

La evaluación de impacto ambiental en el sector productivo energía



Evaluación de Impacto Ambiental

- Generación energética: evolución, escenarios y herramientas desde la evaluación ambiental



PAPERS

- Centrales geotérmicas: explotación renovable del recurso



Tecnologías

- El rol del SEIA en el avance de las ERNC: Un análisis basado en datos



REVISTA TÉCNICA SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

Comité Editorial:

Dirección Ejecutiva
División de Evaluación Ambiental y Participación Ciudadana
Departamento de Estudios y Desarrollo
Departamento de Comunicaciones

Edición, Diseño y Diagramación:

Departamento de Comunicaciones

Fuentes gráficas utilizadas:

bancoaudiovisual.sernatur.cl
freepik.es
pixabay.com

Dirección:

Miraflores 222, pisos 7,19 y 20 Santiago

Teléfono:

(56-2) 26164000

Sitio web:

www.sea.gob.cl

2021

Esta publicación es referencial y corresponde al análisis efectuado por el Servicio de Evaluación Ambiental. Por lo tanto, no son criterios definitivos a adoptar.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

REVISTA TÉCNICA
Servicio de Evaluación Ambiental

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

PAPERS

TECNOLOGÍAS



La geografía de nuestro país impone el gran desafío de establecer una red de generación y distribución robusta y eficiente, capaz de mantener de manera estable la necesidad de la demanda actual y creciente en el futuro inmediato. Relevante y esencial resulta que esta sea sobre la base de una matriz estructurante diversa e integrada de fuentes de actividades de generación sustentables, en función de las características que naturalmente ofrece el territorio nacional en sus más diversas expresiones, únicas en el contexto global, para así cimentar la oportunidad de implementar una red de suministro sostenible y sustentable, con el gran desafío de la mirada territorial enfocada en las especificaciones regionales o macrozonales.

La evolución de las actividades productivas más representativas del país, en cuanto a generación económica, prácticamente en las últimas décadas del siglo pasado y comienzos del presente, distribuidas en dos áreas del país: zona norte y centro, así como la concentración poblacional del país en la zona centro (Coquimbo - Biobío) llevaron al establecimiento proporcionalmente de un bajo número de proyectos generadores de energía con alta capacidad de producción, pero con una concentración territorial de fuentes de generación de energía sobre la base de recursos naturales no renovables, así como igualmente de centrales hidroeléctricas convencionales (generación mayor a 20 MW).

Por el cambio, o más bien por el proceso impulsado por lo ya ampliamente conocido del efecto de emisiones global, y por cierto también local, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) comienza a registrar en el período 2000-2010 un aumento de ingreso de proyectos generadores no convencionales, diversificándose la matriz de generación, destacándose aquellos del tipo eólico y centrales hidroeléctricas de menor tamaño, ampliando la representatividad territorial hacia la zona centro sur. Así, para este período, de un total aproximado de 14.400 iniciativas que ingresaron al SEIA, los proyectos de energía (incluyendo los sistemas de distribución) tienen una representatividad de un 5%.

Durante el período equivalente 2011-2021, de un total aproximado de 11.000 iniciativas sometidas al SEIA, el porcentaje representativo de proyectos de energía (incluyendo los sistemas de distribución) sometidos a evaluación ambiental muestran un incremento sustantivo, alcanzando prácticamente el 20%. Este aumento se ve reflejado excepcionalmente durante el presente año, alcanzando las actividades de esta tipología ingresadas a evaluación ambiental durante el transcurso del año 2021 un 15% del total de proyectos de energía del período 2011-2021.

Además del significativo aumento de actividades del clúster energía presentadas al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el último tiempo, se destaca junto a la consolidación de las energías limpias eólica y mini-hidroeléctricas, la incorporación a esta actividad de nuevas fuentes generadoras, ampliándose de manera importantísima el espectro de generación sustentable sobre la base de recursos naturales renovables, como la solar-fotovoltaica, con una alta presencia en la zona norte y centro del país. Cabe destacar igualmente en el ámbito de las energías limpias el avance en fuentes de energía como lo es la geotérmica, principalmente en el extremo norte del país, e hidrógeno verde, en el extremo sur del territorio nacional (Magallanes).

El aumento de proyectos energéticos en el SEIA, y su carácter diversificado, sobre todo hacia actividades generadoras sustentadas por energías limpias, buena parte de ellas como los proyectos eólicos, solar-fotovoltaico e hidroeléctricas de menor tamaño, entre otros, además distribuidas en territorios más extensos a los habituales en el pasado, compartiendo en cierta medida aspectos y cuestiones básicas y comunes, ha permitido al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) integrar una evaluación territorio-característica, aunando las capacidades profesionales instaladas en el Servicio con las experiencias regionales, generando unicidad en los aspectos relevantes y esenciales de la evaluación ambiental.

En este número de nuestra Revista Técnica ponemos a vuestra disposición los artículos "Generación energética: evolución, escenarios y herramientas desde la evaluación ambiental" e "Hidrógeno verde"; el primero reseña la evolución, los escenarios y las herramientas desde la evaluación ambiental, y el segundo permite interiorizarse en la relevancia para nuestro país de la formación de este energético. Igualmente, este ejemplar presenta diversos *papers* sobre proyectos de generación de energías limpias de geotermia, fotovoltaica y proyectos solares, además de un análisis sobre la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP), para finalizar con el artículo "El rol del SEIA en el avance de las ERNC: Un análisis basado en datos", que da cuenta de las cifras relacionadas con la evolución de este tipo de proyectos ingresados a evaluación ambiental.

Cabe, sin más, señalar el mayor de los agradecimientos por la colaboración para la edición en este número a los profesionales de las Direcciones Regionales del SEA, de la División de Evaluación Ambiental y Participación Ciudadana y del Ministerio de Energía que participaron, como asimismo a la Dirección Ejecutiva que lidera tan importante y esencial iniciativa.

Alfredo Wendt Scheblein
Dirección Regional de Los Lagos
Servicio de Evaluación Ambiental

Generación energética: evolución, escenarios y herramientas desde la evaluación ambiental

Jocelyn Morales López y María Cristina Hernández Núñez
División de Evaluación Ambiental y Participación Ciudadana
Servicio de Evaluación Ambiental

“De acuerdo con los datos analizados se puede relevar que en el año 2020 la cantidad de proyectos de generación de energía aumentó significativamente respecto a los años anteriores, además de considerar que desde enero a abril del presente año el número de proyectos solares fotovoltaicos ingresados corresponde a un 67% del total de proyectos energéticos ingresados durante el año 2020”

La energía es un factor clave y estratégico para alcanzar los objetivos de desarrollo socioeconómicos, por lo que se hace necesario asegurar el suministro energético futuro en concordancia con las exigencias de la población y las normativas respecto a este sector. Por su parte, la población demanda cada vez mayores niveles de bienestar personal y colectivo, lo que ha implicado un aumento sostenido del consumo de energía eléctrica, generando un continuo desafío respecto a la planificación de políticas públicas que permitan satisfacer estas demandas convocando a los diversos sectores, públicos y privados, con la finalidad de lograr un desarrollo sustentable.

De acuerdo con el Reporte Estadístico Mensual de abril de 2021¹, del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), el principal rubro económico que ingresa a evaluación a la fecha corresponde al sector energético², con 289 proyectos en calificación, asociados a un monto de inversión de MMU\$17.926,92.

Para efectos de esta publicación se desarrollará un análisis respecto de los proyectos de generación energética insertos en el SEIA, que se enfocará en las centrales de generación

eléctrica superiores a 3 megawatts (MW), correspondiente a la tipología de ingreso establecida en el artículo 10 letra c. de la Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente o Ley N°19.300.

Evaluación ambiental en el SEIA: ¿Qué proyectos de energía se evalúan?

Previo a la promulgación de la Ley N°19.300, los proyectos de inversión eran evaluados de manera sectorial mediante el otorgamiento de permisos ambientales y autorizaciones por parte de diversos servicios públicos, con y sin competencia ambiental. Dado este contexto, el proceso se dificultaba por diversas razones, entre ellas: la significativa cantidad de ventanillas para obtener las autorizaciones necesarias, la superposición de atribuciones por parte de diferentes servicios públicos y la profunda cultura centralista del país que impulsaba a los órganos de la Administración del Estado, que estaban descentralizados administrativamente, a seguir funcionando con poca autonomía al momento de otorgar los permisos (Gamberini et al, 2019).

¹ Disponible en <https://www.sea.gob.cl/documentacion/reportes/reporte-estadistico-mensual-de-proyectos-en-el-seia-abril-2021>.

² En la plataforma e-SEIA se consideran parte del sector energético aquellos proyectos que ingresen bajo las tipologías b1, b2, c, d, j (oleoductos y gasoductos).



Con la creación de una incipiente institucionalidad ambiental en los años 1993-1994 se promulga en Chile la Ley N°19.300, que entre otros aspectos establece los principales lineamientos en materia de evaluación ambiental de los proyectos de inversión.

Cabe destacar que respecto a la tipología de ingreso literal c) *Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW*, esta no ha sufrido modificaciones desde la implementación de los Reglamentos del SEIA:

- Decreto Supremo N°30/1997³
- Decreto Supremo N°95/2002⁴
- Decreto Supremo N°40/2012⁵



En cuanto a la distribución regional de generación energética aprobada⁶, se puede señalar que la región con mayor potencia instalada (MW) aprobada en el SEIA corresponde a la Región de Antofagasta, con 27.956 MW; seguida por Atacama, con 11.568 MW, y finalmente, por Biobío, con 7.832MW. En cuanto a la menor cantidad de MW de generación ésta se presenta en Magallanes, con 60,3 MW, y Aysén, con 65,9 MW (ver Mapa 1).

Mapa 1: Distribución regional de generación instalada en MW aprobada en el SEIA⁷.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes proporcionados por el Ministerio de Energía.

³ Vigencia desde el 04/04/1997 al 07/12/2002.

⁴ Vigencia desde el 8/12/2002 al 23/12/2013.

⁵ Vigencia desde el 24/12/2013 a la fecha.

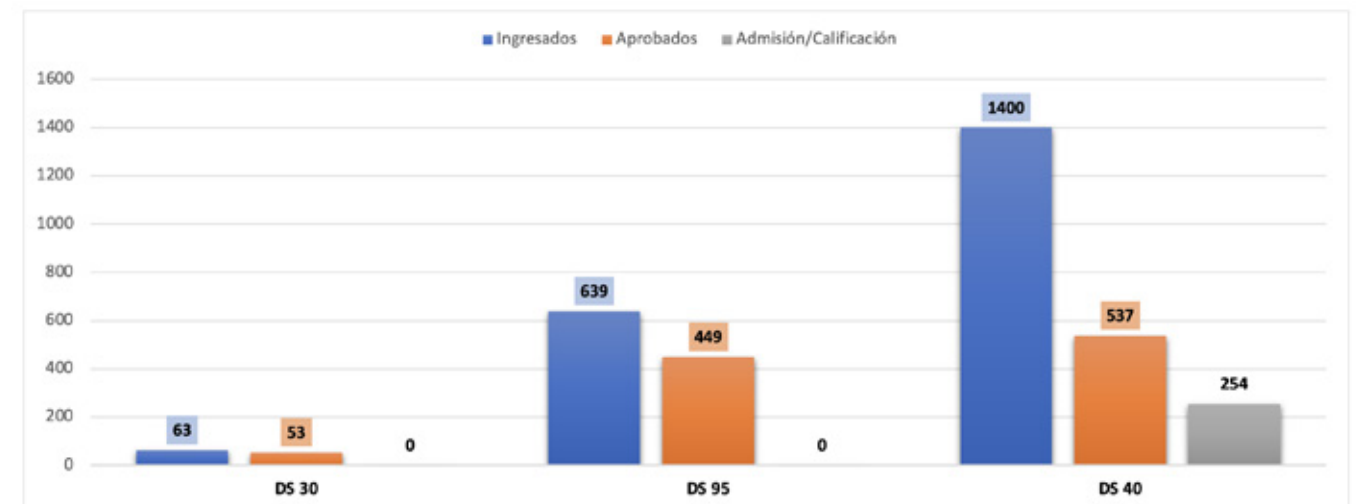
⁶ Desde la entrada en vigencia del DS N°30/1997 a la fecha.

⁷ Se considera la generación energética en potencia instalada aprobada ambientalmente desde el 04/04/1997 hasta el 30/04/2021.

Al analizar los proyectos de generación energética ingresados a evaluación por vigencia de Reglamentos del SEIA, se puede observar un aumento sustantivo de los proyectos ingresados a evaluación del sector productivo

energético, que fluctúa de 63 proyectos ingresados durante el período de vigencia del DS N°30, a 1.400 proyectos ingresados a evaluación desde la entrada en vigencia del DS N°40 (ver Gráfico 1).

Gráfico 1: Número de proyectos de generación energética tramitados en el SEIA según Reglamentos del SEIA.



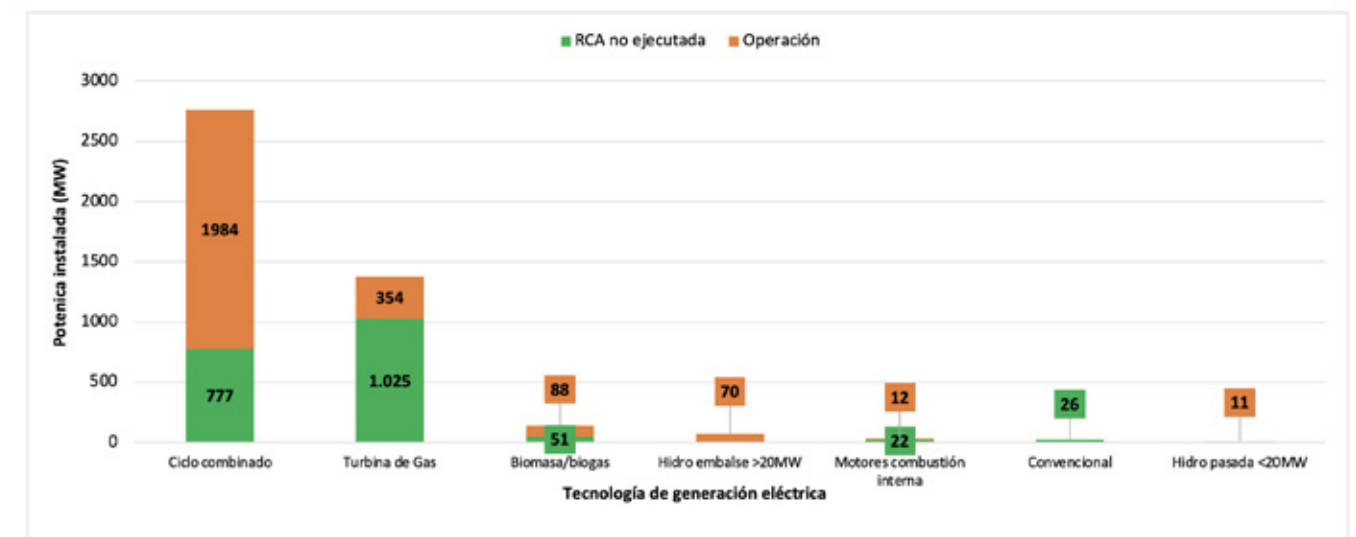
Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del SEIA.

DS N°30/1997: En cuanto a la potencia instalada en megawatts (MW) asociados a las tipologías de generación aprobadas, se destaca que la mayor generación está asociada a ciclo combinado⁸ (2.760 MW), seguida por turbina gas (1.379 MW).

A su vez, se destaca que existen 1.900 MW con RCA no ejecutada, que aún no se encuentran ni en construcción ni en operación, lo que da cuenta de un superávit de generación eléctrica aprobada en el SEIA (ver Gráfico 2).

Por otro lado, las tecnologías que ingresaron en menor medida corresponde a hidro de pasada <20MW (11 MW), convencional (26 MW) y motores de combustión interna (33 MW).

Gráfico 2: Cantidad de MW de generación energética de proyectos por tipología de generación tramitados ambientalmente en el DS N°30/1997.



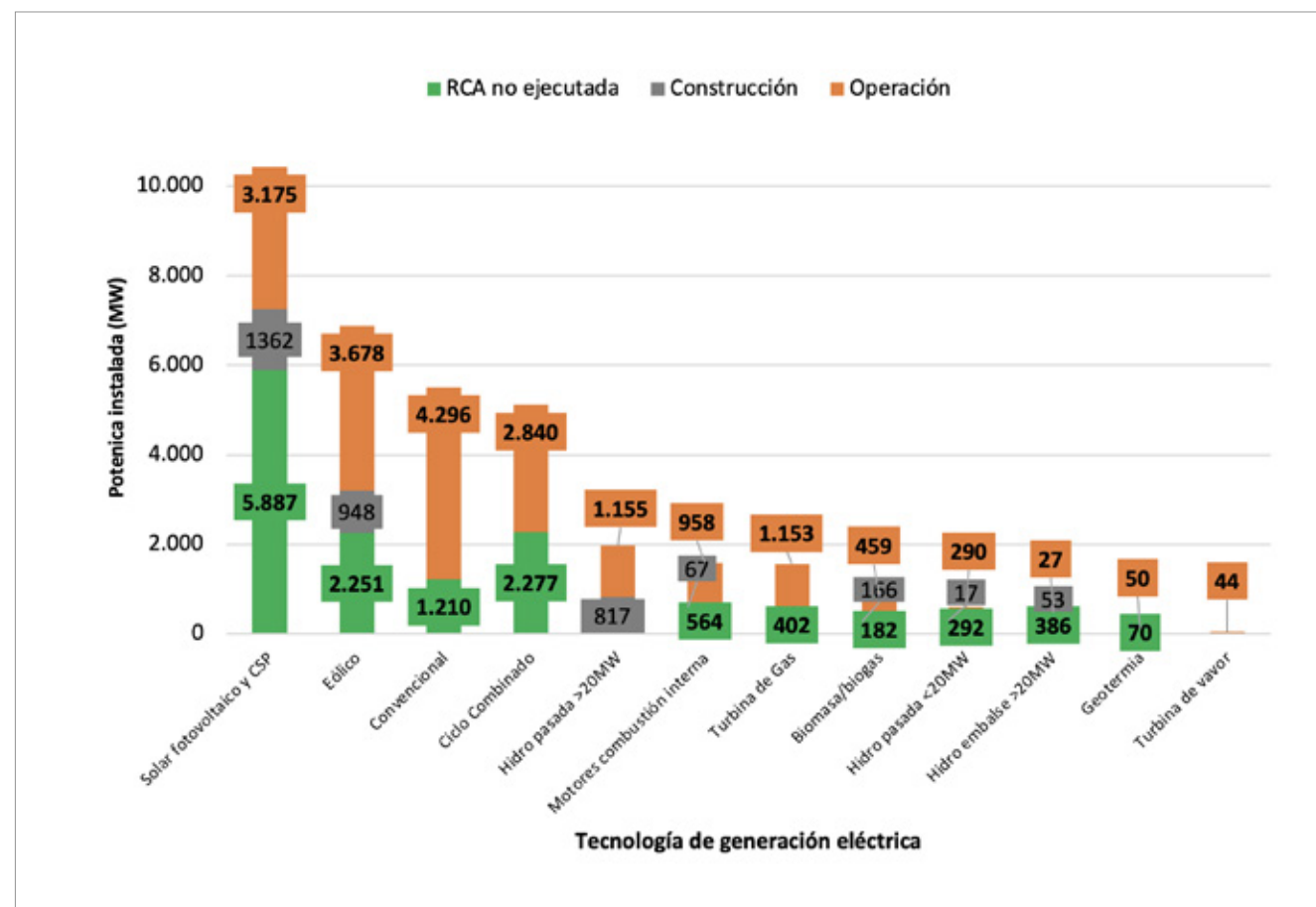
Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes proporcionados por Ministerio de Energía.

