



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA



MEC 385 - Ingeniería Ambiental

Profesor MSc. Andrés Arriagada

Ayudante Matías Farías

Proyecto Tecnología BESS - AES Gener

Grupo 1

Yoryan Rocha

Javier Brito

Camilo Maturana

Jean-Pierre Rojas

Rafael Manriquez

Universidad Técnica Federico Santa mAria
Departamento de Ingeniería Mecánica
30 de noviembre 2021

Resumen Ejecutivo

Dentro del marco de la transición energética presente, el almacenamiento de energía es un pilar fundamental ya que permite flexibilizar la producción de energías renovables y asegurar su integración en el sistema energético. Relativo a lo anterior, el uso de almacenamiento por baterías, o BESS por su sigla en inglés (Battery Energy Storage System), surge como una alternativa a este problema otorgando mayor estabilidad en el almacenamiento y distribución de la energía.

A nivel latinoamericano la empresa AES Andes (antes AES Gener) se encuentra entre las principales en proyectos de almacenamiento de energía, ha recibido reconocimientos como mejor ESG en julio de 2021, título que reúne factores medioambientales, sociales y de gobierno corporativo. Dicha empresa posee proyectos que utilizan el sistema BESS; entre los cuales se encuentra el Parque eólico Quebrada Seca, ubicado en la región de Coquimbo en la comuna de Ovalle, el cual consiste en un parque eólico que contiene 38 aerogeneradores que producen una potencia total de aproximadamente 266 MW, para el almacenamiento se utilizarán baterías BESS, con principio de funcionamiento en base a ion-litio y se conectará al Sistema Eléctrico Nacional. El proyecto ocupará cerca de 380 hectáreas, tiene una inversión de 400 millones de dólares y se estima el inicio de operaciones para junio de 2024.

A nivel nacional los proyectos que podrían provocar impactos ambientales son evaluados según la Ley N° 19.300 por la Institucionalidad Ambiental. Para ingresar un proyecto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se realiza un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) según corresponda al caso. Una vez ingresado al SEIA ocurren diferentes instancias: admisibilidad, evaluación, calificación, otras instancias.

Al estudiar las bases del proyecto del Parque Eólico Quebrada Seca se establece una susceptibilidad a generar impactos ambientales, entre los que destacan impactos significativos en ecosistemas terrestres y medios humanos; debido a lo anterior el ingreso al SEIA es realizado mediante la elaboración de un EIA, donde se presentan las proyecciones de impacto ambiental que generará la empresa, y en el caso de los impactos significativos la forma en que se repararán. Se presenta para la etapa de admisibilidad el 20 de diciembre de 2020, cumpliendo con la presentación de la información necesaria pasa a la etapa de evaluación el día 5 de enero de 2021. Para ello se levanta la solicitud de evaluación en la municipalidad de Ovalle, en los Organismos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA) y al gobierno regional de Coquimbo el mismo día, además se hace un llamado a la población a participar de este proceso.

Durante la evaluación se encontraron errores, los cuales deben ser aclarados por la empresa a cargo del proyecto para así continuar con la etapa de calificación y terminar en otras instancias. En este sentido el titular del proyecto solicitó una extensión de plazo, el cual fue concebido hasta diciembre del 2021 debido a dificultades producidas durante el año producto de la pandemia.

Índice

1. Introducción	5
1.1. Motivación y Generalidades	5
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivos Generales	6
1.2.2. Objetivos Específicos	6
2. Antecedentes	6
2.1. Descripción de la Empresa	6
2.2. Fundamentos de funcionamiento	9
2.3. Problemas ambientales detectados	14
2.4. Relevancia del tema escogido	18
3. Legislación pertinente	19
3.1. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)	19
3.2. SEIA del proyecto “Parque Eólico Quebrada Seca”	24
3.2.1. Definición de modalidad de ingreso al SEIA	24
3.2.2. Ingreso del proyecto (EIA)	25
3.2.3. Etapa de admisibilidad	25
3.2.4. Etapa de evaluación	25
3.2.5. Etapa de calificación y etapa de otras instancias	26
4. Procesos y tratamientos de contaminantes	26
4.1. Procesos y tratamiento en la producción de materias primas	26
4.2. Tratamiento y contaminación durante la construcción y puesta en marcha	30
4.3. Tratamientos y contaminantes durante el reciclaje	31
5. Discusión: Procesos y tratamientos de contaminantes	33
6. Conclusiones y recomendaciones finales	37
7. Bibliografía	38
Anexos	41

Índice de Tablas

Tabla 1: Capacidad de Potencia Eléctrica Instalada. (Generadoras, 2021)	7
Tabla 2: Actividades de la fase de construcción. (Quebrada Seca SPA, 2020)	14
Tabla 3: Acciones en la fase de operación. (Quebrada Seca SPA, 2020)	15
Tabla 4: Acciones en la fase de cierre. (Quebrada Seca SPA, 2020)	16
Tabla 5: Tabla con impactos ambientales detectados. (Quebrada Seca SPA, 2020)	17
Tabla 6: Tabla con medidas de mitigación propuestas. (Quebrada Seca SPA, 2020)	17
Tabla 7 : Capítulo 4-EIA: Proyecto "Parque Eólico Quebrada Seca". (Quebrada Seca SPA, 2020)	24

Índice de Figuras

Figura 1: Logo AES Chile. (AES Chile, 2021)	7
Figura 2: Distribución de Centrales en Chile. (Generadoras, 2021)	8
Figura 3: Ubicación Parque Eólico Quebrada Seca. (SEIA, 2021)	9
Figura 4: Parque eólico situado en Reynosa, Tamaulipas. (World Energy Trade, 2020)	10
Figura 5: Funcionamiento de una turbina de un Parque eólico. (World Energy Trade, 2019)	11
Figura 6: Esquema Sistema BESS. (Rudnick, 2021)	12
Figura 7: Triángulo de Institucionalidad Ambiental. (SEA, 2019)	19
Figura 8: Etapas del SEIA. (SEA, 2019)	21
Figura 9: Diagrama de procedimiento durante la etapa de evaluación. (SEA, 2019)	22
Figura 10: Diagrama de procedimiento para la calificación ambiental. (SEA, 2019)	22
Figura 11: Diagrama de procedimiento general cuando ingresa un proyecto al SEIA. (SEA, 2019)	23
Figura 12 (1): Cómo se produce un cátodo de cobre. (CODELCO, 2021)	27
Figura 12 (2): Cómo se produce un cátodo de cobre. (CODELCO, 2021)	28
Figura 12 (3): Cómo se produce un cátodo de cobre. (CODELCO, 2021)	29
Figura 13: Características de un relleno sanitario. (Arriagada, 2021)	31
Figura 14: Diagrama del nuevo método de reciclaje de batería ion-litio. (Martín, 2021)	33
Figura 15: ¿Qué es la economía circular? (Romero, 2019)	34
Figura 16: Central Hidráulica. (Generadoras, 2021)	41
Figura 17: Central Hidráulica. (Generadoras, 2021)	41
Figura 18: Central Solar. (Generadoras, 2021)	42
Figura 19: Central Térmica. (Generadoras, 2021)	42
Figura 20: Central Térmica. (Generadoras, 2021)	43
Figura 21: Central Eólica. (Generadoras, 2021)	43
Figura 22: Central Biomasa. (Generadoras, 2021)	44
Figura 23: Central Almacenamiento. (Generadoras, 2021)	44

