019 | 24 | 25 | 0 | 274.560 | p-Si | 26,5 |
| Proyecto Llanta Norte 1 | 34 | Diego de Almagro | 04-11-2019 | 24 | 28 | 0 | 141.440 | p-Si | 26,5 |
| Proyecto Llanta Norte 2 | 68 | Diego de Almagro | 04-11-2019 | 24 | 28 | 0 | 282.880 | p-Si | 26,5 |
| Planta Fotovoltaica Almeyda | 60 | Chañaral | 27-11-2017 | 12 | 30 | 0 | 209.280 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Nuevo Futuro | 144 | Vallenar | 01-07-2019 | 18 | 30 | 0 | 500.000 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Sol de Vallenar | 250 | Vallenar | 17-12-2018 | 24 | 25 | 0 | 980.000 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Libertad I y II | 116 | Freirina | 20-08-2018 | 38 | 35 | 0 | 445.440 | c-Si | 23 |
| Proyecto Fotovoltaico "Aurora del Huasco" | 38 | Vallenar | 20-10-2017 | 12 | 30 | 0 | 159.923 | p-Si | 26,5 |
| Parque Fotovoltaico Tamarama | 9 | Vallenar | 21-08-2018 | 8 | 40 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Proyecto Fotovoltaico Covadonga | 9 | Chañaral | 01-04-2019 | 5 | 30 | 0 | 29.928 | c-Si | 25 |
| Planta Fotovoltaica Astillas | 9 | Huasco | 01-08-2019 | 6 | 30 | 0 | 31.320 | p-Si | 22,5 |
| Proyecto Solar Valle Escondido | 105 | Tierra Amarilla | 15-01-2020 | 20 | 40 | 0 | 382.000 | CdTe | 12 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Golden Sun | 250 | Copiapó | 01-03-2021 | 18 | 30 | 0 | 663.712 | m-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Bramada | 10,66 | Copiapó | 14-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 28.064 | m-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica North West | 9 | Vallenar | 01-04-2021 | 6 | 35 | 0 | 35.000 | p-Si | 30 |
| Parque Fotovoltaico Alianza | 9 | Tierra Amarilla | 16-11-2020 | 6 | 30 | 0 | 28.068 | m-Si | 23 |
| Parque Solar Foovoltaico San Francisco | 12,5 | Copiapó | 01-03-2021 | 6 | 41 | 0 | 40.000 | m-Si | 29,5 |
| Aumento de Capacidad de Generación de Energía Central Solar Chaka | 22 | Diego de Almagro | 20-05-2016 | 5 | 25 | 0 | 87.120 | p-Si | 19,1 |
| Actualización Proyecto Guanaco Solar | 77 | Diego de Almagro | 13-08-2020 | 12 | 40 | 0 | 231.840 | m-Si | 23 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.



