

LIDERANDO CON EL EJEMPLO: EL PROGRAMA TECHOS SOLARES PÚBLICOS (PTSP) EN CHILE*

*LEADING BY EXAMPLE: THE PROGRAMA
TECHOS SOLARES PÚBLICOS (PTSP)
IN CHILE*

autores

Ignacio González-Correa**
Bastián Aros-Briones***

Artículo recibido el 22 de septiembre y
aceptado el 8 de diciembre de 2020

RESUMEN

Este artículo examina la política pública Programa Techos Solares Públicos (PTSP) entre 2015 y 2019 siguiendo la metodología de cuatro etapas, desde la inclusión del problema público en la agenda gubernamental hasta la evaluación del impacto de la política. El análisis demuestra que el programa ha cambiado el sistema de electricidad de más de 130 edificios públicos, el número de empresas en el PTSP aumentó en 40% y el precio de mercado de los paneles solares fotovoltaicos ha disminuido constantemente para proyectos de gran escala. En resumen, la política ha contribuido a la maduración del mercado fotovoltaico *liderando con el ejemplo* en pos de que el mercado fotovoltaico sea más dinámico y competitivo. Finalmente, el programa está en línea con la política energética nacional; no obstante, debe expandirse hacia zonas con mejores condiciones climáticas, como el norte del país.

PALABRAS CLAVE: política energética, energía solar fotovoltaica, políticas públicas, Chile.

ABSTRACT

This article examines the public policy 'Programa Techos Solares Públicos' (PTSP) or 'Public Solar Roofs Program' (PSRP) between 2015–2019 following the four-stage methodology from the inclusion of the public problem in the government agenda to the policy impact assessment. The analysis demonstrates that the program has changed the electricity system of more than 130 public buildings, the number of bidding companies in the PTSP increased by 40 percent and market prices for photovoltaic solar panels has slightly and steady decreased for large scale projects. In summary, the policy has contributed to the photovoltaic market maturation 'leading by example' to make the photovoltaic market more dynamic and competitive. Finally, the program it is in line with the national Energy Policy however it should be expanded to areas with better climatic conditions as the north of the country.

KEY WORDS: energy policy, photovoltaic solar energy, public policy, Chile.

* Los autores están agradecidos de las sugerencias, comentarios y primeras lecturas de Kathya Tapia Schythe, de la Universidad de Santiago de Chile, y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que contribuyeron a mejorar este artículo.

**Profesor adjunto del Departamento de Economía de la Universidad de Santiago de Chile. Ingeniero Comercial en Economía y Magíster en Historia Económica de la Universidad de Santiago de Chile. Investigador asociado del Centro de Estudios de Historia Agraria de América Latina (Cehal). Correo electrónico: ignacio.gonzalez@usach.cl. ORCID: 0000-0003-0964-8017.

***Licenciado en Ciencias de la Administración Pública, Universidad de Santiago de Chile. Asistente de investigación. Departamento de Economía. Universidad de Santiago de Chile (Usach). Correo electrónico: bastian.aros@usach.cl. ORCID: 0000-0002-4740-7700.

INTRODUCCIÓN

Chile tiene condiciones geográficas ideales para el desarrollo de la energía solar y cuenta con el potencial para convertirse en un líder regional en la materia. Debido a su extensión geográfica de más de 4.000 kms., que atraviesan el desierto más árido del mundo, el país es idóneo para la explotación de la radiación solar. En efecto, solo en el desierto de Atacama existe un potencial cercano a 1.000 GW (GigaWatt), lo que equivale a cinco veces la carga *peak*¹ de Sudamérica. Por ejemplo, una estimación para el año 2035 señala que, si se utilizara menos del 5% del espacio disponible del desierto de Atacama (o 15 establecimientos de 400 km², cada uno con una capacidad instalada en conjunto de 200 GW), se podría proveer hasta un 30% de la demanda energética total de Sudamérica (Jiménez-Estévez et al., 2015, pp. 74-75). Asimismo, Chile obtiene un 7,2 en el índice de claridad de cielos, lo cual lo posiciona muy cerca de 8, el máximo a nivel mundial (Jiménez-Estévez et al., 2015, p. 72). Esta misma característica provoca que la energía solar sea incluso más confiable que la energía eólica en el norte del país (Fthenakis et al., 2014, p. 1.428)². En consecuencia, Chile tiene la capacidad *natural* para la producción de energía solar a gran escala y, por tanto, para la exportación de energía eléctrica limpia basada en energía solar (Jiménez-Estévez et al., 2015; Fthenakis et al., 2014). No obstante,

después de todo, la explotación de la energía solar sigue siendo relativamente baja.

El potencial en energías renovables (convencionales y no convencionales) no ha sido aplicado en la matriz energética chilena de forma relevante. Pese a las características naturales de Chile en geotermia, energía solar o energía eólica, las energías fósiles predominan como fuentes en la generación energética. La matriz de energía primaria en el año 2017 fue de 336.480 teracalorías (TCal) y su principal fuente provenía de combustibles fósiles (petróleo crudo, gas natural y carbón), la cual abarcó el 68% de la participación, mientras que la producción de biomasa llegó al 24%. Mucho más atrás aparecieron la hidroelectricidad, la solar y la eólica, con un 8% de la participación total (Comisión Nacional de Energía, 2019, p. 144). Este comportamiento revela una tendencia histórica en las últimas décadas: entre 1980 y 2010 Chile disminuyó la participación de energías renovables en la producción de electricidad.

La participación de la energía hidroeléctrica en la generación total de energía era de un 80% en la década de 1980; sin embargo, este porcentaje bajó estrepitosamente hasta el 32% en los primeros años de la década de 2010 (Ministerio de Energía, 2015, p. 14). En adición, el *milagro chileno*, esto es, el gran crecimiento económico del país durante la década de 1990, estuvo acompañado de un empeoramiento del aspecto *verde* (sustentabilidad ambiental) en la generación de electricidad. Entre 1990 y 2015, el consumo de energía aumentó un 130%. Gran parte de este crecimiento estuvo asociado a la industria minera que consume principalmente electricidad (35%), petróleo (26%) y biomasa (20%) (Nasirov y Angostini, 2018, p. 195). Por su parte, las emisiones de CO₂ se duplicaron entre la década de 1990 y el primer lustro de la década de 2010. Así, las toneladas métricas per cápita de

1. *Carga peak* es la máxima carga que genera un panel o conjunto de paneles bajo las condiciones estándares de radiación, viento y temperatura. La *demanda peak* es la demanda de energía eléctrica mayor al promedio (punto máximo) en un periodo determinado.

2. En efecto, Chile tiene uno de los cielos más claros del mundo que han propiciado la actividad astronómica, por ejemplo, a través del megaproyecto observatorio ALMA.

Chile crecieron desde 2,3 en 1991 a 4,7 en 2016³. Sin embargo, la baja participación de las energías renovables no convencionales ha cambiado recientemente: en los últimos seis años la participación de la energía eólica y solar en la matriz energética de Chile aumentó 10 veces (Ministerio de Energía, 2020, p. 5). No obstante, la energía hidroeléctrica continúa siendo la energía renovable más explotada para generar electricidad en Chile, aunque en los últimos años se han incorporado otras como la solar, de biomasa, eólica y la geotermia.

En la última década, la energía solar ha despertado el interés de académicos, privados y el sector público. Por ejemplo, se han estudiado las características de los techos de viviendas residenciales y su potencial para energía solar fotovoltaica en Concepción (Zalamea y García, 2014; Zalamea, 2016; y Zalamea y Cuevas, 2019) y se analizaron las diferencias entre el consumo energético teórico y el efectivo en la calefacción residencial nacional (Rojo et al., 2018). Todos estos estudios se enmarcan en la disciplina de la arquitectura y la construcción. Por su parte, en minería se pueden destacar dos obras con tecnología de paneles fotovoltaicos: Aguas Blancas y Cerro Dominador. El primero es un proyecto de planta fotovoltaica de 8,8 MW para proveer energía a la mina Aguas Blancas de la empresa suiza Etrion (Herman, 2013, p. 40). El segundo, un megaproyecto de energía renovable que comenzó en 2014 y tuvo una inversión de 240 millones de dólares para crear una planta fotovoltaica con una potencia instalada de 100 MW en María Elena, Antofagasta, en pleno desierto de Atacama. Más de 390.000 paneles solares rodean una torre receptora de energía solar que tiene una

altura de 220 metros (Cerro Dominador, 2020). Este complejo solar es la primera planta de torre termosolar en América Latina y puede proveer energía durante las 24 horas del día combinando energía fotovoltaica con energía termosolar⁴. No obstante, los análisis más relevantes provienen de los estudios sobre las barreras y motivaciones para la adopción de energía solar en Chile (Walters et al., 2018; Nasirov y Angostini, 2018), que veremos más adelante.

En gran parte por el relativamente reciente interés del Estado en la política medioambiental, el análisis de políticas públicas sobre las energías renovables es relativamente escaso, aunque ha crecido en los últimos años. En el ámbito de la energía solar térmica, Romero (2016) realiza un análisis general de la Ley 20.365 (2008), de fomento en forma de franquicia tributaria, como una política pública que, por medio de una metodología estructurada, provee un balance poco alentador sobre las motivaciones de la ley y los avances en energías renovables. Sin embargo, el trabajo no realiza una discusión bibliográfica profunda, lo cual limita el espectro en la literatura sobre política en energías renovables en que se inserta el trabajo. En efecto, Romero (2016) no incluye ninguna consulta a artículos publicados en inglés⁵ ni a la Política Energé-

3. Datos del Banco Mundial provenientes del Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Tennessee, Estados Unidos).

4. Para una evaluación termo-económica de una planta torre de energía solar concentrada (CSP) con almacenamiento de energía térmica en sales fundidas (TES) en el desierto de Atacama en Chile, ver Gallardo *et al.* (2019).