1. Introducción

1.1. Motivación y Generalidades

A nivel nacional, Chile cuenta con una amplia variedad de empresas generadoras de electricidad, tanto convencionales como del tipo ERNC, y es que Chile debido a su diversa geografía se ve privilegiado en la aplicación de prácticamente todos los sistemas energéticos conocidos actualmente en el mundo. Es por esto que complementar cada nueva planta energética con un sistema de baterías BESS le daría un gran impulso al desarrollo sustentable de la matriz energética del país, ya que se potenciaría el flujo energético según necesidades del momento. Además a largo plazo debido a la aplicación de este sistema BESS se podrían generar soluciones aún más eficientes y modernas de almacenamiento, debido al avance tecnológico que se podría promover en el país con la inversión en I+D+i, lo cual posicionaría a Chile como un referente mundial en materia de sustentabilidad y desarrollo de tecnologías de baja huella de carbono.

El presente informe recopila información respecto al sistema de almacenamiento de energía BESS, el cual está siendo implementado en diversos proyectos en Chile por la compañía AES Andes S.A. (también llamada AES Chile o AES Gener Chile) propiedad de AES Corporation. El enfoque de este informe es hacia el proyecto “Parque Eólico Quebrada Seca”, el cual actualmente está en tramitación en materia medio ambiental por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Este enfoque es debido a que el proyecto “Parque Eólico Quebrada Seca”, cuenta con un sistema de almacenamiento por baterías BESS, sistema que complementará de una manera muy eficiente este parque eólico, ya que permitirá disponer de energía eléctrica en cualquier momento que sea necesario.

El Parque Eólico Quebrada Seca tiene la particularidad de que además de generar energía eléctrica a través de aerogeneradores, estos se complementan con un sistema de almacenamiento, el sistema de baterías BESS, volviéndolo uno de los complejos de ERNC más modernos de Chile y Latinoamérica. Este sistema de generación de electricidad se conectará directamente al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), lo que permitirá dar apoyo inmediato al suministro eléctrico nacional en caso de ser necesario.

El principio de funcionamiento del sistema BESS es la generación de energía eléctrica mediante el proceso de óxido reducción en celdas electroquímicas, formadas, por ejemplo, por Níquel-Cadmio o ión-Litio, existiendo tanto baterías recargables como no recargables. De acuerdo a lo anterior dentro de las ventajas que entregan estas baterías es que se podrá regular y administrar las cantidades de energía en cualquier momento, logrando así tener disponibilidad inmediata de electricidad, permitiendo optimizar los recursos energéticos renovables.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos Generales

El objetivo principal de este trabajo es entregar antecedentes sobre la aplicación y desarrollo en Chile de este sistema de baterías BESS, aplicado al proyecto Parque Eólico Quebrada Seca . Se entregan antecedentes generales tanto de la empresa, el proyecto con su funcionamiento y se presenta el estado actual de la tramitación del proyecto en materia de impacto ambiental a través del SEA.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo principal se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Descripción general de la empresa AES Gener.
- Descripción del funcionamiento del sistema BESS y los parques eólicos en general.
- Aplicación de este sistema en Chile.
- Desarrollo legislativo en materia ambiental en proyecto Parque Eólico Quebrada Seca.
- Relevancia e importancia del sistema, problemáticas ambientales y conclusiones.

2. Antecedentes

2.1. Descripción de la Empresa

Según Generadora de Chile, “AES Chile es la segunda empresa generadora más importante de Chile en términos de capacidad instalada, con 3.512 MW en operación a diciembre de 2020, incluyendo coligadas y filiales en el extranjero. Es una empresa que aprovecha sus plataformas de electricidad y conocimiento para proporcionar soluciones energéticas y de infraestructura en los mercados que opera: Chile, Argentina y Colombia” (Generadoras, 2021). Su objetivo es proveer energía eléctrica segura, sustentable y eficiente cumpliendo con compromisos sociales y ambientales. Actualmente AES Gener tiene presencia en 7 países de Latinoamérica donde cuenta con 47 plantas de generación y 9 empresas de distribución. En la Figura 1 se aprecia el logo de la empresa.



Figura 1: Logo AES Chile. (AES Chile, 2021)

Según generadoras de Chile, actualmente AES Chile posee una capacidad de potencia eléctrica total instalada en Chile de 2.550 MW, en la Tabla 1 se aprecia cada aporte en potencia eléctrica según tipo de tecnologías.

Tabla 1: Capacidad de Potencia Eléctrica Instalada. (Generadoras, 2021)

	CAPACIDAD INSTALADA
HIDRÁULICA PASADA	227 MW
SOLAR	22 MW
CARBÓN	2.134 MW
EÓLICA	110 MW
PETRÓLEO DIESEL	0 MW
BIOMASA	13 MW
MINI HIDRÁULICA PASADA	44 MW
BATERÍAS	0 MW
CAPACIDAD TOTAL	2.550 MW

Según Generadoras de Chile, las centrales de generación eléctrica de AES Chile que podemos encontrar actualmente tanto en etapa de desarrollo, construcción y operacionales se pueden encontrar en la sección de Anexos, Figuras 12 a 19. La distribución de cada una de estas centrales a lo largo de Chile se puede apreciar en la Figura 2.