Tabla 13. Base de datos para la Región de Coquimbo.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-----------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Planta Solar Fotovoltaica El Salitral | 20 | Combarbalá | 01-07-2014 | 8 | 20 | 0 | 80.000 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Estancia | 88 | La Higuera | 02-03-2015 | 5 | 25 | 0 | 294.400 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Punta del Viento | 46,8 | La Higuera | 01-09-2014 | 12 | 30 | 0 | 156.000 | m-Si | 21,2 |
| Planta Solar Fotovoltaica Caracas | 20 | Los Vilos | 01-07-2014 | 12 | 40 | 0 | 79.200 | p-Si | 23 |
| Proyecto Fotovoltaico El Pelicano | 100,8 | La Higuera | 04-05-2015 | 16 | 30 | 0 | 423.108 | p-Si | 19 |
| Parque Fotovoltaico Lagunillas-El Olivo | 40 | Ovalle | 10-03-2015 | 14 | 51 | 0 | 181.692 | p-Si | 18,5 |
| Planta Solar Fotovoltaica Doña Antonia | 100 | Ovalle | 25-10-2015 | 11 | 27 | 0 | 415.800 | p-Si | 20,5 |
| Central Solar Fotovoltaica Illapel | 48 | Illapel | 25-09-2015 | 9 | 26,3 | 0 | 176.400 | p-Si | 26 |
| Ar Valle Altillo Solar | 30 | Ovalle | 03-10-2016 | 6 | 25,11 | 0 | 101.709 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Alturas de Ovalle | 3 | Ovalle | 12-06-2017 | 6 | 30,1 | 0 | 10.752 | p-Si | 26,5 |
| Parque Solar Llanos de Potroso | 9 | La Serena | 08-08-2017 | 6 | 40 | 0 | 31.350 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Punitaqui | 9 | Punitaqui | 02-08-2018 | 9 | 26 | 0 | 27300 | p-Si | 26,5 |
| Parque Fotovoltaico Don Enrique | 9 | Punitaqui | 02-08-2018 | 8 | 41,4 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque Fotovoltaico Anakena | 9 | Ovalle | 06-09-2018 | 8 | 40 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque fotovoltaico Pastrán | 9 | Ovalle | 04-10-2018 | 8 | 40 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque Fotovoltaico Sunhunter | 9 | Ovalle | 26-09-2018 | 8 | 40 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque Fotovoltaico Granate | 9 | Ovalle | 04-09-2018 | 8 | 40 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque Solar Recoleta | 9 | Ovalle | 26-11-2018 | 7 | 30,11 | 0 | 32.220 | p-Si | 28 |
| Parque Solar Fotovoltaico Huaquélón | 9 | Punitaqui | 23-10-2018 | 8 | 41,6 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque Solar Fotovoltaico Gabriela | 9 | Vicuña | 07-12-2018 | 9 | 41,6 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque Fotovoltaico Don Pedro | 9 | Monte Patria | 27-05-2019 | 8 | 40 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque Solar Casablanca | 9 | Los Vilos | 01-02-2021 | 6 | 41,1 | 0 | 25.536 | p-Si | 24,9 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|--------------------------------------------------|-----------------------|------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Planta Solar Fotovoltaica Caimanes | 12 | Los Vilos | 01-08-2020 | 8 | 31,4 | 0 | 50.400 | c-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Ovalle Norte | 10,66 | Ovalle | 05-03-2020 | 6 | 30 | 0 | 28.800 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Los Rastrojos | 141 | La Higuera | 01-03-2021 | 7 | 35 | 0 | 320455 | m-Si | 29,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico Combarbalá | 9 | Combarbalá | 02-11-2020 | 6 | 40 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque Solar Fotovoltaico Punta del Viento | 145 | La Higuera | 03-01-2022 | 24 | 30 | 0 | 411.152 | m-Si | 29,5 |
| Nueva Central Solar Fotovoltaica Santa Francisca | 5,962 | Vicuña | 01-11-2020 | 6 | 30 | 0 | 14.904 | c-Si | 23 |
| Planta Solar Fotovoltaica Pichidangui | 9 | Los Vilos | 01-11-2020 | 8 | 30 | 0 | 37.800 | p-Si | 23 |
| PMGD Santa Lucía Solar | 9 | Ovalle | 01-04-2021 | 6 | 30 | 0 | 25.536 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico El Rayador | 9 | La Serena | 31-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 32.496 | p-Si | 24,5 |
| El Cruce Solar | 9 | Coquimbo | 01-12-2020 | 6 | 30 | 0 | 27.132 | m-Si | 27 |
| Peñón Solar | 9 | Coquimbo | 01-12-2020 | 6 | 30 | 0 | 27.132 | m-Si | 27 |
| PSFV Guangualí | 9 | Los Vilos | 01-03-2021 | 8 | 30 | 0 | 34.328 | p-Si | 30 |
| PSFV Maimalcán | 9 | Los Vilos | 01-03-2021 | 8 | 30 | 0 | 34.300 | p-Si | 30 |
| Parque Solar Las Mercedes | 9 | Ovalle | 04-01-2021 | 6 | 25 | 0 | 28.350 | m-Si | 23 |
| PMGD 3008-PSF Los Nogales 9MW | 9 | Ovalle | 01-01-2021 | 8 | 30 | 0 | 25.230 | m-Si | 27,5 |
| Parque Solar Siete Colores | 6 | Illapel | 14-12-2020 | 19 | 50 | 0 | 20.480 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico El Gaviotín | 12 | La Serena | 20-12-2021 | 6 | 30 | 0 | 32.508 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Las Taguas | 9 | La Serena | 05-09-2022 | 6 | 30 | 0 | 204.120 | p-Si | 32,3 |
| Ampliación Parque Fotovoltaico Amparo del Sol | 3,345 | Ovalle | 01-12-2019 | 6 | 30 | 0 | 10.620 | p-Si | 25,8 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Tabla 14. Base de datos para la Región de Valparaíso.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-----------------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Solar Bartolillo | 9 | Cabildo | 08-09-2014 | 5 | 30 | 0 | 37.300 | c-Si | 23 |
| Planta Solar fotovoltaica Doña Carmen | 40 | La Ligua | 12-05-2015 | 5 | 25 | 0 | 159.016 | c-Si | 23 |
| Proyecto Parque Solar Limache | 8 | Limache | 14-09-2015 | 5 | 25 | 0 | 29.520 | m-Si | 18,6 |
| Parque Solar Olmué | 126 | Olmué | 21-09-2015 | 11 | 25 | 0 | 422.104 | m-Si | 21,2 |
| Parque Solar Don Sebastián | 47 | Zapallar | 23-08-2016 | 12 | 30 | 0 | 189.619 | p-Si | 26,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico Cabilsol | 6 | Cabildo | 07-10-2016 | 6 | 45 | 0 | 21.888 | p-Si | 22,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico Panquehue | 6 | Panquehue | 07-10-2016 | 6 | 45 | 0 | 21.888 | p-Si | 22,5 |
| Proyecto Fotovoltaico Encon Solar | 9 | San Felipe de Aconcagua | 21-11-2016 | 6 | 30 | 0 | 33.600 | c-Si | 23 |
| Planta Solar La Tonada | 6 | Zapallar | 03-03-2017 | 5 | 25 | 0 | 23.940 | p-Si | 26,5 |
| Planta Fotovoltaica Jahuel | 6 | Santa María | 30-10-2017 | 7 | 25 | 0 | 32.400 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico El Olivillo | 9 | Casablanca | 18-04-2017 | 6 | 25,875 | 0 | 32.832 | c-Si | 22,5 |
| Planta Solar Fotovoltaica Llay Llay I | 9 | Llay Llay | 19-06-2017 | 5 | 35 | 0 | 32.240 | c-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Guadalupe | 5,6 | Los Andes | 27-11-2017 | 6 | 25 | 0 | 18.840 | c-Si | 26 |
| Proyecto Fotovoltaico Libertadores | 9 | Rinconada | 10-05-2018 | 6 | 30 | 0 | 32.592 | c-Si | 26,5 |
| Parque Fotovoltaico El Manzano | 9 | Casablanca | 04-09-2019 | 5 | 25 | 0 | 31.320 | m-Si | 22,4 |
| Parque Fotovoltaico Tabolango | 9 | Limache | 04-09-2019 | 5 | 25 | 0 | 35.235 | m-Si | 22,4 |
| Planta Solar Fotovoltaica Ocoa 2 | 6 | Hijuelas | 01-07-2019 | 6 | 30 | 0 | 17.647 | p-Si | 23 |
| Fotovoltaico El Boco II | 6 | Quillota | 07-10-2019 | 8 | 30 | 0 | 17.640 | m-Si | 22,5 |
| Parque Solar Liquidambar | 9 | San Esteban | 05-11-2019 | 6 | 40 | 0 | 26.432 | m-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico San Alfonso | 8 | Limache | 23-12-2019 | 4 | 25 | 0 | 22.050 | m-Si | 22,5 |
| Meseta de Los Andes | 191,93 | Calle Larga | 15-09-2020 | 16 | 30 | 0 | 455.940 | c-Si | 22,5 |
| Central Solar Fotovoltaica Gran Piquero | 9 | Casablanca | 04-03-2020 | 5 | 30 | 0 | 22.008 | m-Si | 24,5 |
| Parque Solar Esfena | 6 | Petorca | 01-09-2020 | 6 | 40 | 0 | 17.780 | p-Si | 24,9 |
| Planta Fotovoltaica Taranto Solar SpA | 9 | Casablanca | 29-07-2020 | 6 | 30 | 0 | 31.860 | p-Si | 29 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Fotovoltaico La Pena | 9 | Nogales | 28-10-2020 | 6 | 30 | 0 | 28.056 | m-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Rimini Solar | 9 | San Antonio | 18-06-2021 | 6 | 30 | 0 | 27.216 | m-Si | 24,9 |
| Parque Fotovoltaico Litoral Solar | 9 | El Quisco | 09-02-2021 | 8 | 30 | 0 | 30.000 | c-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Yahutela | 6 | Catemu | 14-04-2021 | 19 | 30 | 0 | 26.000 | c-Si | 23 |
| Parque Solar El Triunfo | 9 | San Esteban | 04-03-2021 | 6 | 25 | 0 | 23.850 | c-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Riccione Solar | 9 | Cartagena | 17-09-2021 | 6 | 30 | 0 | 25.632 | m-Si | 29 |
| Modificación Planta Solar Fotovoltaica Santa Julia con Sistema de Almacenamiento de Energía | 3 | Petorca | 27-04-2020 | 6 | 30 | 0 | 18.364 | c-Si | 23 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.