⁸ Calderas empleadas en termoeléctricas.

DS N°95/2002: Con respecto a la generación instalada asociados a las tipologías de generación aprobadas, se destaca que la mayor generación está asociada a solar fotovoltaica y CSP (10.424 MW), seguida por eólico (6.877 MW).

Por otro lado, las tecnologías que ingresaron en menor medida corresponden a turbina de vapor (44 MW) y geotermia (120 MW).

Gráfico 3: Cantidad de MW de generación energética de proyectos por tipología de generación tramitados ambientalmente en el DS N°95/2002.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes proporcionados por el Ministerio de Energía.

DS N° 40/2012: De acuerdo a los MW asociados a tipologías de generación aprobadas en el SEIA con vigencia de este Reglamento de evaluación, se destaca que la mayor generación está asociada a solar fotovoltaica y CSP (29.310 MW), seguida por eólico (9.123 MW).

Por otro lado, las tecnologías con menor generación ingresadas corresponden a geotermia (35 MW) y convencional (47 MW).

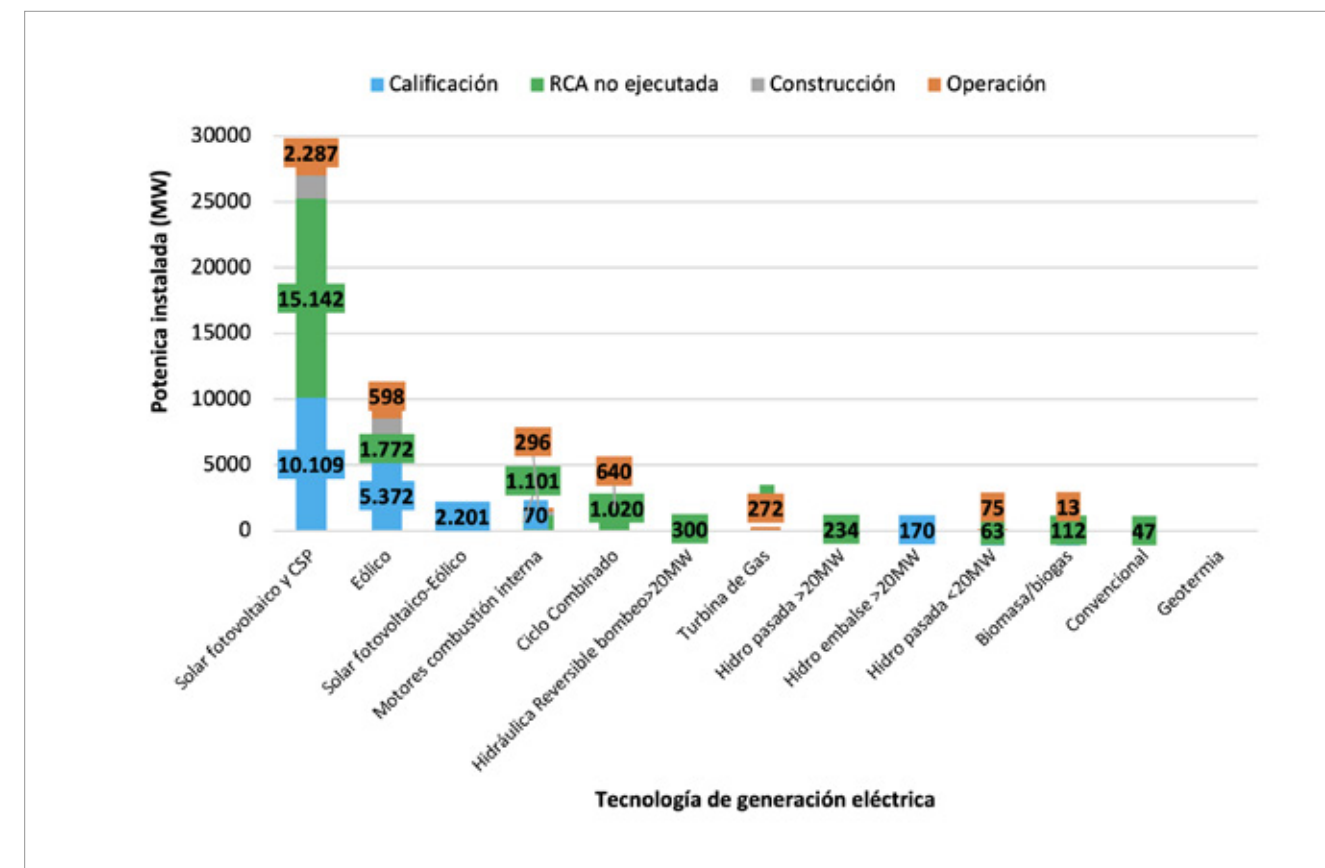
A su vez, se destaca que existen 13.473 MW (38,2% del total de proyectos) con RCA no ejecutada, lo que quiere decir que aún no se encuentran ni en construcción ni en operación, lo que da cuenta de un superávit de generación eléctrica aprobada.

En tanto, cerca de 3.249 MW (9,7%) se encuentra en construcción, y cerca de 18.355 MW (52%) se encuentra en operación o pruebas (ver Gráfico 3).

A su vez, se destaca que existen 19.801 MW (43,6% del total proyectos) con RCA no ejecutada en el SEIA, que aún no se encuentran ni en construcción ni en operación, lo que da cuenta de un superávit de generación eléctrica aprobada, mientras que 17.954 MW (39,5%) se encuentran en calificación.

En tanto, cerca de 3.470 MW (7,6%) se encuentra en construcción, y cerca de 4.179 MW (9,2%) se encuentra en operación o pruebas (ver Gráfico 4) de los proyectos aprobados en el SEIA en el período estudiado.

Gráfico 4: Cantidad de MW de generación energética de proyectos por tipología de generación tramitados ambientalmente en el DS N°40/2013.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes proporcionados por el Ministerio de Energía.

Este análisis da cuenta de la transición en la cual Chile ha contado con una producción de generación eléctrica no renovable, impulsada principalmente por las tecnologías termoeléctricas, para hacer frente a los diversos desafíos energéticos del país y que ya en el último tiempo ha dado un giro importantísimo, incorporando cada vez más las tecnologías renovables, principalmente caracterizadas por la generación solar y eólica, que representan alternativas altamente competitivas y cuyo objetivo responde a un futuro energético sustentable.



⁹ https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estudio_de_cuencas_2.pdf

¹⁰ <http://www.minenergia.cl/per/index.php>

¹¹ <http://exploradores.minenergia.cl/>

Relación de política y planes energéticos con el SEIA

La publicación de planes, programas y la política energética han determinado la tendencia en tipologías de generación energética de este sector, fomentando con el paso de los años una generación más sustentable e inclusiva que apunta a un futuro energético bajo en emisiones, a costos competitivos, exclusivos y resiliente (Hoja de ruta 2015).

A partir de la Agenda de Energía 2014, se potencia la energía geotérmica para el desarrollo local, se establecen criterios de sustentabilidad que dan paso a la promoción de proyectos hidroeléctricos, sumado a una agenda de ordenamiento territorial para la hidroelectricidad (por ejemplo, estudio de cuencas⁹, planes energéticos regionales¹⁰, entre otros). A su vez, se demuestran los potenciales de energía en materia de minihidráulica, como también de energía solar y eólica, asociado a los exploradores de energía¹¹.

El 2015 se genera un gran hito, pues se publica la primera Política Energética que, además, contó con Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Esta política busca establecer, entre otros objetivos, que al menos un 70% de la matriz eléctrica al 2050 provenga de fuentes renovables, con énfasis en energía solar y eólica, complementada con nuevos desarrollos hidroeléctricos, así como con la progresiva incorporación de otras fuentes de generación renovable emergentes en el país, tales como la geotermia, biomasa y energía oceánica. La Política Energética también refleja un compromiso frente al cambio climático pues impone y apoya decididamente una transición hacia una economía —y una matriz energética— significativamente más baja en carbono, alcanzando al menos un 30% de reducción en emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) al 2030, según los compromisos internacionales adquiridos (Política 2050, 2015).

Con la ruta energética 2018-2022 se promueve la descarbonización de la matriz. Para lograr este objetivo se genera un acuerdo entre el Gobierno de Chile y las empresas generadoras a carbón, junto con la entrada de nuevas tecnologías como hidrógeno, concentración solar de potencia, geotermia, entre otras, y almacenamiento, reconociendo el aporte que puedan realizar a la flexibilidad del sistema y los eventuales impactos que ello pueda provocar.

A su vez se implementa la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP), que corresponde a un proceso que se realiza cada cinco años, pero que se prepara y desarrolla de forma continua con la finalidad de identificar polos de desarrollo y proyectar el futuro energético del país.

Con el fin de alcanzar un desarrollo energético sustentable y armónico, la actualización de la Política Energética Nacional al año 2050 ingresó al proceso de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) el 20 agosto de 2020¹².

Escenario desde la implementación de la Política Energética 2050

La Política Energética fue aprobada por Decreto Supremo N°148, del 30 de diciembre del 2015, emanado de la Presidencia de la República y refrendado por todos los ministerios involucrados, con el objetivo de propiciar un adecuado trabajo interministerial.

Con la publicación de la Política Energética se promueve el desarrollo de un abanico más amplio de tecnologías de generación que ingresan a evaluación ambiental. Es así como a contar de la fecha de aprobación de la Política Energética¹³, con datos aportados por el Ministerio de Energía, se puede indicar que el mayor número de proyectos aprobados corresponde a solar fotovoltaico, con un total de 344 proyectos, seguido por el tipo eólico, con 29 proyectos.

Tabla 1: Número de proyectos totales aprobados en el SEIA por tecnología de generación de energía¹⁴.

Tecnología generadora de energía	Número de proyectos ingresados al SEIA por año					Total
	2016	2017	2018	2019	2020	
Biomasa/biogás	2	2	1			5
Central hidráulica		1				1
Ciclo combinado	1					1
Convencional	1	1	1			3
Eólico	18	2	6	3		29
Geotermia		1				1
Hidro de pasada < 20 MW	3	3	1			7
Hidro de pasada > 20 MW	1					1
Motores de combustión interna	6	4	5	3	1	19
Solar fotovoltaica y CSP	3					3
Solar fotovoltaico	37	25	53	100	129	344
Turbina de Gas	1	2				3
Total	73	42	67	106	130	418

Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes proporcionados por el Ministerio de Energía.

¹² <https://energia.gob.cl/energia2050/EAE>

¹³ Entrada en vigencia desde el 30/12/2015.

¹⁴ Desde el 01/01/2016 al 31/04/2021.

De acuerdo con los datos analizados se puede relevar que en el año 2020 la cantidad de proyectos de generación de energía aumentó significativamente respecto a los años anteriores, además de considerar que desde enero a abril del presente año el número de proyectos solares fotovoltaicos ingresados corresponde a un 67% del total de proyectos energéticos ingresados durante el año 2020.

Tiempos de tramitación en el SEIA

Al analizar los tiempos de tramitación en el SEIA asociados a proyectos de generación de energía mayores a 3MW podemos señalar que desde la entrada en vigencia del DS N°40 los plazos de evaluación legales desde el 2014 hasta el 2019¹⁵ han cumplido con un promedio de 155,5 días hábiles, en el caso de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), y con un promedio de 77,8 días hábiles para las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA).

Para lograr una evaluación ambiental más expedita de los proyectos de generación energética, junto con disminuir los tiempos asociados a las suspensiones solicitadas por parte de los titulares, se recomienda:

- Representatividad de las campañas de terreno vinculadas al levantamiento de líneas de base (EIA), o caracterizaciones ambientales (DIA), considerando la temporalidad, para recursos naturales, por ejemplo biota.
- Presentar la totalidad de los contenidos vinculados a los Permisos Ambientales Sectoriales (PAS) aplicables, ciñéndose a la observancia de las guías trámite, en caso de corresponder.
- Presentar la información espacial asociada a las partes y obras del proyecto, como también a las áreas de influencia en formato *kmz/kml* y *shp*.
- Indicar el detalle adecuado sobre el plan de medidas y los planes de seguimiento correspondientes, en el caso de EIA.

Herramientas del SEA para afrontar los proyectos de evaluación energéticos

Es imperativo reconocer que el SEIA es un instrumento de gestión ambiental que busca y persigue el desarrollo sustentable a través de la inclusión de variables de índole ambiental en los proyectos que ingresan a evaluación. Este instrumento de tercer orden requiere para su correcto funcionamiento nutrirse de otros instrumentos para una adecuada gestión ambiental, como normas, planes, políticas, programas, entre otros.

En tanto el SEA, por su parte, cumpliendo uno de los requisitos legales establecidos en la Ley N°19.300, constantemente se encuentra uniformando criterios, condiciones, antecedentes y exigencias técnicas de la evaluación de impacto ambiental de proyectos y actividades. Es así como en materia de energía se han desarrollado diferentes guías de evaluación y guías trámite PAS que tienen alta incidencia en los proyectos de energía sometidos a evaluación¹⁶.

Finalmente, se releva la importancia de observar las guías de evaluación, los instructivos, los criterios técnicos de evaluación, las guías trámite PAS con la finalidad de fortalecer y robustecer la evaluación ambiental de proyectos de energía.



¹⁵ Para este análisis se consideraron los proyectos de la tipología c) Centrales generadoras de energía mayores a 3MW presentados a evaluación desde la entrada en vigencia del DS N°40 y que se encuentran aprobados o rechazados hasta el 30/04/2021.

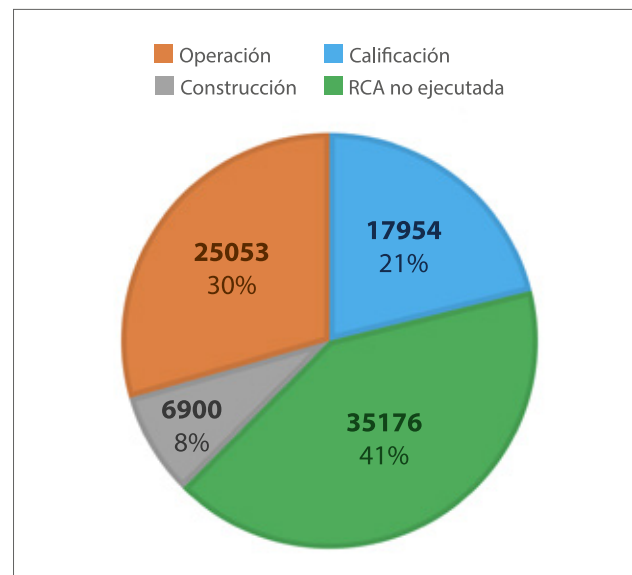
¹⁶ <https://www.sea.gob.cl/documentacion/guias-evaluacion-impacto-ambiental>

Conclusiones

Finalmente, respecto de lo señalado en los apartados anteriores es preciso señalar que:

- Existe un superávit de energía aprobada en el SEIA que mantiene a este Servicio con una constante alta carga de proyectos en evaluación, pero que no se concreta en su total construcción u operación, manteniéndose a la fecha un 41% de potencia instalada asociada a proyectos con RCA no ejecutadas, un 30% con RCA en operación, un 8% con RCA en construcción y un 21% de potencia instalada de generación en calificación ambiental (ver Gráfico 5).

Gráfico 5: Cantidad de MW de generación energética posterior a la evaluación ambiental.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes proporcionados por el Ministerio de Energía.

- En cuanto a la distribución espacial se destacan las regiones del norte de nuestro país, (Antofagasta, Atacama, Tarapacá) como las regiones con mayor capacidad instalada aprobada en el SEIA. Esta situación se relaciona y coincide con el fomento y promoción de las energías renovables, caracterizadas principalmente por la predominancia de la energía fotovoltaica que, para el 2020 concentró 4.453, 15 MW aprobados en el SEIA, así como con las condiciones de radiación solar predominante en el norte del país.

- Es importante señalar que, en términos de plazos de evaluación, estos se han caracterizado por un alto número de días asociadas a la suspensión del período de evaluación, mayoritariamente solicitada por los titulares de proyectos para complementar la información con que se presentan a evaluación en EIA o DIA y que es solicitada por los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (Oaeca), incluido el SEA, en el Informe Consolidado de Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones o Ampliaciones (Icsara). Por lo que entendiendo la relevancia de los proyectos de energía para el país es primordial que los titulares de proyecto sigan los lineamientos de las guías trámite PAS, y aquellas que se relacionan con los objetos de protección impactados y sus áreas de influencia relacionadas, con la finalidad de lograr una expedita evaluación ambiental. A su vez, considerar también las guías de descripción de proyecto, sobre todo para proyectos fotovoltaicos y eólicos, considerando que son los que concentran los más altos ingresos al SEIA.
- Se recomienda que ante las definiciones de localización que, si bien debieran estar más bien radicadas en los instrumentos de segundo nivel, específicamente ordenamiento territorial, cuando éstas no existan, se puedan generar acercamientos a través de procesos de diálogo tempranos con las comunidades que habitan las potenciales zonas de localización del proyecto en forma previa a que el proyecto ingrese al SEIA, con el objetivo de entregar mayor certidumbre a la evaluación a través de la licencia social de las comunidades¹⁷ a estos proyectos.