Figura 2: Distribución de Centrales en Chile. (Generadoras, 2021)

El proyecto Parque Eólico Quebrada Seca aún está en tramitación ambiental, por tal motivo es que este no se ve reflejado en las figuras anteriormente mencionadas, sin embargo se estima que producirá alrededor de 266 MW de potencia eléctrica, los cuales serán suministrados directamente al Sistema Eléctrico Nacional (SEN). (Quebrada Seca SPA, 2021)

2.2. Fundamentos de funcionamiento

Para abordar el proyecto Parque Eólico Quebrada Seca, es útil entender tanto el funcionamiento de los aerogeneradores como del sistema de baterías BESS. Es por esto que a continuación se entrega información al respecto.

Un parque eólico es una agrupación de aerogeneradores que transforman la energía eólica en energía eléctrica, siendo esta una de las tecnologías más baratas para obtener energía renovable. Los parques eólicos pueden situarse en tierra o en mar, en el caso del proyecto Quebrada Seca, este se ubica en una zona geográfica en tierra cerca de la costa, alejado de obstáculos como árboles y edificios debido a que estos crean turbulencias en el aire lo que disminuye la eficiencia de las turbinas. En la Figura 3 se aprecia una imagen satelital de la ubicación del proyecto, el cual se instalará en la Región de Coquimbo en la comuna de Ovalle, el proyecto contará con una inversión aproximada de 400 millones de dólares (317 mil millones de pesos chilenos). (SEIA, 2021)

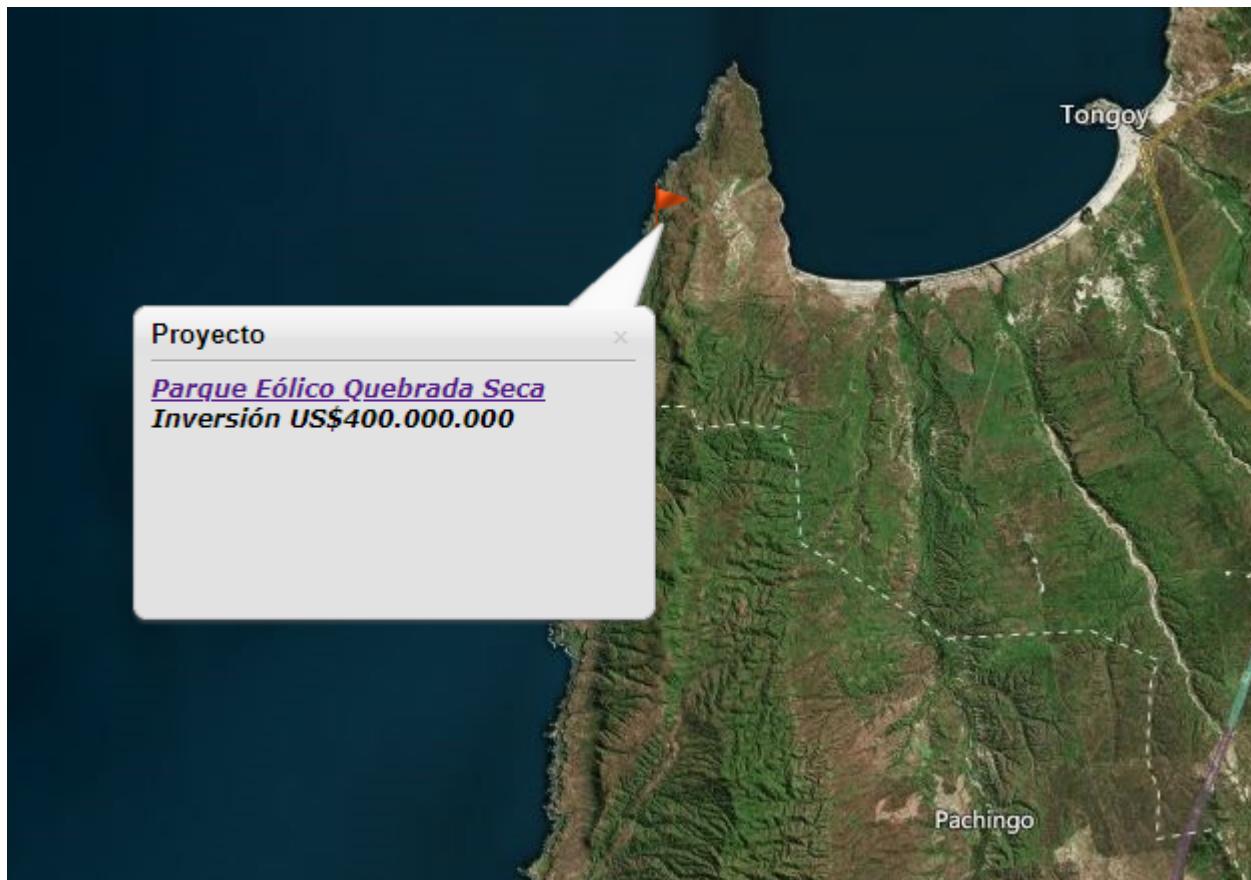


Figura 3: Ubicación Parque Eólico Quebrada Seca. (SEIA, 2021)

En la Figura 4 se muestra un parque eólico ubicado en una zona geográfica terrestre alejado de árboles y montañas.



Figura 4: Parque eólico situado en Reynosa, Tamaulipas. (World Energy Trade, 2020)

Para estudiar el sistema de baterías BESS supondremos que se encuentra insertado en un parque eólico. Dentro de las partes que componen el parque eólico a estudiar se encuentran los aerogeneradores y el sistema de baterías bess, a continuación se describirán y explicarán el funcionamiento de estos componentes.

Un aerogenerador es una turbina de aire que se utiliza para hacer funcionar un generador eléctrico. Esto convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica aprovechando la energía natural del viento. El viento es una fuente de energía limpia y sostenible que no se agota, además la transformación de energía cinética del viento en eléctrica no genera emisiones. Una de las desventajas es que la velocidad del viento y su cantidad no son constantes, por lo que la generación de energía termina siendo variable además que estas turbinas de aire suelen tener una vida útil de 20 a 25 años en promedio. (ANTALA, 2021)

En cuanto al funcionamiento de un aerogenerador, el viento sopla las palas de las turbinas, las cuchillas giran capturando la energía cinética y giran el eje impulsor al que están conectados. Luego la caja de engranajes convierte la rotación de baja velocidad del eje de transmisión en rotación de alta velocidad para impulsar el generador, el cual toma la energía cinética y la convierte en energía eléctrica. Finalmente la corriente eléctrica producida por el generador fluye a través de un cable que baja por el interior de la torre de la turbina, luego se conecta a un transformador elevador que

convierte la electricidad en un voltaje más alto para que pueda transmitirse de forma eficiente al sistema de baterías BESS. En la Figura 5 se muestran algunos de los componentes de un aerogenerador.