Tabla 15. Base de datos para la Región Metropolitana de Santiago.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|----------------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Fotovoltaico, Planta Cerro Blanco | 20 | Til Til | 04-12-2015 | 12 | 29 | 0 | 486.240 | c-Si | 23 |
| Proyecto Parque Solar Quilapilún | 117,4 | Colina | 19-06-2015 | 12 | 25 | 0 | 381.938 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Santiago Solar | 120 | Til Til | 17-10-2016 | 12 | 25 | 0 | 372.240 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico El Roble | 9 | San Pedro | 19-10-2016 | 6 | 30 | 0 | 32.832 | p-Si | 26 |
| Planta Fotovoltaica Eclipse | 9 | San Pedro | 01-12-2016 | 6 | 30 | 0 | 40.135 | p-Si | 19 |
| Parque Solar Samantha | 80,94 | Til Til | 02-01-2017 | 18 | 30 | 0 | 252.928 | p-Si | 26,5 |
| Planta Fotovoltaica Santa Rosa | 9 | San Pedro | 03-07-2017 | 6 | 30 | 0 | 32.832 | p-Si | 22,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico Ovejería | 8,8 | Til Til | 28-02-2017 | 5 | 25 | 0 | 28.400 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico El Laurel | 9 | El Monte | 01-02-2017 | 4 | 30 | 0 | 32.832 | p-Si | 26 |
| Parque Fotovoltaico Pepa del Verano | 18 | Isla de Maipo | 01-08-2017 | 12 | 30 | 0 | 67.200 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Litre del Verano | 9 | Til Til | 30-03-2018 | 6 | 30 | 0 | 33.600 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Los Corrales del Verano | 18 | Padre Hurtado | 03-06-2018 | 6 | 30 | 0 | 59.720 | p-Si | 22,5 |
| Nueva Central Solar Fotovoltaica Casabermeja | 9 | Curacaví | 01-01-2019 | 4 | 25 | 0 | 32.680 | m-Si | 25,5 |
| Parque Fotovoltaico Sol de Septiembre | 9 | Lampa | 01-03-2019 | 6 | 30 | 0 | 34.560 | p-Si | 26,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico Los Molinos | 9 | María Pinto | 30-04-2019 | 6 | 25 | 0 | 28.680 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Chicauma del Verano | 9 | Lampa | 02-09-2019 | 6 | 30 | 0 | 33.600 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Fuster del Verano | 9 | Lampa | 02-09-2019 | 6 | 30 | 0 | 33.600 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Avilés | 8,4 | San Pedro | 01-11-2019 | 6 | 40 | 0 | 20.804 | c-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Nahuén | 9 | Melipilla | 31-03-2020 | 6 | 30 | 0 | 25.872 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico La Rosa de Sharon | 6 | María Pinto | 03-06-2019 | 4 | 30 | 0 | 16.044 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Rucasol | 9 | Til Til | 15-01-2020 | 4 | 25 | 0 | 26.244 | m-Si | 22,5 |
| Nueva Central Solar Fotovoltaica MACAO | 9 | Talagante | 01-07-2020 | 4 | 25 | 0 | 28.560 | m-Si | 26 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Nueva Central Solar Fotovoltaica San Ramiro | 9 | San Pedro | 24-08-2020 | 4 | 25 | 0 | 27.636 | m-Si | 26 |
| Parque Fotovoltaico Ineusol | 9 | Til Til | 29-02-2020 | 4 | 25 | 0 | 26.244 | m-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Bollenar | 9 | Melipilla | 16-03-2020 | 5 | 30 | 0 | 32.760 | p-Si | 22 |
| Nueva Central Solar Fotovoltaica Mandinga | 9 | Melipilla | 01-10-2020 | 4 | 25 | 0 | 25.620 | m-Si | 26 |
| Planta Fotovoltaica Palermo Solar SpA | 9 | San Pedro | 17-10-2020 | 6 | 30 | 0 | 32.368 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Chacabuco | 9,8 | Colina | 24-04-2020 | 4 | 25 | 0 | 26.460 | m-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico El Membrillo | 6 | San Pedro | 06-07-2020 | 6 | 30 | 0 | 18.732 | c-Si | 22,5 |
| Clementina Solar | 6 | Til Til | 30-04-2021 | 4 | 40 | 0 | 28.204 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica La Colonia | 9 | Buín | 31-07-2021 | 6 | 30 | 0 | 26.460 | m-Si | 24,5 |
| Planta Fotovoltaica Violeta | 9 | Padre Hurtado | 28-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 26.964 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Javiera Carrera | 9 | Buín | 28-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 26.964 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Montaña | 10,5 | Lampa | 14-04-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.192 | m-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Patagua | 9 | Melipilla | 04-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 31.500 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Savona Solar | 5,25 | San Pedro | 20-09-2021 | 6 | 30 | 0 | 15.714 | m-Si | 25 |
| Parque Fotovoltaico Chagual | 9 | San Pedro | 01-07-2021 | 13 | 30 | 0 | 27.944 | m-Si | 29 |
| Parque Solar Villa | 6 | San Pedro | 03-01-2022 | 6 | 40 | 0 | 12.393 | m-Si | 29 |
| Ampliación Parque Fotovoltaico Guanaco del Verano I | 6 | Padre Hurtado | 01-03-2022 | 6 | 30 | 0 | 23.031 | c-Si | 29 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Tabla 16. Base de datos para la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Planta Fotovoltaica Berlino | 9 | Marchigüe | 01-10-2015 | 6 | 25 | 0 | 42.000 | p-Si | 19 |
| Planta Fotovoltaica Maitenes | 9 | Marchigüe | 02-10-2015 | 6 | 25 | 0 | 42.000 | p-Si | 19 |
| Proyecto Fotovoltaico Santa Marta de Marchigüe | 92 | Marchigüe | 01-07-2016 | 12 | 30 | 0 | 366.666 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Marchigüe | 9 | Marchigüe | 04-07-2016 | 6 | 46 | 0 | 32.832 | p-Si | 26 |
| Planta Fotovoltaica La Esperanza | 9 | Marchigüe | 04-07-2016 | 6 | 46 | 0 | 32.832 | p-Si | 26 |
| Parque Solar Fotovoltaico El Queule | 7 | Las Cabras | 01-09-2016 | 4 | 30 | 0 | 26.400 | p-Si | 25,8 |
| Parque Solar Mostazal | 9 | San Francisco de Mostazal | 01-12-2016 | 6 | 30 | 0 | 33.600 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico La Acacia | 8,56 | San Vicente de Tagua Tagua | 20-10-2016 | 4 | 30 | 0 | 30.160 | p-Si | 25,8 |
| Parque Solar Fotovoltaico La Frontera | 4,79 | Lolol | 01-09-2016 | 6 | 45 | 0 | 15.483 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico El Castaño | 8 | Peumo | 14-11-2016 | 3 | 30 | 0 | 28.320 | p-Si | 25,8 |
| Parque Solar Fotovoltaico La Lajuela | 6,6 | Santa Cruz | 13-02-2017 | 5 | 25 | 0 | 29.300 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Los Libertadores | 8 | Graneros | 02-05-2017 | 6 | 30 | 0 | 29.184 | p-Si | 26 |
| Proyecto Parque Solar Trichahue | 10 | Rengo | 27-10-2017 | 6 | 30 | 0 | 32.960 | p-Si | 23 |
| Proyecto Fotovoltaico La Blanquina | 9 | Codegua | 16-04-2018 | 6 | 30 | 0 | 34.560 | m-Si | 28 |
| Planta Fotovoltaica Doñihue | 7,5 | Coinco | 02-07-2018 | 6 | 31 | 0 | 27.702 | p-Si | 22 |
| Planta Fotovoltaica Rovian | 7 | Nancagua | 01-03-2018 | 6 | 31 | 0 | 25.536 | p-Si | 22 |
| Planta Fotovoltaica Placilla | 9 | Placilla | 02-05-2018 | 6 | 31 | 0 | 32.832 | p-Si | 22 |
| Planta Fotovoltaica Lo Miranda | 6 | Doñihue | 30-05-2018 | 6 | 30 | 0 | 22.680 | p-Si | 22,4 |
| Planta Fotovoltaica Rinconada | 8 | Rengo | 01-03-2019 | 6 | 30 | 0 | 28.728 | p-Si | 22 |
| Parque Solar Fotovoltaico Meli | 9 | Graneros | 01-03-2019 | 6 | 30 | 0 | 27273 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica San Vicente | 8 | San Vicente de Tagua Tagua | 30-11-2018 | 6 | 30 | 0 | 28.710 | p-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Quinta | 8 | Quinta de Tilcoco | 30-11-2018 | 6 | 30 | 0 | 28.710 | p-Si | 22,5 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|---------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Albatros | 7,7 | Las Cabras | 01-04-2020 | 6 | 30 | 0 | 23.760 | m-Si | 22 |
| Parque Solar Newentún | 8,3 | Peralillo | 01-11-2019 | 6 | 40 | 0 | 20.580 | m-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Alcones | 90 | Marchigüe | 02-03-2020 | 10 | 30 | 0 | 287.504 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico El Romeral | 8 | Chimbarongo | 03-02-2020 | 6 | 30 | 0 | 25.200 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico La Rosa | 7 | San Vicente de Tagua Tagua | 01-04-2020 | 6 | 30 | 0 | 19.008 | p-Si | 26,5 |
| Parque Fotovoltaico Las Cachañas | 9 | San Fernando | 19-10-2020 | 4 | 30 | 0 | 32.508 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Las Tencas | 12 | San Vicente de Tagua Tagua | 19-10-2020 | 4 | 30 | 0 | 32.508 | p-Si | 22 |
| Planta Fotovoltaica Cóndor | 9 | Marchigüe | 30-06-2020 | 6 | 30 | 0 | 27.216 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Chaquihue | 5,5 | Chimbarongo | 01-12-2020 | 6 | 30 | 0 | 16.667 | p-Si | 22,5 |
| Rinconada de Alcones | 9 | Marchigüe | 31-12-2020 | 5 | 30 | 0 | 26.292 | m-Si | 23,5 |
| Nuevo Parque Solar Fotovoltaico La Correana | 9 | San Fernando | 01-06-2020 | 8 | 25 | 0 | 25.740 | m-Si | 23,3 |
| Parque Solar Fotovoltaico Chépica | 6 | Chépica | 04-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 16.614 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Chimbarongo 3 | 9 | Chimbarongo | 24-07-2020 | 8 | 30 | 0 | 30.000 | c-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Santa Isabel | 9 | Rengo | 04-01-2021 | 4 | 30 | 0 | 28.380 | m-Si | 22,8 |
| Planta Fotovoltaica Nan | 8 | Graneros | 31-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 23.940 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Nancagua | 6 | Nancagua | 04-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 16.128 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Palmilla Cruz | 10,52 | La Palmilla | 04-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.192 | m-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Santa Emilia | 9 | Rancagua | 22-04-2021 | 7 | 30 | 0 | 26.964 | m-Si | 23 |
| Hefesto Solar | 9 | Doñihue | 01-04-2021 | 5 | 40 | 0 | 25.428 | c-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Picunche | 9 | Mostazal | 22-04-2021 | 6 | 30 | 0 | 26.992 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Campanas PMG | 10,52 | Marchigüe | 04-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.192 | m-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Rosario 8MW | 8 | Rengo | 05-04-2021 | 6 | 30 | 0 | 23.940 | m-Si | 23 |
| Central Solar Gran Guadalo | 3 | La Estrella | 04-01-2021 | 2 | 30 | 0 | 2.100 | c-Si | 23 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Tabla 17. Base de datos para la Región del Maule.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-------------------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Planta Fotovoltaica El Paular - Comuna de Talca | 9 | Talca | 01-10-2016 | 6 | 30 | 0 | 34.560 | p-Si | 22 |
| Proyecto Solar Fotovoltaico Granada | 10 | Linares | 31-01-2018 | 5,6 | 25 | 0 | 32.832 | c-Si | 23 |
| Proyecto Solar Fotovoltaico Ciprés | 10 | Linares | 31-01-2018 | 5,5 | 25 | 0 | 32.832 | c-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Paraguay | 9 | Molina | 30-05-2018 | 6 | 32 | 0 | 33.780 | p-Si | 22,4 |
| Planta Fotovoltaica Lemu | 5 | San Javier | 03-09-2018 | 6 | 30 | 0 | 18.240 | p-Si | 22,4 |
| Planta Fotovoltaica Rauquén | 9 | Romeral | 05-11-2018 | 6 | 30 | 0 | 32.832 | p-Si | 22,4 |
| Planta Fotovoltaica RTN Solar SpA | 6 | Teno | 30-06-2018 | 6 | 30 | 0 | 21.186 | p-Si | 23 |
| Nueva Central Solar Fotovoltaica Linares | 9 | Linares | 17-12-2018 | 4 | 25 | 0 | 32.680 | m-Si | 25,5 |
| Parque Solar Panimávida | 9 | Colbún | 13-05-2019 | 6 | 30 | 0 | 35.280 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Miracea | 9 | Retiro | 01-03-2019 | 6 | 30 | 0 | 27.273 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Santa Fe | 9 | Villa Alegre | 02-01-2019 | 6 | 25 | 0 | 27.360 | p-Si | 22,3 |
| Nueva Central Solar Fotovoltaica El Rosal | 7,65 | Linares | 29-03-2019 | 4 | 25 | 0 | 25.422 | m-Si | 25,5 |
| Nueva Central Solar Fotovoltaica Pachira | 9 | Linares | 29-03-2019 | 4 | 25 | 0 | 32.680 | m-Si | 25,5 |
| Parque Fotovoltaico Itahue II | 8,9 | Molina | 25-10-2017 | 4 | 25 | 0 | 25.890 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Villa Alegre | 9,9 | Villa Alegre | 02-02-2019 | 6 | 25 | 0 | 29.336 | p-Si | 22,3 |
| Parque Fotovoltaico Quinantu | 9 | Talca | 01-07-2019 | 6 | 30 | 0 | 33.820 | p-Si | 28 |
| Proyecto Fotovoltaico Solar Coihue | 9 | Linares | 01-07-2019 | 6 | 30 | 0 | 27.273 | p-Si | 22,5 |
| Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Frangel | 9 | Parral | 01-07-2019 | 6 | 30 | 0 | 27.273 | p-Si | 22,5 |
| Parque Solar El Paso | 7,6 | San Javier | 02-03-2019 | 6 | 25 | 0 | 18.088 | p-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Teno Solar SpA | 5,4 | Teno | 27-05-2019 | 6 | 30 | 0 | 16.828 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Molina | 10,8 | Molina | 01-08-2019 | 6 | 30 | 0 | 28.420 | p-Si | 22,5 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Solar Fotovoltaico Encina | 7,2 | Teno | 31-03-2020 | 6 | 51 | 0 | 20.870 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Tarwi | 9 | Curicó | 31-03-2020 | 6 | 51 | 0 | 27.273 | p-Si | 22,5 |
| Parque Solar Las Vegas | 9 | Linares | 31-03-2020 | 6 | 30 | 0 | 35.220 | p-Si | 23 |
| Parque Solar San Antonio | 9 | Linares | 31-03-2020 | 6 | 30 | 0 | 31.740 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Playero | 9 | Chanco | 06-09-2019 | 8 | 50 | 0 | 27.500 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica "El Trile" | 12 | Yerbas Buenas | 18-03-2020 | 6 | 30 | 0 | 32.432 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico El Flamenco | 12 | Yerbas Buenas | 31-03-2020 | 6 | 30 | 0 | 32.432 | p-Si | 22,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico Pencahue | 9 | Pencahue | 01-06-2020 | 6 | 25 | 0 | 36.000 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Romero | 9 | Romeral | 30-06-2020 | 6 | 30 | 0 | 28.080 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Curicura | 9 | Romeral | 01-06-2020 | 6 | 30 | 0 | 28.080 | m-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Milán Solar | 9 | Teno | 17-11-2020 | 6 | 30 | 0 | 20.804 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Las Catitas | 12 | Linares | 19-10-2020 | 4 | 30 | 0 | 32.580 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico El Llano | 10,67 | Cauquenes | 01-07-2020 | 6 | 30 | 0 | 28.056 | m-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Teno Uno 9 MW | 9 | Teno | 01-04-2020 | 6 | 30 | 0 | 27.216 | p-Si | 22,4 |
| Parque Fotovoltaico Los Tordos | 12 | Talca | 21-09-2020 | 6 | 30 | 0 | 32.508 | p-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Torino Solar | 9 | Teno | 17-11-2020 | 6 | 30 | 0 | 30.362 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Machicura | 9 | Colbún | 01-08-2020 | 4 | 50 | 0 | 30.240 | c-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Las Golondrinas | 12 | Colbún | 01-09-2020 | 4 | 30 | 0 | 32.400 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Tutuven | 10,66 | Cauquenes | 04-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 28.056 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Cauquenes | 10,66 | Cauquenes | 01-07-2021 | 6 | 30 | 0 | 28.056 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico El Chercán | 13,3 | Curicó | 15-09-2020 | 6 | 30 | 0 | 30.240 | p-Si | 22,5 |
| Proyecto Fotovoltaico Cabimas | 9 | San Clemente | 03-06-2020 | 6 | 30 | 0 | 27.000 | m-Si | 24 |
| Parque Fotovoltaico Gran Teno 200 MW | 200 | Teno | 08-01-2021 | 13 | 30 | 0 | 576.576 | p-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Drux II | 9 | Curicó | 01-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 29.910 | m-Si | 22 |
| Parque Solar Fotovoltaico Barcelona | 9 | Curicó | 01-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 26.220 | m-Si | 22 |
| Parque Fotovoltaico Parral | 10,66 | Parral | 01-07-2021 | 6 | 30 | 0 | 28.056 | m-Si | 22,5 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-----------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Fotovoltaico La Quinta PMG | 10,66 | Parral | 01-07-2021 | 6 | 30 | 0 | 57.582 | m-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Quilvo | 9 | Romeral | 28-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 25.650 | m-Si | 22 |
| Planta Fotovoltaica Chiloé | 9 | Curicó | 28-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 28.930 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico San Yolando | 10,02 | Linares | 28-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.450 | m-Si | 23 |
| Parque Solar Fotovoltaico Olivo | 9 | Río Claro | 01-03-2021 | 6 | 30 | 0 | 32.940 | p-Si | 22 |
| Parque Fotovoltaico Rayen Solar | 6 | San Javier | 18-01-2021 | 6 | 40 | 0 | 20.520 | m-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Picaflor Azul | 3,6 | Linares | 26-03-2021 | 6 | 30 | 0 | 10.080 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Vaccaro | 10,6 | Talca | 28-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 21.600 | m-Si | 22 |
| Parque Fotovoltaico Salamanca | 10,5 | Talca | 28-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 25.380 | m-Si | 22 |
| PMGD FV La Montaña | 10,42 | Cauquenes | 01-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 25.404 | m-Si | 22 |
| PMGD FV La Vendimia | 10,42 | Cauquenes | 01-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 25.361 | m-Si | 22 |
| Parque Solar Fotovoltaico Lun | 9 | Rauco y Teno | 15-03-2021 | 6 | 30 | 0 | 31.488 | p-Si | 22,5 |
| Parque Solar Collanco | 9 | Constitución | 11-01-2021 | 6 | 25 | 0 | 28.350 | p-Si | 23 |
| Nueva Central Solar Fotovoltaica Génova | 9 | Linares | 01-06-2021 | 4 | 25 | 0 | 24.948 | m-Si | 26,4 |
| Parque Fotovoltaico El Caiquén | 9 | Retiro | 31-03-2021 | 6 | 30 | 0 | 20.160 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico San Serapio | 9 | Maule | 01-03-2021 | 6 | 25 | 0 | 32.400 | p-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Venezia Solar | 9 | Teno | 17-07-2021 | 6 | 30 | 0 | 27.216 | p-Si | 24,9 |
| Parque Fotovoltaico Linares Norte PMG | 10,5 | Linares | 01-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.192 | c-Si | 22 |
| Parque Fotovoltaico Orilla del Maule | 7 | San Javier | 01-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 16.128 | c-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Loro Choroy | 12 | Curicó | 26-05-2021 | 6 | 30 | 0 | 32.508 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Villa Longaví PMG | 10,52 | Longaví | 04-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.192 | m-Si | 23 |
| Parque Solar Millahue | 9 | San Javier | 01-07-2021 | 6 | 25 | 0 | 28.350 | p-Si | 23 |
| PSF Batres | 6 | Río Claro | 03-05-2021 | 6 | 30 | 0 | 18.900 | c-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico El Carpintero | 12 | Constitución | 26-03-2021 | 4 | 30 | 0 | 32.508 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Aeropuerto | 7 | Talca | 04-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 16.128 | m-Si | 23 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Solar Fotovoltaico Amancay | 9 | Teno | 01-12-2021 | 6 | 30 | 0 | 28.350 | m-Si | 24 |
| Parque Solar Fotovoltaico Len | 9 | Curicó | 01-12-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.612 | m-Si | 24 |
| Proyecto Fotovoltaico Rari Solar | 9 | Colbún | 08-02-2021 | 6 | 25 | 0 | 22.826 | m-Si | 26 |
| Planta Fotovoltaica Doña Rodriga | 5,4 | Talca | 28-12-2020 | 6 | 35 | 0 | 22.896 | p-Si | 25 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.