Bibliografía

- Carter Gamberini, V., Henríquez Ruiz, C., & Bruna Morales, C. (2019). Aportes y desafíos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) a la conservación de la biodiversidad en Chile. Investigaciones Geográficas, (72), 9-29. <https://doi.org/10.14198/INGEO2019.72.01>.
- Ministerio de Energía. 2014. Agenda de energía, un desafío país, progreso para todos. https://energia.gob.cl/sites/default/files/agenda_de_energia_-_resumen_en_espanol.pdf
- Ministerio de Energía. 2015. Política Energética de Chile. Energía 2050. Disponible en https://energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_politica_energetica_de_chile.pdf
- Ministerio de Energía. 2018 - 2022. Ruta de energética. Liderando la modernización con sello ciudadano.
- Servicio de Evaluación Ambiental. 2020. Guía para la descripción de centrales eólicas de generación de energía eléctrica en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl
- Servicio de Evaluación Ambiental. 2020. Guía para la descripción de centrales de generación de energía hidroeléctrica de potencia menor a 20 MW en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl
- Servicio de Evaluación Ambiental. 2020. Guía para la descripción de centrales eólicas de generación de energía eléctrica en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl
- Servicio de Evaluación Ambiental. 2020. Guía para la descripción de proyectos de centrales solares de generación de energía eléctrica en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl
- Servicio de Evaluación Ambiental. 2020. Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Geotérmicas de Generación de Energía Eléctrica. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl
- Servicio de Evaluación Ambiental. 2020. Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales de Generación de Energía Eléctrica con Biomasa y Biogás. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl
- Servicio de Evaluación Ambiental. 2020. Guía para la aplicación del DS N°38, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica, para proyectos de parques eólicos en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl
- Servicio de Evaluación Ambiental. 2020. Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl

¹⁷ De acuerdo con el artículo 7 del Reglamento del SEIA, se entiende comunidades como símil de grupos humanos, según se detalla: "Se entenderá por comunidades o grupos humanos a todo conjunto de personas que comparte un territorio, en el que interactúan permanentemente, dando origen a un sistema de vida formado por relaciones sociales, económicas y culturales, que eventualmente tienden a generar tradiciones, intereses comunitarios y sentimientos de arraigo".



Columna de Opinión



Por Francisco Javier López Díaz
Subsecretario de Energía

UN FUTURO CON ENERGÍA SUSTENTABLE

El respeto por la regulación ambiental cobra cada vez más fuerza en el desarrollo de toda clase de proyectos. Las empresas han ido tomando conciencia de que para ser sostenibles deben combinar un buen desempeño económico con altos estándares de integridad y un adecuado manejo de los riesgos. Esta es una de las claves del mundo moderno.

Si analizamos los avances que ha conseguido Chile en materia medioambiental las últimas décadas, uno de los pilares es su robusta institucionalidad. Entre los hitos claves encontramos la dictación de la Ley N°20.417 que creó el Servicio de Evaluación Ambiental. Todas las normas y políticas ambientales pueden terminar en “letra muerta” si no existe un ente que evalúe el impacto de los proyectos y, a su vez, tutele bienes jurídicos como el medio ambiente, la participación ciudadana y los derechos de los pueblos indígenas.

En la actualidad, nuestra institucionalidad ambiental es esencial para toda planificación y desarrollo de proyectos. Ella ha ayudado de forma efectiva a mitigar los impactos ambientales, con estrategias preventivas y amigables con nuestro entorno. El sector Energía no ha sido la excepción, demostrando no solo estar a la altura del cumplimiento de las normas medioambientales, sino también generado instancias de participación que van más allá de lo exigido. El crecimiento exponencial que viene experimentando la industria ha incorporado esta premisa.

El enorme potencial energético de nuestro país, especialmente de las energías renovables, junto a una institucionalidad ambiental que ofrece certeza jurídica, han convertido a los desiertos más secos del mundo en tierra fértil para la atracción de capitales destinados al desarrollo de proyectos fotovoltaicos. Por su parte, los vientos patagónicos en las zonas más australes del país están comenzando a utilizarse en miras al desarrollo de los primeros proyectos de hidrógeno verde. Esto genera una gran oportunidad para la reactivación económica y la creación de nuevos empleos, tan necesarios para mitigar los efectos de la pandemia.

La seguridad jurídica y el aprovechamiento del potencial energético constituyen un eje central en la implementación de las políticas y estrategias del Ministerio de Energía de cara al futuro de Chile. Dentro de ellas podemos destacar las metas de carbono neutralidad al año 2050, la estrategia de electromovilidad, las metas de ERNC al año 2030 y la estrategia nacional de hidrógeno verde, entre muchas otras que tienen por fin alcanzar un futuro con energía sustentable.

El desafío en energía es permanente: debemos seguir avanzando hacia una matriz energética carbono neutral y sustentable que beneficie a todos los chilenos. Y, sin duda, el SEA seguirá cumpliendo un rol fundamental.

Hidrógeno Verde

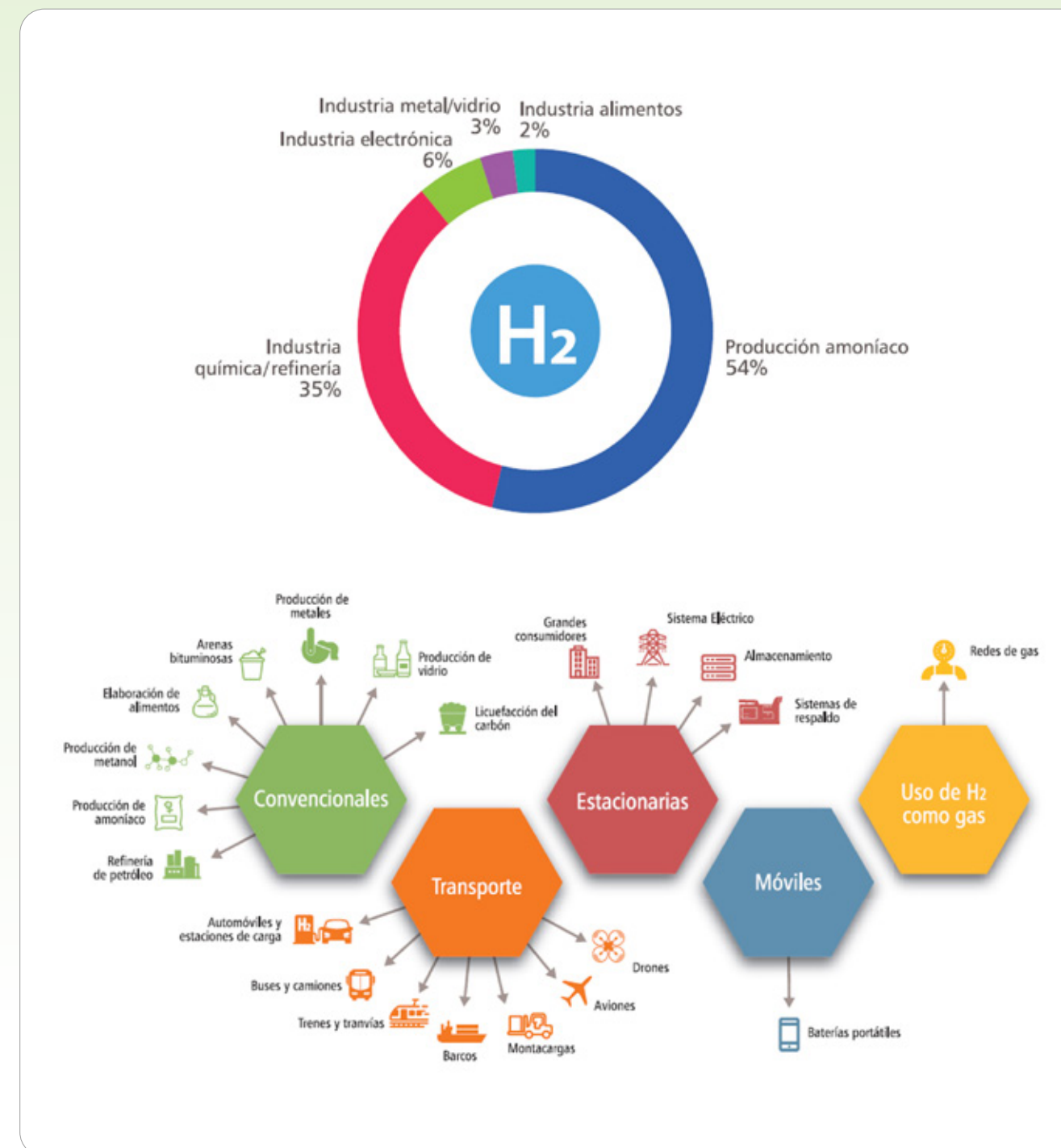
Benjamín Maluenda Philippi y Fernanda Stegmaier
Unidad de Nuevos Energéticos
División de Combustibles y Nuevos Energéticos
Ministerio de Energía

“Mirando hacia el futuro, en Chile el hidrógeno verde presenta una oportunidad doble. Por una parte, el plan de carbono-neutralidad al 2050 proyecta que entre un 17% y un 27% de las reducciones de emisiones necesarias serán logradas mediante el uso de hidrógeno verde. Por otra parte, se permitiría la creación de un nuevo sector industrial sostenible, generando empleos, atrayendo inversiones, dinamizando nuestra economía y situándonos como uno de los principales proveedores de combustibles limpios de exportación a nivel global”.

A nivel global el hidrógeno se produce primordialmente como materia prima para la producción de amoníaco y metanol, y en las refinerías¹; estos procesos a pesar de

ser competitivos generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los usos de hidrógeno como energético están hoy prácticamente limitados a la producción de calor.

Figura 1: Tecnologías del hidrógeno y perspectivas para Chile.



Fuente: GIZ (2018). Tecnologías del hidrógeno y perspectivas para Chile.

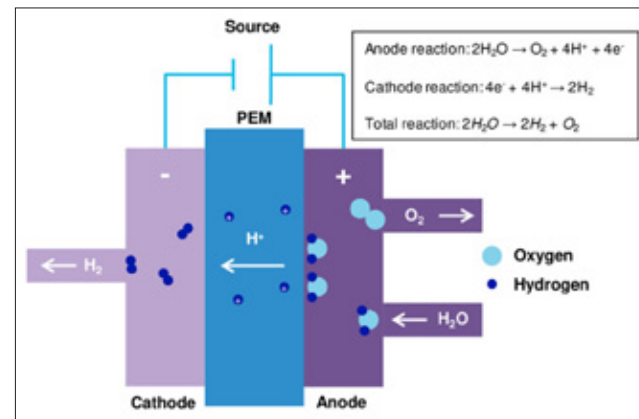
1 BNEF (2019). *The economics of Production from Renewables*.

Si bien hasta hoy el hidrógeno ha tenido un rol mínimo como energético, a nivel global el hidrógeno limpio presenta oportunidad de descarbonizar aplicaciones y sectores de la economía cuyas emisiones de GEI han sido históricamente difíciles de reducir.

Diversos estudios proyectan que el hidrógeno bajo en carbono y sus derivados, como los combustibles sintéticos, serían la opción más costo-eficiente para limpiar sectores como el transporte de carga terrestre, marítimo y aéreo, la producción de acero y fertilizantes, las aplicaciones mineras, el almacenamiento de energía, entre otros².

Para que el hidrógeno habilite la reducción de emisiones en ciertas industrias, es clave que sea producido sin generar emisiones. El método de producción limpia con mayor escalabilidad es hoy la electrólisis. Este proceso consiste en aplicar corriente para descomponer el agua en los elementos que la constituyen, es decir, hidrógeno y oxígeno³. Si la energía eléctrica utilizada es renovable, se le denomina "verde".

Figura 2: PEM electrolysis reaction.



Tipos de electrolizadores

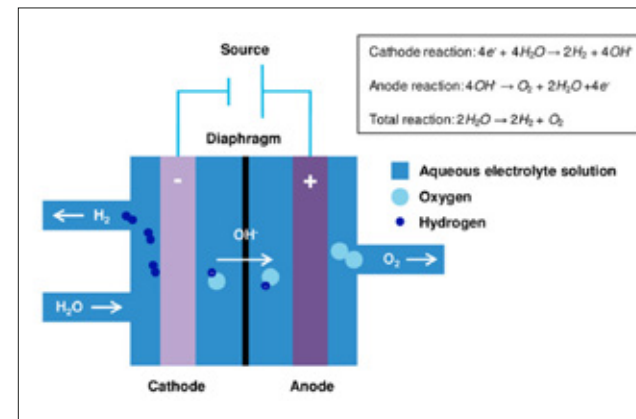
Electrolizadores alcalinos

Este tipo de electrolizadores utilizan un líquido electrolítico de solución acuosa de hidróxido de potasio (KOH) o hidróxido de sodio (NaOH). Estos dispositivos son reconocidos como una tecnología madura, en operación desde comienzos del siglo XX⁴. Su ventaja es su relativo bajo costo, pero requieren operar a niveles constantes, por lo que no son aptos para alimentarse directamente de energía renovable variable.

Electrolizadores de membrana de intercambio de protones (PEM)

Esta tecnología utiliza una membrana polimérica con carácter ácido, la cual es responsable del intercambio de protones de hidrógeno. Los electrodos normalmente son metales nobles como el platino o iridio. Los electrolizadores tipo PEM son flexibles y aptos para la energía renovable variable, tal como la energía solar fotovoltaica o la energía eólica.

Figura 3: Alkaline electrolysis reaction.



¿Cómo se producen los E-combustibles?

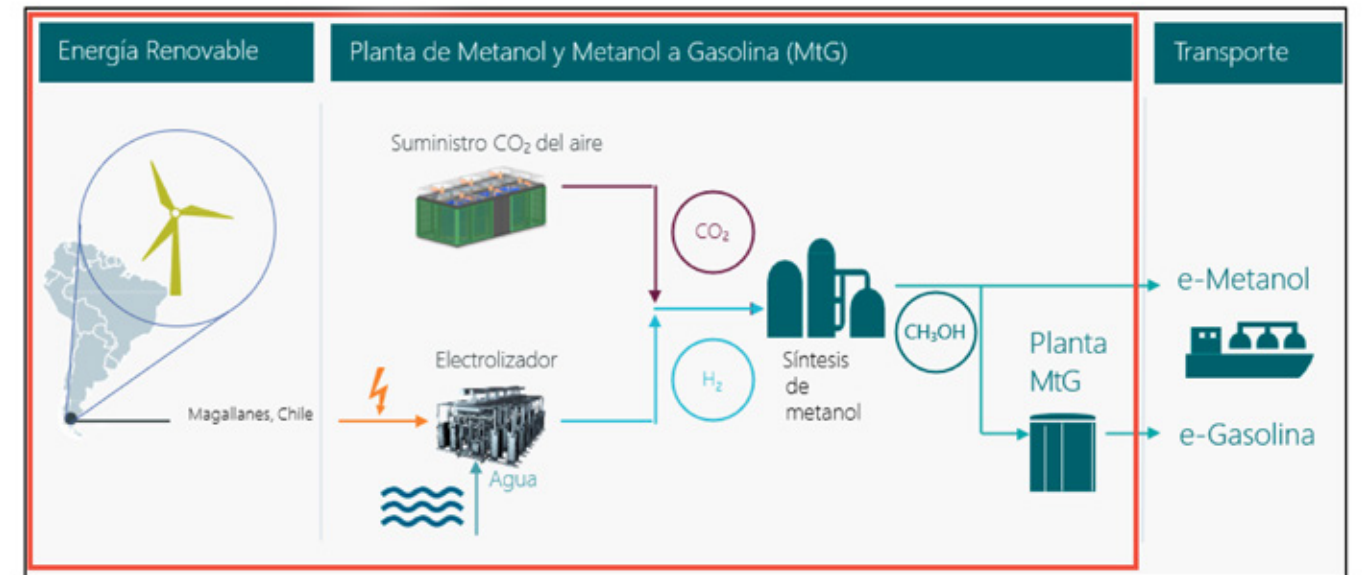


Figura 4: Expediente de evaluación Proyecto Piloto de Descarbonización y Producción de Combustibles Carbono Neutral.

Hidrógeno en Chile

El hidrógeno que se produce y distribuye en Chile se usa principalmente para procesos en refinerías como el hidrotratamiento, *hidrocracking* y desulfuración de los combustibles. También se usa en la fabricación de aceites, margarinas y vidrio, así como refrigerante y en tratamientos térmicos y termoquímicos. Linde Gas Chile e Hidrógenos Biobío cuentan con plantas en operación que se basan en la tecnología de reformación de metano (gas natural) con vapor y se encuentran operativas desde el 2006 y 2005 respectivamente.

Mirando hacia el futuro, en Chile el hidrógeno verde presenta una oportunidad doble. Por una parte, el plan de carbono-neutralidad al 2050 proyecta que entre un 17% y

un 27% de las reducciones de emisiones necesarias serán logradas mediante el uso de hidrógeno verde. Por otra parte, se permitiría la creación de un nuevo sector industrial sostenible, generando empleos, atrayendo inversiones, dinamizando nuestra economía y situándonos como uno de los principales proveedores de combustibles limpios de exportación a nivel global.

Esto se apalancará del enorme potencial renovable de nuestro país; tenemos más de 1.800 GW de potencial de generación de energía limpia y estudios indican que podríamos llegar a lograr la producción de hidrógeno verde más competitiva del planeta al 2030, bajo los 1,3 USD/kgH₂⁵. El potencial de producción de hidrógeno verde en Chile es también masivo, dada su abundancia de energías renovables: más de 160 Mton/año.