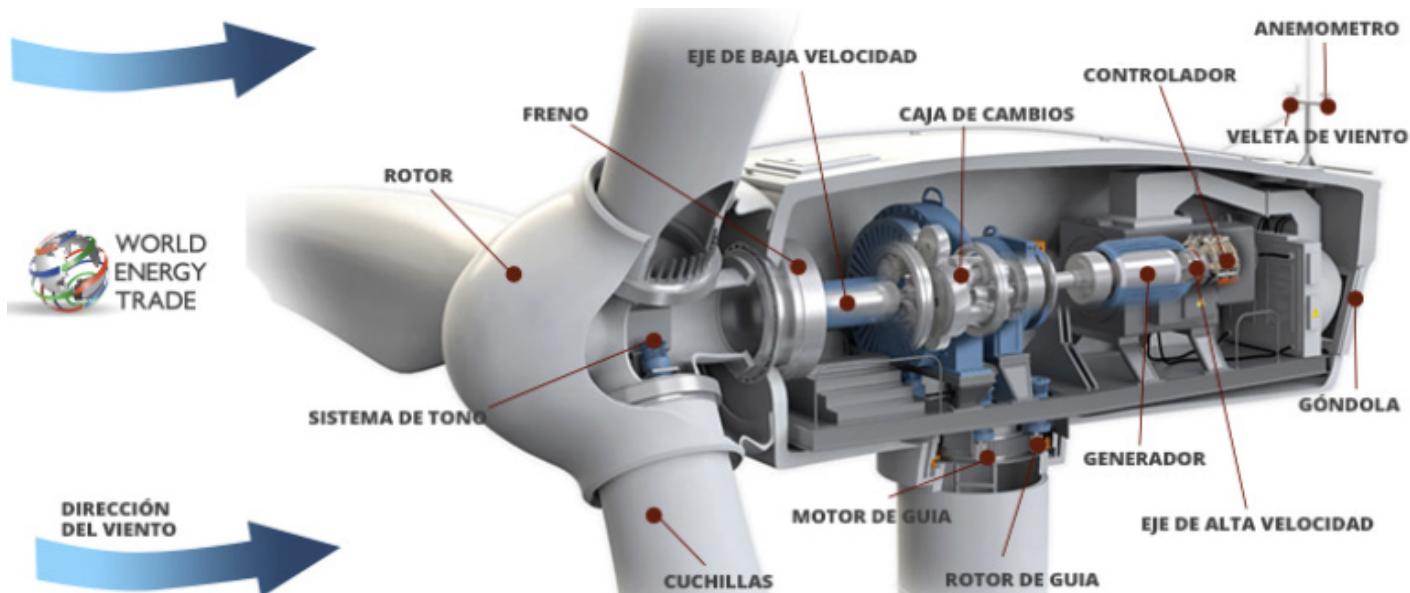


Figura 5: Funcionamiento de una turbina de un Parque eólico. (World Energy Trade, 2019)

En cuanto al sistema BESS, el principio básico de funcionamiento del sistema de baterías consiste en un conjunto de celdas en serie, paralelo o ambas configuraciones, las cuales almacenan energía en forma electroquímica. Junto con las celdas, el sistema BESS está conformado por un sistema de conversión de potencia (PCS, por sus siglas en inglés) y un sistema de monitoreo de batería (BMS). Los cuales se encargan de controlar los niveles de voltajes, temperatura, tasa de carga, etc. En la Figura 6 se muestra un diagrama con el funcionamiento del sistema BESS.

El sistema BESS trabaja convirtiendo la corriente continua obtenida por los aerogeneradores y la almacena como energía alterna para su uso posterior. Una vez almacenada la energía, el sistema BESS utiliza algoritmos para determinar la producción de energía por día, historial de uso y patrones del clima para optimizar el uso de la energía cuando es utilizada.