Tabla 18. Base de datos para la Región de Ñuble.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| PSF Chillán I | 9 | Chillán Viejo | 02-05-2019 | 6 | 35 | 0 | 31.860 | p-Si | 23 |
| PSF Chillán II | 9 | Chillán Viejo | 02-05-2019 | 6 | 35 | 0 | 35.910 | p-Si | 23 |
| Planta Solar Fotovoltaica Mutupin | 9 | San Carlos | 31-01-2020 | 6 | 35 | 0 | 29.580 | p-Si | 23 |
| Proyecto Parque Solar Meco Chillán | 7,1 | Bulnes | 02-12-2019 | 6 | 30 | 0 | 19.224 | p-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Centauro Solar | 9 | Chillán | 02-03-2020 | 6 | 25 | 0 | 32.433 | p-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Agrícola Josefina | 9 | Coihueco | 01-01-2020 | 6 | 30 | 0 | 32.400 | p-Si | 22,5 |
| La Palma Solar | 9 | Chillán | 02-03-2020 | 6 | 25 | 0 | 40.000 | c-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico San Camilo | 6 | San Carlos | 01-03-2020 | 6 | 30 | 0 | 21.600 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Trilaleo | 9 | Yungay | 01-06-2020 | 6 | 30 | 0 | 29880 | p-Si | 22,5 |
| Quilmo Solar | 6 | Chillán | 01-06-2020 | 6 | 25 | 0 | 22.000 | p-Si | 30 |
| Parque Fotovoltaico Lo Magdalena | 9 | Ñiquén | 01-01-2020 | 6 | 30 | 0 | 32400 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Alcaldesa | 7,113 | Quirihue | 01-06-2020 | 6 | 30 | 0 | 18.720 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Labraña | 9 | El Carmen | 01-07-2020 | 6 | 30 | 0 | 32400 | p-Si | 22,5 |
| Planta Fotovoltaica Imola Solar | 9 | Yungay | 18-11-2020 | 6 | 30 | 0 | 29.204 | p-Si | 22,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico Tepú | 6 | Ñiquén | 01-03-2021 | 6 | 30 | 0 | 22.140 | p-Si | 22,5 |
| Parque Solar Fotovoltaico La Victoria | 9 | Chillán | 26-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 25.350 | m-Si | 22 |
| Casa de Lata Solar | 12 | Chillán | 01-10-2020 | 6 | 25 | 0 | 30.000 | p-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Blu Solar | 9 | Chillán | 18-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 28.560 | p-Si | 23 |
| PMGD FV La Cosecha | 9 | San Carlos | 01-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 25.868 | m-Si | 22 |
| Parque Fotovoltaico Santa Eulalia | 6 | Chillán | 28-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 14.850 | m-Si | 23 |
| PMGD FV Amanecer de Ñuble | 7 | Quirihue | 01-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 17.574 | m-Si | 23 |
| Planta Fotovoltaica Ravena Solar | 9 | Yungay | 18-06-2021 | 6 | 30 | 0 | 28.056 | m-Si | 24,9 |
| Parque Solar Guindo Santo | 9 | Yungay | 21-10-2020 | 18 | 25 | 0 | 27.936 | m-Si | 23,9 |