AMBICIONES DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE HIDRÓGENO VERDE

- Ser el destino principal para la inversión de hidrógeno verde en Latinoamérica con 5 BUSD comprometidos en inversión y 5 GW de capacidad de electrolisis en desarrollo al 2025.
- Producir el hidrógeno verde más barato del planeta al 2030, por debajo de los 1,5 USD/kg H₂.
- Exportación de H₂ verde y sus derivados por 2,5 BUSD/año al 2030 y ser uno de los top 3 exportadores al 2040.

² Hydrogen Council (2021). *Hydrogen Insights*.

³ BNEF (2019). *The economics of Production from Renewables*.

⁴ A. Ursúa, L. Gandía y P. Sanchis (2012). «Hydrogen Production from Water Electrolysis: Current Status and Future Trend», *Proceedings of the IEEE*, pp. Vol. 100, No. 2, 2012.

⁵ McKinsey&Co (2020). Estudio base para la elaboración de la Estrategia Nacional para el Desarrollo de Hidrógeno Verde en Chile. Encargado por el Ministerio de Energía.

Aspectos ambientales relevantes que considerar en proyectos de H₂

El hidrógeno (NCh 382, clase 2.1) es incoloro, inodoro, no tóxico y no corrosivo. Sin embargo, es inflamable⁶, por lo que se considera en Chile como una sustancia peligrosa.

La Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (DS 47/1992), artículo 4.14.2, establece que los establecimientos industriales o de bodegaje deberán ser clasificados como inofensivos, molestas, peligrosas o contaminantes. Por lo tanto, los volúmenes almacenados de hidrógeno⁷ en plantas o instalaciones que lo manejen determinarán la clasificación de los proyectos.

De manera similar, los requerimientos del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (DS N°40) dependerán de las características de cada proyecto. Algunas causales para que un proyecto de hidrógeno ingrese a evaluación al SEIA identificadas son:

- Letra c) Si se considera una central generadora de energía eléctrica con capacidad mayor a **3 MW⁸**.
- Letra e.6) Si se considera una capacidad de almacenamiento igual o superior a **200.000 litros** para el **expendio de combustibles** líquidos o gaseosos a vehículos motorizados u otros usos.
- Letra j) Si se considera el **desarrollo de un nuevo tramo de gasoducto**, es susceptible de causar impacto (aplicable si el ducto está destinado al transporte de sustancias y/o residuos, conectando centros de producción, almacenamiento, tratamiento o disposición, con centros de similares características o con redes de distribución).
- Letra k.1) Si una instalación fabril tiene una **potencia instalada** igual o superior a **2.000 kVA⁹**.
- Letra ñ.1) Producción, disposición o reutilización de **sustancias tóxicas** (aplica al metanol y amoníaco)

- Cantidad igual o superior a **10.000 kg/día**
- Con capacidad de almacenamiento de al menos **30.000 kg**.
- Letra ñ.3) Producción, disposición o reutilización de **sustancias inflamables** (aplica al hidrógeno y metanol)
 - Cantidad igual o superior **80.000 kg/día**.
 - Con capacidad de **almacenamiento** de al menos **80.000 kg**.
- Letra ñ.4) Producción, disposición o reutilización de **sustancias corrosivas o reactivas**. (aplica al oxígeno y al amoníaco)
 - Cantidad igual o superior a **120.000 kg/día**.
 - Con capacidad de almacenamiento de al menos a **120.000 kg**.
- Letra ñ.5) **Transporte** por medios **terrestres** de sustancias tóxicas, explosivas, **inflamables**, corrosivas o reactivas (aplica al hidrógeno).
 - Cantidad igual o superior a **400 ton/día**.
- Letra o.9) Disposición o reutilización **residuos corrosivos o reactivos** (aplica al oxígeno).
 - Límite de **1.000 kg/día**.

Además, deben considerarse tipologías genéricas susceptibles de ingreso al SEIA, como son la modificación de proyectos existentes (Art 2, letra g), proyectos industriales con una superficie mayor a 20 hectáreas que se instalen en zonas saturadas o latentes (Art 3, letra h.2), proyectos en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial (Art 3, letra p), entre otras.

⁶ Inodú (2020). Identificación de aspectos ambientales, sectoriales y territoriales para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde en toda su cadena de valor. Encargado por la agencia GIZ.

⁷ La Circular B32 establece requerimientos según el volumen de gas almacenado y tipo de sistema de almacenamiento, para las sustancias reguladas por el DS 43/2015 del Ministerio de Salud.

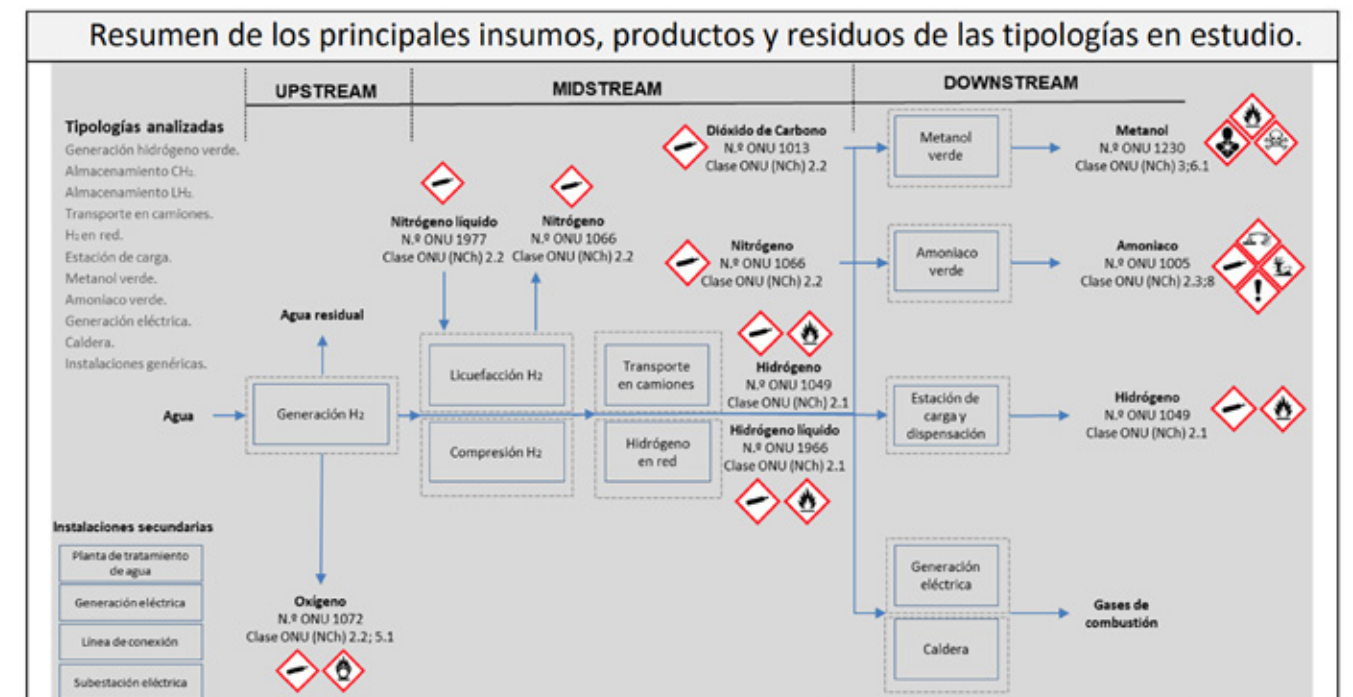
⁸ Este literal de ingreso está asociado a las centrales de energía que alimentarían de energía eléctrica ERNC a la planta de hidrógeno de manera directa, en caso de que se contemple tal suministro eléctrico *off-grid*.

⁹ Quedan excluidas aquellas instalaciones emplazadas en loteos industriales cuya superficie sea menor a 20 hectáreas. Instalaciones que generen una emisión diaria esperada de algún contaminante causante de saturación o latencia de la zona igual o superior al 5% de la emisión diaria estimada de ese contaminante en la zona declarada latente o saturada para ese tipo de fuente, también deben ingresar al SEIA.

En el estudio "Identificación de aspectos ambientales, sectoriales y territoriales para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde en toda su cadena de valor"¹⁰ realizado por Inodú, encargado por la agencia GIZ, se identificaron diez tipologías genéricas susceptibles a operar potencialmente como instalaciones independientes, si corresponde y por ende, con la necesidad de ser evaluadas ambientalmente, en función de la magnitud de sus impactos.

Para cada caso se realizó una descripción general de la tipología; un análisis de los riesgos y permisos; una síntesis de los aspectos asociados a la localización, la pertinencia ambiental, y el listado de permisos ambientales y sectoriales aplicables de un potencial proyecto.

Figura 5: principales insumos, productos y residuos de las tipologías en estudio.



Fuente: Ministerio de Energía.

Respecto a la superficie, la producción de hidrógeno es poco intensiva¹¹. Sin embargo, el hidrógeno verde requiere de energía renovable, que sí es intensiva en cuanto al uso de superficie. Si consideramos que por cada 1 MW de electrólisis, se podrían requerir 1,5 MW de generación eléctrica renovable variable, tenemos que por cada MW de electrólisis se podrían requerir entre 3 y 15 hectáreas de superficie asociada a la generación eléctrica para el suministro¹⁴.

El desarrollo a escala del hidrógeno verde generará inevitablemente tensiones con otros usos que compiten por el territorio, el agua y otros recursos. El consumo de agua para la producción de hidrógeno mediante electrólisis es de aproximadamente 10 kg de agua por cada kg de hidrógeno¹¹. Esta puede provenir de cualquier fuente, mientras se realicen los procesos de desalación, cuando corresponda, y desmineralización necesarios, pues los electrolizadores requieren de agua pura para su funcionamiento. En este sentido el uso de agua desalada en zonas de escasez hídrica no constituye una barrera para el desarrollo de un proyecto¹².

Estas tensiones deben gestionarse considerando a todas las partes involucradas para contribuir a una transición energética justa para todos, de las personas y nuestro medio ambiente, además de articular con las comunidades locales y resguardar el respeto a los instrumentos de planificación territorial.

¹⁰ Tanto el informe y como la matriz de permisos aplicables según la tipología de cada proyecto se encuentran disponibles en <https://energia.gob.cl/h2/M%C3%A1s%20Informaci%C3%B3n>

¹¹ Hydrogen-Council. (2021). Decarbonization Pathways: Part 1 Lifecycle Assessment.

¹² El costo del agua impacta en menos del 1% al costo final del hidrógeno.

¹³ Una planta de electrólisis de 1 GW de capacidad ocuparía entre 8 y 17 hectáreas.

¹⁴ Considerando un caso agresivo de 2 ha/MW solar fotovoltaico y un caso conservador de 10 ha/MW de generación eólica.

Desarrollo regulatorio para el sector productivo de H₂

Hasta hace poco, la regulación nacional incluía al hidrógeno en forma genérica, siendo regulado por los reglamentos de sustancias peligrosas. En febrero de 2021 se promulgó la Ley Sobre Eficiencia Energética, la que declaró al hidrógeno, expresamente, como un combustible y entregó atribuciones al Ministerio de Energía para normarlo y darle tratamiento de recurso energético.

La eventual masificación del uso del hidrógeno necesita reglamentos específicos y detallados, que cubran situaciones no tratadas por los reglamentos de sustancias peligrosas¹⁵. Para resolver la falta de regulación de seguridad adecuada ante el incremento de uso del hidrógeno, se propuso el desarrollo de un plan regulatorio.

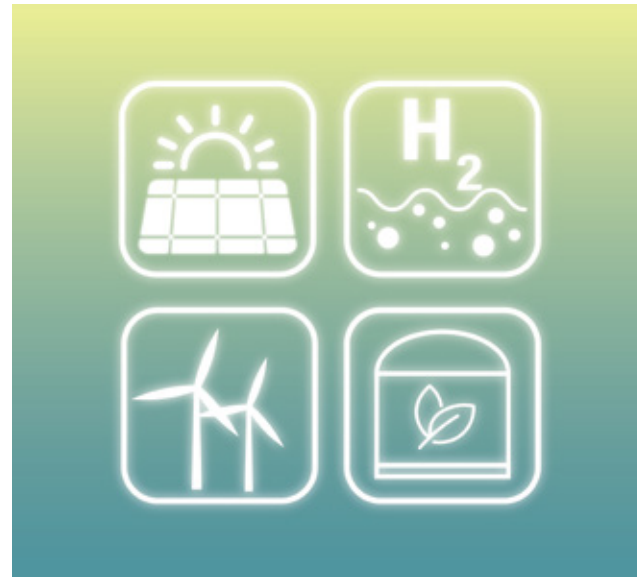
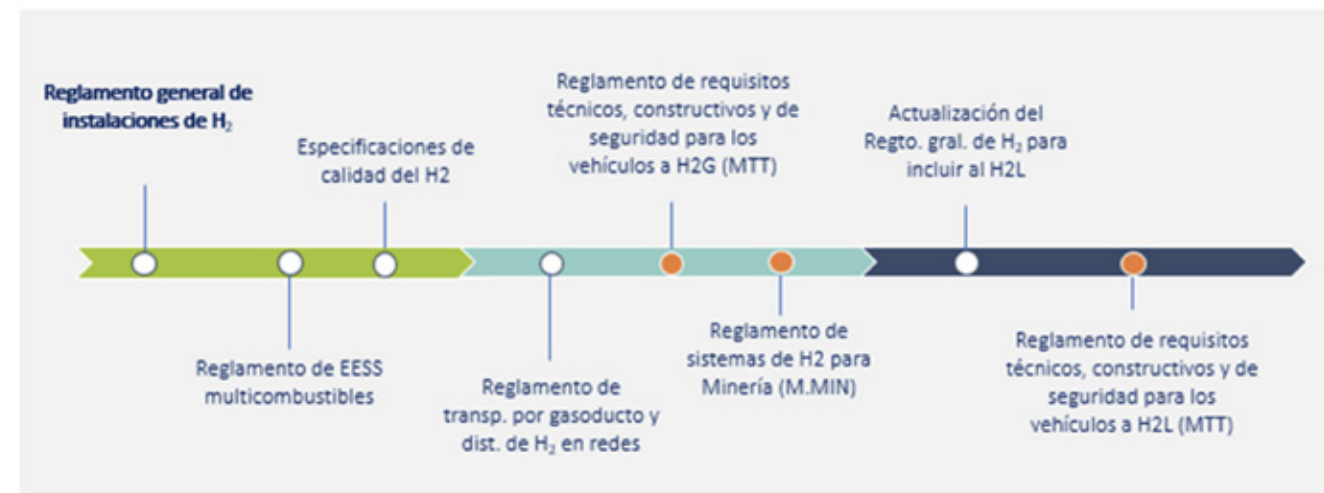


Figura 6: Plan de acción regulatorio para hidrógeno en Chile.



■ Etapa I: 2020 - 2023
■ Etapa II: 2024 - 2027
■ Etapa III: 2028 -

Fuente: Ministerio de Energía.

La mayoría de los instrumentos regulatorios propuestos se apoyarán en normas técnicas y estándares internacionales, entre los cuales se encuentran los ISO, ASME, IEC, EIGA, CGA, SAE, entre otros¹⁶. Estas serán utilizadas como base para el desarrollo de la regulación. Dos esfuerzos tempranos se describen a continuación:

- **Reglamento General de Instalaciones de Hidrógeno:** En 2020 el Ministerio de Energía inició la elaboración del "Reglamento general de instalaciones de hidrógeno para sistemas de producción, acondicionamiento, almacenamiento, transporte terrestre y consumo", el cual se basará principalmente en la norma NFPA 2 "Hydrogen Technology Code", elaborada por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios. Este reglamento normará la cadena de suministro del hidrógeno, desde la producción hasta su distribución a puntos de consumo.

- **Guía de apoyo para la solicitud de autorización de proyectos especiales de hidrógeno:** Para acotar la brecha normativa existente mientras el Reglamento General no está publicado, en mayo de 2020 la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), junto al Ministerio de Energía, publicaron una guía para orientar a las empresas interesadas en implementar proyectos de hidrógeno¹⁷. Esta entrega lineamientos respecto del proceso, tiempo, documentación técnica y de seguridad requeridos para proyectos especiales de hidrógeno como combustible.

Otros desafíos y oportunidades del hidrógeno verde para Chile

Costos: A pesar del gran potencial de Chile como productor de hidrógeno verde competitivo, aún hay brechas de costo que se deben enfrentar para habilitar el desarrollo de esta industria. Mientras algunas tecnologías ya son competitivas, como las grúas horquilla, hay aplicaciones que enfrentan diferencias de costos importantes a la hora de competir con el uso de combustibles fósiles. El desarrollo de incentivos, regulación e infraestructura jugará un rol clave para habilitar la entrada de algunas tecnologías asociadas al hidrógeno.

Desarrollo de capacidades: En industrias tales como la petroquímica, de gases y de ingeniería existen cuerpo de especialistas y técnicos locales con capacidades y conocimientos tales que les permitirán especializarse e involucrarse en el desarrollo de proyectos de hidrógeno. La transferencia de conocimiento asociada al despliegue de proyectos de hidrógeno de gran escala será crítica para generar capital humano local y fortalecer el ecosistema local del hidrógeno. Además, Chile cuenta ya con amplia experiencia en la instalación y operación de plantas de generación renovable.

Planificación eléctrica: Se prevé que el crecimiento de la industria del hidrógeno conlleve un fuerte desarrollo de generación eléctrica en zonas con alto potencial renovable, lo que podría reducir o aumentar las necesidades de transmisión a otras zonas. Esto conlleva desafíos para la Planificación Energética de Largo Plazo del Sistema Eléctrico Nacional, principal insumo para los planes de desarrollo de transmisión eléctrica.



¹⁵ Centro de Energía UC, 2020. Proposición de Estrategia Regulatoria del Hidrógeno para Chile. Encargado por la agencia GIZ.

¹⁶ Fichtner GmbH & Co. (2020). Descarbonización del sector energético chileno: Hidrógeno - cadenas de valor y legislación internacional. Encargado por la agencia GIZ.