5. Un artículo relevante para consultar habría sido Herman (2013), que analiza las políticas de energía renovable del gobierno chileno para atraer Inversión Extranjera Directa (IDE) y desarrollar proyectos de gran escala. También es importante el trabajo de Servet *et al.* (2014) sobre los incentivos fiscales y financieros para el desarrollo de proyectos de energía solar en el norte de Chile.

tica de Chile (Energía 2050) publicada en 2015, lo cual provoca una distorsionada impresión de un vacío en el fomento a las energías renovables, en especial a la energía solar. Esto lleva a la autora a realizar aseveraciones erradas como “la Ley 20.365 se constituye como el único incentivo directo que existe para una fuente de energía renovable, no hay ninguna otra política pública que se encuentre orientada a generar energía” (Romero, 2016, p. 85). En este contexto de incipiente preocupación del sector público, el Programa Techos Solares Públicos (PTSP) se gesta en 2014 como una política del Ministerio de Energía, parte de la Política Energética, dedicada a la instalación de sistemas fotovoltaicos en los techos de edificios de propiedad estatal. El programa es ejecutado por la División de Energías Renovables del Ministerio de Energía, con el apoyo técnico del Ministerio de Medioambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear de Alemania (BMUB), a través de la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ o Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional) en Chile (Ministerio de Energía, 2017a, p. 13). Los beneficiarios de esta política pública han sido diferentes instituciones de los poderes del Estado y algunos municipios de comunas seleccionadas por el mismo programa (para asegurar un retorno de la inversión), debido a la alta radiación solar y al elevado costo de la electricidad en aquellas unidades político-administrativas. En un principio, la política pública tendría una duración de 4 años a partir de 2015 y cuenta con un presupuesto de 13 millones de dólares.

El debate sobre el cambio climático, la estructura económica y el rol del Estado en la protección del medioambiente y en la promoción de sociedades sustentables, es parte de la agenda de un número de países cada vez más grande, como también de la ciudadanía (por ejemplo, la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030 de Naciones Unidas

o la Coalición del Clima y Aire Limpio). Debido a esto, es importante estudiar las políticas públicas ligadas a la promoción de la utilización de energías renovables. En particular, para Chile existe una agenda sobre la proyección energética para las siguientes décadas (E2050), por lo tanto, es necesario analizar las políticas públicas dentro de esta agenda. Asimismo, según el conocimiento de los autores, el Programa Techos Solares Públicos no ha sido objeto de estudio de trabajos académicos. De hecho, pese a la relevancia de esta política pública, la cual demostraremos en el presente artículo, a excepción de una breve mención de Lavín (2016) en su memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, el PTSP no ha sido analizado más que por el Ministerio de Energía. Por esta razón, la presente investigación pretende aportar a la creciente literatura de energías renovables y al análisis de políticas públicas en el sector energético.

1. METODOLOGÍA

Este trabajo analiza la política pública desde la concepción del problema público hasta la evaluación del Programa Techos Solares Públicos, a través de las fuentes oficiales elaboradas por el Ministerio de Energía e informes de mercado de organismos especializados en energía solar. Por un lado, para analizar la política pública estudiaremos su génesis y contexto; posteriormente, entregaremos evidencia relacionada con cada uno de los objetivos del programa; luego, realizaremos una evaluación general del PTSP. Por otro lado, las principales fuentes de información utilizadas son tres informes oficiales de evaluación del PSTP que están *en línea*, disponibles para su descarga gratuita. En efecto, el hecho de que estos informes estén disponible para todo público es parte de los objetivos del mismo programa. Las fuentes son las siguientes: *Memoria del Programa de Techos Solares*

Públicos (publicada en 2017), informe *Evaluación de Resultados Intermedios del PTSP* (publicado en 2017) y el documento *Reporte de Costos de Adjudicación PTSP* (publicado en 2018). El primero es un breve trabajo de carácter descriptivo e informativo sobre la política pública; no obstante, provee información sobre los distintos proyectos beneficiarios de la política pública, clasificados por provincia. El segundo documento es un trabajo completo sobre los resultados de la política, tanto en los beneficiarios (edificios) como en los intermediarios (empresas instaladoras de paneles fotovoltaicos y distribuidoras de electricidad) y los artífices y colaboradores (organismos del sector público). La tercera fuente tiene un carácter similar al segundo informe, pero con un enfoque concentrado en los costos y precios de las empresas proveedoras del servicio, más que en los beneficiarios. Parte de nuestro trabajo ha sido recopilar información proveniente de estas tres fuentes para contrastarla y realizar una evaluación global del programa. En adición, hemos recopilado información de mercado de instituciones relevantes como la GIZ y NAMA (Acciones Nacionales de Mitigación Apropiadas). Sin embargo, a pesar de la riqueza de estas tres fuentes, ninguna de ellas ha estudiado el programa desde la perspectiva de las políticas públicas. El objetivo general de este artículo es realizar una evaluación del PTSP y su pertinencia con la agenda energética nacional. Los objetivos específicos son establecer el marco regulatorio entorno a las energías renovables (y a la energía solar en particular), explicar el contexto político y social en que se inserta el programa de fomento a la energía solar fotovoltaica, analizar los resultados del programa según sus propios objetivos y realizar un balance sobre la política pública.

La metodología específica es la propuesta por Subirats et al. (2008) para el estudio de políticas públicas. En este sentido, hay cuatro pasos rele-

vantes: primero, la inclusión de la problemática pública en la agenda gubernamental; segundo, la programación legislativa; tercero, la implementación del programa público y cuarto la evaluación del efecto de la política pública. Es decir, nuestro trabajo será estudiar el Programa Techos Solares Públicos desde la percepción de una cuestión pública y hasta el estudio del impacto de su implementación. En primer lugar, estudiaremos cómo la energía solar fue presentada como un problema público ciudadano y cómo luego fue incluida en la agenda gubernamental energética. Segundo, analizaremos el marco legal para la implementación de la política pública. Tercero, explicaremos en detalle los objetivos del programa y los alcances de su implementación. En seguida, presentaremos los resultados del PTSP (número de proyectos, inversión, ahorro, capacidad instalada, generación eléctrica y reducción de emisiones de CO₂) para posteriormente comprender el impacto de la intervención estatal (precios, número de empresas y proyectos fotovoltaicos privados). Finalmente, realizaremos una evaluación general del programa y se presentaremos las conclusiones, alcances de investigación y agenda para el estudio de energía solar fotovoltaica.

Este artículo se organiza en cuatro secciones, como se detalla a continuación. En primera instancia, se discuten la agenda energética y las leyes relacionadas con las energías renovables en Chile; luego, se analizan el origen, objetivos y desarrollo del PSTP; en la tercera parte, se estudia el impacto de la política pública en el mercado y sus agentes. En el último apartado se proveen conclusiones y comentarios sobre la política pública en energía solar.

2. EL PROBLEMA PÚBLICO, LA POLÍTICA ENERGÉTICA Y EL MARCO REGULATORIO PARA LA ENERGÍA SOLAR EN CHILE

La Energía Solar es definida en la *Política Energética 2050 o E2050* (la agenda energética del Estado chileno para el futuro) como “una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y con la que se pueden generar calor y electricidad”. En particular, la energía solar fotovoltaica es “aquella que transforma los rayos en electricidad mediante el uso de paneles solares” (Ministerio de Energía, 2015, p. 143). En términos simples, la radiación proveniente del sol puede ser explotada como calor o electricidad. La radiación se procesa a través de paneles solares fotovoltaicos para su uso eléctrico o, alternativamente, por medio de paneles solares térmicos para la utilización de calor. Por lo tanto, el PTSP está orientado al autoconsumo de la energía solar a través de paneles que captan la radiación del sol y la transforman en electricidad, y no incluye aquellos paneles solares térmicos que reaccionan a la energía térmica que son utilizados, por ejemplo, para calentar agua sanitaria en domicilios.

Desde principios del siglo XXI, la dependencia energética de otros países y la predominancia de la energía fósil comenzó a adquirir preponderancia en las discusiones políticas y sociales. El año 2004 puede indicarse como punto de partida de intervención en el mercado de energía solar debido al corte de suministro gas con Argentina y el alto precio del petróleo (Romero, 2016). En ese momento, el discurso político criticó la alta dependencia de los combustibles fósiles y definió la necesidad de fomentar el uso de energías renovables y renovables no convencionales. En noviembre del mismo año, esta declaración se materializó en el *Plan Nacional de Fomento al Uso de Colectores Solares*, a cargo de

la Comisión Nacional de Energía, con el objetivo de formar un mercado de colectores solares (Romero, 2016, p. 93). Posteriormente, se avanzaría en esta misma materia en 2008 con la tramitación de la Ley 20.365 de franquicias tributarias para el fomento de paneles solares térmicos.

Desde el punto de vista legal, Herman (2013) ofrece una excelente visión de conjunto de las leyes relacionadas con las energías renovables. En primera instancia, la Ley 19.940 (marzo 2004) cambió algunos asuntos sobre el mercado de la electricidad que afectan la generación de electricidad con base en energías renovables no convencionales. Segundo, la Ley 20.257 (abril 2008) establece que los generadores de empresas deben obtener el 5% de su electricidad desde energías renovables no convencionales, de manera que aquellas que no cumplan esta condición están obligadas a pagar una multa. Tercero, la Ley 20.365 de franquicias tributarias creó un beneficio fiscal que incentiva la inversión en colectores solares térmicos. Cuarto, la Ley Corta 19.940 fijó precios nodales para construir un mercado de contratos entre clientes no regulados. Finalmente, el Decreto Supremo 244 estableció que los proveedores con una capacidad de menos de 9MW estarían exentos de pagos por el uso de las principales líneas de transmisión (Herman, 2013, p. 38).

A este grupo de leyes, se debe agregar la Ley Net Billing, que permite a usuarios inyectar energía generada por estos al sistema y ‘vender’ energía a las empresas distribuidoras. Para Lavín (2016), basado en la opinión de funcionarios del Ministerio de Energía, no hay suficiente información aún para evaluar Net Billing y, además, la ley está sujeta a cambios durante su proceso de ejecución (p. 17). De hecho, el autor acertó en este aspecto porque la Ley Net Billing fue modificada posteriormente, durante los primeros años de resultados del PTSP.

