

**REPÚBLICA DE CHILE
SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL
DIRECCIÓN EJECUTIVA**

**SE PRONUNCIA SOBRE LA VIGENCIA
Y OBSERVANCIA DEL CRITERIO DE
EVALUACIÓN EN EL SEIA:
INTRODUCCIÓN A PROYECTOS DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA**

RESOLUCIÓN EXENTA

SANTIAGO,

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente (en adelante, “Ley N°19.300”); en el Decreto Supremo N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (en adelante, “Reglamento del SEIA”); en el Decreto con Fuerza de Ley N°1/19.653, que Fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N°18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; en la Ley N°19.880, sobre Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en el Decreto N°40, de fecha 06 de abril de 2022, del Ministerio del Medio Ambiente, que nombra Directora Ejecutiva del Servicio de Evaluación Ambiental; y en la Resolución N°07 del 26 de marzo del año 2019 de la Contraloría General de la República, que Fija Normas sobre Exención del Trámite de Toma de Razón.

CONSIDERANDO:

1. Que, la letra d) del artículo 81 de la Ley N°19.300 establece que corresponderá al Servicio de Evaluación Ambiental “uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, mediante el establecimiento, entre otros, de guías trámite”.
2. Que, el inciso 2º del artículo 4º del Reglamento del SEIA, dispone que el “Servicio podrá, de conformidad a lo señalado en el artículo 81 letra d) de la Ley, uniformar los criterios o exigencias técnicas asociadas a los efectos, características o circunstancias contempladas en el artículo 11 de la Ley, los que deberán ser observados para los efectos del presente Título” (Título II del Reglamento del SEIA).
3. Que, en el ejercicio de las facultades precedentemente señaladas, el Servicio elaboró el documento “Criterio de evaluación en el SEIA: Introducción a proyectos de almacenamiento de energía”.

El objetivo de esta publicación es establecer el criterio para el análisis de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de los proyectos de almacenamiento de energía que utilizan la tecnología de baterías, con el fin de establecer su relación con la tipología de la letra c) del artículo 10 de la Ley N°19.300, complementado por el artículo 3º del D.S. N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA o Reglamento del SEIA).

RESUELVO:

Tener presente que el documento singularizado en el Considerando N°3 de la presente resolución se encuentra vigente, debiendo observarse su contenido de acuerdo con lo establecido en la letra d) del artículo 81 de la Ley N°19.300 y en el Decreto Supremo N°40, de 2012, Reglamento del SEIA, del Ministerio del Medio Ambiente.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, PUBLÍQUESE Y ARCHÍVESE

**VALENTINA DURÁN MEDINA
DIRECTORA EJECUTIVA
SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

JMF/CPR/CCH/MGL/mp

Distribución:

- Direcciones Regionales, Servicio de Evaluación Ambiental
- División Jurídica, Servicio de Evaluación Ambiental.
- División de Evaluación y Participación Ciudadana, Servicio de Evaluación Ambiental.
- Coordinación Regional, Servicio de Evaluación Ambiental.
- División de Tecnologías y Gestión de la Información, Servicio de Evaluación Ambiental.
- Departamento de Auditoría Interna, Servicio de Evaluación Ambiental.
- Departamento de Comunicaciones, Servicio de Evaluación Ambiental.

c.c:

- Dirección Ejecutiva, Servicio de Evaluación Ambiental.
- Of. Partes, Servicio de Evaluación Ambiental



Firmado por: Juan
Cristóbal Moscoso
Farias
Fecha: 12/12/2023
15:41:36 CLST



Firmado por: Valentina
Alejandra Durán
Medina
Fecha: 12/12/2023
15:50:21 CLST



CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA: Introducción a proyectos de almacenamiento de energía



CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA: INTRODUCCIÓN A PROYECTOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Autor: Servicio de Evaluación Ambiental

Primera Edición

Santiago, diciembre de 2023

Diseño y diagramación: Servicio de Evaluación Ambiental

Imágenes de portada e interior: Adobe Stock, Depositphotos

Cómo citar este documento: Servicio de Evaluación Ambiental, 2023. Criterio de evaluación en el SEIA: introducción a proyectos de almacenamiento de energía. Primera edición, Santiago, Chile.

Si desea presentar alguna consulta, comentario o sugerencia respecto del documento, por favor, escribir al siguiente correo comentarios.documentos@sea.gob.cl

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	5
RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	9
3. DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	11
3.1 Baterías	11
3.1.1 Baterías convencionales	13
3.1.2 Baterías de flujo	17
4. ANÁLISIS DE INGRESO DE PROYECTOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA AL SEIA	20
5. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ECONOMÍA CIRCULAR Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA A TRAVÉS DE BATERÍAS	23
6. BIBLIOGRAFÍA	25



PRESENTACIÓN

Chile ha adoptado compromisos climáticos que se basan principalmente en su enorme potencial para el desarrollo de energías renovables; también tiene una meta de descarbonización para enfrentar la crisis climática y lograr una sociedad carbono neutral al año 2050. Por ello, se ha generado una masiva incorporación de energías renovables en el sistema eléctrico, entre ellas, las centrales solares, que emplean tecnologías fotovoltaicas y las centrales eólicas de generación de energía.

Actualmente, uno de los principales inconvenientes de la generación de energías renovables se produce por el denominado vertimiento de energía, donde la energía generada sobrepasa la necesidad de consumo requerida, lo que depende principalmente de la ubicación, y la capacidad de transporte de las líneas de transmisión, por lo cual esta energía no puede ser evacuada por el sistema eléctrico y por lo tanto se generan pérdidas con un alto costo. De esta manera ante dicho escenario, la implementación de sistemas de almacenamiento de energía permite gestionar la energía generada en horarios de mayor producción y menor demanda de ésta. En este contexto, es que los sistemas de almacenamiento de energía surgen como una necesidad para su uso eficiente, por lo que se transformarán en uno de los complementos esenciales de las energías renovables, entregando el soporte necesario para mantener un sistema seguro y resiliente frente a fluctuantes condiciones de operación¹.

Adicionalmente, entre las tecnologías de almacenamiento se encuentran las baterías que, en el marco de la Ley N°20.920, de 2016 “que establece el marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje”, son incluidas entre los productos prioritarios para efectos de la aplicación del régimen de responsabilidad extendida del productor². Al haber establecido, dicha ley, una regla de prevención y valorización disponiendo en su artículo 4º que “todo residuo potencialmente valorizable deberá ser destinado a tal fin evitando su eliminación”, se deberán considerar, en el futuro, los desafíos

¹ Transición Energética de Chile: Política Energética Nacional, del Ministerio de Energía (2022).

² El Artículo 9º de la Ley 20.920 define Responsabilidad extendida del productor como “un régimen especial de gestión de residuos, conforme al cual los productores de productos prioritarios son responsables de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos de los productos prioritarios que comercialicen en el país”. La disposición establece que los productores de productos prioritarios deberán cumplir con una serie de obligaciones, entre ellas “b) Organizar y financiar la recolección de los residuos de los productos prioritarios en todo el territorio nacional, así como su almacenamiento, transporte y tratamiento en conformidad a la ley, a través de alguno de los sistemas de gestión a que se refiere el párrafo 3º de este título. La presente obligación será exigible con la entrada en vigencia de los respectivos decretos supremos que establezcan metas y otras obligaciones asociadas”. Y “c) Cumplir con las metas y otras obligaciones asociadas, en los plazos, proporción y condiciones establecidos en el respectivo decreto supremo; además de “d) Asegurar que la gestión de los residuos de los productos prioritarios se realice por gestores autorizados y registrados”.

que implica la introducción de estas tecnologías en el marco de la transición del país hacia un modelo de economía circular³, a la luz de la regulación específica que el Ministerio del Medio Ambiente dictará, para las baterías potencialmente valorizables que indique el respectivo decreto, en el futuro.