¹⁷ Disponible en: https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/05/final_Guia-Proyectos-Especiales-Hidrogeno.pdf



Aspectos relevantes en la evaluación de proyectos de generación de energía solar: La nueva era de generación energética

Rodrigo Acevedo Ramírez
Encargado de Evaluación
Dirección Regional del SEA Arica y Parinacota

Resumen

Según las nuevas políticas de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), cuyo objetivo es reemplazar las actuales formas de generación de energía a base de combustibles fósiles, han aumentado nuevas tecnologías de generación de energía que no producen estos gases. Entre ellas, la generación de energía por centrales solares. En este sentido, se ha masificado la presentación de proyectos energéticos de pequeña, mediana y gran magnitud al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

El objetivo de este artículo es presentar un resumen de los aspectos más relevantes en la evaluación de proyectos solares, en especial los proyectos de centrales de Concentración Colar de Potencia (CSP), de acuerdo con la *Guía para la Descripción de Proyectos de Centrales Solares de Generación de Energía Eléctrica en el SEIA*, publicada el año 2017, y complementando con la experiencia de evaluación desde la publicación de esta guía a la fecha. Los datos presentados en este artículo han sido recopilados desde la plataforma del e-SEIA, mientras que la información presentada respecto a datos específicos de la zona norte ha sido elaborada con los aportes de las distintas direcciones regionales del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), del norte del país.

Campo solar de generación proyecto Cerro Dominador.
Fuente: Expediente de evaluación proyecto Cerro Dominador.



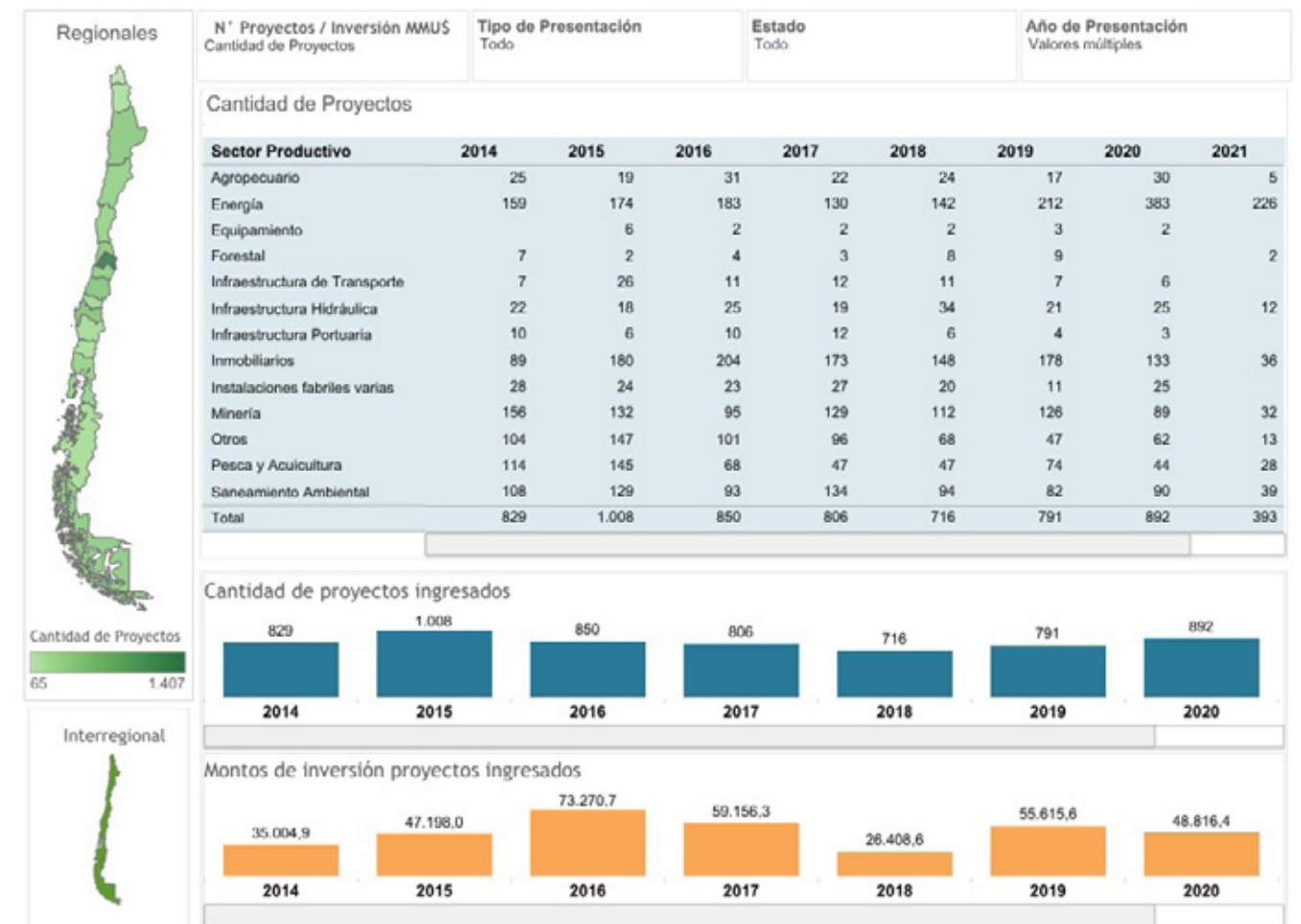
Introducción

Los proyectos solares, en cierto sentido, se han convertido en este siglo en una nueva revolución industrial de generación energética, junto con otras fuentes de generación, como lo son la eólica y la de hidrógeno. Esto en gran medida impulsado por la conciencia respecto de la problemática que a nivel global generan los GEI. Por esta razón, en varias regiones del mundo se ha desarrollado y establecido una nueva tecnología energética, que no signifique la incorporación de combustibles fósiles, como son las plantas o centrales de generación energética por medio de la energía solar.

Además, en la actualidad, la energía de fuentes móviles también está poco a poco siendo reemplazada por otras fuentes de energía, como son la energía eléctrica y el hidrógeno.

Este hecho se ve reflejando en el aumento de proyectos energéticos ingresados al SEIA (ver Figura 1).

Figura 1. Proyectos ingresados a evaluación en el SEIA.



A continuación, nos centraremos en los proyectos de centrales de Concentración Solar de Potencia (CSP), en particular en los impactos más relevantes presentados en el capítulo 3 "Identificación de Impactos Ambientales" de la *Guía de Centrales Solares*, así como la identificación de información relevante de los proyectos CSP ingresados a evaluación.

La evaluación de los impactos relevantes

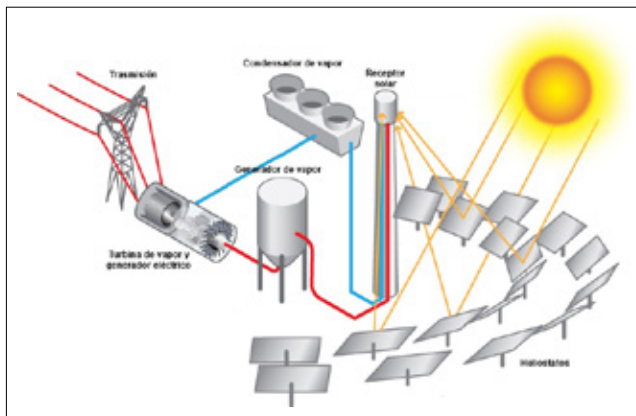


CCSP de torre de concentración.

Fuente: United States Department of Energy, 2015.

Básicamente, las centrales de concentración solar de potencia tienen los mismos componentes, los cuales se tratan en detalle en la citada guía, y como antecedente se presentan en la Figura 2 que grafica su composición básica.

Figura 2: Secuencia de funcionamiento de una central CSP.



Fuente: Guía para la Descripción de Proyectos de Centrales Solares de Generación de Energía Eléctrica en el SEIA.

En general las centrales de CSP se caracterizan por requerir de una gran superficie de emplazamiento del proyecto, entre cientos a miles de hectáreas (ver tabla 1), y por evacuar la energía eléctrica generada por Líneas de Alta Tensión (LAT).

Al revisar la plataforma del e-SEIA, se evidencia que estos proyectos se localizan en las regiones del norte de Chile, desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Atacama, debido a la disponibilidad del recurso.

Tabla 1: Ejemplos proyectos de concentración solar presentados al SEIA.

Proyecto	Hectáreas	Potencia (MW)	Relación has/MW
Termosolar Camarones	632	105	6 has/MW
Planta Solar Cerro Dominador	1004	110	9 has/MW
Planta de Concentración Solar de Potencia Copiapó Solar	1618	240	6,8 has/MW

En general, los impactos asociados a este tipo de centrales están asociados, durante la fase de construcción, al lugar de emplazamiento y sus accesos, así como también los asociados a las LAT y balsas de evaporación durante la fase de operación. También es importante señalar que estos proyectos se ubican preferentemente en zonas áridas o desérticas, alejados de núcleos urbanos importantes¹.

Para señalar impactos de relevancia en las zonas ya evaluadas se pueden mencionar los siguientes aspectos a considerar en la información que debe contener el proyecto en cuestión, tanto en las fases de construcción y operación. Estos se recopilaron regionalmente y están plasmados como una orientación de los impactos relevantes de cada región, sin embargo, es responsabilidad del titular y consultores de recopilar la información de manera específica para cada proyecto.

¹ En el capítulo 3 de la *Guía para la Descripción de Proyectos de Centrales Solares de Generación de Energía Eléctrica en el SEIA* se presentan los impactos generales de este tipo de proyectos de manera general para sus tres fases; construcción, operación y cierre.

Impactos en fase de construcción

Fauna

- Avifauna: Localización, nidificación, rutas de vuelo. Por ejemplo, Golondrina de Mar Negra.
- Reptiles: pérdida y fragmentación de hábitat de reptiles. Por ejemplo, corredor de Arica (*Tropidurus heterolepis*), Dragón de Poconchile (*Liolaemus poconchilensis*)
- Mamíferos y micromamíferos: Considerar la fragmentación y ocupación de hábitat de esta especie dada la gran superficie de este tipo de proyectos. Por ejemplo, Zorro Culpeo (*Lycalopex culpaeus*).

Flora

- Pérdida de ejemplares de formaciones xerofíticas y cactáceas.

Arqueología y Patrimonio Cultural

- Presencia en toda la región de los hallazgos de culturas aimaras, chinchorros, quechuas, además de los hitos históricos de la Guerra del Pacífico.

Sistemas de Vida y Costumbres de Grupos Humanos

- Tener en consideración que el 27% de la población tiene alguna pertenencia a pueblos indígenas, con predominancia aimara. También se reconoce la presencia de grupos humanos de la cultura afrodescendiente, tanto en zonas rurales como urbanas. Es importante considerar que cerca del 40% del territorio regional se encuentra dentro del ADI "Alto andino Arica-Parinacota".
- Presencia de cultivos agrícolas como medio de subsistencia de grupos humanos.

Fauna

- Avifauna: Localización, nidificación, rutas de vuelo. Por ejemplo, Golondrina de Mar Negra (*Oceanodroma markhami*).
- Reptiles: pérdida y fragmentación de hábitat de reptiles. Por ejemplo, Corredor de Pica (*Microlophus thersoioides*).

Flora

- Pérdida de ejemplares en formaciones vegetacionales xerofíticas y cactáceas.

Arqueología y Patrimonio Cultural

- Presencia en toda la región de hallazgos de culturas aimaras y quechuas entre otros.
- Hallazgos de hitos históricos de la Guerra del Pacífico.

Sistemas de Vida y Costumbres de Grupos Humanos

- El 18% de la población tiene alguna pertenencia a grupos humanos pertenecientes a pueblos indígenas, tanto rurales como urbanos. Predomina la etnia aimara. Considerar que dentro de la región existe el ADI "Jiwasa Orajea".
- Considerar para la determinación del área de influencia de este componente la presencia de cultivos asociados a los grupos humanos que pueden ser de sustento económico u otros usos.



Impactos en fase de construcción	
Región de Antofagasta	Salud de la Población <ul style="list-style-type: none"> Presencia de zonas latentes y saturadas.
	Fauna <ul style="list-style-type: none"> Avifauna: Localización, nidificación, rutas de vuelo. Por ejemplo, Gaviota garuma (<i>Leucophaeus modestus</i>) y Golondrina de mar de collar (<i>Oceanodroma hornbyi</i>). Reptiles: pérdida y fragmentación de hábitat de reptiles. Por ejemplo, Lagartija de cabeza negra (<i>Liolaemus nigriceps</i>).
	Flora <ul style="list-style-type: none"> Pérdida de ejemplares de formaciones vegetacionales xerofíticas y cactáceas.
	Arqueología y Patrimonio Cultural <ul style="list-style-type: none"> Presencia en toda la región de hallazgos de las culturas atacameñas y aimaras, entre otros. Hallazgos de hitos históricos de la Guerra del Pacífico.
	Sistemas de Vida y Costumbres de Grupos Humanos <ul style="list-style-type: none"> El 8,3% de la población tiene alguna pertenencia a grupos humanos pertenecientes a pueblos indígenas, tanto rurales como urbanos. Predominan las etnias atacameñas, aimaras y diaguitas. Además, se menciona que existe el ADI "Alto El Loa". Considerar para la determinación del área de influencia de este componente la presencia de cultivos asociados a los grupos humanos que pueden ser de sustento económico u otros usos. Así también considerar las actividades turísticas que desarrollan los grupos humanos.
Región de Atacama	Salud de la Población <ul style="list-style-type: none"> Tener en consideración las zonas latentes y saturadas, por ejemplo, Tierra Amarilla, Paipote y Huasco.
	Fauna <ul style="list-style-type: none"> Avifauna: Localización, nidificación, rutas de vuelo. Por ejemplo, Golondrina de mar de collar (<i>Oceanodroma hornbyi</i>). Reptiles: pérdida y fragmentación de hábitat de reptiles. Por ejemplo, Lagartija de cabeza negra (<i>Liolaemus nigriceps</i>).
	Flora <ul style="list-style-type: none"> Pérdida de ejemplares de formaciones vegetacionales xerofíticas y cactáceas. Zona del desierto florido.
	Arqueología y Patrimonio Cultural <ul style="list-style-type: none"> Presencia en toda la región de hallazgos de las culturas diaguitas y collas, entre otros.
	Sistemas de Vida y Costumbres de Grupos Humanos <ul style="list-style-type: none"> El 16% de la población tiene alguna pertenencia a grupos humanos pertenecientes a pueblos indígenas, tanto rurales como urbanos. Predomina la etnia diaguitas y colla, es importante indicar que existe el ADI "Atacama La Grande". Considerar para la determinación del área de influencia de este componente la presencia de cultivos asociados a los grupos humanos que pueden ser de sustento económico u otros usos. Así también considerar las actividades turísticas que desarrollan los grupos humanos.

Impactos en fase de operación	
En general se han visualizado impactos de similares características en los proyectos de centrales de concentración solar.	Fauna <ul style="list-style-type: none"> Interrupción en rutas de vuelo de aves en categoría de conservación, (como por ejemplo, Golondrina de Mar Negra) a causa de la instalación de líneas de alta tensión. Interrupción de rutas de vuelo de quirópteros (solo en regiones o sectores donde se verifique). Desorientación de avifauna y muerte de ejemplares por ahogamiento, inmersión por balsas de evaporación.
	Paisaje <ul style="list-style-type: none"> Alteración del paisaje por intrusión visual y artificialidad.
	Agua <ul style="list-style-type: none"> Pérdida del recurso hídrico por utilización de cursos de agua.

Conclusión

Los datos presentados debieran servir como orientadores y complemento para que la información de los proyectos sometidos al SEIA pueda ser más completa, con la finalidad de fortalecer la evaluación y con ello mejorar los tiempos de evaluación, evitando también un término anticipado, por falta de antecedentes que son relevantes para la evaluación ambiental.

A su vez, tener en cuenta que cada proyecto en evaluación presenta singularidades, a pesar de que pueda tener elementos comunes en la evaluación, los que dependerán de la localización para su emplazamiento y operación, como también de las áreas de influencia asociadas.



Centrales geotérmicas: explotación renovable del recurso

Haidy Toledo Pino

Profesional del Departamento de Estudios y Desarrollo
División de Evaluación Ambiental y Participación Ciudadana

Elizabeth Soto Neira

Profesional de la Unidad de Geotermia y Energía Distrital
Ministerio de Energía

Resumen

Las centrales geotérmicas que deben ingresar al SEIA son aquellas que superen los 3 MW de generación, acorde a lo establecido en el literal c) del artículo 3° del Reglamento del SEIA, las cuales consideran la extracción de fluidos desde un reservorio geotérmico mediante pozos, y la utilización de su entalpía en la generación de electricidad o energía térmica, enfocándose este artículo en centrales de generación eléctrica. Para que la energía geotérmica sea considerada una fuente de energía renovable, se deben cumplir ciertas condiciones que permiten que ésta sea sostenible desde el punto de vista de la preservación del reservorio. Lo que releva la necesidad de identificar y prevenir sus eventuales impactos ambientales enfocados en una adecuada evaluación de las partes, obras y acciones asociadas a la perforación de pozos, incluyendo el manejo de los fluidos y residuos asociados, y la actividad de reinyección de fluidos al reservorio.



Fuente: Expediente de evaluación proyecto "Ampliación Proyecto Central Geotérmica Cerro Pabellón".



Introducción

En el marco normativo chileno, la explotación de las áreas con potencial geotérmico se encuentra regulado por la Ley N°19.657, sobre Concesiones de Energía Geotérmica, la que establece los distintos tipos de concesiones posibles a entregar y el procedimiento para obtenerlas, entre otras consideraciones vinculadas a éstas. Sin embargo, dicha Ley no define qué se entiende por "extracción sustentable del recurso", lo cual es abordado en la propuesta de modificaciones de esta Ley, en la que se introduce el concepto de sustentabilidad, entendida como aquella que permite el uso de fuentes energéticas sostenibles en el tiempo y compatibles con el medio ambiente¹.