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Solar Peumo | 9 | Yungay | 21-09-2020 | 18 | 25 | 0 | 24.500 | m-Si | 24,9 |
| Parque Solar Raulí | 7 | Yungay | 23-11-2020 | 18 | 25 | 0 | 24.912 | m-Si | 23,5 |
| Parque Solar Ciprés | 9 | Yungay | 23-12-2020 | 18 | 25 | 0 | 22.824 | m-Si | 23,5 |
| Parque Fotovoltaico San Bernardo PMGD | 10,52 | Chillán | 01-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.192 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Quilmo PMG | 10,52 | Chillán Viejo | 01-01-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.192 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Junquillo | 9 | San Carlos | 04-01-2021 | 5 | 30 | 0 | 32.400 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Esperanza de Cato | 9 | Coihueco | 04-01-2021 | 5 | 30 | 0 | 32.400 | p-Si | 22,5 |
| Cato Solar | 9 | Chillán | 02-08-2021 | 6 | 25 | 0 | 28.000 | p-Si | 30 |
| Parque Fotovoltaico Itihue | 10,65 | San Carlos | 01-06-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.192 | m-Si | 23 |
| Parque Solar Chillán San Alberto | 9 | Chillán | 02-08-2021 | 6 | 30 | 0 | 30.000 | m-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Pellín | 9 | Yungay | 03-01-2022 | 6 | 30 | 0 | 29.316 | m-Si | 29 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Tabla 19. Base de datos para la Región del Biobío.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|-----------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Fotovoltaico El Cortijo | 9 | Cabrero | 03-06-2019 | 6 | 30 | 0 | 25.352 | p-Si | 28 |
| Parque Fotovoltaico Moya | 9 | Cabrero | 03-06-2019 | 6 | 30 | 0 | 34.320 | p-Si | 28 |
| Parque Fotovoltaico Cabrero Solar | 9 | Cabrero | 02-01-2020 | 6 | 25 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Avel Solar | 9 | Los Ángeles | 02-03-2020 | 6 | 25 | 0 | 40.000 | c-Si | 30 |
| Parque Fotovoltaico Laja | 9 | Laja | 18-05-2020 | 5 | 30 | 0 | 25.060 | m-Si | 22,4 |
| Parque Fotovoltaico La Quinta | 9 | Cabrero | 06-02-2020 | 6 | 30 | 0 | 32.400 | p-Si | 22,5 |
| Parque Fotovoltaico Santa Julia | 9 | Los Ángeles | 30-04-2020 | 5 | 30 | 0 | 32.400 | m-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Corcolenes | 9 | Los Ángeles | 01-04-2020 | 6 | 30 | 0 | 32.400 | c-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico Maquehue | 9 | Los Ángeles | 03-11-2020 | 5 | 30 | 0 | 32.400 | m-Si | 23 |
| Duqueco Solar | 12 | Los Ángeles | 17-07-2020 | 6 | 25 | 0 | 35.000 | p-Si | 30 |
| El Olivar Solar | 12 | Los Ángeles | 01-10-2020 | 6 | 25 | 0 | 31.000 | p-Si | 30 |
| Proyecto Fotovoltaico CE El Avellano A9 | 9 | Los Ángeles | 01-12-2020 | 6 | 30 | 0 | 24.472 | m-Si | 25 |
| Proyecto Fotovoltaico CE Canteras C9 | 9 | Los Ángeles | 30-12-2020 | 6 | 30 | 0 | 23.002 | m-Si | 25 |
| El Avellano Solar | 8 | Los Ángeles | 03-12-2020 | 6 | 25 | 0 | 21.000 | p-Si | 30 |
| Parque Fotovoltaico Chacaico | 9 | Los Ángeles | 05-05-2021 | 6 | 30 | 0 | 32.400 | p-Si | 22,5 |
| Parque Solar Don Martín II | 6 | Los Ángeles | 22-02-2021 | 6 | 30 | 0 | 16.530 | c-Si | 23 |
| Parque Fotovoltaico María Dolores | 9 | Los Ángeles | 01-06-2021 | 6 | 30 | 0 | 24.192 | m-Si | 24 |
| San Eugenio Solar | 9 | Los Ángeles | 01-01-2022 | 6 | 25 | 0 | 25.100 | p-Si | 30 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Tabla 20. Base de datos para la Región de La Araucanía.