De esta forma, y ante el surgimiento de iniciativas de proyectos de almacenamiento de energía para evitar el problema de los vertimientos, ya sea asociados, o no, a proyectos de generación eléctrica así como a proyectos de subestaciones, el Servicio de Evaluación Ambiental ha estimado necesario otorgar certezas técnicas y jurídicas respecto de las reglas de la evaluación de impacto ambiental para proyectos de inversión consistentes en la instalación de sistemas de almacenamiento de energía, en particular respecto de su ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, aportando precisiones también respecto de la generación potencial de residuos.

De esta manera, el presente documento se desarrolla en el marco de las atribuciones que tiene el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) expresadas en el artículo 81, letra d), de la Ley N°19.300, sobre bases generales del medio ambiente, en torno a uniformar criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas, y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, en particular, respecto al procedimiento de evaluación ambiental, a través de guías y otros instrumentos.

El proceso de elaboración de este documento ha sido fruto de un trabajo colaborativo entre la Dirección Ejecutiva del SEA y el Ministerio de Energía, y fue sometido a la revisión y observación de las Direcciones Regionales y de la División Jurídica del SEA así como del Ministerio del Medio Ambiente. A todos se agradece su colaboración.

RESUMEN

El objetivo del presente documento es establecer el **criterio para el análisis de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de los proyectos de almacenamiento de energía que utilizan la tecnología de baterías**, con el fin de establecer su relación con la tipología de la letra c) del artículo 10 de la Ley N°19.300, complementado por el artículo 3º del D.S. N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA o Reglamento del SEIA), sin perjuicio del análisis de otras tipologías de ingreso que pueda proceder.

Luego de introducir los distintos tipos de almacenamiento de energía, y de describir las distintas tecnologías, el título 4 ofrece el análisis de ingreso de proyectos de almacenamiento de energía al SEIA. Finalmente, el último título aporta algunas consideraciones desde una perspectiva de la economía circular.

³ Ministerio del Medio Ambiente (2020), Hoja de ruta para un Chile circular al 2040. Disponible en <https://economiacircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/07/HOJA-DE-RUTA-PARA-UN-CHILE-CIRCULAR-AL-2040-ES-VERSION-COMPLETA.pdf>



1. INTRODUCCIÓN

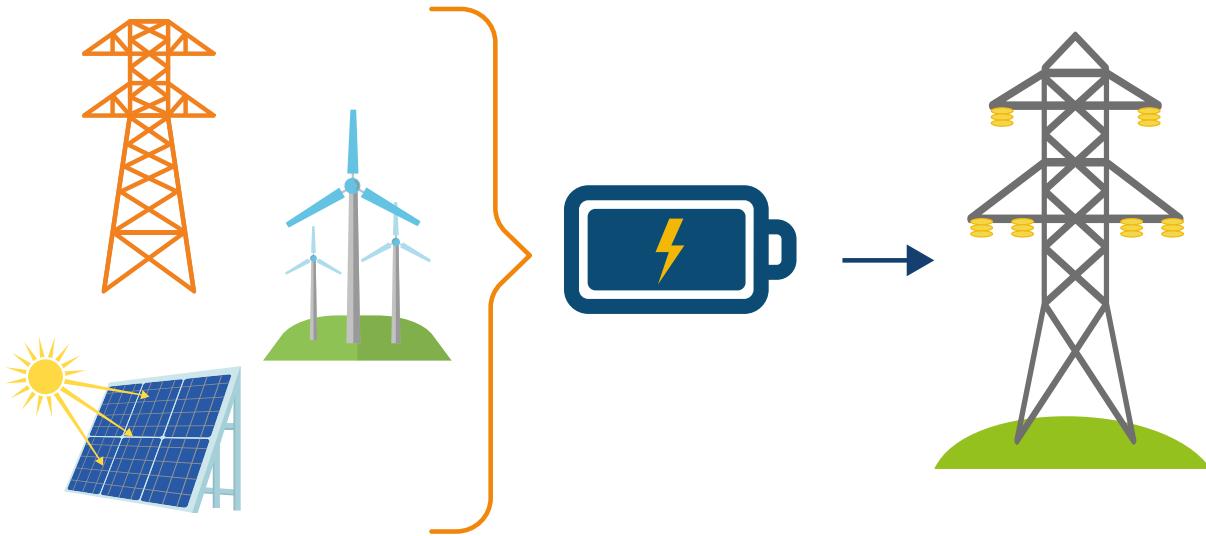
La letra ad) del artículo 225 del Decreto con Fuerza de Ley N°4, de 2018, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción que fija texto refundido coordinado y sistematizado del Decreto con Fuerza de Ley N°1, de Minería, de 1982, Ley General de Servicios Eléctricos, en materia de energía eléctrica define a los sistemas de almacenamiento de energía como el “equipamiento tecnológico capaz de retirar energía desde el sistema eléctrico, transformarla en otro tipo de energía (química, potencial, térmica, entre otras) y almacenarla con el objetivo de, mediante una transformación inversa, inyectarla nuevamente al sistema eléctrico, contribuyendo con la seguridad, suficiencia o eficiencia económica del sistema, según lo determine el reglamento”.

Como se puede observar en la Figura 1, los sistemas de almacenamiento de energía retiran energía desde el sistema eléctrico⁴ o desde un proyecto de generación de energía⁵, como puede ser un parque solar o una central eólica. Luego se almacena la energía, en un sistema de almacenamiento, donde una vez que se requiera utilizar, se inyectará al sistema eléctrico o al usuario final.

⁴ De acuerdo a la letra b), del Reglamento del SEIA, Las "Líneas de transmisión eléctrica alto voltaje y sus subestaciones" deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

⁵ De acuerdo a la letra c), del Reglamento del SEIA, las "Centrales de generadoras de energía mayores a 3 MW" deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Figura 1. Sistema de almacenamiento de energía.



Fuente: elaboración propia.

Es relevante establecer que **estos sistemas de almacenamiento de energía no aportan energía eléctrica adicional a la red eléctrica, pero permiten una gestión temporal de la energía eléctrica al almacenarla** por un período determinado.