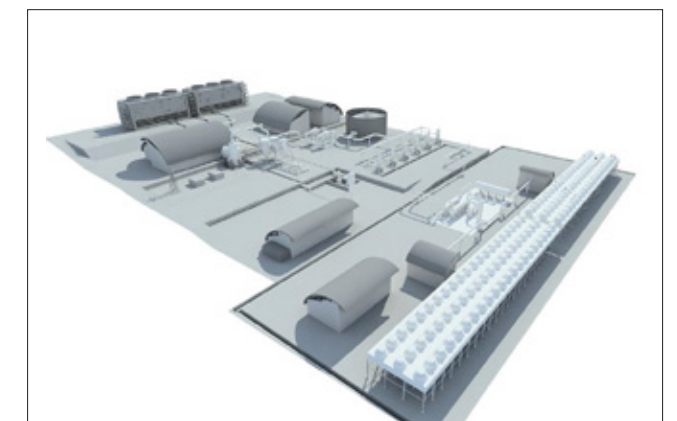
En este sentido es imprescindible entender que, si bien la energía geotérmica es considerada como una fuente de energía renovable, se deben cumplir ciertas condiciones que permiten que ésta sea sostenible, lo que releva la necesidad de identificar y prevenir sus eventuales impactos ambientales. Para lo cual, durante la evaluación ambiental de un proyecto de energía geotérmica, se deben tener presentes las siguientes consideraciones, durante sus fases de construcción y operación.

Consideraciones en la evaluación ambiental para una explotación renovable del recurso

Tanto en las etapas de exploración profunda como durante la explotación, una de las actividades importantes que se ejecuta durante la fase de construcción para caracterizar el recurso geotérmico es la perforación de los pozos profundos, que permiten alcanzar el reservorio geotérmico. Si el proceso de diseño y ejecución de las actividades de perforación es diseñado, gestionado y ejecutado adecuadamente, no debería presentar un alto impacto ambiental en el uso del territorio, dado que la mayoría de las partes y obras se acotan a la plataforma que contiene la unidad de perforación, unidades complementarias y las vías de acceso.

Para evitar impactos en aguas subterráneas someras² asociados a la perforación de pozos, se aplica la técnica del encamisado del pozo, que consiste en circular lodos y fortificar, revistiendo con tuberías y cemento. El lodo permite dar consistencia a las paredes mientras se va perforando, aislando los fluidos geotérmicos de las napas subterráneas atravesadas, controlando así una eventual contaminación de aguas y evitando su ingreso al sistema de transporte de fluidos de la central. El último tramo del pozo se perfora con lodo muy diluido o con agua, con la finalidad de no obstruir las fracturas de roca por donde emerge el fluido geotérmico. Así, al finalizar la perforación el pozo, queda entubado y cementado desde la superficie hasta el reservorio, y en su última sección se puede emplear tubería ranurada para permitir el ingreso del fluido, lo que garantiza su consistencia y facilita la extracción del fluido geotérmico en la etapa de producción. De esta forma el proceso de desarrollo y construcción de los pozos geotérmicos cuenta con altos estándares de seguridad, ya que de ellos depende asegurar la circulación de fluidos geotérmicos eficientemente, para finalmente producir electricidad.

En tanto, los fluidos resultantes de la perforación son procesados en unidades de separación de sólidos y acondicionamiento de lodos, lo que permite la reutilización de los lodos, en caso contrario estos remanentes son dispuestos en piscinas o fosas. En la actualidad, se recomienda el empleo de lodos biodegradables, lo que facilita su manejo y reduce el impacto. Los recortes de roca o *cuttings* luego de terminar la perforación, dependiendo de sus características de peligrosidad, pueden ser reutilizados como material de relleno o áridos en la misma central o caminos asociados.



Fuente: Expediente de evaluación proyecto "Central Geotérmica Cerro Pabellón".

¹ Mensaje N°1341-356/2009, de S.E. la Presidenta de la República, con el que inicia proyecto de Ley que se introduce modificaciones a la Ley N°19.657.

² Que se encuentran por lo general en los primeros 300 metros de profundidad.



Fuente: Expediente de evaluación proyecto "Ampliación Proyecto Central Geotérmica Cerro Pabellón".

En el caso de que el pozo no resulte productivo, todas las partes asociadas a la plataforma se desmantelan, quedando solo el cabezal del pozo, que va entubado y que ha sido diseñado para resistir la circulación de fluidos geotermales a altas presiones, por lo que la zona queda aislada y sin contacto con las napas subterráneas³.

Durante la fase de operación, y en el contexto renovable de la explotación sustentable del reservorio, los principales impactos se asocian a la extracción y reinyección de fluidos. Un aspecto relevante se relaciona con la reinyección de los fluidos en condiciones que permitan mantener el equilibrio del reservorio geotérmico. Si bien la actual normativa no obliga a los titulares de proyectos a reinyectar, se ha integrado esta práctica ya que colabora con la conservación y estabilidad del reservorio geotérmico y, por lo mismo, es de interés del sector productivo hacerlo así para asegurar la vida útil de una central durante largos períodos. Un caso exitoso de esta práctica es la pionera central de Larderello en Italia, que funciona desde el año 1916, y que para alcanzar más de 200 años de operación ha considerado la reinyección como una necesidad.

Por lo anterior, para la preservación del reservorio se debe conocer el modelo conceptual empleado, así como las variables críticas de las cuales depende el equilibrio entre lo extraído y lo reinyectado, de tal forma que el manejo de este no genere un desbalance que ponga en riesgo su existencia ni tenga consecuencias en su entorno. Para lo anterior, un adecuado plan de monitoreo de la reinyección debe considerar al menos el origen del fluido a reinyectar (en función del tipo de proceso), su caudal, profundidad y temperatura, distancia al pozo de extracción, así como la composición de los fluidos reinyectados.

Una consecuencia de extraer sin reinyectar es la generación de subsidencia (hundimiento del terreno). Por ello, durante la evaluación ambiental se deben identificar medidas de manejo para prevenir impactos en la geomorfología y geología local, tales como el monitoreo de la cota de la

boca del pozo, la cual permitirá analizar si el efecto de subsidencia se genera o no en el sector y si existe correlación con la cantidad de fluidos extraídos y reinyectados. Esto es particularmente necesario en zonas de campos geotérmicos alojados en rocas sedimentarias. Para revisar los efectos de subsidencia que pudiesen generarse, se deben establecer levantamientos topográficos, que muestren el ascenso o descenso del terreno, en función de la explotación de fluidos⁴.

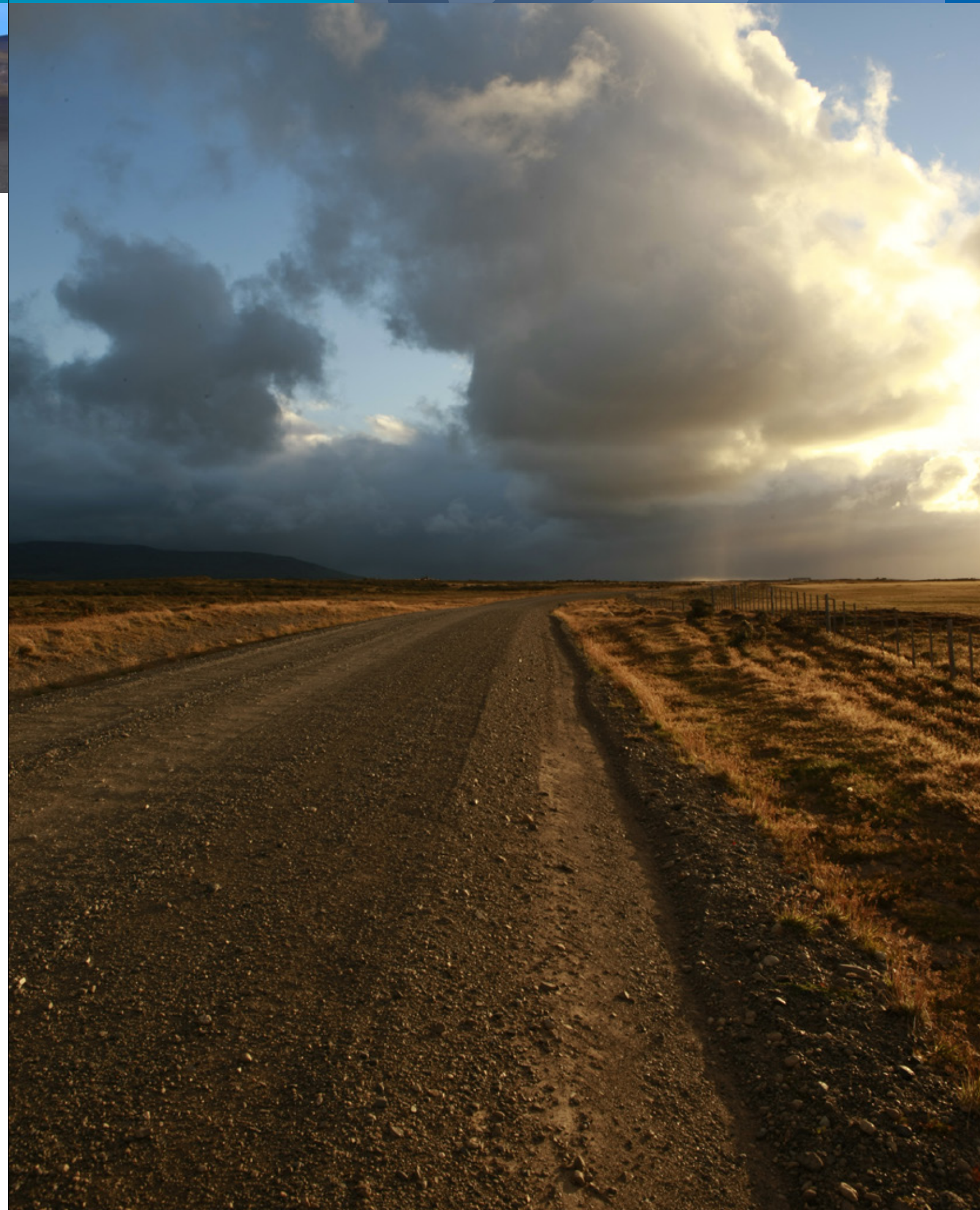
Adicionalmente, se podrían generar microsismos principalmente asociados a la reinyección, estos se generan cuando se reinyecta a una presión más elevada que la requerida para mantener el equilibrio en el reservorio. En este sentido se recalca la relevancia de considerar durante la evaluación ambiental presiones de reinyección adecuadas para el reservorio acorde a su modelo conceptual.

De esta forma la generación de energía asociada a geotermia es sustentable desde el punto de vista de lo renovable del recurso, cuando se consideren las medidas adecuadas para el manejo de los aspectos presentados en este artículo. Además, durante su evaluación ambiental se deben considerar las exigencias normativas y otros eventuales impactos asociados a este tipo de proyectos.



³ Revista Electricidad, 2016, Rasgos e impactos ambientales de la perforación geotérmica en Chile. Disponible en: <https://www.revistaei.cl/reportajes/rasgos-e-impactos-ambientales-de-la-perforacion-geotermica-en-chile/#>

⁴ Subsecretaría de Energía, 2011, Informe Final Estudio "Evaluación Ambiental de Proyectos Exploración y Explotación Geotérmica". Disponible en <http://dataset.cne.cl/>.





Paneles fotovoltaicos, otra forma de generar energía

Patricio Carrasco Tapia
Encargado de Evaluación
Dirección Regional del SEA Maule

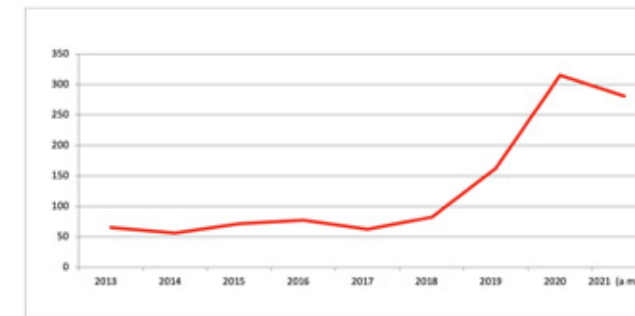
Resumen

Al hablar de energías renovables, nos referimos a aquellas que se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil no se consumen ni se agotan en una escala humana, entre ellas podemos citar: la hidráulica, la solar, la eólica y otras. Sin perjuicio de aquellas que hoy ya están en pleno desarrollo y explotación, en este artículo nos centraremos en las centrales de tecnología fotovoltaica y que, en términos generales, corresponden a aquellas que utilizan la energía que nuestro planeta recibe en forma permanente desde el sol.

Introducción

Si utilizamos el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) como fuente de información, podemos afirmar que el número de proyectos fotovoltaicos mayores a 3MW y sujetos a evaluación ambiental, ha tenido un incremento permanente desde el año 2013 a la fecha, pasando de 65 a 315 proyectos el año 2020, y en lo que va del 2021 (a mayo) ya se pueden contabilizar 281 nuevos ingresos (ver Gráfico 1), los que sumados dan un total de 1.171 proyectos analizados o en análisis ambiental.

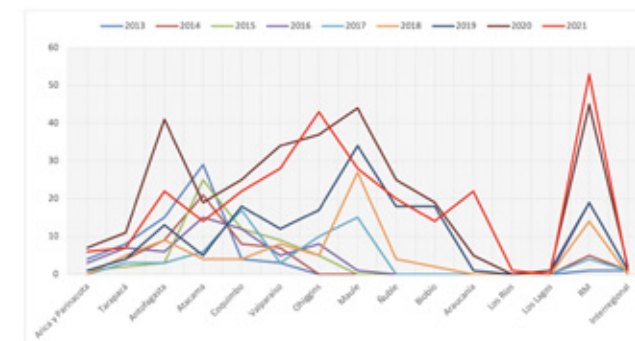
Gráfico 1: Número de proyectos fotovoltaicos ingresados al SEIA.



Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, si desglosamos estos números por regiones, se obtiene que la mayor concentración de ingresos se produce entre las regiones de Antofagasta y de La Araucanía (ver Gráfico 2).

Gráfico 2: Proyectos fotovoltaicos ingresados al SEIA¹ por regiones.



Fuente: Elaboración propia.

Aspectos ambientales

La radiación solar contiene partículas energizadas denominadas fotones. Cuando un fotón con suficiente energía golpea una celda fotovoltaica (dispositivo formado por una delgada lámina de un material semiconductor, compuesta por telurio de cadmio o más comúnmente por silicio), es absorbido por los materiales semiconductores liberando electrones. Por lo tanto, cuanto mayor sea la cantidad de fotones que golpean la celda, tanto más numerosos serán los electrones liberados y, por lo tanto, mayor la intensidad de corriente eléctrica producida, en modo continuo.

Los paneles o módulos fotovoltaicos están conformados por agrupaciones de celdas o células fotovoltaicas. Los paneles pueden ser montados en estructuras fijas (sin movimiento) o móviles (uno o dos ejes) con el fin de estar el mayor tiempo posible en forma perpendicular a los rayos del sol. El área donde se encuentran instalados los equipos de captación de radiación solar (en este caso, los paneles fotovoltaicos) se denomina comúnmente parque solar². La energía eléctrica producida en los paneles fotovoltaicos es conducida a través de obras de canalización aéreas o soterradas, hacia equipos conocidos como inversores eléctricos, que convierten la corriente continua a alterna. Posteriormente, esta corriente es llevada a una subestación eléctrica, donde se modifica su tensión para poder ser transportada mediante líneas de transmisión y finalmente ser inyectada a la red o autoconsumo³.

Sin perjuicio de las bondades que este tipo de central generadora de energía eléctrica presenta, también podemos mencionar un conjunto de aspectos ambientales relevantes de considerar en la evaluación ambiental, tales como:

- Comúnmente, estas instalaciones se encuentran cercadas en su perímetro, convirtiéndose en un obstáculo para el libre desplazamiento de la fauna terrestre, si ocupa u obstaculiza un corredor biológico u otra área de tránsito de fauna. También las aves u otras especies pueden ser afectadas en sus vuelos por las nuevas líneas o sus sistemas de conexión a líneas existentes de evacuación de la energía.

¹ Desde enero de 2013 hasta el 25 de mayo de 2021.

² También puede tener otras denominaciones como, por ejemplo, parque fotovoltaico, planta fotovoltaica, u otras.

³ Para tener mayores antecedentes acerca de la descripción de este tipo de proyectos se puede revisar la *Guía para la Descripción de Proyectos de Centrales Solares de Generación Eléctrica en el SEIA*, documento publicado por el Servicio de Evaluación Ambiental el año 2017.



- Se introducen elementos antrópicos donde existen grandes superficies de suelo libre o naturales, que alteran el entorno, y que en función de su ubicación (tipo de relieve, vegetación circundante, presencia de puntos de observación sensibles) pueden llegar a resultar muy visibles y disminuir la calidad visual y el valor paisajístico.
- Por ser una tecnología que ya lleva alrededor de una década de uso en el país, pero en continuo desarrollo, aún no están claros los impactos que pudieran causar los paneles fotovoltaicos al finalizar la vida útil o el reemplazo en caso de estar defectuosos. Es importante evaluar por parte de los titulares la aplicabilidad de la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP), que entre otros temas promueve la valoración antes de la disposición final de los residuos⁴.
- Durante las etapas de construcción y cierre, las emisiones de ruido pueden tener efectos relevantes sobre los grupos humanos aledaños, en particular por el uso de máquinas hincadoras de postes o pilotes. Es por tanto necesario realizar una adecuada modelación para evaluar el riesgo a la población expuesta a estas emisiones, asegurando el cumplimiento al DS N°38/2012 del Ministerio del Medio Ambiente y referido a la "Norma de Emisión de Ruidos generados por fuentes que indica". Está claro que en las regiones del norte grande y norte chico, este impacto afectaría a la fauna presente en el área de influencia, pudiendo modificar sus hábitos en forma temporal.
- Definición y descripción adecuada del área de influencia para el componente biótico, los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, la existencia de pueblos originarios (grupos humanos, comunidades o asociaciones), existencia de patrimonio antropológico o paleontológico, entre otros. Es necesario recalcar que una adecuada descripción del componente biótico requiere al menos de dos campañas de exploración, debiendo estas coincidir con las estaciones de mayor actividad de las especies presentes en el área. Como no todas las especies son sincrónicas en sus ciclos vitales, se recomienda realizar al menos un monitoreo en invierno y otro en primavera⁵.