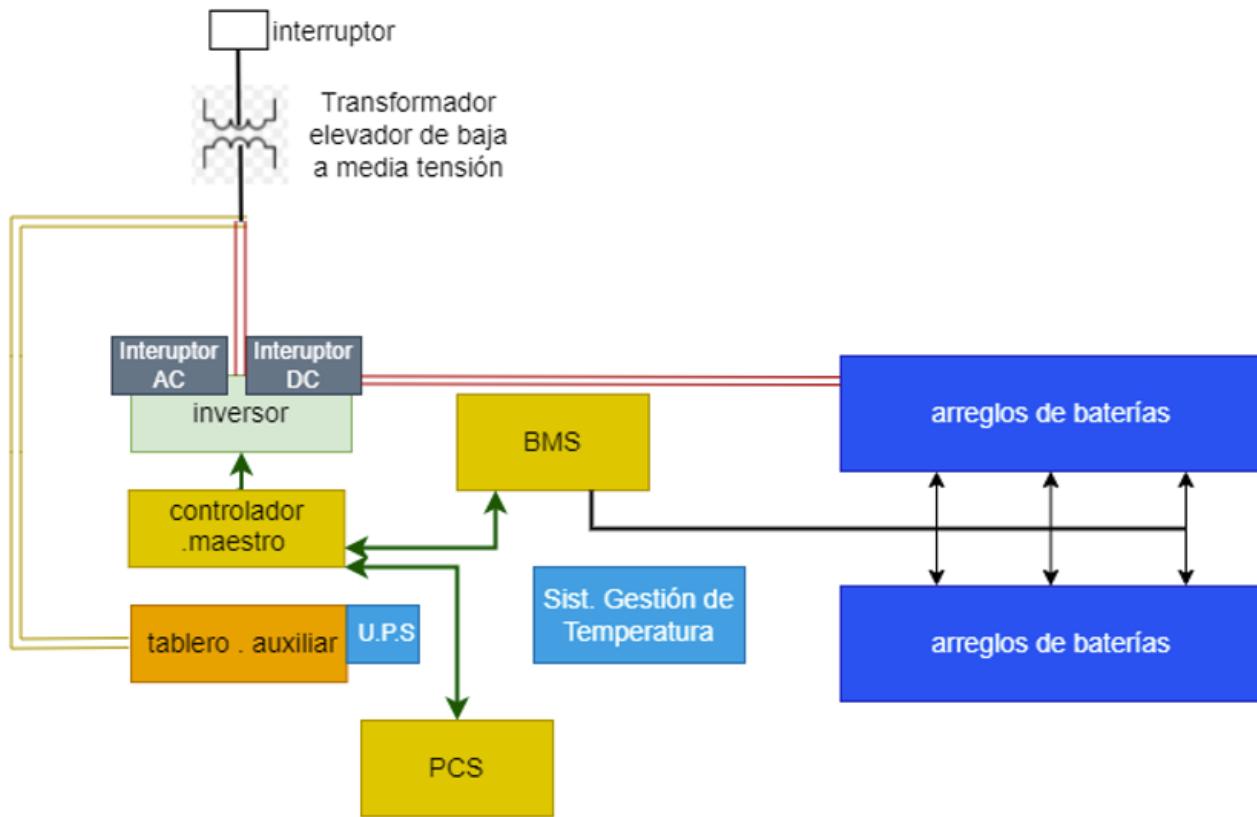


Figura 6: Esquema Sistema BESS. (Rudnick, 2021)

Existen distintas implementaciones de BESS, las cuales dependen del uso que se les de. De acuerdo a esto se escogerá el tipo de batería BESS como ion-litio, níquel, plomo-ácido, sulfuro de sodio y flujo redox.

En el caso del proyecto Quebrada Seca, las baterías serán de Ion-Litio, las cuales presentan una serie de ventajas frente a otras ya que estas entregan un voltaje mayor, proporcionan mayor rapidez en la carga y descarga, funcionan bien sin carga óptima, es decir que no es necesario cargarlas al 100% y poseen una mayor vida útil. (Insa, 2021)

Las dos principales desventajas que presentan estas baterías son sus elevados costos y la inestabilidad, sin embargo el sistema BESS proporciona el control sobre las baterías necesario para volverlas estables. En Chile se produce Litio en grandes cantidades, siendo la empresa SQM una de las más grandes productoras de este elemento reduciendo la competitividad de precios en el mercado, junto con esto y la creciente demanda y producción de vehículos eléctricos, se estima que los precios del litio aumentarán con el tiempo, debido a la mayor demanda por el recurso en el creciente mercado de los vehículos eléctricos a baterías de ion-litio. (Electromov, 2020)

2.3. Problemas ambientales detectados

Existen diversos problemas ambientales que se podrían generar en la implementación de un parque eólico, por lo que se realizará una clasificación de las distintas etapas y variables que podrían causar problemas tanto en la fabricación, construcción, funcionamiento y cierre. Se presentará una tabla con las relevancias ambientales consideradas luego explicación de los potenciales problemas ambientales de cada una de las etapas.

La fabricación de los componentes del parque eólico no está exento de contaminación, ya que se requiere de energía y recursos para fabricarlos, la energía que se usará para la fabricación de los aerogeneradores puede estimarse que se producirá dentro de 150 días aproximadamente, y considerando que la vida útil suele ser de aproximadamente 20 años, resulta ser un gasto energético considerablemente bajo respecto a lo que estaría produciendo durante su vida útil.

Indiscutiblemente un proceso de construcción no está libre de causar un daño ambiental, esto puede suceder durante la materialización y logística de la construcción del parque eólico, afectando en diversas formas al ecosistema y a los grupos humanos que podrían habitar la zona.

Además considerando el tamaño de estos sistemas y su ubicación, se podría generar un impacto en la biodiversidad del lugar, especialmente si está cerca de bosques, ríos, mares y lagunas. Por otro lado, si el sistema es ubicado junto con aerogeneradores cerca de zonas urbanas, se podría generar una gran contaminación acústica, provocando daños en el bienestar de los pobladores de la zona, además de asustar a los pequeños animales que pudieran transitar por el sector.

Analizando el Estudio de Impacto Ambiental entregado al SEA por parte de la empresa en materia del proyecto Parque Eólico Quebrada Seca (Quebrada Seca SPA, 2020), se nombran los impactos ambientales asociados al proyecto, donde en la flora y fauna, se encuentra la pérdida de especies protegidas, para las cuales se hacen medidas de mitigación, a través de rescate y relocalización, para Geófitas, Herbáceas, Cactáceas y Suculentas y de compensación para Porlieria Chilensis. En el medio humano afecta principalmente al desplazamiento y obtención de recursos naturales, a los habitantes del fundo Otárola; ante lo cual se toman medidas de mitigación para este grupo, mediante comunicación y acceso, hacia áreas de intervención del proyecto, y entrega de agua y elementos de alimentación.

La Tabla 2 entrega información sobre todas las actividades de construcción del proyecto que representan un potencial impacto ambiental a la biodiversidad de la zona.

Tabla 2: Actividades de la fase de construcción. (Quebrada Seca SPA, 2020)

Código	Actividades	
CO-01	Habilitación de la instalación de faenas de construcción	
CO-02	Cercos de protección de hallazgos arqueológicos en área de influencia	
CO-03	Acondicionamiento de terreno y movimientos de tierra	
CO-04	Habilitación de la instalación de manejo de residuos de la construcción	
CO-05	Habilitación de una planta de tratamiento de aguas servidas	
CO-06	Construcción de caminos permanentes y no permanentes	
CO-07	Movimientos de tierra y rocas	
CO-08	Construcción de plataformas y fundaciones	
CO-09	Instalación de torre de hormigón (dovelas) para aerogeneradores	
CO-10	Suministro y transporte piezas de aerogeneradores	
CO-11	Montaje de los aerogeneradores	a) Proceso de montaje – grúas consideradas b) Montaje tramo de torre de hormigón c) Montaje tramos de torre de acero d) Montaje góndola, buje, caja de transmisión, generador e) Montaje palas
CO-12	Construcción red de media tensión	
CO-13	Construcción de la subestación elevadora quebrada seca	

CO-14	Construcción de la línea de alta tensión	a) Trabajos Topográficos y Movimiento de Tierras b) Demarcación de las Estructuras c) Despeje de Franja de Servidumbre d) Construcción y Mantención de los caminos de accesos a las Estructuras e) Construcción de Fundaciones f) Montaje de las Estructuras Metálicas g) Instalación de los Conductores y Cables Guardia
-------	--	---

Durante el funcionamiento de la planta eólica se requiere de un constante mantenimiento de los aerogeneradores, línea eléctrica y subestación. Por lo que en algún momento alguno de los componentes requerirá ser reemplazado, generando residuos que deberán ser tratados o reciclados para que estos no generen un impacto ambiental en la zona. No existen grandes factores de contaminación durante su funcionamiento, ya que el principal daño al medio ambiente que se puede producir se encuentran durante las etapas de fabricación, construcción y de cierre.