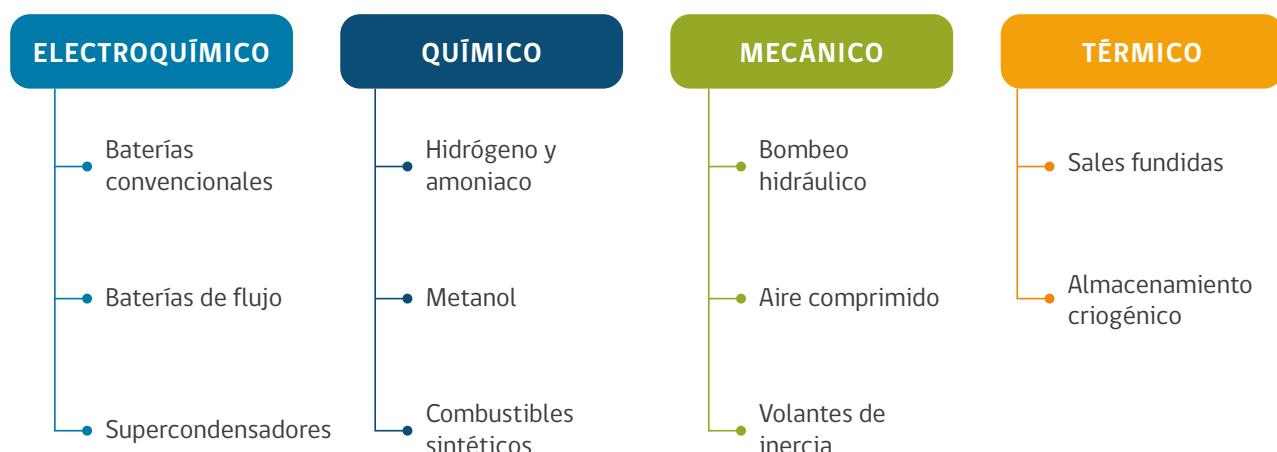


2. TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Existen múltiples formas de clasificar este equipamiento tecnológico, denominado almacenamiento, los cuales pueden ser: en función de su velocidad de respuesta; forma de la energía almacenada o principio de almacenamiento; duración del almacenamiento; costo de implementación; escala de almacenamiento; nivel de desarrollo, entre otros. Sin embargo, la mayor parte de los autores⁶ los clasifican y describen en función de la forma de energía almacenada. Al respecto, existen diversas formas de almacenamiento de la energía, dentro de las cuales se encuentran los tipos electroquímico, químico, mecánico, y térmico, por nombrar algunos, así como diferentes tecnologías asociadas.

En la Figura 2, para ejemplificar, se incluyen tanto los tipos de almacenamiento de energía como también las tecnologías respectivas.

Figura 2. Tipos de almacenamiento de energía y tecnologías asociadas.



Fuente: elaboración propia.

⁶ Carnegie et al., (2013), Luo et al., (2015), Faisal et al., (2018), Hossain et al., (2020); y Aguado et al., (2021).

- **Almacenamiento de tipo electroquímico:** se basa en la acumulación de la energía química, mediante procesos electroquímicos de oxidación y reducción. Es, por lo general, la categoría más utilizada en el mundo. Los principales ejemplos de tecnologías asociados a este tipo de almacenamiento son las baterías convencionales (ion-litio), las baterías de flujo (óxido-reducción de vanadio) y los supercondensadores.
- **Almacenamiento de tipo químico:** emplea combustibles químicos para almacenar o transportar la energía. A partir de estos combustibles se puede generar energía eléctrica. Los principales ejemplos de tecnologías asociados a este tipo de almacenamiento corresponden a hidrógeno, amoníaco, metanol y combustibles alternativos.
- **Almacenamiento de tipo mecánico:** emplea como base la energía cinética o potencial de un cuerpo o sistema, para acumular la energía. Por lo general, este tipo de almacenamiento se emplea para almacenar una cantidad significativa de energía durante un período prolongado. Los principales ejemplos de tecnologías asociados a este tipo de almacenamiento son el bombeo hidráulico, aire comprimido y volantes de inercia.
- **Almacenamiento de tipo térmico:** contempla la acumulación de la energía en materiales que permiten retenerla en forma de calor o frío y liberarla de manera controlada. Los principales ejemplos de tecnologías asociadas a este tipo de almacenamiento son las sales fundidas y almacenamiento criogénico.



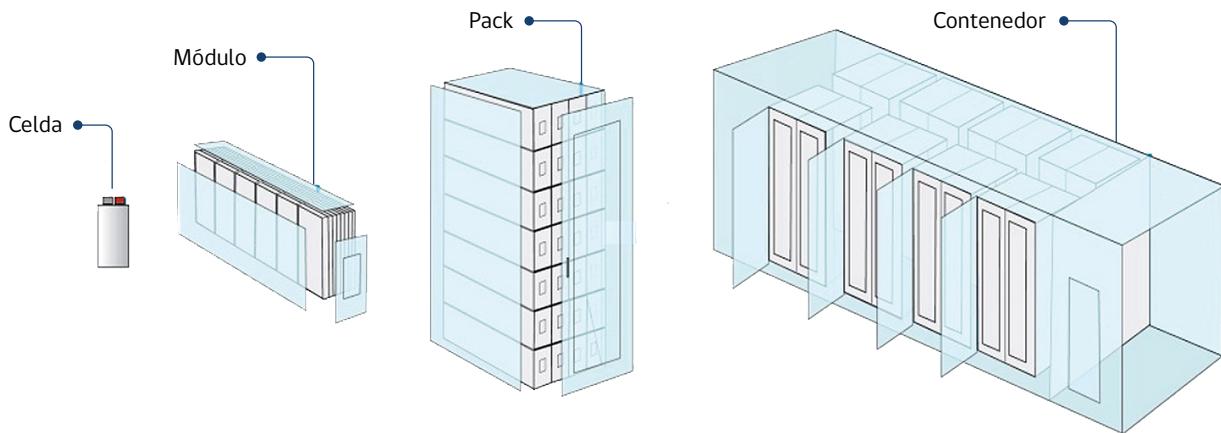
3. DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Si bien existen distintos tipos de almacenamiento de energía según lo indicado precedentemente, para efectos del presente documento, solo se abordará y analizará la tecnología de almacenamiento de energía que corresponde a baterías.

3.1 Baterías

Las baterías o BESS (por sus siglas en inglés, Battery Energy Storage System) corresponden a dispositivos que almacenan energía electroquímica en celdas, mediante reacciones químicas (Carnegie *et al.*, 2013). La unidad básica de este sistema se denomina celda, reservando el nombre de batería a la unión de dos o más celdas conectadas en serie o en paralelo en un módulo, para conseguir la capacidad y tensión deseadas. A su vez, varios módulos se disponen en un *pack* y varios *packs* se sitúan en un contenedor. En la Figura 3 se presenta un esquema general de los niveles de composición, aunque este puede variar dependiendo del tipo de BESS.

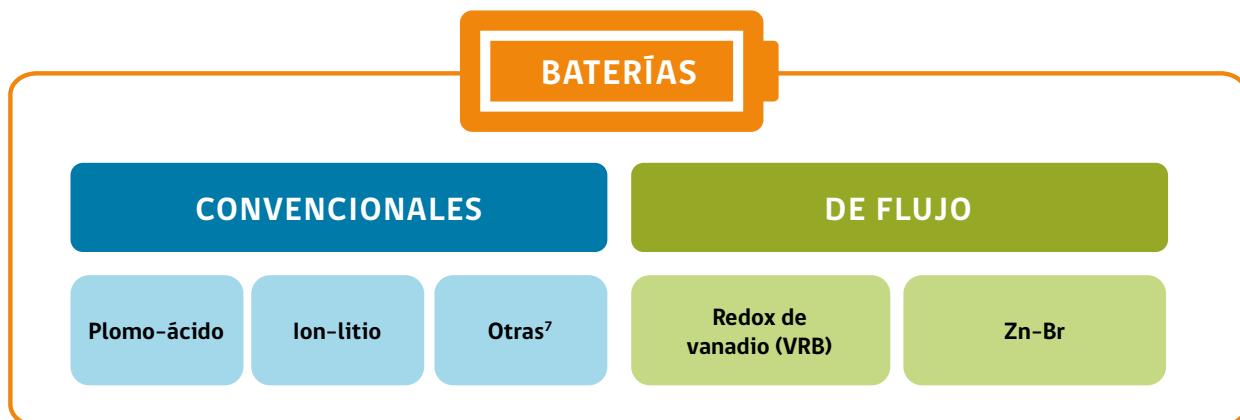
Figura 3. Esquema general de niveles de composición de una batería.