En el año 2018, se introdujeron cambios en favor de los generadores de electricidad residencial y empresarial. Por ejemplo, con la nueva ley (Ley 21.118), los proyectos beneficiados pueden ser de hasta 300 kW nominales (antes era solo hasta 100 kW). Se agregó la existencia de sistemas de generación eléctrica para autoconsumo en comunidades o en propiedades conjuntas (edificios, condominios, comunidades en zonas rurales) junto al traspaso de saldos de excedentes eléctricos a otras direcciones. Sin embargo, las leyes son solo un aspecto relevante en el desarrollo de un mercado. En las democracias actuales, la presión de la ciudadanía sobre temas de interés también provoca reacciones en el sector público, en este caso para el desarrollo de las energías *limpias*.

La ciudadanía y los movimientos sociales han ejercido presión en el sector público y privado en asuntos que afectan el medioambiente. En el año 2011, se formó un movimiento social en Chile que criticó el modelo neoliberal económico y el descuido del medioambiente (Baigorrotegui, 2019). Estas presiones sociales detuvieron proyectos energéticos importantes, como el proyecto de centrales hidroeléctricas HidroAysén (Urquiza et al., 2018, p. 8). Asimismo, en este contexto de creciente preocupación por la sustentabilidad y la dependencia de energías fósiles, el gobierno de Chile creó el Ministerio de Medio Ambiente en 2010, la Superintendencia de Medio Ambiente y un Servicio de Evaluación Ambiental (Gatica, 2019). No obstante, el acto más relevante en Chile en materia energética fue la declaración del Estado de una hoja de ruta energética y, posteriormente, la política energética (E2050) del país.

Energía 2050 (E2050) es la política energética de largo plazo de Chile (año 2050) para lograr la sustentabilidad energética del país. En breve, la E2050 propone cuatro pilares para abordar

la temática energética: Seguridad y calidad de suministro; Energía como motor de desarrollo; Energía compatible con el medioambiente; y Eficiencia y educación energética (Ministerio de Energía, 2015). Por ejemplo, un objetivo de corto plazo, entre 2014 y 2025, es que al menos el 45% del incremento de la capacidad de generación eléctrica, provenga de energías renovables no convencionales (Ministerio de Energía, 2017a, p. 6). Entre los objetivos de mediano plazo, la meta es que para el año 2035 el 60% del suministro eléctrico sea provisto desde fuentes renovables de energía y se logre una reducción del 30% de la emisión de gases de efecto invernadero. Mientras que, en el largo plazo, el gran objetivo es que para el año 2050 al menos un 70% de la generación eléctrica nacional provenga de fuentes renovables (Ministerio de Energía, 2015, pp. 46-47).

3. EL PROGRAMA TECHOS SOLARES PÚBLICOS (PTSP)

Previo al Programa Techos Solares Públicos, el mercado de paneles solares fotovoltaicos era incipiente, aunque más desarrollado era su par de paneles térmicos. Hacia 2008 el uso de paneles solares térmicos era rentable para la zona centro y norte del país, pero la implementación de paneles solares fotovoltaicos a nivel residencial no lo era para ninguna región del país (Vilaboa, 2009, p. V). Lo anterior se explicaría por el alto costo de los paneles y el bajo rendimiento de las células monocristalinas de los paneles (menor al típico 18% de un ambiente controlado). Respecto del mercado, la mayoría de la oferta provenía de empresas de pequeño tamaño y estaba concentrada en las regiones de Valparaíso y Metropolitana. Además, el 85% de la demanda por paneles solares térmicos estaba en la zona norte y central

de Chile. A modo de síntesis, la autora señala que el mercado de paneles fotovoltaicos necesita ser más competitivo y que el gobierno debe realizar políticas de fomento para el uso de este tipo de energía (Vilaboa, 2009, pp. 55-56). Sin embargo, en los últimos 15 años se pueden observar varios impulsores (*drivers*) para el desarrollo de la energía solar, entre ellos: la franquicia tributaria, la Ley Net Billing, el Programa de Protección al Patrimonio Familiar o el Programa de Instalaciones Independientes. Todas estas iniciativas tenían por objetivo el mercado residencial (Lavín, 2016). A lo anterior, se debe agregar que el PTSP estaba destinado para el sector público y los proyectos Reconstrucción, APR (Agua Potable Rural) y la Comisión Nacional de Riego (CNR) para un público privado distinto del residencial.

El mercado de energía solar fotovoltaica⁶, hasta principios de la década de 2010 era incipiente en Chile, en gran parte por las barreras para su adopción y expansión en el mercado nacional. Por un lado, en el caso del uso de domiciliario de paneles solares fotovoltaicos (en Santiago), las barreras (falta de conocimiento técnico sobre los sistemas solares domésticos, alto costo inicial de la inversión, incertidumbre del retorno de la inversión, evidencia sobre casos exitosos, servicio pos venta, entre otros) han sido más grandes que las motivaciones (el cuidado del medioambiente, independencia en la generación eléctrica, la confiabilidad energética, etc.) por utilizar este tipo de energía, lo cual explica su bajo uso (Walters et al., 2018). Estos autores proponen como política pública un sistema de subsidios atractivos que

tengan por objetivo fomentar la venta de paneles solares fotovoltaicos (o el *leasing* de estos para aquellas personas que son arrendatarias), el fomento de la educación sobre paneles para los usuarios finales y una revisión del sistema de tarifas de electricidad para asegurar su transparencia y simpleza (Walters et al., 2018, pp. 8-9). Por otra parte, el alto nivel de uso de electricidad en la minería y su extrema dependencia de combustibles fósiles han provocado una presión en la industria para innovar en energía solar para la generación de electricidad de autoconsumo. Además, en los últimos años el consumo de electricidad por la minería ha crecido fuertemente: entre 2003 y 2014 el consumo de energía eléctrica en la explotación del cobre creció un 63% y se espera que en el año 2025 casi se dupliquen aquellas cifras (Nasirov y Angostini, 2018, p. 195). En este sentido, Nasirov y Angostini (2018) estudiaron los aspectos claves, tanto barreras como impulsores, que determinan la adopción de tecnologías solares en la industria minera chilena. Los hallazgos sugieren que los tres impulsores más importantes son: las necesidades de los procesos mineros a través del uso de energía solar térmica, la aplicación de energía solar para el proceso de desalación⁷ y la necesidad de una oferta atractiva de contratos de compraventa de energía (Power Purchase Agreement o PPA). En oposición, las barreras más relevantes son la resistencia al cambio, la falta de tecnologías de almacenamiento rentables y la carencia de incentivos de políticas públicas para promover el uso de la energía solar térmica en la minería (Nasirov y Angostini, 2018, p. 201). En este contexto, y luego de la E2050, se crearía el PTSP para reducir las barreras de mercado y estimular su expansión.

6. Una cuestión interesante para el debate de sustentabilidad es cuál es el impacto ambiental del panel solar en sí mismo. Una visión crítica del impacto en la sustentabilidad ambiental de los paneles solares y otros tipos de energía en la generación de electricidad se encuentra en el trabajo de Gaete-Morales et al. (2018).

7. Desalación o desalinización es el proceso por medio del cual se elimina la sal del agua de mar.

El Programa de Techos Solares Públicos está orientado a la autogeneración eléctrica en recintos públicos de todo tipo (salud, educacional, recreativos, cuerpos militares y de orden, entre otros). La intervención funciona por medio del modelo de apertura a licitaciones para la instalación de paneles solares fotovoltaicos en edificios públicos, los cuales serán conectados a la red de distribución bajo el esquema de la Ley 20.571⁸, junto a un acompañamiento durante el proceso a través de asesoría técnica. La política pública pretende expandir el mercado de energía solar fotovoltaica, ofreciendo una demanda por parte del sector público para que el sector privado responda con un incremento en la oferta. Por tanto, el PTSP espera contribuir con un aumento en el mayor número de empresas que compitan entre ellas por la demanda de edificios fiscales para que, a su vez, los precios disminuyan y, eventualmente, se establezca una demanda constante por parte de privados.

El objetivo general del Programa Techos Solares Públicos consiste principalmente en contribuir a la maduración del mercado fotovoltaico para el autoconsumo en Chile. Sus objetivos específicos asociados son:

1. Estimular el mercado fotovoltaico por medio de la demanda del Estado de soluciones fotovoltaicas para su instalación en edificios públicos.
2. Crear información de acceso público y gratuito sobre costes y condiciones de los proyectos fotovoltaicos orientados al autoconsumo.

3. Contribuir a mejorar la generación distribuida en el marco regulatorio a través de la evaluación en la práctica de normas y procedimientos involucrados en la instalación de sistemas fotovoltaicos de autoconsumo.

4. Cooperar en la disminución de los costos en los edificios públicos.

5. Apoyar la maduración de la oferta fotovoltaica en Chile por medio de la validación y orientación técnica de las empresas proveedoras que participen del programa (Ministerio de Energía, 2017a, p. 13).

De esta manera, el PTSP representa una forma de *liderar con el ejemplo* por medio de una demanda de sistemas fotovoltaicos para que cada vez más agentes de mercado (empresas instaladoras, empresas distribuidoras y privados residenciales y empresariales) participen del mercado. En palabras del Ministro de Energía en 2017, Andrés Rebolledo:

El Programa de Techos Solares Públicos representa un esfuerzo del Gobierno y el Sector Público por dar el ejemplo en la adopción de energías cada vez más limpias y más eficientes (sic), a través de la implementación de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo en distintos edificios públicos. Hoy, estamos partiendo por casa, y esperamos así poder contribuir a la maduración de este mercado con nuevas y mejores soluciones para todos los chilenos (Rebolledo, 2017).