- La ocupación de amplias superficies de suelo, así como las modificaciones asociadas al desvío o intervención de redes naturales de drenaje, con fines de proteger las obras del proyecto, podría significar la afectación o eliminación de uno o más ecosistemas relevantes, con la consecuente migración o erradicación de poblaciones de flora y fauna, principalmente flora ribereña o asociada a quebradas, y fauna de baja movilidad y acuática, así como la reducción de la superficie del ecosistema intervenido, transformándolo en una zona antropizada, con lo cual se restan áreas a las especies silvestres, y en algunos casos a aquellas protegidas, con la consiguiente pérdida de biodiversidad.
- En este sentido, es importante señalar que desde un punto de vista tecnológico el diseño de un parque con celdas fotovoltaicas de baja potencia redundaría en el uso de una superficie de terreno mayor en relación con la potencia total a instalar (en promedio a la fecha, se requieren de 2,0 a 2,5 hectáreas por *megawatt*, aproximadamente), con los consiguientes impactos sobre las componentes ambientales del área de influencia, en particular la pérdida de uso de suelo para sostener la biodiversidad. A la fecha ya existen celdas fotovoltaicas de mayor potencia, cuyos valores superan los 500 watts, y con ello se puede disminuir la superficie utilizada. Si fijamos la atención en los proyectos presentados en las regiones del norte grande de nuestro país, está claro que los impactos serían o podrían ser sobre los ecosistemas frágiles que allí existen, tales como formaciones xerofíticas y cactáceas, zonas de nidificación o rutas de vuelo de aves, hábitat de reptiles, sitios prioritarios, entre otros, y sobre el patrimonio arqueológico, paleontológico y cultural⁶, mientras que en el valle central, dada la ocupación de los suelos y su cambio de uso requerido

⁴ Ley N°20.920 que Establece Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje. Ministerio del Medio Ambiente, 2016.

⁵ Ver *Guía para la descripción del Uso del Territorio en el SEIA*. Servicio de Evaluación Ambiental, 2013. Y *Guía para la descripción de los componentes Suelo, Flora y Fauna de Ecosistemas Terrestres en el SEIA*. Servicio de Evaluación Ambiental, 2015.

⁶ Artículo de la Revista Técnica del SEA N°4, *Aspectos relevantes en la evaluación de proyectos de generación de energía solar: la nueva era de generación energética*.

para la ejecución del proyecto, se buscan evitar otros usos vinculados a suelos clases I, II o III por su alta capacidad de uso agrícola. En términos de la pérdida de suelo, se hace relevante analizar los impactos ambientales sobre los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, en particular los que refieren a la pérdida de su sustento económico.

Continuando con el análisis en el marco de la evaluación ambiental, un PAS mixto posee contenidos que son ambientales y que deben ser analizados en el proceso de evaluación de impacto ambiental y otros de contenido sectorial, los cuales deben ser aprobados por los órganos competentes en la respectiva instancia sectorial posterior. En este contexto, se podrá eventualmente requerir mayores antecedentes respecto de lo solicitado en este PAS en su tramitación sectorial, sin embargo, no se podrá denegar dicho permiso ni imponer nuevas condiciones o exigencias de carácter ambiental que no sean las establecidas en la correspondiente Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Al respecto, podemos mencionar, por ejemplo:

- El permiso ambiental sectorial mixto (PAS) N°138 y lo señalado en el Ord. B32/N°1217 de la Subsecretaría de Salud Pública, del 31 de marzo de 2021, que en lo medular indica "las actividades que durante la fase de operación funcionen en forma remota, deberán dar cumplimiento al DS N°236/1926 del Minsal. Es decir, contar con un sistema de tratamiento de las aguas servidas diseñado para la disposición de sus aguas servidas".
- La observancia de la Guía Trámite PAS Artículo 160 Reglamento del SEIA, que está relacionada al *Permiso para Subdividir y Urbanizar Terrenos Rurales o para Construcciones fuera de los Límites Urbanos*. Esta Guía Trámite busca coherencia entre las exigencias ambientales del PAS Mixto 160 y los requisitos sectoriales del Informe de Factibilidad para la Construcción, o también conocido como Informe Favorable para Construcción (IFC), a cargo del Servicio Agrícola y Ganadero⁷.

En el marco de este PAS, el uso de suelo rural donde se instalan estos proyectos puede ser incompatible con otras actividades económicas, como uso agrícola, ganadero (salvo para especies menores), forestal, de esparcimiento, entre otros, o de preservación del territorio, por sus características únicas, tales como arqueológicas o paleontológicas.

⁷ Revisar en línea en https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2019/03/14/guia_sea_pas_160_imprentaweb.pdf

⁸ Se recomienda analizar la CIRC.N°296/2019 del Servicio Agrícola y Ganadero, del 13 de mayo de 2019.

Sobre este se sugiere que, en caso de afectarse superficies superiores a una hectárea de suelos Clase I, II o III en el valle central, se debe considerar la presentación de algún compromiso ambiental voluntario (CAV) para resolver adecuadamente el trámite sectorial IFC⁸.

Al respecto se ha señalado que los siguientes CAV no serían considerados como adecuados:

- Manejos agronómicos tradicionales, como por ejemplo, diseño de riego para predios que cuentan con agua de riego y utilizan sistemas más ineficientes de irrigación, sin que se proponga un incremento de superficie cultivada.
- Aplicación de agroquímicos, enmiendas orgánicas, corrección de la acidez de suelo (pH o saturación de aluminio), que son manejos agronómicos propios de sistemas productivos asociado a suelos de origen volcánico y/o suelos arenosos.
- Rehabilitación de suelos planos con plantaciones forestales.
- Labores o prácticas que hayan sido bonificadas por la Ley N°18.450 o por la Ley N°20.412.
- Riego a través de profundización o construcciones de pozos en sectores con escasez hídrica.
- Prácticas de polinización de frutales.
- Habilitación o enriquecimiento de corredores biológicos.
- Mejoras en equipamientos de establecimientos de diverso tipo (educacional, de salud u otro), ya que no contribuiría a mantener o mejorar la capacidad productiva o calidad de los suelos.

Finalmente, podemos indicar que a pesar del gran conocimiento que a la fecha se tiene de esta tecnología y de sus impactos ambientales, aún falta por desarrollar otro aspecto importante y que tiene relación con la(s) forma(s) de almacenar la energía generada y su uso en cualquier momento, pues la generación solo puede realizarse durante el día. A la fecha ya se han calificado iniciativas que presentan dispositivos de acumulación de energía (baterías de iones de litio), pero aún no podemos dar garantías de que no generarán efectos o impactos ambientales, en su entorno.

Planificación energética de largo plazo

Alex Santander Guerra

Jefe de la Unidad de Planificación Energética y Nuevas Tecnologías
División de Políticas y Estudios Energéticos y Ambientales
Ministerio de Energía

Resumen

Actualmente, el sector energético enfrenta grandes desafíos: disminuir niveles de pobreza energética, garantizar un mejor acceso a energía de calidad para todas y todos, contribuir para alcanzar la meta de carbono neutralidad y así cumplir los compromisos de Chile en materia climática y ambiental, retirar las centrales eléctricas a carbón y permitir la integración masiva de energías renovables, disminuir la contaminación local en las ciudades, promover el desarrollo del hidrógeno verde para limpiar más consumos energéticos actualmente provistos por combustibles, entre otros.



Introducción

La Ley General de Servicios Eléctricos vigente, cuya última actualización fue promulgada durante el año 2016 mediante la denominada "Ley de Transmisión Eléctrica", en su espíritu de anticipar los desarrollos de transmisión eléctrica para permitir la conexión de los proyectos de generación, debido a los plazos que estos conllevan, estableció modificaciones que permitieron la incorporación de un proceso quinquenal de Planificación Energética de Largo Plazo¹, también conocido como PELP, liderado por el Ministerio de Energía, cuya primera versión corresponde al período 2018-2022; actualmente, está en pleno desarrollo el nuevo proceso quinquenal para el período 2023-2027.

Este proceso tiene dos objetivos primordiales: 1) Proporcionar escenarios de desarrollo futuro para el sector energético chileno, con el fin de orientar el proceso de expansión del sistema de transmisión eléctrica, y 2) Identificar zonas que puedan ser calificadas como potenciales polos de desarrollo de generación eléctrica, los cuales se definen como aquellas áreas territoriales en que existen recursos para la producción de energía eléctrica proveniente de energías renovables, cuyo aprovechamiento, utilizando un único sistema de transmisión, resulta de interés público por ser eficiente económicamente para el suministro eléctrico.

De esta manera, el proceso de expansión del sistema de transmisión eléctrica contempla la interacción de distintas instituciones, y en cuanto a la etapa de planificación, estos organismos son: 1) La Comisión Nacional de Energía (Comisión), entidad encargada de la regulación del mercado energético y de los respectivos procesos tarifarios; 2) el

Coordinador Eléctrico Nacional (Coordinador), operador independiente del sistema eléctrico y encargado de garantizar la seguridad, eficiencia y acceso abierto, y 3) el Ministerio de Energía (Ministerio), que se encarga de fortalecer el desarrollo futuro del país en materia energética, a través del desarrollo de políticas públicas, con una mirada amplia y coherente con el largo plazo.

Todos ellos identifican y plantean aspectos que permiten la materialización de propuestas de expansión del sistema de transmisión eléctrica. Por un lado, el Ministerio se encarga de plasmar una visión energética de largo plazo en un horizonte de al menos 30 años, presentando planes de obras de generación para cada escenario energético de largo plazo propuesto; el Coordinador emite una propuesta de expansión de la transmisión, aplicando criterios de seguridad y eficiencia, y la Comisión, finalmente, presenta un plan de expansión de la transmisión definitivo, incorporando aspectos operativos de largo plazo en un horizonte de 20 años, y considerando, además, los distintos planes propuestos por la industria.

Sin embargo, el proceso de planificación es el inicio de todo un camino por recorrer en términos de la expansión de la transmisión; luego, se adicionan instancias de licitación de obras a desarrolladores y de evaluación de impactos ambientales en el SEIA y construcción de proyectos. De esta manera la evaluación ambiental se posiciona como uno de los requisitos fundamentales para concretar el proceso de expansión eléctrica que se impulsa desde la PELP.

En la Figura 1 se presenta un diagrama simplificado que resume el proceso de expansión de la transmisión eléctrica en el país.

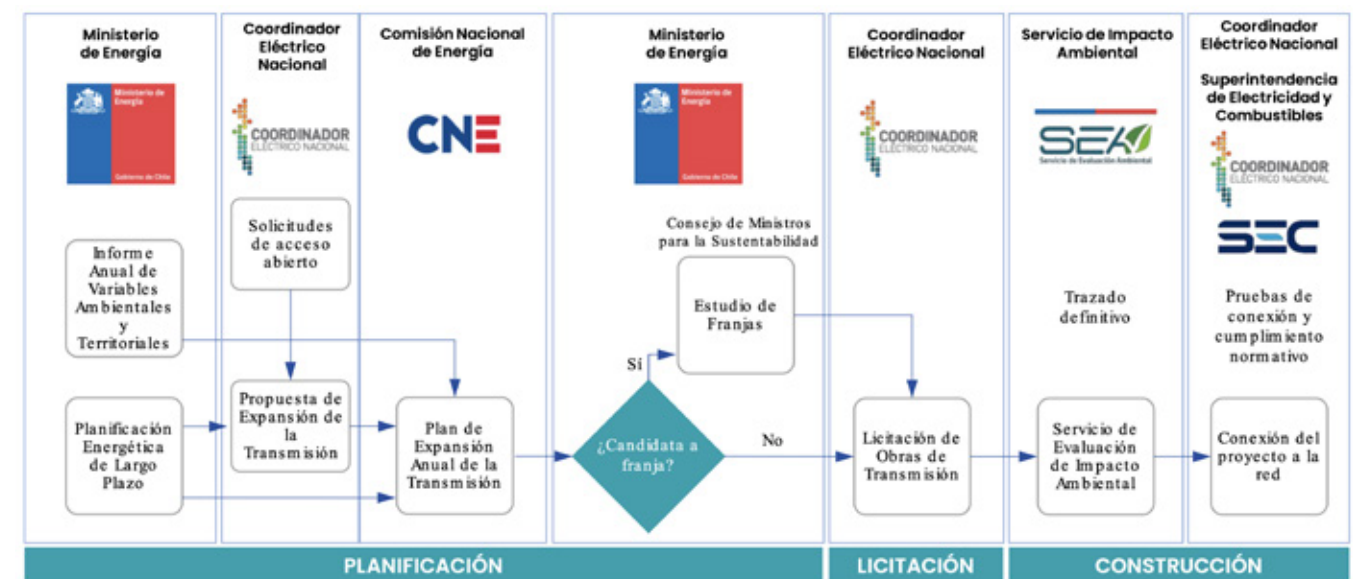


FIGURA 1: PROCESO DE EXPANSIÓN DE LA TRANSMISIÓN ELÉCTRICA SIMPLIFICADO.

¹ www.pelp.minenergia.cl



Orientando la expansión de la transmisión eléctrica y la agenda del futuro energético

La PELP incide directamente en la infraestructura de transmisión eléctrica que se construye en el país para conectar los proyectos de generación eléctrica con los distintos consumos. La metodología aplicada durante este proceso contempla amplia y efectiva participación ciudadana en todos sus niveles, con tal de reflejar distintos futuros plausibles para Chile en materia energética. Esta manera de llevar a cabo la PELP busca entregar una mejor orientación de posibles escenarios del futuro energético de Chile, y actualmente ha conseguido transformarse en un referente para el mercado, donde las discusiones sobre sustentabilidad, cambio climático, el uso eficiente de los recursos naturales, sostenibilidad, impactos sociales, ambientales y territoriales, nuevas tecnologías, autogeneración, entre otros, son parte esencial de la agenda de discusión.

De esta manera, la PELP tiene múltiples objetivos, tales como:

1. Define distintos caminos posibles para el desarrollo del sector (llamados escenarios energéticos), los que se construyen a partir de distintos supuestos de futuro y consideran directrices estratégicas, como la Política Energética Nacional, el proyecto de Ley Marco de Cambio Climático, que actualmente se está discutiendo en el Congreso, así como otras leyes, estrategias y planes sectoriales.
2. Identifica la posible existencia de territorios propicios para el desarrollo de proyectos energéticos estratégicos en el país (denominados Polos de Desarrollo de Generación Eléctrica), que pudiesen requerir de parte del Estado una coordinación entre los desarrolladores involucrados y un sistema de transmisión único que permita conectarlos a la red eléctrica, considerando su aporte a la sustentabilidad del país y al desarrollo local.

3. Proyecta el futuro del consumo y la oferta energética requerida por el país.
4. Diagnostica y entrega información para la toma de decisiones de política pública del sector, con foco en promoción de medidas y adecuaciones legales, regulatorias, reglamentarias y normativas.
5. Orienta —por mandato legal— el desarrollo de la transmisión eléctrica del país.
6. Evalúa las posibles oportunidades de integración energética con otros países e interconexiones internacionales.
7. Identifica las oportunidades de innovación y adopción tecnológica requeridas para un desarrollo sostenible.
8. Contempla una instancia de participación ciudadana amplia que ayuda a legitimar la mirada de largo plazo del país en materia energética.
9. Provee un mapeo de los pasos que vienen en el desarrollo del sector energético, conectando y dotando de coherencia las acciones de corto plazo que habilitan el mediano y largo plazo deseado y proyectado. Así, permite establecer prioridades en las acciones para abordarlos e identificar los desafíos y oportunidades de la transición energética para el país y la sociedad en su conjunto.



Proyectando juntos la transición energética de Chile

El 29 de diciembre de 2020, el Ministerio de Energía dio inicio al segundo proceso quinquenal de la PELP para el período 2023-2027.

El gran desafío hoy es incluir en la planificación una mirada amplia del sector; por ello, los ejes que definen este proceso vigente son: 1) sociedad, 2) clima y externalidades, 3) medio ambiente y territorio, 4) tecnología y 5) modelos y prospección. De esta manera, los modelos de planificación quedan a disposición de proyectar los grandes desafíos del sector energético y entregar información valiosa que permita tomar mejores decisiones de forma coherente con el futuro de la energía previsto.

Se pueden definir tres elementos clave para el buen desarrollo de la PELP, siendo el primero la participación y transparencia del proceso. El segundo elemento clave es la solidez de los análisis técnicos que se deben llevar a cabo, y su integración con el proceso participativo. Por último, el tercer elemento corresponde a la interrelación entre los distintos actores que contribuyen a la institucionalidad energética, como los grupos de expertos de la academia, ministerios y servicios públicos, así como también instituciones como a GIZ.

Actualmente, el sector energético enfrenta grandes desafíos: disminuir niveles de pobreza energética, garantizar un mejor acceso a energía de calidad para todas y todos, contribuir para alcanzar la meta de ser carbono neutral y así cumplir los compromisos de Chile en materia climática y ambiental, retirar las centrales eléctricas a carbón y permitir la integración masiva de energías renovables, disminuir la contaminación local en las ciudades, promover el desarrollo del hidrógeno verde para limpiar más consumos energéticos actualmente provistos por combustibles, entre otros. La PELP permite analizar y proyectar el futuro energético de manera participativa, de manera cualitativa y cuantitativa y considerando una mirada amplia del sector que permite estudiar el efecto conjunto de las distintas metas y acciones que acompañan el desarrollo energético.

El rol del SEIA en el avance de las ERNC: Un análisis basado en datos

Hernán Joglar E., Cristian Flores C., Martín Solís R.
División de Tecnologías y Gestión de la Información
Servicio de Evaluación Ambiental

“ Los datos presentados y los análisis realizados en este artículo dan cuenta de la flexibilidad y capacidad de adaptación que ha mostrado el SEA en su rol de administrador del SEIA, ante la necesidad de incorporar aceleradamente proyectos de energías limpias en la matriz energética nacional. Estas demandas, en constante ascenso en los últimos seis años, han sido atendidas por el Servicio, incluso registrando cifras récord durante el primer cuatrimestre del 2021 ”

Durante los últimos años, el SEIA ha experimentado un constante aumento en la cantidad de proyectos a evaluar en el sector energético, generando un impacto relevante en la carga del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y poniendo a prueba sus capacidades. Ante este contexto, el SEA ha debido adaptarse y redoblar sus esfuerzos para entregar un apoyo decidido y relevante a la transición que está experimentando Chile hacia una matriz 100% no contaminante, permitiendo la incorporación acelerada de los proyectos de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) que cumplan plenamente con la normativa ambiental vigente.