Fuente: elaboración propia.

Las baterías o BESS se dividen en dos grandes categorías: **baterías convencionales y baterías de flujo**. En la Figura 4 se muestran los tipos de baterías asociadas a cada una de las categorías.

Figura 4. Tipos de baterías.



Fuente: elaboración propia sobre la base de Fernández, J., Álvaro, R. (2019).

⁷ Entre las otras tecnologías correspondientes a baterías convencionales, se pueden mencionar las baterías de metal-aire (con sodio o zinc) y litio-azufre, entre otras.

3.1.1 Baterías convencionales

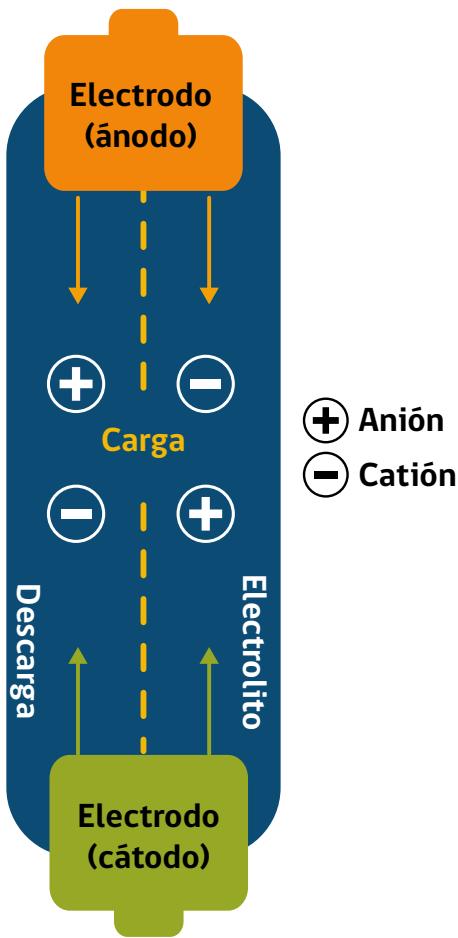
Las baterías convencionales se destacan por ser una tecnología madura y muy útil como sistema de almacenamiento a corto plazo (ver Figura 5), por lo que requieren cargas y descargas frecuentes. Están compuestas por elementos que contienen dos electrodos (un cátodo y un ánodo) y un electrolito, en un contenedor sellado, conectado a otro en serie. Durante la descarga se produce una reacción de óxido-reducción en la que los electrones migran del ánodo (donde ocurre la oxidación) al cátodo (donde ocurre la reducción). Durante la recarga, la reacción electroquímica se invierte mediante la ionización del electrolito, que conecta el ánodo y el cátodo (ver Figura 6) (Carnegie *et al.*, 2013).

Figura 5. Proyecto de batería convencional de ion-litio.



Fuente: Imagen de Adobe Stock.

Figura 6. Configuración de una batería convencional.



Fuente: elaboración propia a partir de Luo *et al.*, (2015).

Existen numerosas combinaciones de tipos de electrodos y electrolitos para los distintos tipos de baterías convencionales, dentro de las cuales se encuentran las de plomo-ácido y las de ion-litio, entre otras. En la Tabla 1 se resumen sus principales características.

Tabla 1. Principales características de algunas baterías convencionales.

TIPO DE BATERÍA	DURACIÓN DE ALMACENAMIENTO	Nº DE CICLOS	EFICIENCIA
Plomo-ácido	Minutos a días	500 - 1.000	Hasta 90%
Ion-litio	Minutos a días	1.000 - 10.000	Hasta 90%

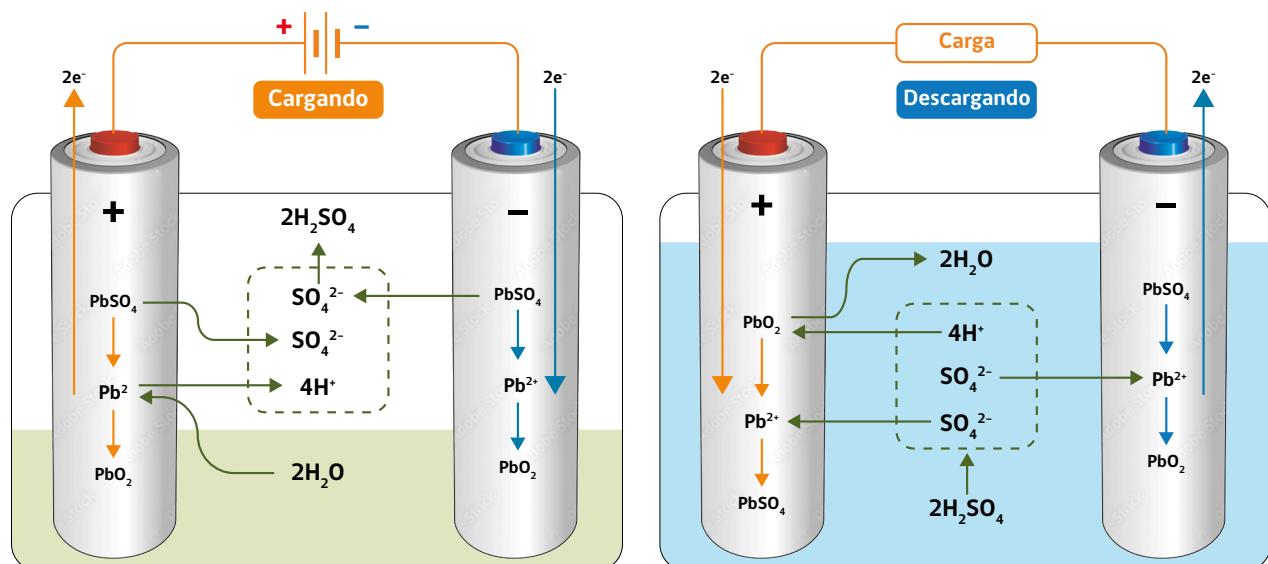
Fuente: elaboración propia a partir de Luo *et al.*, (2015).

a) Baterías de plomo-ácido

Las baterías de plomo-ácido fueron las primeras baterías que podían recargarse al hacer pasar una corriente en el sentido inverso a través de ellas. Son consideradas unas de las tecnologías de almacenamiento más fiables, maduras y aceptadas, debido a su bajo costo y aplicaciones en mejoras de calidad de potencia y de sistema de alimentación ininterrumpida (UPS, por sus siglas en inglés, Uninterruptible Power Supply). Sin embargo, para la gestión energética, no es muy utilizada, debido a su baja durabilidad, ya que, el nivel de energía que puede almacenar no es fijo, sino que depende de la velocidad de descarga.