Los primeros resultados, entre abril 2015 y diciembre de 2016, muestran que el PTSP contrató sistemas voltaicos para 99 edificios públicos en nueve regiones del país (en tabla 1 están ordenadas

8. Ley General de Servicios Eléctricos, conocida como Ley de Generación Ciudadana, Ley Net Billing o incluso como Ley Generación Distribuida, es la ley que permite a cualquier usuario (empresa o residencial) generar su propia energía eléctrica e incluso inyectar excedentes de energía generada a las redes de generación eléctrica privada para obtener una compensación económica (un pago o una reducción en el pago de la boleta de electricidad).

de norte a sur)⁹. La capacidad eléctrica acumulada por todos estos proyectos es de casi 3 MWp. 51 de estos sistemas fotovoltaicos se encontraban conectados a la red pública de distribución eléctrica en diciembre de 2016, obteniendo todos los beneficios de la producción y autoconsumo asociados a la Ley de Generación Distribuida (Ministerio de Energía, 2017a, p. 7)¹⁰.

Tabla 1. Proyectos adjudicados y capacidad energética del PTSP, abril 2015 - diciembre 2016

Región	Número de establecimientos	Capacidad instalada (kWp)
Arica y Parinacota	1	25
Tarapacá	5	115
Antofagasta	17	475
Atacama	17	256
Coquimbo	10	305
Valparaíso	10	240
Metropolitana	14	695
O'Higgins	8	150
Maule	17	510
Total	99	2.987

Fuente: Ministerio de Energía, 2017a, p. 108.

9. La zona norte del país la componen las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo. Mientras que la zona centro está constituida por las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule y Biobío.

10. MWp (MegaWatt peak) = potencia nominal de un sistema fotovoltaico bajo normas estandarizadas. La energía se mide en Watts pico o peak, lo que indica la capacidad de un sistema fotovoltaico para generar energía en su punto de máximo rendimiento. A mayor Wp, mayor es la eficiencia del sistema.

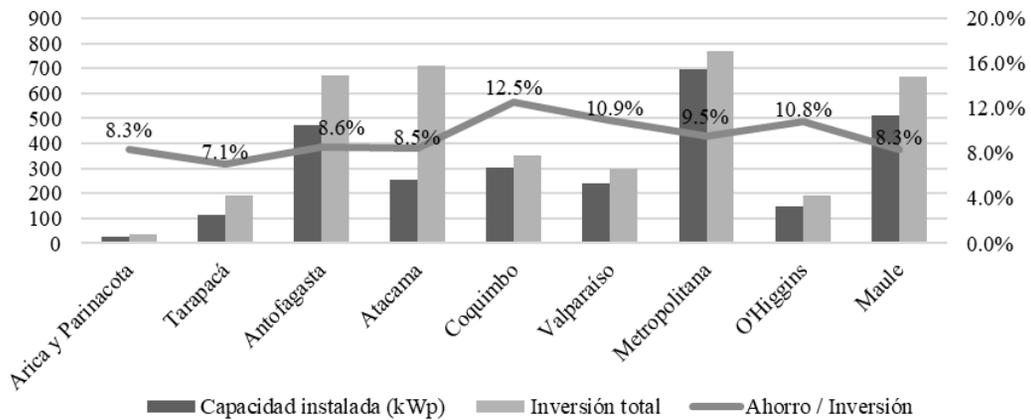
El número de proyectos licitados está bastante equilibrado, pero la capacidad instalada está más concentrada en la zona central. En particular, entre 2015 y 2016, 49 de los 99 edificios estaban localizados en la zona central del país. En adición, la mayor cantidad de capacidad instalada no está en el norte de Chile, como podría esperarse de acuerdo con las condiciones geográficas¹¹. De hecho, la mayor capacidad instalada (695 kWp) se estableció en la región Metropolitana (donde está la capital, Santiago), seguida por la región del Maule (también zona central). Recién en tercer lugar surge una región del norte del país, la región de Antofagasta. Maule tiene una capacidad instalada de 510 kWp con tres proyectos más que la región Metropolitana. La región de Antofagasta, con el mismo número de proyectos, solo logra una capacidad instalada de 475 kWp. Lo anterior provoca un desequilibrio entre la oferta (concentrada en Santiago) y las condiciones óptimas (en el norte del país), causando un aumento del precio de adjudicación de los proyectos del norte debido a que son los clientes quienes asumen el costo extra de la diferencia espacial entre ofertantes y demandantes. En síntesis, el 54% de la capacidad instalada está distribuida entre cuatro regiones centrales y el 46% restantes lo contienen las cinco regiones del norte del país.

Entre los principales edificios que han sido beneficiados por esta política, se encuentran construcciones emblemáticas como los Institutos de Rehabilitación Teletón en diferentes regiones del país, el Centro Cultural Gabriela Mistral (GAM), el Hospital Barros Luco, el Hospital de Copiapó, el Hospital de Vallenar, el Museo de la Memoria, entre

11. Actualmente, el programa presenta 133 proyectos licitados (sitio web *techos solares* del Ministerio de Energía).

otros¹². De forma simbólica, en 2017 el Palacio de la Moneda fue el edificio número 100 en adoptar paneles solares fotovoltaicos. En general, los hospitales (Padre Hurtado, Barros Luco Trudeau o el de Cauquenes) tienen la mayor capacidad instalada (100 kWp), al igual que los recintos militares (Brigada Acorazada de Antofagasta o la Brigada Motorizada de Calama). Otros edificios destacados por su gran capacidad instalada son el Edificio Consistorial en Illapel, Coquimbo (80 kWp), y el Museo de la Memoria (70 kWp). Sin embargo, la mayoría de los proyectos son pequeños (la media es 30 kWp); es decir, tienen una capacidad licitada de 30 kWp o menor. La mayoría de los proyectos son colegios o escuelas municipales con una capacidad instalada de 15 kWp (ver anexo).

Figura 1. Inversión (millones de pesos) y capacidad instalada del PTSP, abril 2015-diciembre 2016



Fuente: Ministerio de Energía, 2017a.

12. Para el detalle de las instituciones beneficiadas y su distribución regional, consultar los anexos de este artículo.

Solo en poco más de un año, el ahorro anual estimado por el cambio del sistema eléctrico a uno fotovoltaico alcanzó casi el 10% de la inversión inicial y la dispersión de este indicador es bastante baja (Figura 1 y anexos). Al analizar por región, Coquimbo es la región con mayor capacidad de ahorro respecto de la inversión (12,5%), seguida por Valparaíso (10,9%) y O'Higgins (10,8%). La región de Coquimbo cuenta con dos factores que explican su gran rentabilidad: está en una zona de alta radiación solar y no está tan alejada de las empresas oferentes localizadas en la zona central. Por su parte, las regiones donde el ahorro era menor fueron Tarapacá (7,1%), Arica y Parinacota (8,3%) y Maule (8,3%), mientras que la región Metropolitana (9,5%) estaba solo un poco sobre el promedio. El bajo ahorro en las regiones del norte se explica principalmente, como veremos más adelante, por la distancia entre la ubicación de las empresas y el edificio beneficiado, lo cual eleva el costo de adjudicación y, por tanto, la inversión realizada.

Tabla 2. Generación eléctrica e impacto ambiental del PTSP, abril 2015 - diciembre 2016

Región	Generación eléctrica fotovoltaica (kWh/año)	Reducción de gases de efecto invernadero (tCO _{2eq} /año)
Arica y Parinacota	44.100	33,7
Tarapacá	194.310	148,4
Antofagasta	862.490	659
Atacama	739.723	179
Coquimbo	517.323	81
Valparaíso	377.198	131
Metropolitana	985.669	341
O'Higgins	234.529	81
Maule	621.324	215
Total	4.576.666	1.869,1

Fuente: Ministerio de Energía, 2017a.

La generación de energía asociada al programa la lidera la región Metropolitana (gran número de proyectos y la mayor capacidad licitada del programa), seguida por la región Antofagasta (máximo número de proyectos y alta radiación solar) y Atacama (similares características que Antofagasta) (Tabla 2). Por su lado, las regiones donde ocurre la menor generación eléctrica son Arica y Parinacota (que produce apenas el 5% de energía que produce Antofagasta), Tarapacá y O'Higgins, todas con baja capacidad licitada¹³. En el ámbito ambiental, la región que más reduce gases invernadero es Antofagasta. En segundo lugar, aparece la región Metropolitana.

Evidentemente, la reducción de gases de efecto invernadero es marginal y no cambia la huella de carbono de Chile. Una simple estimación entre las cifras del PTSP y la contaminación per cápita de CO₂ del país demuestra que la disminución de la contaminación no alcanza a ser del 0,001%. Sin embargo, no se debe cometer el error de evaluar la política por su reducción de partículas contaminantes, sino más bien por su contribución a estimular el mercado y propagar información a los agentes de mercado para que la energía solar fotovoltaica logre su maduración en el mediano y largo plazo. En la siguiente sección se revisarán estos aspectos.

4. RESULTADOS DE LA POLÍTICA PÚBLICA

Primero, es necesario destacar que, dentro del esquema de análisis de la política pública, hasta

el momento ya hemos explicado el origen de la problemática pública y su integración a la Política Energética estatal, y el marco legal para la implementación del Programa Techos Solares Públicos (principales leyes sobre energías renovables en el último tiempo). Por tanto, el siguiente paso será exponer los resultados específicos de la política pública. Segundo, para comprender los resultados del programa, una buena guía es analizar los mismos objetivos planteados por el Ministerio de Energía que debería cumplir la política. En este sentido, ya sea ha demostrado que los objetivos 1 (estimular el mercado fotovoltaico generando una demanda) y 4 (cooperar en la reducción de costos de los edificios) del PTSP fueron cumplidos, quedando por revisar los objetivos 2 (generar información de acceso público y gratuito), 3 (colaborar a mejorar la generación distribuida) y 5 (contribuir a la maduración de la oferta fotovoltaica en Chile con orientación técnica), los cuales serán abordados en este apartado. Como veremos, este último punto deberá ser el aspecto más relevante para el futuro de este programa.