| Nombre del proyecto | Potencia Nominal (MW) | Comuna | Fecha estimada de inicio | Construcción [meses] | Vida útil [años] | Extensión vida útil [años] | Cantidad de paneles | Tipo de celda FV | Peso panel (Kg) |
|------------------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Parque Fotovoltaico Imperial Solar | 10 | Nueva Imperial | 05-11-2020 | 6 | 35 | 0 | 22.400 | p-Si | 20 |
| Parque Fotovoltaico Violeta Solar | 9 | Lautaro | 01-04-2021 | 6 | 35 | 0 | 30.780 | p-Si | 20 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.



Anexo 2. Evaluación según método VIKOR.

Tabla 21. Matriz VIKOR evaluada.

| Región | Comuna | N° proyectos | Cantidad de módulos | | | | | Instalaciones RAVR | | | Ponderación |
|--------|------------------|--------------|---------------------|------|------|------|------|--------------------|----|------|-------------|
| | | | Total | c-Si | a-Si | CdTe | CIGS | Vidrio | AI | REEA | |
| AYP | Arica | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2,000 |
| | Camarones | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,000 |
| TAR | Alto Hospicio | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,000 |
| | Huara | 3 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,222 |
| | Iquique | 1 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,000 |
| | Pica | 2 | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,444 |
| | Pozo Almonte | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,222 |
| ANT | Antofagasta | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,778 |
| | Calama | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,333 |
| | María Elena | 4 | 4 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,778 |
| | Mejillones | 3 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,222 |
| | Sierra Gorda | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Taltal | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Tocopilla | 3 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,222 |
| ATA | Chañaral | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Copiapó | 4 | 4 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,778 |
| | Diego de Almagro | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Freirina | 2 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,111 |
| | Huasco | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | Tierra Amarilla | 4 | 4 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,778 |
| | Vallenar | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,333 |
| COQ | Combarbalá | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,889 |
| | Coquimbo | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 1,556 |
| | Illapel | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,889 |
| | La Higuera | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,333 |
| | La Serena | 3 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,667 |
| | Los Vilos | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,667 |
| | Monte Patria | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,556 |
| | Ovalle | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,667 |

| Región | Comuna | N° proyectos | Cantidad de módulos | | | | | Instalaciones RAVR | | | Ponderación |
|----------|-------------------------|--------------|---------------------|------|------|------|------|--------------------|----|-------|-------------|
| | | | Total | c-Si | a-Si | CdTe | CIGS | Vidrio | AI | REEA | |
| VAL | Puñitaqui | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,000 |
| | Vicuña | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,111 |
| | Cabildo | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,667 |
| VAL | Calle Larga | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,000 |
| | Cartagena | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 4 | 1,444 |
| | Casablanca | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,444 |
| | Catemu | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | El Quisco | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | Hijuelas | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | La Ligua | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,222 |
| | Limache | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Llay Llay | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | Los Andes | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | Nogales | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Olmué | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,444 |
| | Panquehue | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | Petorca | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Quillota | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0,778 |
| | Rinconada | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,556 |
| | San Antonio | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 4 | 1,222 |
| | San Esteban | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,667 |
| | San Felipe de Aconcagua | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,556 |
| | Santa María | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,444 |
| Zapallar | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,222 | |
| RMS | Buín | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,111 |
| | Colina | 2 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,556 |
| | Curacaví | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0,778 |
| | El Monte | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,000 |
| | Isla de Maipo | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,222 |
| | Lampa | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 0 | 1,778 |
| | María Pinto | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Melipilla | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Padre Hurtado | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,333 |

| Región | Comuna | N° proyectos | Cantidad de módulos | | | | | Instalaciones RAVR | | | Ponderación |
|----------------------------|-------------------|--------------|---------------------|------|------|------|------|--------------------|----|-------|-------------|
| | | | Total | c-Si | a-Si | CdTe | CIGS | Vidrio | AI | REEA | |
| | San Pedro | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Talagante | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Til Til | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1,778 |
| LBO | Chépica | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Chimbarongo | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,222 |
| | Codegua | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,556 |
| | Coinco | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0,556 |
| | Doñihue | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,000 |
| | Graneros | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,333 |
| | La Estrella | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,556 |
| | La Palmilla | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | Las Cabras | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,111 |
| | Lolol | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | Marchihue | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Mostazal | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,111 |
| | Nancagua | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,000 |
| | Peralillo | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Peumo | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | Placilla | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0,778 |
| | Quinta de Tilcoco | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0,556 |
| | Rancagua | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0,778 |
| | Rengo | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,000 |
| | San Fernando | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,111 |
| San Vicente de Tagua Tagua | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,444 | |
| Santa Cruz | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0,778 | |
| MAU | Cauquenes | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,111 |
| | Chanco | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,333 |
| | Colbún | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Constitución | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,111 |
| | Curicó | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,556 |
| | Linares | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,778 |
| | Longaví | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,667 |