Este tipo de baterías constan de un cátodo de plomo esponjoso y un ánodo formado por dióxido de plomo (ver Figura 7). Ambos electrodos se sumergen en un electrolito de ácido sulfúrico al 37,7%; durante la fase de descarga, el plomo de la placa negativa se disuelve en el electrolito y forma sulfato de plomo, dejando dos electrones. Estos dos electrones fluyen a través del circuito externo hasta la placa positiva. A continuación, el plomo de la placa positiva también se disuelve en el electrolito en forma de sulfato de plomo. En consecuencia, el electrolito pierde gran parte del ácido sulfúrico disuelto y se convierte principalmente en agua. Cuando una batería se descarga, las placas de plomo se vuelven químicamente más parecidas, lo que hace que el ácido se debilite y la tensión disminuya. Con el tiempo, la batería se descargará tanto que perderá su capacidad de suministrar voltaje útil. Sin embargo, la batería puede recargarse alimentándola con corriente eléctrica, restaurando la diferencia química entre las placas y devolviendo a la batería toda su potencia operativa.

Figura 7. Operación y componentes de las baterías convencionales de plomo ácido.



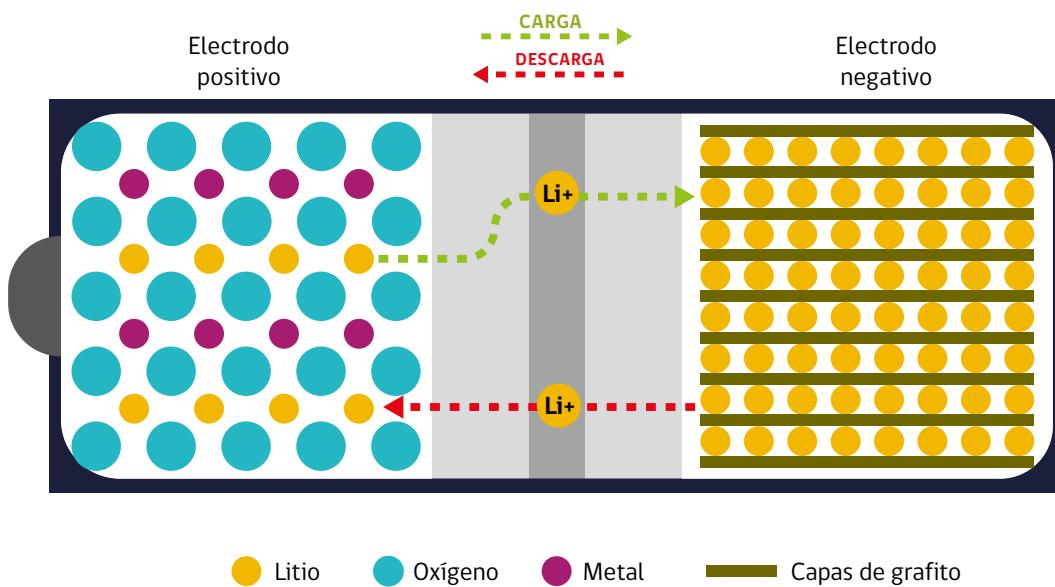
Fuente: elaboración propia.

b) Baterías de ion-litio

Las baterías de ion-litio son una tecnología madura y ampliamente utilizada en el mundo y en Chile, ya que poseen una gran densidad energética (300-400 kWh/m³, 130kWh/Tm); son altamente eficientes, y permiten una gran cantidad de ciclos dentro de su vida media (Clemente *et al.*, 2012). Se utilizan tanto para cubrir demandas de potencia, como de energía.

Estas baterías consisten en un cátodo de óxido de metal con litio y un ánodo de grafito. Cuando la batería se carga, los átomos de litio en el cátodo se convierten en iones y migran hacia el ánodo de grafito, donde se combinan con electrones externos y se depositan entre las capas de carbono. El proceso inverso ocurre durante la descarga (ver Figura 8).

Figura 8. Operación y componentes de las baterías convencionales de ion-litio.

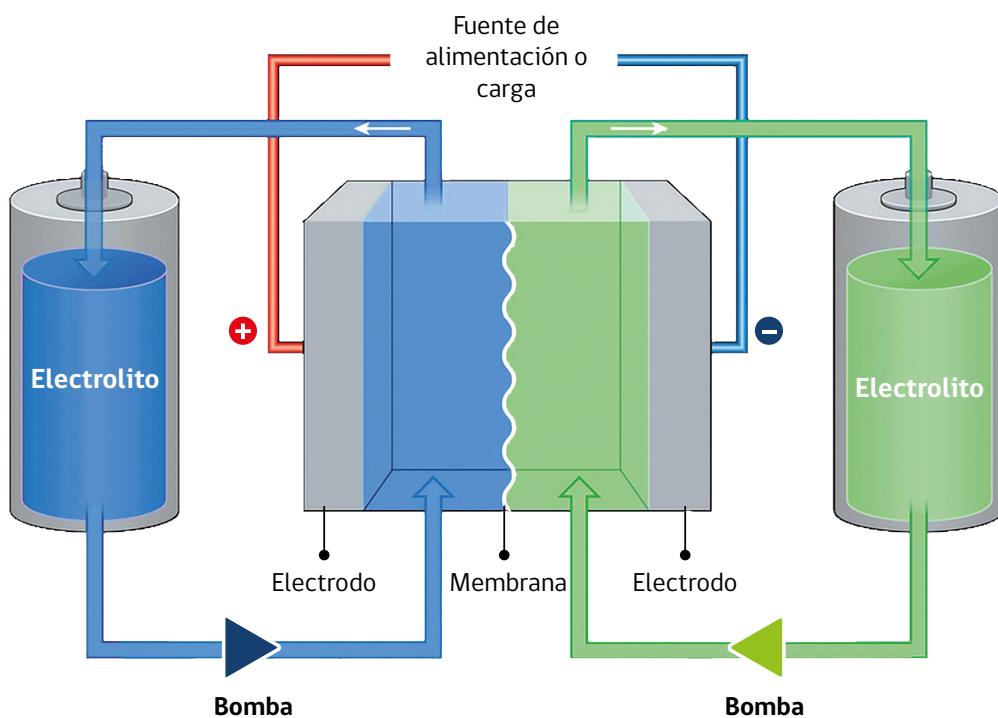


Fuente: elaboración propia a partir de Carnegie *et al.*, (2013).

3.1.2 Baterías de flujo

Estas baterías corresponden a dispositivos electroquímicos donde hay dos compuestos químicos líquidos, los cuales están separados por una membrana permeable. Se caracterizan porque los materiales activos no se encuentran en los electrodos, sino que están disueltos en las soluciones de los electrolitos. Estos se almacenan en tanques, uno en el lado del ánodo y otro en el del cátodo, y se bombean a las celdas, donde suceden las reacciones electroquímicas reversibles durante los procesos de carga y descarga de la batería (ver Figura 9).

Figura 9. Operación y componentes de una batería de flujo.



Fuente: elaboración propia a partir de Noack et al., (2015).

Se pueden distinguir dos tipos principales de baterías de flujo: redox de vanadio e híbridas (como las de zinc-bromuro). En la Tabla 2 se resumen sus principales características.