La Tabla 3 muestra todas las acciones que podrían generar un impacto al medio ambiente de la zona durante la operación del parque eólico.

Tabla 3: Acciones en la fase de operación. (Quebrada Seca SPA, 2020)

Código	Acciones
OP-01	Puesta en marcha de aerogeneradores, línea de transmisión y subestación elevadora Quebrada Seca
OP-02	Operación de los aerogeneradores
OP-03	Operación de la línea de transmisión
OP-04	Operación de la subestación elevadora Quebrada Seca y servicios auxiliares
OP-05	Mantenimiento de los aerogeneradores
OP-06	Mantenimiento de la subestación elevadora Quebrada Seca
OP-07	Mantenimiento de la línea de transmisión
OP-08	Mantención de caminos interiores

Durante el cierre de la planta (cumplimiento de la vida útil de los aerogeneradores) se comenzará a desmantelar todos los equipos, los cuales necesitarán de traslado y reubicación. Durante todo este procedimiento para evitar generar un impacto al medio ambiente, será necesario un plan de reutilización o de renovación de los equipos.

La Tabla 4 muestra todas las acciones durante la etapa de cierre del parque eólico que podrían causar algún impacto al medio ambiente.

Tabla 4: Acciones en la fase de cierre. (Quebrada Seca SPA, 2020)

Código	Acciones
AB-01	Montaje de instalación de faenas
AB-02	Desmontaje y demolición de aerogeneradores y plataformas
AB-03	Desarme subestación, sala eléctrica y ductos
AB-04	Desarme línea de transmisión
AB-05	Limpieza de suelo ocupado por distintas instalaciones
AB-06	Cierre de caminos de acceso

En la ficha del proyecto Parque Eólico Quebrada Seca, la cual se encuentra disponible en la página del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) (SEIA, 2021), se dispone de un extracto del EIA presentado por la compañía al SEA, en este se presenta una tabla (Tablas 5 y 6) donde se entrega información con los efectos ambientales detectados por la empresa y las medidas de mitigación propuestas por esta. (Quebrada Seca SPA, 2020)

Tabla 5: Tabla con impactos ambientales detectados. (Quebrada Seca SPA, 2020)

Componente	Impacto ambiental	Código
Flora	Pérdida de individuos de especies protegidas	FV01
Medio Humano	Alteración de las dinámicas de desplazamiento de los habitantes del fundo Otárola	MH03
	Alteración en la libre circulación en las áreas de pastaje ligadas a la actividad económica del grupo humano criancero del fundo Otárola	MH04
	Alteración de los accesos requeridos para el desarrollo de la actividad económica de recolección marina del grupo humano alguero del fundo Otárola	MH05

Tabla 6: Tabla con medidas de mitigación propuestas. (Quebrada Seca SPA, 2020)

Código	Medida
FV01	Rescate y relocalización de Cactáceas y Suculentas
	Compensación ejemplares aisladas de Porlieria chilensis (guayacán).
	Rescate y relocalización Geófitas y Herbáceas
MH03	Protocolo de comunicación y circulación para trabajadores y grupos humanos del área de influencia del proyecto
MH04	Protocolo de accesos a áreas de intervención del proyecto para el desarrollo de actividades económicas vinculadas al fundo Otárola
	Entrega de agua, forraje provisorio y elementos de alimentación a grupo humano criancero Fundo Otárola
MH05	Protocolo de accesos a áreas de intervención del proyecto para el desarrollo de actividades económicas vinculadas al fundo Otárola

2.4. Relevancia del tema escogido

Chile posee un gran potencial en materia de energías renovables debido a su geografía, posee la radiación solar más alta del mundo ideales para utilizar energía solar a través de paneles solares, fuertes vientos para el desarrollo de la energía eólica, la energía marina posee de un gran potencial por su extensa costa, una gran cantidad de ríos con diferencias de altura para energía hidráulica, entre muchas otras.

Chile busca ser líder en el área de energías renovables, por lo que el uso de estas energías va en aumento y al ser energías variables se hace imprescindible el uso de sistemas de almacenamiento de energía eficientes, bajo esta problemática la empresa AES Gener Chile viene a contribuir con soluciones de almacenamiento de energía.

El proyecto en que está enfocado este informe es el parque Eólico Quebrada Seca de AES Chile, que está ubicado en la región de Coquimbo, comuna de Ovalle, el cuál utiliza un sistema de baterías BESS, ideal para energía eólica ya que la energía con los aerogeneradores es variable dependiente del viento, por lo que este sistema es ideal para almacenar y usar eficientemente la energía cuando sea necesario. Este sistema contará con 38 aerogeneradores con una potencia instalada de 7 MW cada uno, haciendo una potencia total de 266 MW, además de considerar una red colectora de media tensión, una subestación elevadora más instalaciones anexas que permitirán evacuar la energía generada, edificio de control, bodegas, caminos internos y caminos de acceso que permitirán el tránsito durante la construcción, operación y cierre, y una instalación de faenas para la construcción del Parque. Según el estudio de impacto ambiental (EIA) este proyecto creará un total de 247 empleos aparte de 253 empleos por su construcción, tiene un monto de inversión de 400 millones de dólares y ocupará cerca de 381,7 hectáreas. La fecha estimada de inicio de operaciones del parque sería en junio de 2024 y su retiro está contemplado para 2059. (RevistaEI, 2020)

Según informa la revista “Electricidad, La Revista Energética de Chile”, el Parque Eólico Quebrada Seca considera un sistema modular de almacenamiento de energía en base a baterías (BESS), típicamente de ion litio, el cual se estima utilizará una superficie aproximada de 3,5759 hectáreas. Dicho sistema se conectaría vía conversores bidireccionales y transformadores elevadores a la barra de media tensión del parque eólico. (RevistaEI, 2020)

El proyecto se conectará al Sistema Eléctrico Nacional a través de una Línea de Alta Tensión de 2x220 kV, de potencia máxima 300 MVA y una longitud aproximada de 21 km, la cual transportará la energía generada por el parque eólico hasta la subestación Don Goyo. La superficie destinada para el emplazamiento de las obras del proyecto es de aproximadamente 381,7 hectáreas. (RevistaEI, 2020)

3. Legislación pertinente

En lo siguiente se entregará información acerca del actual sistema de evaluación ambiental Chileno y su correspondiente aplicación al proyecto “Parque Eólico Quebrada Seca”

3.1. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

A continuación se explica el SEIA, según extracto de información rescatado del Video [“Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”](#) del Servicio de Evaluación Ambiental SEA. (SEA, 2019)

Desde el año de 2010 con la promulgación de la ley N° 20.417 Chile cuenta con una institucionalidad ambiental (Figura 7), conformada por el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).