| Región | Comuna | N° proyectos | Cantidad de módulos | | | | | Instalaciones RAVR | | | Ponderación |
|--------|----------------|--------------|---------------------|------|------|------|------|--------------------|----|------|-------------|
| | | | Total | c-Si | a-Si | CdTe | CIGS | Vidrio | AI | REEA | |
| ÑUB | Maule | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,000 |
| | Molina | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,444 |
| | Parral | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Pencahue | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,889 |
| | Rauco | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Teno | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,667 |
| | Retiro | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Río Claro | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,111 |
| | Romeral | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,000 |
| | San Clemente | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0,778 |
| | San Javier | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,556 |
| | Talca | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,556 |
| | Villa Alegre | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,000 |
| | Yerbas Buenas | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,111 |
| BIO | Bulnes | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Chillán | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,667 |
| | Chillán Viejo | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,333 |
| | Coihueco | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,000 |
| | El Carmen | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,778 |
| | Ñiquén | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,667 |
| | Quirihue | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,667 |
| | San Carlos | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1,444 |
| ARA | Yungay | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,111 |
| | Cabrero | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,444 |
| | Laja | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0,556 |
| ARA | Los Ángeles | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1,778 |
| | Nueva Imperial | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,667 |
| ARA | Lautaro | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0,667 |

Fuente: Adaptado de Goe et al. (2015) y Kumar (2020).

Anexo 3. Caracterización del parque fotovoltaico chileno.

Tabla 22. Caracterización del parque fotovoltaico en Chile, según las regiones administrativas.

| Región | Macrozona | Cantidad de proyectos | Porcentaje (cantidad) [%] | Potencia [MW] | Porcentaje (potencia) [%] |
|--------------------|--------------|-----------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| Arica y Parinacota | Norte Grande | 12 | 2,42 | 923 | 3,79 |
| Tarapacá | | 31 | 6,26 | 2.567 | 10,54 |
| Antofagasta | | 89 | 17,98 | 9.799 | 40,23 |
| Atacama | Norte Chico | 77 | 15,56 | 6.863 | 28,18 |
| Coquimbo | | 41 | 8,28 | 1.040 | 4,27 |
| Valparaíso | Centro | 31 | 6,26 | 613 | 2,51 |
| RMS | | 39 | 7,88 | 645 | 2,69 |
| O'Higgins | | 45 | 9,09 | 533 | 2,19 |
| Maule | | 76 | 15,35 | 889 | 3,65 |
| Ñuble | | 34 | 6,87 | 294 | 1,21 |
| Biobío | | 18 | 3,64 | 164 | 0,67 |
| La Araucanía | Sur | 2 | 0,40 | 19 | 0,08 |
| Los Ríos | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Los Lagos | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aysén | Sur Austral | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Magallanes | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | | 495 | - | 24.356 | - |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Tabla 23. Cuota de instalación de las tecnologías fotovoltaicas en Chile.

| Año | Tecnología fotovoltaica [%] | | | |
|------|-----------------------------|------|------|------|
| | c-Si | a-Si | CdTe | CIGS |
| 2011 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 2012 | 54 | 0 | 46 | 0 |
| 2013 | 87 | 0 | 0 | 13 |
| 2014 | 85 | 0 | 15 | 0 |
| 2015 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 2016 | 67 | 16 | 16 | 0 |
| 2017 | 89 | 0 | 11 | 0 |
| 2018 | 60 | 4 | 36 | 0 |
| 2019 | 37 | 0 | 63 | 0 |
| 2020 | 46 | 0 | 54 | 0 |
| 2021 | 69 | 0 | 31 | 0 |
| 2022 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 2023 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 2024 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 2025 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2026 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 2027 | 100 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA.

Anexo 4. Mapas de favorabilidad según macrozonas.

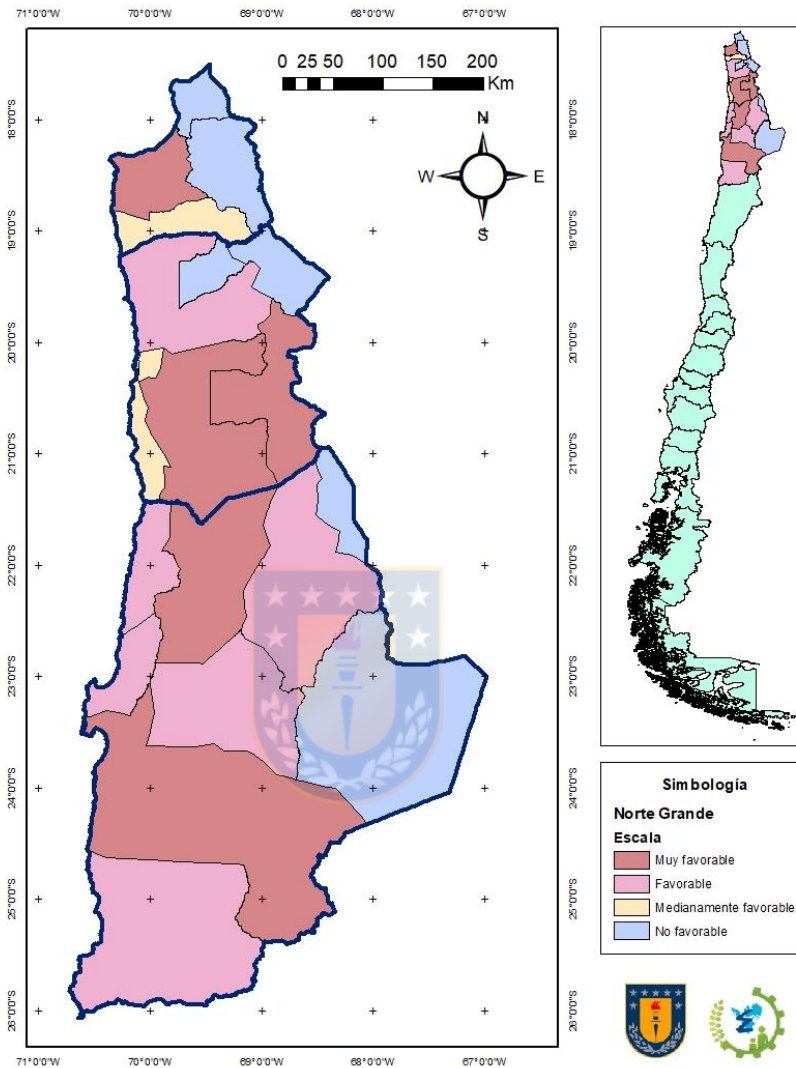


Figura 11. Mapas de la macrozona Norte Grande. Ranking de favorabilidad: muy favorable (rosado oscuro), favorable (rosado), medianamente favorable (amarillo) y no favorable (lila).

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA y Huaiquilaf, 2018.