Tabla 2. Principales características de baterías de flujo.

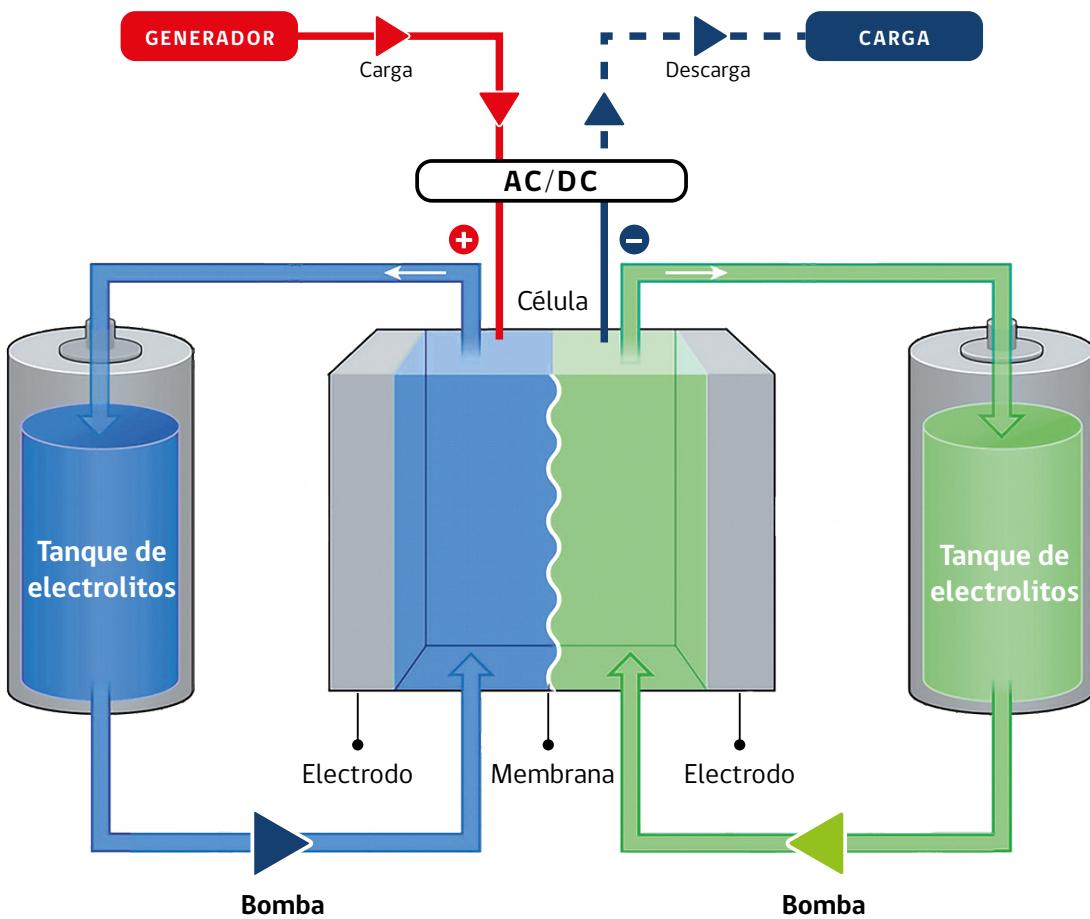
TIPO DE BATERÍA	DURACIÓN DE ALMACENAMIENTO	Nº DE CICLOS	EFICIENCIA
Redox de vanadio	Horas a meses	12.000 - 20.000	Hasta 90%
Zinc bromuro	Horas a meses	2.000	Hasta 75%

Fuente: elaboración propia a partir de Luo et al., (2015), Hosain et al., (2020), y Puleston et al., (2022).

a) Baterías de redox-vanadio

La batería redox-vanadio, también conocida como de flujo puro, es la más avanzada de las denominadas baterías de flujo y almacenan energía utilizando pares redox de vanadio (V^{2+}/V^{3+} en la parte negativa y V^{4+}/V^{5+} en la parte positiva), en un electrolito de ácido sulfúrico. Durante los procesos de carga y descarga se intercambian iones H^+ entre los dos depósitos de electrolito a través de una membrana de polímero permeable a este tipo de iones (ver Figura 10). La eficiencia neta de estas baterías alcanza el 90%, aunque su densidad energética es baja. La gran ventaja es que se plantean como capaces de garantizar un casi infinito número de cargas y descargas sin generación de residuos. Hasta el momento, este tipo de baterías, gracias a su gran capacidad de almacenamiento, así como de carga y descarga, se utiliza como almacenamiento estacionario en redes eléctricas, dispositivos UPS, instalaciones híbridas de generación renovable y almacenamiento, entre otras.

Figura 10. Operación y componentes de baterías de flujo redox-vanadio.

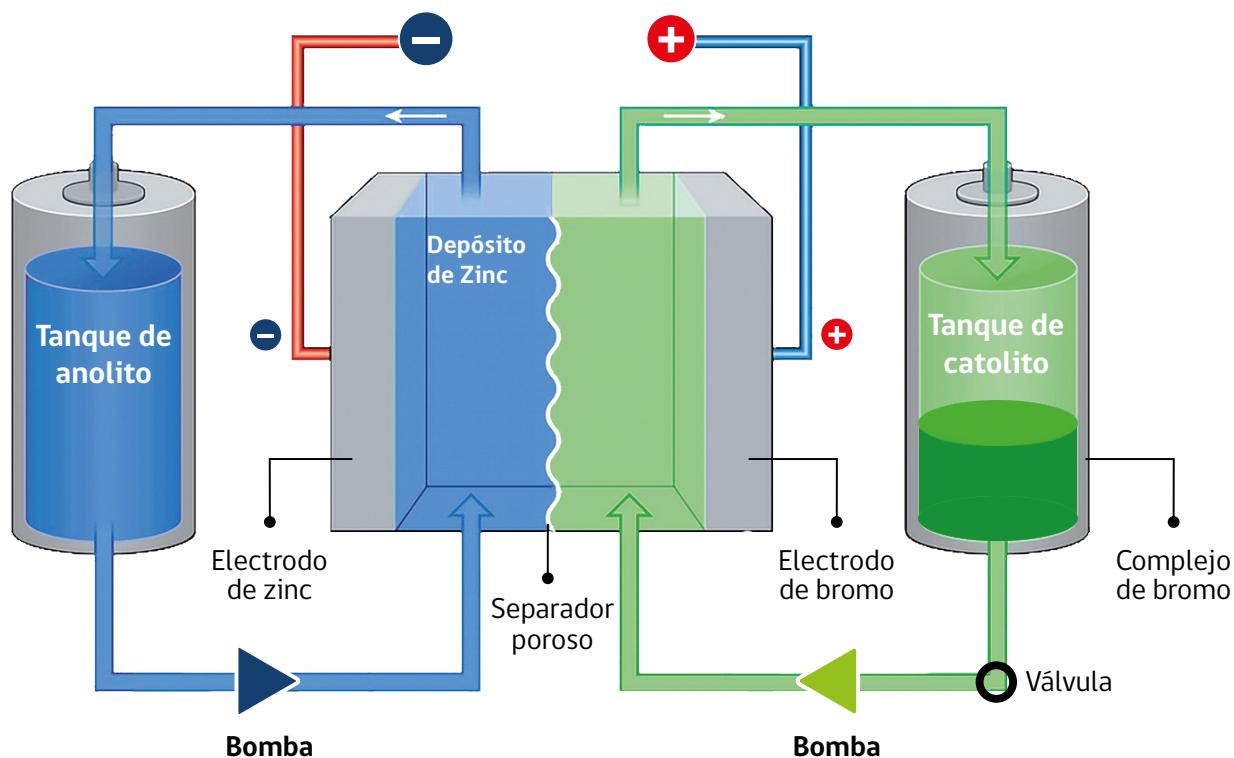


Fuente: elaboración propia a partir de Irena (2017).