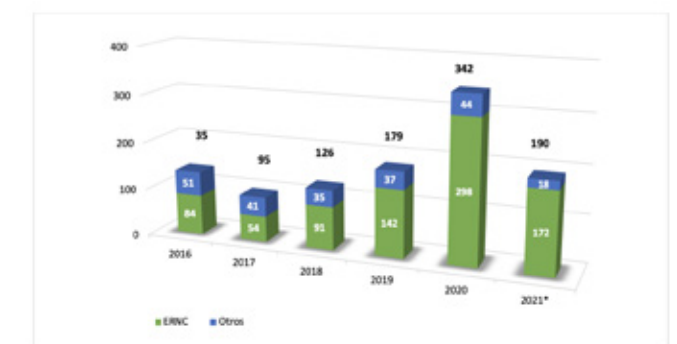
El año 2021 en curso es un período de especial relevancia en este tema, por lo tanto, resulta interesante comprender lo que ha sucedido y está sucediendo en el SEIA en relación con el sector energía y las ERNC.

Las materias antes mencionadas y sus tendencias se examinan en el presente artículo, en un análisis estadístico y que muestra nuestras cifras en puridad¹, sin especificar relaciones de causas, efectos y/o proyecciones futuras, las que dejaremos al lector para no emitir juicios u opiniones que no estén basadas exclusivamente en las cifras presentadas.

Cifras anuales

Para mostrar la evolución antes aludida en los proyectos del sector energía, se realizó un análisis de los datos existentes desde el año 2016 hasta el 30 de abril de 2021, donde se puede observar que durante el período ingresaron al SEIA un total de 1.067 proyectos para este sector, representado una inversión de \$135.397 millones de dólares (MMUSD). Todos estos proyectos están asociados a las tipologías b1, b2 y c descritas en el artículo 3 del DS N°40 de 2012 del MMA “Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”, los que corresponden a Centrales Generadoras de Energía, Subestaciones y Líneas de Transmisión Eléctrica.

Gráfico 1. Proyectos ingresados por año en el SEIA - sector energía.



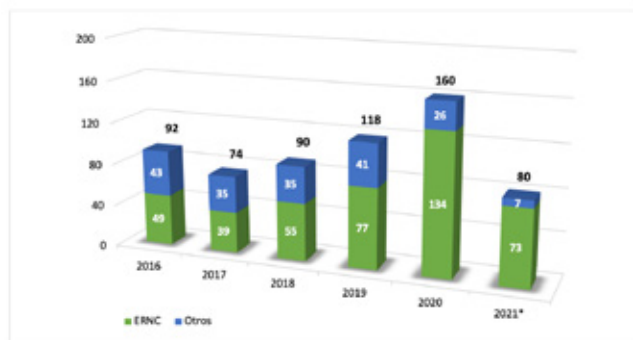
(*) Incluye información hasta el 30 de abril de 2021.

¹ Todos los datos utilizados en el presente artículo se encuentran disponibles en el portal web del SEA en <https://www.sea.gob.cl/informacion-estadistica-del-seia>.

Dentro del conjunto de 1.067 proyectos se identificaron los aquellos asociados a ERNC, aplicando un procedimiento manual de revisión y clasificación, con el fin separarlos de los demás proyectos ingresados en las tipologías antes individualizadas. En el Gráfico 1 se muestra la distribución por cada año de los proyectos ingresados en el período estudiado, separando los que corresponden a ERNC. Es importante notar que en el primer cuatrimestre de 2021 ingresaron más proyectos ERNC que en todo el año 2019 y, aproximadamente, el doble de lo ingresado en los años anteriores.

Adicionalmente, como se muestra en el Gráfico 2, durante el mismo período y considerando las tipologías identificadas anteriormente, en el SEIA se aprobaron 614 proyectos de energía en total, de los cuales, 427, es decir el 70%, corresponde a proyectos de ERNC.

Gráfico 2. Proyectos aprobados por año en el SEIA - sector energía.



(*) Incluye información hasta el 30 de abril de 2021.

Del análisis de los datos detallados precedentemente, podemos inferir que el SEA ha adaptado sus capacidades y está desarrollando esfuerzos significativos para enfrentar la alta demanda por evaluación de proyectos ERNC, lo que le ha permitido responder ante la transformación energética que está experimentando Chile.



Análisis comparativo del primer cuatrimestre de cada año

Para efectos de análisis de la evolución en los proyectos del sector energía evaluados en el SEIA, incluyendo el presente año 2021, se han extraído los datos del primer cuatrimestre de cada año. Con este fin, se presentan a continuación dos tablas comparativas mostrando la variación porcentual para los proyectos ingresados y aprobados en el sector energía. En ambas tablas se comparan datos de los primeros cuatrimestres de los últimos cinco años con los del año en curso.

Tabla 1. Variación porcentual cuatrimestral proyectos ingresados - sector energía.

1er Cuatrimestre 2016		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	67	190		184%
MMUSD	15.017	12.373		-18%
1er Cuatrimestre 2017		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	26	190		631%
MMUSD	685	12.373		1706%
1er Cuatrimestre 2018		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	36	190		428%
MMUSD	971	12.373		1174%
1er Cuatrimestre 2019		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	49	190		288%
MMUSD	1.374	12.373		801%
1er Cuatrimestre 2020		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	185	190		3%
MMUSD	19.230	12.373		-36%

Nota 1: No se consideran los estados: "En admisión", "No Admitido a Tramitación" e "Ingresados Art.94 RSEIA".

Nota 2: Se consideran las tipologías b1, b2 y c.

Los datos de la Tabla 1 muestran que en el primer cuatrimestre del año 2021 han ingresado al SEIA una cantidad de proyecto significativamente mayor que lo ingresado en iguales períodos en los años anteriores, llegando a ser siete veces mayor que lo ingresado en 2017. La excepción está en la comparación con el año 2020, donde el aumento comparativo es solamente de un 3%.

En cuanto a los montos de inversión, también se aprecian montos significativamente mayores para los años 2017, 2018 y 2019; no obstante, este comportamiento se revierte al comparar con los años 2016 y 2020, de modo que no es posible distinguir una conducta constante en esta comparación.

Tabla 2. Variación porcentual cuatrimestral proyectos aprobados - sector energía.

1er Cuatrimestre 2016		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	34	80		135%
MMU	3.776	2.402		-36%
1er Cuatrimestre 2017		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	31	80		158%
MMU	6.636	2.402		-64%
1er Cuatrimestre 2018		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	28	80		186%
MMU	2.802	2.402		-14%
1er Cuatrimestre 2019		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	34	80		135%
MMU	1.289	2.402		86%
1er Cuatrimestre 2020		1er Cuatrimestre 2021		Variación porcentual
Proyectos	45	80		78%
MMU	1.614	2.402		49%

Nota: Se consideran las tipologías b1, b2 y c.

En la Tabla 2 se muestra la misma comparación realizada para los proyectos ingresados en la Tabla 1; pero en este caso para los proyectos aprobados en el sector energía. Se puede observar que la cantidad de proyectos aprobados en el primer cuatrimestre del 2021 es significativamente superior a la cantidad aprobada en los períodos homólogos anteriores. Sin embargo, en el caso de los montos de inversión no se observa tal incremento comparativo, salvo en los últimos dos años.

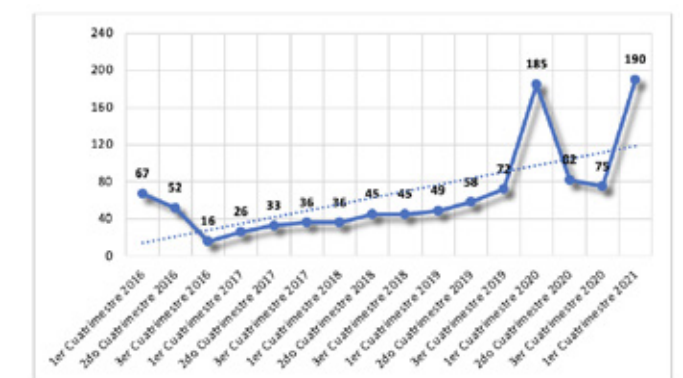
De este análisis se desprenden que en el primer cuatrimestre de 2021 el SEIA ha recibido y procesado una cantidad inusualmente alta de proyectos del sector energía, los que, según lo mostrado en el apartado anterior, son mayoritariamente de ERNC.

Análisis detallado de los datos

Con la finalidad de poder identificar efectos de estacionalidad, o bien, la influencia de eventos puntuales que puedan haber afectado el comportamiento de los ingresos y la aprobación de proyectos del sector energía en el período 2016-2021, se presentan a continuación los datos cuatrimestrales sobre ingresos y aprobación de proyectos en el SEIA.

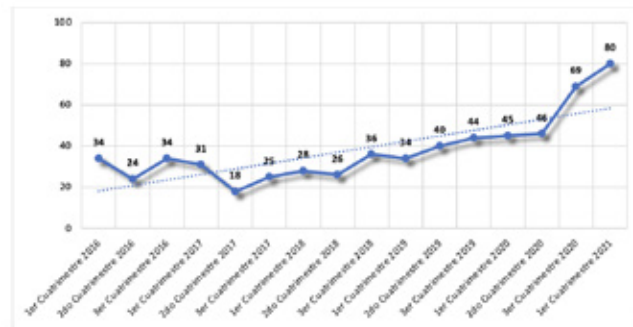
En el Gráfico 3 podemos ver una línea de tendencia que nos indica un claro aumento de los proyectos ingresados al SEIA para el sector productivos energía en los últimos cinco años, destacándose dos peaks de ingreso: el primero, en el primer cuatrimestre de 2020, y el segundo, en el primer cuatrimestre de 2021. Se presume que ambos se relacionan con la aprobación y entrada en vigor del DS N°88/2020 del Ministerio de Energía, que Aprueba el Reglamento para Medios de Generación de Pequeña Escala.

Gráfico 3. Proyectos ingresados cuatrimestralmente en el SEIA - sector energía.



En el Gráfico 4 se muestran los datos cuatrimestrales de proyectos aprobados en el SEIA para el sector energía. Tal como sucede con los proyectos ingresados, se observa una tendencia al alza en la cantidad de proyectos aprobados, destacándose el primer cuatrimestre del 2021 como el período con la mayor cantidad de proyectos aprobados, calificando más del doble del promedio procesado en todos los cuatrimestres anteriores desde el año 2016.

Gráfico 4. Proyectos aprobados cuatrimestralmente en el SEIA - sector energía.



Consecuentemente, de lo analizado en este apartado se puede afirmar que el SEA ha debido incrementar su capacidad para evaluar proyectos de energía, y que la tendencia está marcada por un incremento sostenido en el número de proyectos ERNC.

Distribución territorial de los proyectos del sector energía

Aunque en todo Chile se han generado iniciativas de ERNC, desde el año 2016 hasta abril de 2021 las zonas con más proyectos en el sector de energía han sido las regiones Metropolitana, Antofagasta, Maule, O'Higgins y Valparaíso, observándose una mayor concentración en la zona central del país. La Región Metropolitana ha concentrado la mayor cantidad de proyectos ingresados para el sector productivo energía, en tanto la mayor cantidad de proyectos aprobados se ha producido en la Región del Maule (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Top 5 proyectos ingresados y aprobados por región - sector energía.

Región	Top 5 proyectos ingresados	Región	Top 5 proyectos aprobados
RM	145	Maule	87
Antofagasta	127	Antofagasta	86
Maule	117	O'Higgins	60
O'Higgins	98	Atacama	59
Valparaíso	95	RM	51

En cuanto a la distribución de la inversión en proyectos de energía, se observa que la mayor inversión se concentra en la zona norte de Chile, prevaleciendo las inversiones realizadas en la Región de Antofagasta, tanto para la inversión ingresada como para la aprobada, según se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Top 5 inversión ingresada y aprobada por región - sector energía.

Región	Top 5 inversión ingresada	Región	Top 5 inversión aprobada
Antofagasta	51.007	Antofagasta	13.479
Tarapacá	42.737	Atacama	7.953
Atacama	10.981	Tarapacá	4.506
Interregional	7.034	Araucanía	2.981
Biobío	4.685	Biobío	1.970

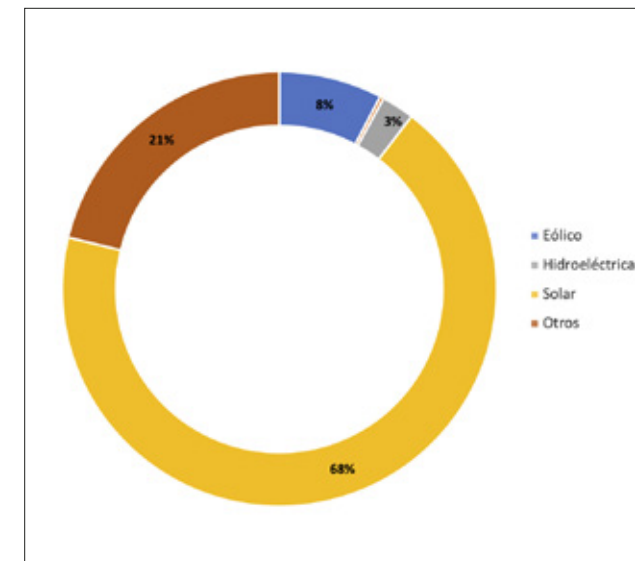
Al observar la distribución territorial de los proyectos podemos inferir que las iniciativas de ERNC se concentran en la zona norte y la zona central de Chile, siendo los más importantes, por su tamaño y nivel de inversión, los localizados en la zona norte, puntualmente en la Región de Antofagasta.

Clasificación proyectos de Energías Renovables No Convencionales (ERNC)

En cuanto a cómo se ha distribuido en nuestro país el uso de las diferentes ERNC durante el período 2016-2021, se puede advertir que, si se desglosan los datos de los proyectos ingresados y aprobados en el SEIA que corresponden a ERNC, encontramos que los más frecuentes son los proyectos solares (fotovoltaicos), siendo preferidos sobre otras fuentes de energía.

Como se muestra a continuación en el Gráfico 5, los proyectos de tipo solar (fotovoltaico) predominan con un 68% entre los ingresados en el SEIA durante el período de interés. Le siguen con un 21% aquellos proyectos clasificados como "Otros", los que están asociados a fuentes no renovables de energía, o bien, corresponden a otro tipo de instalaciones que no son de ERNC (líneas de transmisión, subestaciones, etcétera); aunque muchos de ellos pueden estar asociados a proyectos ERNC.

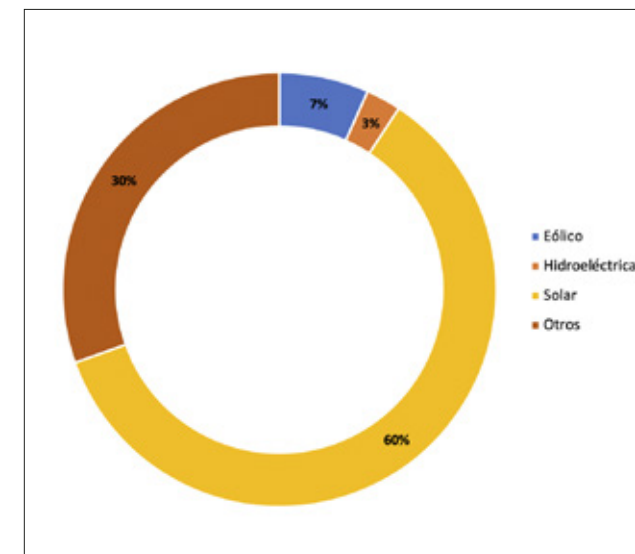
Gráfico 5. Clasificación ERNC - Proyectos ingresados en el SEIA.



Nota: Clasificación realizada a partir de la revisión manual del nombre y descripción del proyecto.
Otros = Energías No Renovables + Otro tipo de proyectos.

Si analizamos el comportamiento entre los proyectos aprobados en el SEIA durante el período en estudio, se observa que también predominan los proyectos de tipo solar (fotovoltaico) con un 60%, seguidos por los proyectos clasificados como "Otros" con un 30%.

Gráfico 6. Clasificación ERNC - Proyectos aprobados en el SEIA.



Nota: Clasificación realizada a partir de la revisión manual del nombre y descripción del proyecto.
Otros = Energías No Renovables + Otro tipo de proyectos.

De los datos expuestos precedentemente, se desprende que los proyectos solares o fotovoltaicos están liderando la transición en Chile hacia las energías limpias, incorporando iniciativas en extensas zonas de nuestro territorio y generando, probablemente, una cantidad importante de proyectos de energía de otros tipos, tales como subestaciones y líneas de transmisión.

Conclusiones

Los datos presentados y los análisis realizados en este artículo dan cuenta de la flexibilidad y capacidad de adaptación que ha mostrado el SEA en su rol de administrador del SEIA, ante la necesidad de incorporar aceleradamente proyectos de energías limpias en la matriz energética nacional. Estas demandas, en constante ascenso en los últimos seis años, han sido atendidas por el Servicio, incluso registrando cifras récord durante el primer cuatrimestre del 2021, con todas las restricciones impuestas por la pandemia, gracias al profesionalismo de sus funcionarios y a sus avanzados sistemas y tecnologías de la información, disponibles permanentemente, en cualquier lugar y a toda hora.

Nuestro análisis ha demostrado que las iniciativas de ERNC se distribuyen a lo largo de todo Chile, concentrándose en las zonas norte y centro, donde los esfuerzos de evaluación se han expandido con mayor fuerza. No obstante, las iniciativas de mayor relevancia se han concentrado en la Región de Antofagasta, donde la disponibilidad de espacio y radiación solar han atraído mayor inversión.

Las condiciones climáticas de las zonas norte y centro de nuestro país hacen propicia la generación de energía solar, lo que, junto al avance tecnológico en la eficiencia de los componentes fotovoltaicos, ha generado la expansión de los parques solares, convirtiéndose en la ERNC con mayor crecimiento en los últimos años, alcanzando al 60% de los proyectos de ERNC aprobados.

El breve recuento presentado en este artículo da cuenta de la rápida expansión que están teniendo las energías limpias en Chile y de las capacidades avanzadas desarrolladas por el SEA para enfrentar este desafío, incluso en los tiempos difíciles vividos en los años 2020 y 2021.