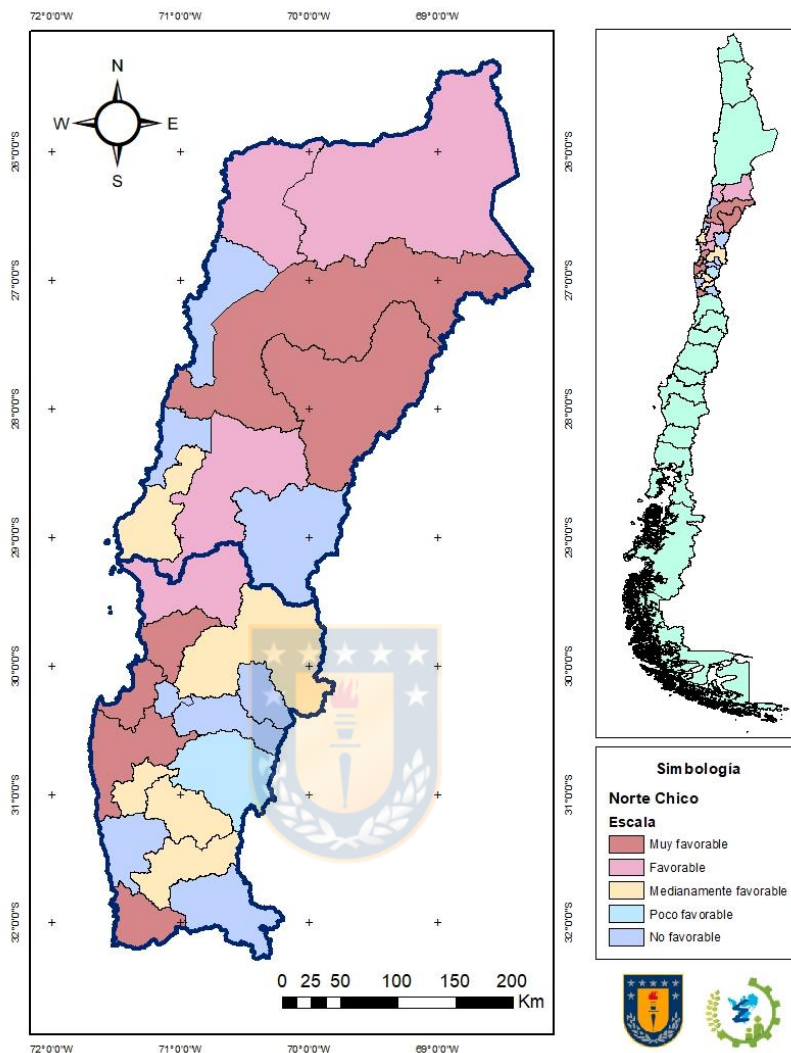


Figura 12. Mapas de la macrozona Norte Chico. Ranking de favorabilidad: muy favorable (rosado oscuro), favorable (rosado), medianamente favorable (amarillo), poco favorable (celestes) y no favorable (lila).

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA y Huaiquilaf, 2018.

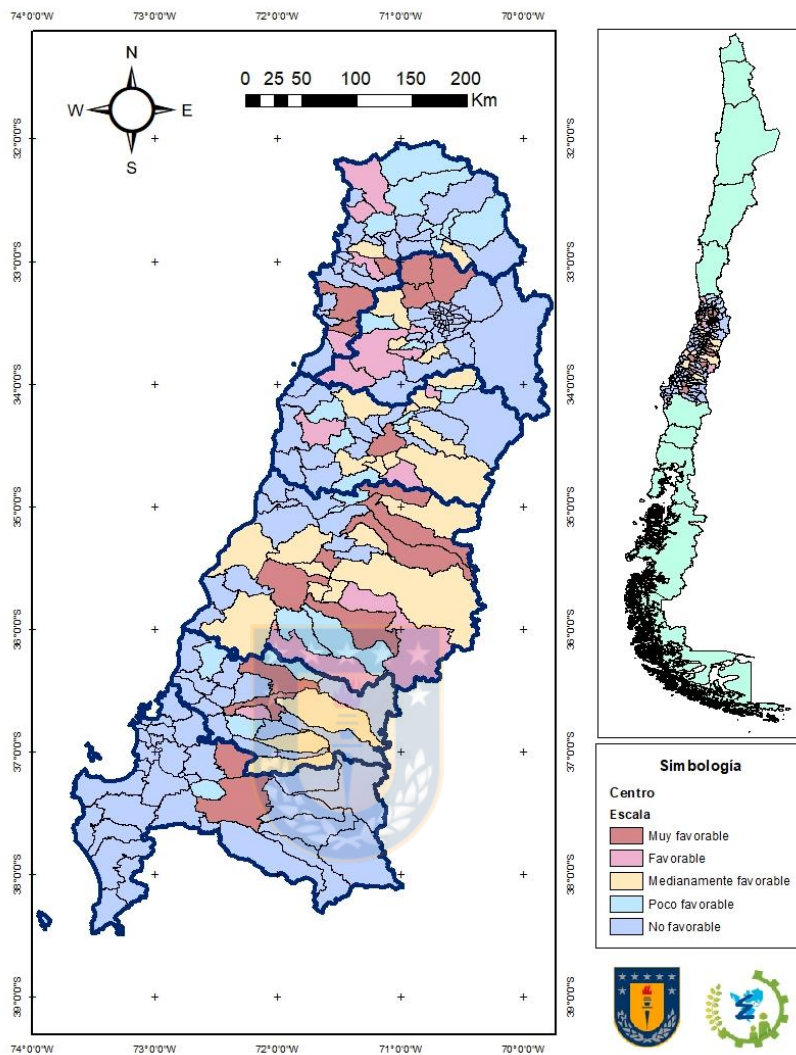


Figura 13. Mapas de la macrozona Centro. Ranking de favorabilidad: muy favorable (rosado oscuro), favorable (rosado), medianamente favorable (amarillo), poco favorable (celeste) y no favorable (lila).

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA y Huaiquilaf, 2018.

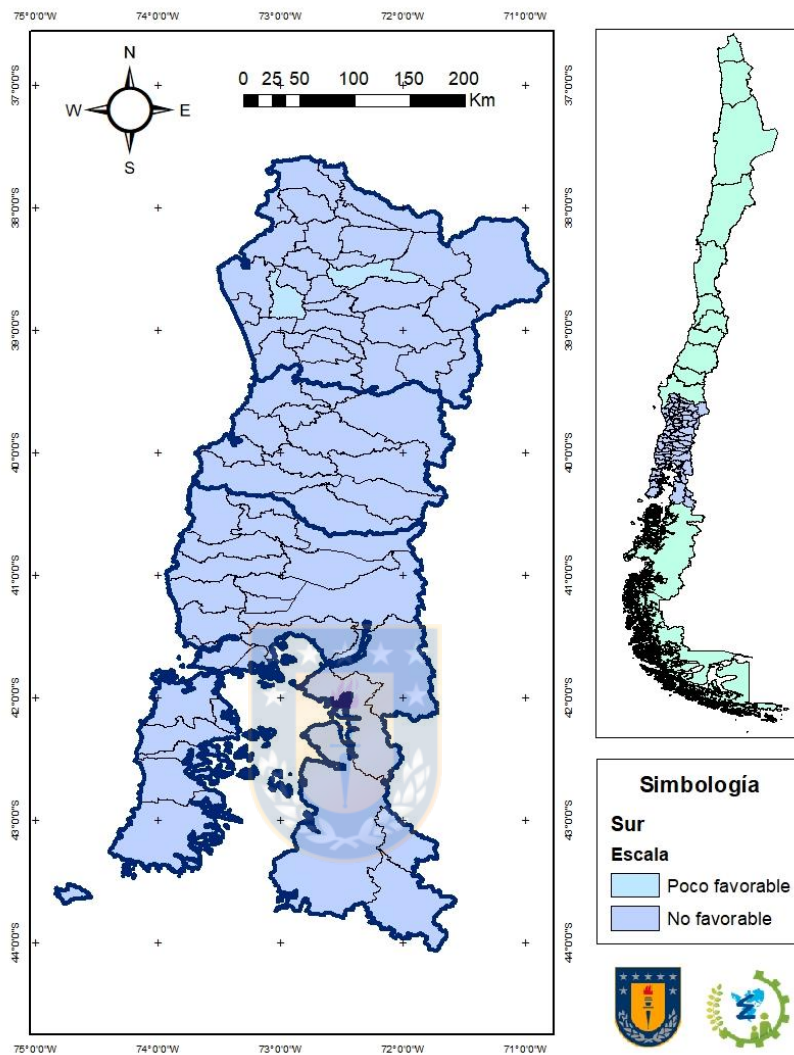


Figura 14. Mapas de la macrozona Sur. Ranking de favorabilidad: poco favorable (celeste) y no favorable (lila).

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos del SEIA y Huaiquilaf, 2018.