b) Baterías de zinc-bromuro

En las baterías de zinc-bromuro, dos tipos distintos de electrolito circulan en cada uno de los electrodos de carbono, separados por una membrana polimérica microporosa. Durante la descarga, el zinc y el bromuro forman bromuro-zinc y proporcionan 1,8 V de caída potencial, lo que incrementa la concentración de Zn^{2+} y Br^- en cada depósito. En el proceso de carga el zinc metálico se deposita en uno de los electrodos de carbono y el bromuro se disuelve en la otra parte de la membrana, reaccionando con otros agentes para generar aceite de bromuro (ver Figura 11).

Figura 11. Operación y componentes de baterías de flujo de zinc bromuro.



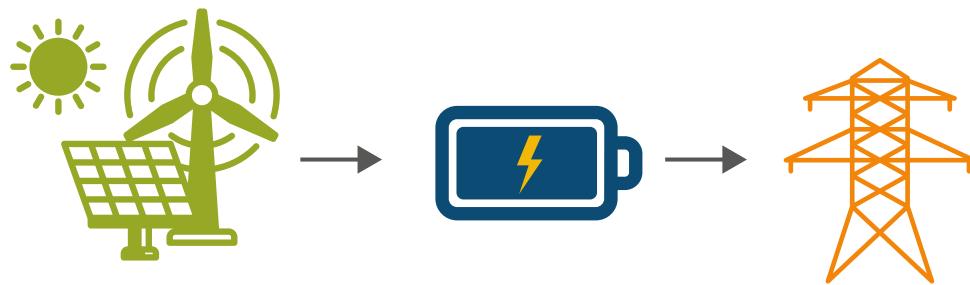
Fuente: elaboración propia.



4. ANÁLISIS DE INGRESO DE PROYECTOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA AL SEIA

El presente documento establece las consideraciones que debe tener un titular en el análisis de ingreso al SEIA, especialmente, para los proyectos que consideren como parte y obra asociada un sistema de almacenamiento de energía, que contempla el retiro de energía desde el sistema eléctrico, es decir, de energía eléctrica que fue previamente producida por una central generadora por medio de una fuente primaria de energía; y luego transforma esta energía en otro tipo, como energía electroquímica con la utilización de baterías o BESS (Battery Energy Storage System), y esta energía es almacenada con el objetivo de, mediante una transformación inversa, inyectarla nuevamente al sistema eléctrico, **este tipo de parte y obra, en específico, no corresponde a lo definido como una central generadora de energía eléctrica** (énfasis agregado), según lo establecido en el literal c) del artículo 10 de la Ley N°19.300, y la letra c) del artículo 3º del Decreto Supremo N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba el Reglamento del SEIA, por lo que no requiere ingresar obligatoriamente al SEIA en forma previa a su ejecución.

Figura 12. Diagrama de almacenamiento de energía.



Fuente: elaboración propia.

Sin desmedro de lo afirmado, es responsabilidad del proponente revisar la aplicabilidad de las distintas tipologías establecidas en el artículo 10 de la Ley N°19.300, complementado por el artículo 3º del Reglamento del SEIA y que tienen relación con el desarrollo de proyectos de almacenamiento de energía eléctrica (ver Figura 12):

- **Literal a)**, en consideración al uso de agua en estos proyectos (suministro básico), en especial, respecto de obras vinculadas con el transporte o almacenamiento de agua (acueductos, embalses/presas).
- **Literal b.1)**, líneas de transmisión eléctrica que conducen energía eléctrica con una tensión mayor a veintitrés kilovoltios (23 kV).
- **Literal b.2)**, subestaciones de líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje, que se relacionan a una o más líneas de transporte de energía eléctrica y que tienen por objeto mantener el voltaje a nivel de transporte.
- **Literal h)**, proyectos industriales o inmobiliarios que se ejecuten en zonas declaradas latentes o saturadas.
- **Literal e.8)**, caminos públicos que puedan afectar área protegidas, cuando se localicen en las áreas definidas en el inciso quinto del artículo 8 del Reglamento del SEIA.
- **Literal j)**, cuando se contemplen oleoductos, gasoductos, ductos mineros u otros análogos. Se entenderá por ductos análogos a aquellos conjuntos de canales o tuberías destinados al transporte de sustancias o residuos, que unen centros de producción, almacenamiento, tratamiento o disposición, con centros de similares características o con redes de distribución. Se exceptúan las redes de distribución y aquellos ductos destinados al transporte de sustancias o residuos al interior de los referidos centros de producción.
- **Literal ñ)**, producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de sustancias tóxicas, explosivas, radioactivas, inflamables, corrosivas o reactivas.
- **Literal o.8)**, sistemas de tratamiento, disposición y/o eliminación de residuos industriales sólidos con una capacidad igual o mayor a treinta toneladas día (30 kg/día) de tratamiento o igual o superior a cincuenta toneladas (50t) de disposición.
- **Literal o.9)**, sistemas de tratamiento, disposición y/o eliminación de residuos peligrosos con una capacidad de veinticinco kilos día (25 kg/día) para aquellos que estén dentro de la categoría de "tóxicos agudos", según DS 148/2003 del Ministerio de Salud; y de mil kilos día (1000 kg/día), para otros residuos peligrosos.
- **Letra p)**, cuando se contemple ejecutar obras, programas o actividades en un área colocada bajo protección oficial.
- **Literal s)**, cuando se contemple ejecutar obras o actividades que alteren física o químicamente un humedal emplazado total o parcialmente dentro de los límites urbanos, en los términos indicados en la norma.

En el caso de una modificación o una evaluación de proyecto por etapas, la evaluación de impacto ambiental deberá considerar la suma de los impactos provocados por la

modificación y el proyecto o actividad existente, para todos los fines legales pertinentes (de acuerdo con lo señalado en el artículo 11 ter de la Ley N°19.300, y el artículo 12 inciso 2º del Reglamento del SEIA).

En otro ámbito, el proponente, de acuerdo al artículo 11 bis de la Ley N°19.300, no podrá, a sabiendas, fraccionar sus proyectos o actividades con el objetivo de variar el instrumento de evaluación o de eludir el ingreso al SEIA.