Entre las actividades más importantes del Programa Techos Solares Públicos, se encuentra ofrecer asesorías técnicas a empresas privadas y las instituciones públicas. En este sentido, las asesorías se concentraron en el proceso de evaluación de factibilidad de los edificios y el proceso de instalación de los paneles fotovoltaicos. Los indicadores de éxito midieron la cantidad de beneficiarios que han recibido ayuda y el número de agentes que han aplicado las asesorías. Por ejemplo, el 60% de los beneficiarios por asesorías encuestados han aplicado las recomendaciones realizadas. Si bien este número parece bajo, no lo es, debido a que el 20% del total de encuestados ya tenían su planta fotovoltaica operativa y el 80% restante se encontraba en alguna de las etapas de instalación (Ministerio de Energía, 2017b, p. 24). De la misma

13. Para tener una referencia, un hogar puede utilizar aproximadamente 550 kWh al año en el uso de electrodomésticos pequeños. Por tanto, el único establecimiento del PTSP en Arica y Parinacota podría proveer energía para este tipo de electrodomésticos para 80 casas en un año.

manera, las empresas instaladoras valoraron la participación y comunicación con el Ministerio de Energía: las empresas calificaron con un 86% de satisfacción en el indicador de involucramiento de los profesionales del PTSP con las compañías instaladoras. Además, estas firmas indicaron que el “PTSP los ha apoyado en el fortalecimiento de un sector de mercado que *en un principio no existía* –según lo mencionado por algunos encuestados– permitiendo así que las empresas instaladoras puedan darse a conocer gracias a la instalación de sistemas FV en algunos ‘edificios emblemáticos’” (Ministerio de Energía, 2017b, p. 32). En resumen, los altos niveles de satisfacción de todos los agentes involucrados en la política pública se manifiestan en el hecho que el PTSP obtuvo al menos un 85% de satisfacción en todos los indicadores de interés (Ministerio de Energía, 2017b, p. 65). Por tanto, la política pública contribuyó a la difusión de empresas que ofrecen el servicio de paneles fotovoltaicos a clientes fuera del mercado de los edificios públicos.

La principal vía para compartir información en el PTSP es a través de las asesorías técnicas a empresas instaladoras de paneles fotovoltaicos. Sin embargo, otra manera de educar sobre energía solar fotovoltaica es ofrecer contenido a través de los informes publicados en el sitio web del Ministerio de Energía sobre los resultados del programa y sus aspectos técnicos. Por ejemplo, en la sección *Documentos* se puede hallar: el Manual de prevención de incendio en sistemas fotovoltaicos, el Estudio de caracterización de sistema de protección que impiden la inyección de energía de los sistemas de generación distribuida, las Especificaciones y consideraciones técnicas mínimas para permitir futura instalación de un sistema fotovoltaico, la Guía de buenas y malas prácticas en la instalación, la Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos, entre otros. Además, en

esta área del PTSP se puede apreciar el apoyo del gobierno alemán.

Por encargo del Ministerio de Medioambiente (BMUB), del gobierno federal alemán, la GIZ ha asesorado al gobierno chileno en materia técnica sobre energía solar fotovoltaica. Esta colaboración dio origen a una serie de documentos de trabajo elaborada por el gobierno alemán y otras organizaciones internacionales relacionadas con las energías renovables. Los artículos tratan el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de los paneles solares, indicadores de rendimiento en plantas fotovoltaicas y limpieza de paneles y catálogo de fallas. Este apoyo germano no es de extrañar, dado su liderazgo en energía solar fotovoltaica: la bibliografía de todos los documentos del programa es principalmente alemana y se debe considerar que Alemania ya realizó una política similar al PTSP cuando, en la década de 1990, comenzó el programa 1.000 techos solares y, posteriormente, el programa 100.000 techos solares (NAMA Facility, 2018, p. 7).

En cuanto a la estimulación del mercado a través del PTSP, esta se puede medir a través de la variación en el número de empresas en el mercado fotovoltaico y la competitividad en sus precios. En específico, entre 2015 y 2016 se registró un crecimiento de 693% en la cantidad de instituciones públicas y privadas que instalaron al menos un sistema fotovoltaico. Lo anterior, debido a que en el año 2015 solo 90 organismos instalaron estos sistemas y en el transcurso de un año el número creció hasta 714. En adición, solo en el ámbito privado el número de instalaciones fotovoltaicas creció desde 83 en el año 2015 hasta 577 en 2016 (Ministerio de Energía, 2017b, p. 37). Sin embargo, no es posible atribuir todo este incremento al PTSP debido a que, de forma paralela, como mencionamos más arriba, existían distintas iniciativas para fomentar el uso de paneles solares fotovoltaicos. Así, en el

año 2016, privados realizaron 213 instalaciones de paneles fotovoltaicos apoyados por el proyecto *Reconstrucción*. Por su parte, para el mismo año, se identificó que 276 agentes privados (sin relación con política estatal) adoptaron sistemas fotovoltaicos, es decir un aumento de más del 200% respecto del año anterior (Ministerio de Energía, 2017b, p. 37). Si bien es difícil atribuir el incremento en proyectos privados directamente al programa, sí se puede aseverar que el número de empresas que ofrecen este servicio creció y, en este aspecto, el Programa Techos Solares Públicos ha sido reconocido como un factor relevante por las mismas compañías.

El PTSP, como una demanda *segura* de proyectos fotovoltaicos a través de las licitaciones, ha provocado que más empresas ofrezcan sus servicios de sistemas fotovoltaicos. Así, en los primeros años de la iniciativa ya se evidencia una expansión del mercado. Por ejemplo, en el año 2015 había 32 empresas que participaron del proceso de licitación del programa y al año siguiente había 13 nuevas empresas participantes (aumento del 40%). Por su parte, en el año 2016 el número de empresas que fueron parte del proceso de visitas a terreno en el proceso de licitación alcanzó la cifra de 90 empresas (65 de estas firmas eran nuevas) (Ministerio de Energía, 2017b, p. 47). Esta mayor diversidad se evidencia también en el proceso de adjudicación (Tabla 3). El número de empresas que se adjudicó licitaciones del PTSP aumentó entre 2015 y 2016. Además, las empresas que concentraban las licitaciones en 2015 disminuyeron su participación al siguiente año, provocando que la oferta de mercado fuera más diversa. Ejemplo de esto son las empresas Tritec y Ecolife.

Tabla 3. Empresas y licitaciones del PTSP, 2015 - 2016

Empresa	Cantidad de proyectos		Porcentaje	
	2015	2016	2015	2016
Tritec	5	2	26	9,5
Lumisolar	1	2	5	9,5
Andes Solar	1		5	
Ecolife	6	4	31	19
Solar del Valle – Chilectra	2		11	
Prosolar-Sunbelt-Energía led-Teknoriego	2		11	
Solar del Valle	2		11	
Ciudad Luz-Actisolar		1		4,8
Ecoambiente		3		14,2
Andes Solar – Chilectra		1		4,8
Oenergy		1		4,8
Prosolar		1		4,8
Grammer		2		9,5
Tesla Energy		1		4,8
Vivendio		2		9,5
Chilectra		1		4,8

Fuente: Ministerio de Energía, 2017b, pp. 48-49.

Respecto de los precios de adjudicación, las ofertas de licitaciones más económicas provenían de proyectos localizados en Santiago y de mayor escala, mientras que las ofertas más costosas correspondieron a proyectos más pequeños y alejados de la capital. Esto es una muestra del bajo proceso de maduración que aún presenta el mercado nacional. De hecho, en la oferta realizada por empresas a las licitaciones, la brecha entre los precios de pequeñas y grandes soluciones fotovoltaicas fue mayor al 100%, mientras que esta misma relación

en un mercado maduro, como el alemán, solo llega al 20% (Ministerio de Energía, 2017a, p. 17). Esta dinámica de mercado explica por qué hay tan pocos proyectos en el extremo norte del país pese a que la radiación solar es óptima y ayuda a comprender los principales resultados a nivel regional del PTSP. El aprovechamiento de las economías de escala en este sector; es decir, que mientras más grandes son los proyectos fotovoltaicos, más rentables son los paneles solares, fue identificado previo a la puesta en marcha de la política pública. De hecho, Herman (2013) propuso focalizar los esfuerzos en explotar las economías de escala y realizar políticas públicas que promuevan la utilización de energías renovables no convencionales. En este caso, las economías de escala se materializaron en la caída de los precios de adjudicación de la política pública en proyectos de mayor capacidad licitada. Por ejemplo, entre 2015-2016, el precio de adjudicación de proyectos en PTSP de 10 a 30 kWp disminuyó un 20,6%: desde 2,29 USD/Wp promedio en 2015 a 1,82 USD/Wp promedio al año siguiente. Sin embargo, para esta magnitud de proyectos, el precio promedio anual de mercado se incrementó desde 1,82 a 2,21 USD/Wp. No obstante, en proyectos más grandes entre 30 y 100 kWp, el precio promedio de adjudicación en el mercado cayó levemente desde 1,90 a 1,87 USD/Wp (Ministerio de Energía, 2017b, p. 56). Por tal motivo, el efecto del programa en los precios no es concluyente, aunque los precios de adjudicación promedio para el PTSP efectivamente disminuyeron.

En los proyectos de mayor escala; es decir, proyectos con capacidad instalada sobre 500 kWp, el mercado efectivamente se encuentra más maduro. En este tipo de instalaciones se aprecia un importante y constante disminución del precio de mercado desde 2015. Por ejemplo, en cuanto al Índice de Precios FV para proyectos desde 500 kWp a 1.5000 kWp el precio ha caído en tal mag-

nitud que en el año 2019 solo fue un 1,8% mayor a su par alemán (NAMA Chile, 2020, p. 4). En otras palabras, el precio de grandes proyectos en Chile está alcanzado el estándar de un líder en materia de energía solar como Alemania.

En síntesis, como se ha demostrado en la sección anterior y en la presente, PTSP ha logrado cumplir cada uno de sus cinco objetivos. En su ordenamiento, los objetivos 1, 4 y 5 son los mejores logrados debido al estímulo al mercado fotovoltaico y la reducción de costos de los edificios del sector público. Mientras, los objetivos 2 y 3 relacionados con la creación y difusión de conocimiento y el aporte a la perfección de la generación distribuida son los aspectos que presentan oportunidades de mejora.