Figura 7: Triángulo de Institucionalidad Ambiental. (SEA, 2019)

El servicio de evaluación ambiental se encarga de la gestión de 2 de los instrumentos que la ley N° 19.300 sobre bases generales del medio ambiente señala, estos instrumentos son la administración del sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA) y el fomento y la facilitación de participación ciudadana en la evaluación ambiental. A través del SEIA se determina si un proyecto o actividad genera alteraciones en el medio ambiente y si se ajusta o no a las normas vigentes del país, es por ello que previo a la ejecución de cualquier proyecto, el titular debe analizar el Artículo 10 de la ley N° 19.300 y el Artículo 3 de Reglamento del SEIA, determinando si el proyecto se encuentra dentro de

las tipologías de proyectos que son susceptibles de causar impactos ambientales. De esta manera la ejecución del proyecto dependerá de los resultados de la evaluación de impacto ambiental, donde se analizará si las partes, obras y acciones del proyecto, sus residuos y emisiones alteran los componentes del medio ambiente.

Según corresponda el titular podrá ingresar sus proyectos al SEIA bajo dos modalidades: un Estudio de Impacto Ambiental EIA o una Declaración de Impacto Ambiental DIA. Para ello, al titular del proyecto le corresponde analizar el artículo 11 de la ley N° 19.300 donde se establece que los proyectos que requieren la elaboración del EIA son aquellos que generan alguno de los efectos, características o circunstancias siguientes:

- Riesgo para la salud de la población debido a la calidad y cantidad de efluentes, emisiones o residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables incluidos el suelo, agua y aire.
- Reasentamiento de comunidades humanas o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbre de grupos humanos.
- Localización en o próxima a poblaciones recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Alteración significativa en términos de magnitud o duración del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y en general los pertenecientes al patrimonio cultural.

Si el proyecto no genera o presenta ninguno de estos efectos corresponde el ingreso a través de una DIA (Declaración de Impacto Ambiental).

Luego que el titular determine la modalidad de ingreso al SEIA, el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental) realiza la evaluación de impacto ambiental coordinadamente con diversos actores, estos son Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA) y con la ciudadanía. La Figura 8 detalla las distintas etapas que recorre un proyecto una vez ingresa al SEIA.



Figura 8: Etapas del SEIA. (SEA, 2019)

Al comienzo del proceso, el SEA revisa los antecedentes entregados por el titular del proyecto (Etapa de Admisibilidad). Luego realiza preguntas al titular para aclarar, rectificar y/o ampliar la información del proyecto (Etapa de evaluación), según corresponda el SEA se encarga de convocar e informar a la ciudadanía mediante actividades que permitan recabar sus observaciones e incorporarlas a la evaluación ambiental (Participación ciudadana). Y por último el SEA participa en la etapa de calificación del proyecto.

En la etapa de admisibilidad, el SEA se encarga de revisar que el titular del proyecto haya proporcionado toda la información necesaria para su evaluación que son los contenidos mínimos y comunes señalados en los Artículos 12 al 17 del Reglamento SEIA; además de aquellos mínimos exigidos específicamente a los EIA y las DIA en los Artículos 18 y 19 respectivamente.

Durante la etapa de evaluación (Figura 9), el SEA analiza junto a los OAECA que los proyectos se ajustan a las normas vigentes. En caso de ser así, el SEA emite un Informe Consolidado de Evaluación (ICE) con la recomendación de aprobación o rechazo del proyecto. Sin embargo, en caso que existan errores omisiones o inexactitudes, elabora un Informe Consolidado de Aclaraciones, Rectificaciones o Ampliaciones (ICSARA), en cuyo caso el titular deberá presentar una adenda con

las respuestas y antecedentes solicitados. Este proceso de preguntas y respuestas puede repetirse en dos ocasiones en el caso de las DIA y excepcionalmente una tercera en caso de los EIA.



Figura 9: Diagrama de procedimiento durante la etapa de evaluación. (SEA, 2019)

Una vez analizadas las respuestas, el SEA emite el Informe Consolidado de Evaluación (ICE) donde recomienda al Director Ejecutivo o a la Comisión de Evaluación Regional, la aprobación o rechazo del proyecto.

El resultado de la evaluación de impacto ambiental (Figura 10), es la emisión de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA, etapa de calificación). Cuando esta sea favorable, las condiciones impuestas deberán ser cumplidas obligatoriamente por el titular, lo que se comprobará mediante las acciones de seguimiento y fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente. Sin embargo, si la RCA es desfavorable, el proyecto no se podrá ejecutar. (Etapa de otras instancias)



Figura 10: Diagrama de procedimiento para la calificación ambiental. (SEA, 2019)

El titular y la ciudadanía cuentan con instancias posteriores a la emisión de la RCA, en que podrán interponer un recurso de reclamación para que la autoridad revise su decisión. En caso que el resultado no sea de su conformidad, estos podrán acudir a los Tribunales Ambientales y posteriormente a la Corte Suprema (Figura 11).



Figura 11: Diagrama de procedimiento general cuando ingresa un proyecto al SEIA. (SEA, 2019)

3.2. SEIA del proyecto “Parque Eólico Quebrada Seca”

La información presentada a continuación es extraída y recopilada de la página del [Servicio de Evaluación Ambiental SEA](#), donde se encuentran a libre disposición de la ciudadanía el estado de los distintos proyectos en materia de impacto ambiental. (SEA, 2021)

La ficha del proyecto: “Parque eólico quebrada seca”, con la documentación actualizada de la tramitación del proyecto en materia ambiental, se encuentra disponible en la página del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (SEIA, 2021)

3.2.1. Definición de modalidad de ingreso al SEIA

En el caso particular del proyecto “Parque eólico Quebrada Seca” se realizó un estudio que clasifica el impacto ambiental en: No significativo, poco significativo, medianamente significativo, significativo o altamente significativo según el factor ambiental y su impacto ambiental asociado. Donde se identifican impactos significativos o altamente significativos en los siguientes factores ambientales (Tabla 7):

- Ecosistemas terrestres: Flora y vegetación
- Medio humano

Tabla 7 : Capítulo 4-EIA: Proyecto "Parque Eólico Quebrada Seca". (Quebrada Seca SPA, 2020)

Tabla 7- 1 Identificación de Impactos Significativos.