Adicionalmente, se deberá tener en consideración que, **si su proyecto o actividad pretende intervenir o complementarse con un sistema de almacenamiento, deberá realizar el análisis de si este constituye un cambio de consideración que debe ingresar al SEIA o no, en función a lo establecido en el artículo 2º letra g) del Reglamento del SEIA. En el caso de corresponder su ingreso, el proyecto o actividad deberá abordar lo señalado en el artículo 11 ter de la Ley N°19.300 y en el artículo 12 inciso 2º del Reglamento del SEIA.**



5. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ECONOMÍA CIRCULAR Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA A TRAVÉS DE BATERÍAS

Finalmente, a modo complementario, se hace presente que según lo preceptuado por la Ley N°20.920, de 2016 llamada “Ley marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje”, conocida también como “Ley REP”, el instrumento de la “responsabilidad extendida del productor⁸” (REP) aplicará a las categorías o subcategorías definidas en los respectivos decretos supremos que establezcan metas y otras obligaciones asociadas, para un grupo no excluyente de **productos prioritarios** entre los cuales el legislador incluyó **las baterías**.

Cabe recordar que la Ley REP tiene por objeto “disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente”. De este modo, la inclusión del producto prioritario de las baterías en la REP se enmarca entonces en la voluntad de fijar metas posteriores de recolección y valorización, de los residuos resultantes –esto es las baterías desechadas o fuera de uso– las que deberán ser cumplidas por los productores de baterías, ya sea individualmente o a través de sistemas colectivos de gestión.

En relación con el producto prioritario baterías, cabe tener presente que con fecha 19 de noviembre de 2023 se publicó en el Diario Oficial la Resolución N°1.138 exenta del Ministerio del Medio Ambiente que “Da inicio al proceso de elaboración del Decreto Supremo que establece metas de recolección y valorización y otras obligaciones asociadas de baterías”,

⁸ El artículo 9º de la Ley 20.920 define Responsabilidad extendida del productor como “un régimen especial de gestión de residuos, conforme al cual los productores de productos prioritarios son responsables de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos de los productos prioritarios que comercialicen en el país”. A su vez el artículo 3º define en su n°21 al “productor de un producto prioritario” como la “Persona que, independientemente de la técnica de comercialización: a) enajena un producto prioritario por primera vez en el mercado nacional. b) enajena bajo marca propia un producto prioritario adquirido de un tercero que no es el primer distribuidor. c) importa un producto prioritario para su propio uso profesional”.

para efectos de dar inicio al proceso de definición de tales metas, conforme a lo dispuesto en el decreto supremo N° 8, de 2017, del MMA, Reglamento que regula el procedimiento para la elaboración de los decretos supremos establecidos en la Ley N° 20.920. Para efectos del futuro decreto que establecerá dichas metas, la propia resolución citada precisa el concepto de baterías disponiendo: "Entiéndase, preliminarmente, por "baterías", a todo dispositivo de más de 5 kilos que suministre energía eléctrica obtenida por transformación directa de energía química. Quedarán comprendidas dentro de las baterías, las siguientes categorías preliminares: a) Baterías de plomo-ácido. b) Baterías de ion-litio. c) Otras baterías".

En concordancia con la definición anterior, es posible que algunas de las baterías objeto de estos proyectos de almacenamiento de energía, sean a su vez objeto de metas de recolección y valorización, las que serán exigibles a los productores de baterías.

Sin embargo, se debe tener presente que los titulares de proyectos de almacenamiento de energía a través de baterías, serán eventualmente **generadores** de residuos en cuanto se descarten éstas, correspondiéndoles las obligaciones generales aplicables a la gestión y generación de residuos, en particular la obligación de todo generador de residuos, establecida en el artículo 5º de la Ley REP, de entregar los residuos a un gestor autorizado para su tratamiento, de acuerdo con la normativa vigente, salvo que proceda a manejarlos por sí mismo, y cumplir también con la normativa vigente respecto del almacenamiento.

Por otra parte, respecto de la gestión de residuos, definida en la misma ley, la regla general introducida por el artículo 6º de la Ley REP es que "Todo gestor deberá manejar los residuos de manera ambientalmente racional, aplicando las mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales, en conformidad a la normativa vigente, y contar con la o las autorizaciones correspondientes. Asimismo, todo gestor deberá declarar, a través del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, al menos, el tipo, cantidad, costos, tarifa del servicio, origen, tratamiento y destino de los residuos, de acuerdo a lo dispuesto en el reglamento a que se refiere el artículo 70, letra p), de la ley N° 19.300".

Por otra parte, cabe señalar que durante las distintas fases de un proyecto de almacenamiento de energía mediante baterías (construcción, operación y cierre) se pueden generar residuos peligrosos o no peligrosos, que puedan constituir un riesgo para el medio ambiente o para la salud de la población, incluyendo las baterías fuera de uso. Al respecto, se debe dar cumplimiento a la normativa específica sobre residuos peligrosos, en particular lo dispuesto en el Decreto Supremo N°148 de 2003 que aprueba el Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos, siendo responsabilidad de cada titular determinar si se genera un residuo peligroso, y formular, si corresponde, los respectivos planes de manejo de residuos peligrosos en su caso, conforme a la regulación correspondiente, así como cumplir con las disposiciones aplicables a todo el ciclo de vida de los residuos, peligrosos o no peligrosos⁹.

⁹ En particular se debe considerar la aplicación de los artículos 6, 7 y 8 de la Ley REP, del Código Sanitario, del Decreto 1 de 2013 de del Ministerio de Salud, que Aprueba el reglamento del registro de emisiones y transferencia de contaminantes, RETC; del Convenio de Basilea sobre el Control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, promulgado por decreto N° 685 de 1992 del Ministerio de Relaciones Exteriores, y sus respectivas enmiendas vigentes; el Decreto Supremo N°2 de 2010 del Ministerio de Salud que regula la autorización de movimientos transfronterizos de residuos peligrosos consistentes en baterías de plomo usadas, entre otras disposiciones.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aguado, R., Cateleiro, J., Jove, E., Zayas, F., Quintián, H. Calvo, J. (2021). Hidrógeno y su almacenamiento: el futuro de la energía eléctrica. Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións. ISBN: 978-84-9749-798-5.

Carnegie, R., Gotham, D., Nderitu, D., Preckel, P. (2013). Utility Scale Energy Storage Systems. Benefits, Applications, and Technologies". State Utility Forecasting Group. Disponible en sitio web: www.purdue.edu

Fernández, J., Álvaro, R. (2019). El Sector del Almacenamiento de energía eléctrica en la CAPV. Disponible en el sitio web: <https://www.orkestra.deusto.es>

Hossain, E., Mansur, H., Faruque, R., Haque, S., Mohammad, N., Nawar, N. (2020). A Comprehensive Review on Energy Storage Systems: Types, Comparison, Current Scenario, Applications, Barriers, and Potential Solutions, Policies, and Future Prospects. Energies 13, no. 14: 3651.

Luo, X., Wang, J., Dooner, M., Clarke, J. (2015). Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. Applied Energy, Volume 137, 2015, Pages 511-536, ISSN 0306-2619.

Ministerio de Energía - Transición Energética de Chile: Política Energética Nacional. (2022). Disponible en el sitio web www.energia.gob.cl

Ministerio de Salud. (2003). Decreto Supremo N°148, Aprueba Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos. Disponible en el sitio web, www.bcn.cl

Noack, J., Roznyatovskaya, N., Herr, T., Fisher, P. (2015). The Chemistry of Redox-Flow Batteries". Angewandte Chemie International Edition.

Puleston, T., Clemente, A., Costa-Castelló, R., Serra, M. (2022). Modelling and Estimation of Vanadium Redox Flow Batteries: A Review. Batteries.