Pese a los auspicios resultados del PTSP, siguen existiendo algunos aspectos deficientes y/o ámbitos de mejora. Las principales áreas que potenciar son la descentralización de los proyectos adjudicados, el acompañamiento durante el proceso de evaluación de sistemas PV y la difusión de la asesoría técnica. En efecto, el desafío a futuro del PTSP es conseguir una mejora en el acompañamiento durante el proceso de factibilidad de sistemas fotovoltaicos e incrementar la difusión de las distintas líneas de trabajo, en específico, en asesoría técnica para apoyar los recursos propios del programa ante una inminente alza en la demanda del servicio (Ministerio de Energía, 2017b, p. 65).

Desde el punto de vista del mercado, la oferta de paneles solares fotovoltaicos ha reaccionado de forma favorable, demostrando interés en proveer el producto y sus servicios asociados. Sin embargo, la demanda por parte de empresas para adoptar este tipo de energía ha sido relativamente menor, por tanto, el fomento a la demanda debería ser uno de los principales desafíos. De hecho, se ha propuesto adoptar estrategias para fortalecer

la demanda. Por ejemplo, las recomendaciones apuntan a crear una oficina técnica para la creación de información (técnica y de mercado) y su promoción de la forma más clara posible, junto a un proceso de acompañamiento y asesoría no solo en la licitación, sino hasta la instalación de los paneles fotovoltaicos. El objetivo es que en el largo plazo la política pública PTSP continúe, pero con un rol de asesoría y orientación (Ministerio de Energía, 2017b, p. 66). No obstante, a nuestro juicio es importante descentralizar la asignación de proyectos para llevar el programa al norte del país, donde la mayor radiación solar permite un mejor aprovechamiento de los paneles solares.

Los resultados más recientes de esta política pública en energía solar son del año 2019. En aquel año, el PTSP abrió licitaciones para la instalación de sistema fotovoltaicos en liceos técnicos públicos en la zona centro-sur del país¹⁴. Esta estrategia puede ser vista como un esfuerzo por disminuir la excesiva concentración de proyectos en la región metropolitana y por acercar el conocimiento a comunidades relacionadas con la educación. De hecho, en cuanto a las condiciones geográficas y climáticas, estas regiones no son las más propicias para los paneles solares fotovoltaicos. Por entregar algunos antecedentes, los índices de radiación no son favorables desde la región del Biobío hacia el sur (Jiménez-Estévez et al., 2015) y las lluvias y vientos que normalmente afectan al centro-sur y sur chileno disminuyen el potencial de los paneles solares ubicados en la intemperie. Por otro lado, la

licitación de estos proyectos también puede ser una forma de declarar que no existe una discriminación de alguna región en la política pública.

En efecto, en algunos años podremos confirmar si las licitaciones aprobadas en la región del Maule y del Biobío en el año 2019 tuvieron algún impacto positivo en mercado local o si se convirtió en un uso subóptimo de la demanda creada por el Estado que fue aprovechada por alguna empresa del rubro. No obstante, es más probable que la decisión sobre llevar esta política pública a liceos técnicos del centro-sur responda más bien a un carácter educativo que a un interés meramente económico y técnico. De hecho, los edificios beneficiados son liceos técnicos que imparten formación técnica eléctrica.

En palabras del jefe de la Línea de Edificación de la Agencia de Sostenibilidad Energética, Guillermo Soto Olea,

esta licitación beneficiará a liceos de enseñanza media técnico profesional públicos que cuenten con la especialidad de electricidad, de manera de acercar la tecnología a los alumnos, fortalecer las competencias en materia de instalación de sistemas fotovoltaicos y crear capacidades locales en aspectos relacionados a la operación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos (Soto, 2019)

El PTSP en el centro-sur del país, por ejemplo, beneficia a más de 700 alumnos del Liceo Técnico Profesional Dr. Rigoberto Iglesias Bastías (región del Bío-Bío), debido a la inclusión del sistema fotovoltaico en la generación eléctrica del edificio que le permite crear su propia energía y ahorrar costos. De hecho, los mismos beneficiarios de la política comparten esta visión. Por ejemplo, en otro

14. La noticia del llamado a licitación por parte de la Agencia de Sostenibilidad Energética se puede encontrar aquí: <https://www.agenciase.org/2019/05/03/abierta-licitacion-de-tech-os-solares-publicos-para-liceos-tecnicos-de-la-zona-sur/> Por su parte, la noticia sobre la adjudicación y los edificios beneficiados la publicó PV Magazine en el siguiente enlace: <https://www.pv-magazine-latam.com/2019/11/04/nuevas-instalaciones-dentro-del-programa-techos-solares-publicos-en-chile/>.

edificio educacional del centro-sur¹⁵, el Director del Liceo Técnico, Pascual Melita, destacó que el PTSP es “una oportunidad sobre la instalación y mantención de los paneles solares fotovoltaicos y quizás en el futuro (sus estudiantes puedan) trabajar en el rubro”. En sus propias palabras, el rector agregó que

Este proyecto es muy importante para nuestro establecimiento, porque nos permitirá ahorrar energía y ser un ejemplo en el cuidado de nuestro planeta. Adicionalmente los alumnos pueden aprender sobre el tema y en futuro pensar en trabajar en todo lo relacionado a la instalación y mantención de equipos para generar energías limpias (Melita, 2019)

Independientemente de la motivación detrás de la llegada de la política pública al centro-sur del país, el hecho de que el PTSP haya conseguido la instalación de un sistema fotovoltaico en un liceo técnico eléctrico, va a contribuir a la educación de la materia en las comunidades relacionadas. En adición, la formación de personal técnico especialista en electricidad y paneles solares propicia la formación de empresas proveedoras de instalación de paneles solares fotovoltaicos fuera de Santiago y Valparaíso.

A modo de síntesis, el PTSP ha logrado cada uno de los cinco objetivos específicos planteados por el mismo programa. En algunos años más, futuras investigaciones sobre el mercado solar fotovoltaico podrán reforzar idea de que la política pública consiguió su objetivo general (maduración del mercado fotovoltaico de autoconsumo), aunque hasta el momento ya se observan avances auspici-

ciosos en el número de empresas y en la reducción de los precios. Este programa debe ser entendido como una señal del Estado hacia los agentes de mercado (privados, empresas y firmas instaladoras/distribuidoras), la ciudadanía y a otros países sobre el interés que tiene Chile en el combate al cambio climático y en el proceso de transición a una matriz energética *limpia*, sobre todo en la producción de electricidad basada en energías renovables. Al ofrecer una demanda garantizada por el servicio de sistemas fotovoltaicos, las empresas instaladoras reaccionaron positivamente generando competencia en los precios. Además, las firmas no solo fueron beneficiadas con la adjudicación de proyectos, sino también con la promoción de sus servicios como una externalidad positiva de la política pública. Por su parte, el Estado da señales a organizaciones internacionales como Naciones Unidas (UN) o la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD)¹⁶ en cuanto a las acciones que toma Chile para enfrentar el cambio climático y para priorizar el cuidado del medioambiente. Por último, si bien la ciudadanía no fue incluida en la concepción del programa, sí fue considerada de forma indirecta a través de la participación ciudadana en la formulación de la E2050 (Urquiza et al., 2018). Considerando todo, el PTSP es una política pública que aporta en la maduración de mercado y un instrumento útil para entregar señales sobre la preocupación por el medioambiente desde el sector público chileno.

5. CONCLUSIONES

El Programa Techos Solares Públicos se gestó como parte de la Agenda Energética de Chile (E2050) en

15. Las otras comunas beneficiadas con el PTSP en el centro-sur fueron Mulchén, Laja, Negrete, Arauco y Lebu.

16. Chile ingresó a la OCDE en 2010 y fue el primer país sudamericano en conseguirlo.

2014-15 para el futuro energético del país, posterior a los problemas de suministro energético y alto costo de la energía eléctrica en los primeros años del siglo XXI y a los movimientos sociales que desde 2010 comenzaron a adquirir relevancia en la agenda pública. En la última década una serie de avances legales, el mayor interés de la ciudadanía en asuntos medioambientales y otras políticas relacionadas con la energía solar, establecieron los cimientos para que la política pública entrara en acción. El programa de fomento a la energía solar fotovoltaica ha conseguido generar importantes ahorros para los edificios públicos con una presencia marcada en la zona central y, en menor medida, en las regiones del extremo norte chileno. No obstante, en el último año también la política pública alcanzó el centro-sur del país con un sentido educativo. En adición, el PTSP ha logrado su mayor objetivo: avanzar en la maduración del mercado de paneles solares fotovoltaicos materializada en la caída en el precio de los sistemas fotovoltaicos en sus licitaciones y en el mercado y un mayor número de empresas participantes en las licitaciones. Sin embargo, el mercado continúa en un proceso de evolución y aún quedan aspectos por atender.

Los principales hallazgos de la investigación reflejan una baja explotación de la potencia en radiación solar del extremo norte del país y una concentración de los proyectos en la zona central del país, lo cual se explica principalmente por la ubicación de las empresas instaladoras en las regiones de Valparaíso y Santiago. En el primer año de evaluación, los ahorros en los costos de los edificios públicos se estimaban cerca de un 10% de la inversión inicial. Sin embargo, el aporte más tangible del PTSP son los cambios observados en el mercado de paneles solares fotovoltaicos por medio de un mayor número de empresas, junto a los privados externos a la política pública que decidieron instalar sistemas fotovoltaicos y a los

precios observados más competitivos, aunque este último factor no es concluyente para todo el mercado fotovoltaico. En adición, los indicadores de satisfacción muestran una buena evaluación de los agentes involucrados y estos mismos han señalado los aspectos para mejorar, entre ellos: acompañamiento en el proceso completo, difusión de asesoría técnica y la falta de proyectos adjudicados en las regiones con mejor radiación solar. De la misma manera, el PTSP debe lograr fomentar el mercado para que empresas locales del norte del país se arriesguen a ofrecer los servicios de instalación de sistemas fotovoltaicos o, en su defecto, que las empresas en la zona central disminuyan sus costos para que puedan ofrecer precios más atractivos a los consumidores. Por último, es necesario mayor cantidad de información para avanzar en un análisis cuantitativo más elaborado. Por ejemplo, obtener información de la evolución de empresas por región, el número y valor de las importaciones de paneles solares por año y cambios arancelarios, creación de nuevas empresas en el rubro, entre otros, serían una valiosa fuente de información ya que se podría evaluar el PSTP utilizando a las regiones sin intervención como grupos de control.

En el panorama general, si en el mediano plazo se logra la adopción masiva de energías renovables, como la energía solar, en edificios domiciliarios y, sobre todo, en faenas industriales como la minería, podremos señalar que el PTSP efectivamente contribuyó a la transición de fuentes más limpias para la generación de electricidad y, a su vez, a mejorar la sustentabilidad ambiental de la matriz energética chilena. Por el contrario, si no observa un cambio relevante en la forma en que el país produce energía, entonces esta política pública podría ser entendida como un subsidio de corto plazo a la demanda de algunas empresas del rubro sin impacto en la estructura energética nacional. De forma alternativa, una visión negativa, pero menos

estricta, es que el PTSP no sería tan relevante como otros factores que motivan la adopción de energías renovables¹⁷ y, por tanto, que su impacto no fue tan decisivo para modernizar la estructura energética. No obstante, ya en el corto plazo se puede apreciar un crecimiento el número de empresas en el mercado y un aumento en el número de privados que han decidido adoptar la energía solar como fuente para su generación de energía eléctrica. En resumen, el estudio del PTSP demuestra que el mercado fotovoltaico es más dinámico y competitivo desde su aparición, mientras que la ciudadanía poco a poco comienza a familiarizarse con este tipo de energía. Sin embargo, quizás el mayor aporte de la política pública es enviar señales a privados, la ciudadanía y organizaciones internacionales del interés del Estado chileno en transformar la matriz energética y combatir el cambio climático, a través de la política de *liderar con el ejemplo*, adoptando energía solar fotovoltaica en decenas de edificios públicos para que privados (empresas y consumidores) participen del mercado fotovoltaico.

Finalmente, este artículo es un esfuerzo por contribuir a la creciente literatura sobre las energías renovables y, en particular, la energía solar en Chile. Además, se espera que este trabajo promueva la discusión sobre el rol del Estado en el fomento del cambio en la matriz energética chilena, a través de políticas públicas como el Programa Techos Solares Públicos, especialmente cuando Chile busca posicionarse como líder en el combate al cambio climático. Ejemplo de lo anterior es la calidad de anfitrión *no presencial* de Chile en la Cumbre del Clima (COP25) en 2019. Para la agenda de investigación, será relevante estudiar los cambios en el consumo domiciliario e industrial de energía solar

fotovoltaica. Por último, será importante analizar el papel de la ciudadanía y otros grupos de presión para que el Estado y privados avancen de forma rápida hacia una matriz energética mayoritariamente renovable.

17. Revisar los trabajos de Walters et al. (2018) y Nasirov y Angostini (2018) que analizan las barreras y propulsores para la adopción de energía solar en Chile.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIGORROTEGUI, B. (2019). Destabilization of Energy Regimes and Liminal Transition through Collective Action in Chile. *Energy Research & Social Science*, (55), 198-207.

BANCO MUNDIAL (2020). *Emisiones de CO₂ (toneladas métricas per cápita)*. Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>

CERRO DOMINADOR (2020). About us. Recuperado de: <https://cerrodominador.com/en/about-us/>

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (2019). *Anuario Estadístico de Energía 2018*. Recuperado de: <https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas/>

FTHENAKIS, V. ET AL. (2014). Prospects for Photovoltaics in Sunny and Arid Regions: A Solar Grand Plan for Chile – Part I-Investigation of PV and Wind Penetration. IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC). Pp. 1.424-1.429. Denver, Colorado, Estados Unidos.

GAETE-MORALES, C.; GALLEGRO-SCHMID, A., STAMFORD, L. y AZAPAGIC, A. (2018). Assessing the environmental sustainability of electricity generation in Chile. *Science of the Total Environment*, (636), 1.155-1.170.

GALLARDO, F.; PRATTICÒ, L. y TORO, C. (2019). A Thermo-Economic Assessment of CSP+TES in the North of Chile for Current and Future Grid Scenarios. *AIP Conference Proceedings* 2126, (1), 1-10.

GATICA, L. (2019). Vamos, que se puede. *Revista de Estudios Políticos y Estratégicos*, 7(11), 10-16.

GOBIERNO DE CHILE (17 de noviembre de 2017). Entrevista a Ministro de Energía. Recuperado de: <https://www.gob.cl/noticias/energia-sustentable-el-palacio-la-moneda-es-el-edificio-numero-100-del-programa-techos-solares-publicos/>

HERMAN, K. S. (2013). Attracting Foreign Direct Investment. The Chilean Government's Role Promoting Renewable Energy. International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA). Pp. 37-41. Madrid, España, 20-23 octubre.

JIMÉNEZ-ESTEVEZ, G.; PALMA-BEHNKE, R.; ROMÁN LATORRE, R. y MORÁN, L. (2015). Heat and Dust. *IEEE power & energy magazine*, marzo/abril, 71-77.

LAVÍN, C. (2016). Análisis del Mercado de Energía Solar en el Sector Residencial. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139154/Analisis-del-mercado-de-energia-solar-en-el-sector-residencial.pdf>

MELITA, P. (2019, noviembre 4). Entrevista a Pascual Melita. PV Magazine online. Recuperado de: <https://www.pv-magazine-latam.com/2019/11/04/nuevas-instalaciones-dentro-del-programa-techos-solares-publicos-en-chile/>

MINISTERIO DE ENERGÍA (2015). Energía 2050. Política Energética de Chile. Gobierno de Chile. Recuperado de: www.energia.gob.cl/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile

MINISTERIO DE ENERGÍA (2017a). *Memoria Programa Techos Solares Públicos*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile. Recuperado de: http://www.minenergia.cl/techossolares/?page_id=9

MINISTERIO DE ENERGÍA (2017b). Evaluación de resultados del Programa Techos Solares Públicos (PTSP) del Ministerio de Energía. Gobierno de Chile. Recuperado de: <http://docplayer.es/90577251-Evaluacion-de-resultados-del-programa-techos-solares-publicos-ptsp-del-ministerio-de-energia-informe-final.html>

MINISTERIO DE ENERGÍA (2018). Reporte de Costos de Adjudicación Programa Techos Solares Públicos. Gobierno de Chile. Recuperado de: http://www.minenergia.cl/techossolares/?page_id=1382

MINISTERIO DE ENERGÍA (2020). Estrategia de transición energética residencial. Gobierno de Chile. Recuperado de: https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_de_transicion_energetica_residencial_def.pdf

NAMA FACILITY (2018). *Guía de Operación y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos*. Documentos del Programa Techos Solares Públicos. Pp. 1-112. Recuperado de: https://techossolares.minenergia.cl/?page_id=9

NAMA Chile (2020). Índice de Precios de Sistemas Fotovoltaicos (FV) conectados a la red de distribución comercializados en Chile, versión 2019. Recuperado de: www.minenergia.cl/archivos_bajar/2020/02/Factsheet_IP_FV_Final.pdf

NASIROV, S. y ANGOSTINI, C. (2018). Mining experts' perspectives on the determinants of solar technologies adoption in the Chilean mining industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (95), 194-202.

REBOLLEDO SMITMANS, A. (2017, noviembre 17). Entrevista a Ministro de Energía Andrés Rebolledo Smitmans. Archivo Gobierno de Chile. Recuperado de: <https://www.gob.cl/noticias/energia-sustentable-el-palacio-la-moneda-es-el-edificio-numero-100-del-programa-techos-solares-publicos/>

ROJO, C.; ADELQUI, F. y DE HERDE, A. (2018). The difference between theoretical and measured energy consumption in residential heating: Chilean case. *Revista de la Construcción-Journal of Construction*, 17(1), 149-157.

ROMERO, P. (2016). Análisis de la Política Pública de Franquicia Tributaria para la Energía Solar Térmica en Chile. *Revista Estudios de Políticas Públicas*, (4), 84-101.

SERVET, J. F.; CERRAJERO, E., FUENTEALBA, E. y CORTES, M. (2014). Assessment of the impact of financial and fiscal incentives for the development of utility-scale solar energy projects in northern Chile. *Energy Procedia*, (49), 1885-1895.

SOTO OLEA, G. (2019, abril 28). Entrevista a Guillermo Soto Olea. Guía Chile Energía online. Recuperado de: <https://www.guiachileenergia.cl/abierta-licitacion-de-techos-solares-publicos-para-liceos-tecnicos-de-la-zona-centro-norte/>

SUBIRATS, J.; KNOEPFEL, P., CORINNE, L. y VARONE, F. (2008). *Análisis y gestión de políticas públicas*. Barcelona, España: Editorial Ariel.

URQUIZA, A.; AMIGO, C., BILLI, M. y ESPINOSA, P. (2018). Participatory Energy Transitions as Boundary Objects: The Case of Chile's Energía 2050. *Frontiers in Energy Research*, (16), 1-17.

VILABOIA, V. (2009). Análisis y Caracterización del Mercado de los Paneles Solares en Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103621>

WALTERS, J.; KAMINSKY, J. y HUEPE, C. (2018). Factors Influencing Household Solar Adoption in Santiago, Chile. *Journal of Construction Engineering and Management* 144(6), 1-10.

ZALAMEA, E. y GARCÍA, R. (2014). Roof characteristics for integrated solar collection in dwellings of Real-Estate developments in Concepción, Chile. *Revista de la Construcción-Journal of Construction*, 13(3), 36-44.

ZALAMEA, E. (2016). Potencial solar activo en techumbres de viviendas inmobiliarias. *Revista Hábitat Sustentable*, 6(1), 38-49.

ZALAMEA, E. y CUEVAS, C. (2019). Adaptability of photovoltaic mono-polycrystalline solar panels and photovoltaic roof tiles on dwelling roofs of real estate developments. *Revista de la Construcción-Journal of Construction*, 18(1), 42-53.

ANEXOS

Tabla 4. Inversión y reducción costos estimados (pesos) del PTSP, abril 2015 - diciembre 2016

Región	Inversión total	Ahorro anual estimado
Arica y Parinacota	37.327.191	3.100.000
Tarapacá	192.416.085	13.600.000
Antofagasta	669.903.681	57.600.000
Atacama	709.148.808	60.100.000
Coquimbo	351.369.520	44.000.000
Valparaíso	299.599.085	32.800.000
Metropolitana	770.775.637	73.100.000
O'Higgins	190.311.050	20.600.000
Maule	667.152.354	55.700.000
Total	3.888.003.411	360.600.000

Fuente: Ministerio de Energía, 2017a.

Tabla 5. Lista de instituciones públicas beneficiadas a diciembre de 2016

Proyecto o Establecimiento	Región	Comuna	Institución	Capacidad Licitada (kWp)
Teletón Arica	Arica y Parinacota	Arica	Teletón Arica	25
Cuartel PDI	Taparacá	Alto Hospicio	Policía de Investigaciones de Chile	30
Liceo Bicentenario Juan Pablo II	Taparacá	Alto Hospicio	Ilustre Municipalidad de Alto Hospicio	25
Teletón Iquique	Taparacá	Iquique	Teletón Iquique	25
Escuela Simón Bolívar	Taparacá	Calama	Ilustre Municipalidad de Alto Hospicio	20
Centro Cultural	Taparacá	Alto Hospicio	Ilustre Municipalidad de Alto Hospicio	15
Brigada Motorizada	Antofagasta	Calama	Ejército de Chile	100
Tercera Brigada Acorazada	Antofagasta	Antofagasta	Ejército de Chile	100
Liceo Eulogio Gordo A16	Antofagasta	Antofagasta	Ilustre Municipalidad de Antofagasta	25

Proyecto o Establecimiento	Región	Comuna	Institución	Capacidad Licitada (kWp)
Escuela Gabriela Mistral	Antofagasta	Tocopilla	Ilustre Municipalidad de Tocopilla	20
Escuela Padre Gustavo Le Paige D-65	Antofagasta	Antofagasta	Ilustre Municipalidad de Antofagasta	20
Escuela República de Italia D-66	Antofagasta	Antofagasta	Ilustre Municipalidad de Antofagasta	20
Juzgado de Familia y Trabajo	Antofagasta	Calama	Poder Judicial	20
Liceo B-8 Francisco de Aguirre	Antofagasta	Calama	Ilustre Municipalidad de Calama	20
Liceo Politécnico Diego Portales	Antofagasta	Tocopilla	Ilustre Municipalidad de Tocopilla	20
Escuela D-54 República de Chile	Antofagasta	Calama	Ilustre Municipalidad de Calama	15
Escuela Japón D-58	Antofagasta	Antofagasta	Ilustre Municipalidad de Antofagasta	15
Liceo A-27 Jorge Alessandri	Antofagasta	Calama	Ilustre Municipalidad de Calama	15
Liceo La Chimba B-36	Antofagasta	Antofagasta	Ilustre Municipalidad de Antofagasta	15
Escuela Párvulos Blanca Nieves G-113	Antofagasta	Antofagasta	Ilustre Municipalidad de Antofagasta	10
Escuela Edmundo Quezada	Atacama	Vallenar	Ilustre Municipalidad de Vallenar	50
Hospital de Copiapó	Atacama	Copiapó	Servicio de Salud	50
Hospital de Vallenar	Atacama	Vallenar	Servicio de Salud	50
Liceo Politécnico El Olivar	Atacama	Vallenar	Ilustre Municipalidad de Vallenar	50

Proyecto o Establecimiento	Región	Comuna	Institución	Capacidad Licitada (kWp)
Aeródromo Desierto	Atacama	Copiapó	Dirección General de Aeronáutica Civil	40
CESFAM Joan Crawford	Atacama	Vallenar	Ilustre Municipalidad de Vallenar	30
Regimiento Infantería N°23	Atacama	Copiapó	Ejército de Chile	30
Liceo Manuel Magalhaes	Atacama	Diego de Almagro	Ilustre Municipalidad de Diego de Almagro	20
Escuela Sara Cortés	Atacama	Diego de Almagro	Ilustre Municipalidad de Diego de Almagro	15
Polideportivo de Vallenar	Atacama	Vallenar	Ilustre Municipalidad de Vallenar	15
Escuela Aliro Lamas Castillo	Atacama	Diego de Almagro	Ilustre Municipalidad de Diego de Almagro	10
Escuela Capitán Rafael Torrealba	Atacama	Vallenar	Ilustre Municipalidad de Vallenar	10
Jardín Infantil Amanecer	Atacama	Copiapó	Junta Nacional de Jardines Infantiles	10
Edificio Consistorial	Coquimbo	Illapel	Ilustre Municipalidad de Illapel	80
Hospital de Illapel	Coquimbo	Illapel	Hospital de Illapel	60
Edificio Mercado de Abastos	Coquimbo	Illapel	Ilustre Municipalidad de Illapel	40
Polideportivo Ovalle	Coquimbo	Ovalle	Ilustre Municipalidad de Ovalle	30
Liceo Carlos Mondaca Cortés	Coquimbo	Vicuña	Ilustre Municipalidad de Vicuña	20
Municipalidad de Salamanca	Coquimbo	Salamanca	Ilustre Municipalidad de Salamanca	20
Escuela Lucila Godoy	Coquimbo	Vicuña	Ilustre Municipalidad de Vicuña	15
Juzgado Familia Ovalle	Coquimbo	Ovalle	Poder Judicial	15

Proyecto o Establecimiento	Región	Comuna	Institución	Capacidad Licitada (kWp)
Teatro Municipal Ovalle	Coquimbo	Ovalle	Ilustre Municipalidad de Ovalle	15
CESFAM Villa San Rafael	Coquimbo	Illapel	Servicio de Salud	10
CESFAM El Real	Valparaíso	San Felipe	Ilustre Municipalidad de San Felipe	60
Hospital de Los Andes	Valparaíso	Los Andes	Servicio de Salud	30
Liceo Politécnico América	Valparaíso	Los Andes	Ilustre Municipalidad de Los Andes	30
CESFAM Cordillera Andina	Valparaíso	Los Andes	Servicio de Salud	20
CESFAM Segismundo Iturra	Valparaíso	San Felipe	Ilustre Municipalidad de San Felipe	20
Escuela La Frontera de Carabineros	Valparaíso	Los Andes	Carabineros	20
Juzgado de Familia	Valparaíso	Los Andes	Poder Judicial	20
CESFAM Centenario	Valparaíso	Los Andes	Ilustre Municipalidad de Los Andes	15
Escuela Ignacio Carrera Pinto	Valparaíso	Los Andes	Ilustre Municipalidad de Los Andes	15
Juzgado de Garantía	Valparaíso	Los Andes	Poder Judicial	10
Hospital Barros Luco Trudeau	Metropolitana	San Miguel	Servicio de Salud	100
Hospital Padre Hurtado	Metropolitana	San Ramón	Servicio de Salud	100
CESFAM Peñaflores	Metropolitana	Peñaflores	Ilustre Municipalidad de Peñaflores	90
Museo de la Memoria	Metropolitana	Santiago	Museo de la Memoria	70
Hospital El Pino	Metropolitana	San Bernardo	Servicio de Salud	30

Proyecto o Establecimiento	Región	Comuna	Institución	Capacidad Licitada (kWp)
Hospital Luis Tisné	Metropolitana	Peñalolén	Servicio de Salud	30
Hospital San Juan	Metropolitana	Santiago	Hospital San Juan	30
Hospital Peñaflo	Metropolitana	Peñaflo	Servicio de Salud	25
Contraloría Santiago	Metropolitana	Santiago	Contraloría General de la República	15
Escuela Emilia Lascar	Metropolitana	Peñaflo	Ilustre Municipalidad de Peñaflo	15
Edificio Consistorial	Metropolitana	Peñaflo	Ilustre Municipalidad de Peñaflo	10
Escuela Rosalinda Perscio	Metropolitana	Peñaflo	Ilustre Municipalidad de Peñaflo	10
Hospital de Santa Cruz	O'Higgins	Santa Cruz	Servicio de Salud	40
CESFAM Santa Cruz	O'Higgins	Santa Cruz	Ilustre Municipalidad de Santa Cruz	30
Juzgado de Garantía	O'Higgins	Santa Cruz	Poder Judicial	20
Contraloría Rancagua	O'Higgins	Rancagua	Contraloría General de la República	15
Edificio Consistorial	O'Higgins	Santa Cruz	Ilustre Municipalidad de Santa Cruz	15
Escuela Especial	O'Higgins	Santa Cruz	Ilustre Municipalidad de Santa Cruz	10
Escuela Yaquil	O'Higgins	Santa Cruz	Ilustre Municipalidad de Santa Cruz	10
Juzgado de Letras	O'Higgins	Santa Cruz	Poder Judicial	10
Hospital de Cauquenes	Maule	Cauquenes	Ministerio de Salud	100
Hospital San José	Maule	Parral	Ministerio de Salud	60
CECOSF Chile Nuevo	Maule	San Clemente	Ilustre Municipalidad de San Clemente	30
CESFAM Ricardo Valdés	Maule	Cauquenes	Ilustre Municipalidad de Cauquenes	25

Proyecto o Establecimiento	Región	Comuna	Institución	Capacidad Licitada (kWp)
Teletón Talca	Maule	Talca	Teletón Talca	20
Centro Penitenciario Cauquenes	Maule	Cauquenes	Gendarmería	15
Escuela Diferencial San Clemente	Maule	San Clemente	Ilustre Municipalidad de San Clemente	10
Escuela Pehuenche	Maule	San Clemente	Ilustre Municipalidad de San Clemente	10

Fuente: Ministerio de Energía, 2017a, pp. 110-111.