Factor Ambiental y su Impacto Ambiental asociado	Código del Impacto	Clasificación del Impacto		
		Construcción	Operación	Cierre
Flora y Vegetación				
Pérdida de individuos de especies protegidas	FV01	Significativo	-	-
Medio Humano				
Alteración de las dinámicas de desplazamiento de los habitantes del fundo Otárola	MH01	Significativo	-	Significativo
Alteración en la libre circulación en las áreas de pastaje ligadas a la actividad económica del grupo humano criancero del fundo Otárola	MH02	Significativo		
Alteración de los accesos requeridos para el desarrollo de la actividad económica de recolección marina del grupo humano alguero del fundo Otárola	MH03	Significativo	-	-

Al afectar directa y significativamente el sistema de vida de un grupo humano y al haber pérdidas de individuos de especies protegidas se es requerida la elaboración de un EIA.

3.2.2. Ingreso del proyecto (EIA)

El documento EIA presentado por la compañía, a través de su representante legal Jorge Leonardo Amiano Goyarrola al SEA es ingresado para su evaluación de admisibilidad con fecha de 20 de diciembre de 2020.

El EIA presentado se encuentra disponible [aquí](#).

El extracto del EIA se puede encontrar [aquí](#).

3.2.3. Etapa de admisibilidad

Según la Resolución de Admisibilidad y Notificación de Documento, el Servicio de Evaluación Ambiental resuelve que EIA cumple con lo establecido en el artículo 31 del Reglamento del SEIA por lo que corresponde admitirlo a trámite. Se procede a la etapa de evaluación del proyecto con fecha 5 de enero de 2021.

La resolución se puede encontrar [aquí](#).

La notificación se puede encontrar [aquí](#).

3.2.4. Etapa de evaluación

Se levanta solicitud de evaluación de EIA a municipalidad de Ovalle el día 5 de enero de 2021.

La solicitud la puede encontrar [aquí](#).

Se levanta solicitud de evaluación de EIA a OAECA el día 5 de enero de 2021.

La solicitud la puede encontrar [aquí](#).

Se levanta solicitud de evaluación de EIA al Gobierno Regional de Coquimbo el día 5 de enero de 2021.

La solicitud la puede encontrar [aquí](#).

Mediante la carta N° CE/002 se informa a la ciudadanía del EIA del proyecto y se invita a participar a las personas del sector. La carta se puede encontrar [aquí](#).

El SEA emite un informe consolidado de solicitud de aclaraciones, rectificaciones y/o ampliaciones (ICSARA) al EIA. El informe se puede encontrar [aquí](#).

Se solicita la extensión del plazo de evaluación ambiental del EIA hasta el 30 de Diciembre de 2021, las razones se nombran en la solicitud. La solicitud se puede encontrar [aquí](#).

La comisión de evaluación del SEIA resuelve otorgar la extensión del plazo de evaluación del EIA hasta el 30 de diciembre de 2021. La resolución se puede encontrar [aquí](#).

3.2.5. Etapa de calificación y etapa de otras instancias

Como existen errores, omisiones o inexactitudes en las respuestas entregadas por la empresa en la etapa de evaluación, el SEA elaboró un Informe Consolidado de Aclaraciones, Rectificaciones o Ampliaciones (ICSARA), en cuyo caso el titular deberá presentar una adenda con las respuestas y antecedentes solicitados. Una vez analizadas las respuestas, el SEA emitirá el Informe Consolidado de Evaluación (ICE) donde recomienda al Director Ejecutivo o a la Comisión de Evaluación Regional, la aprobación o rechazo del proyecto. Según esta respuesta se continuará con la Etapa de Calificación y posteriormente a otras instancias. (SEA, 2019)

4. Procesos y tratamientos de contaminantes

A continuación se entrega información acerca de los procesos que son potencialmente contaminantes en la cadena de producción y construcción de los proyectos con tecnología BESS.

4.1. Procesos y tratamiento en la producción de materias primas

Para la construcción del sistema de baterías BESS es necesario un conjunto de materias primas, las cuales en su mayoría son metales, como litio, cobre, zinc, plata, oro y plomo, para obtener estos elementos es necesario explotar yacimientos mineros.

La industria minera como tal es capaz de producir mucha contaminación al ambiente en toda su cadena de producción, por ejemplo la generación de SO₂ en los procesos, junto al material particulado en suspensión y las emisiones de arsénico, dañan el aire que respiramos. En este caso la industria minera requiere utilizar un tren de tratamiento de efluentes gaseosos, donde son implementados dispositivos como ciclones, PES, filtros de mangas y Scrubbers para eliminar la mayor cantidad de contaminantes soltados a la atmósfera. Por otro lado el agua se ve afectada por efluentes líquidos que contienen material particulado, metales pesados y ácido, en este caso la industria minera requiere de un tren de tratamiento de RILes, utilizando por ejemplo la sedimentación, flotación, floculación y membranas para eliminar la mayor cantidad de contaminantes del agua. Además está presente la contaminación de suelos debido a residuos sólidos especialmente metales pesados, en este caso la industria minera requiere de tratamientos de residuos sólidos (RISes), donde puede ser utilizada la electroremediación para la recuperación de metales. (Medina, 2008)

Luego de la extracción de estos metales es necesario la fundición de estos, donde se generan otros contaminantes, como anhídridos sulfurosos, compuestos volátiles como arsénico y material particulado en suspensión. (Medina, 2008)

A continuación en la Figura 12 se encuentra un diagrama del proceso de obtención de cátodos de cobre, donde se puede apreciar la flotación, donde el material obtenido de la Molienda es sumergido en enormes piscinas (llamadas celdas de flotación) en las que, gracias a la acción de reactivos, el cobre emerge a la superficie dentro de burbujas. (CODELCO, 2021)



Figura 12 (1): Cómo se produce un cátodo de cobre. (CODELCO, 2021)

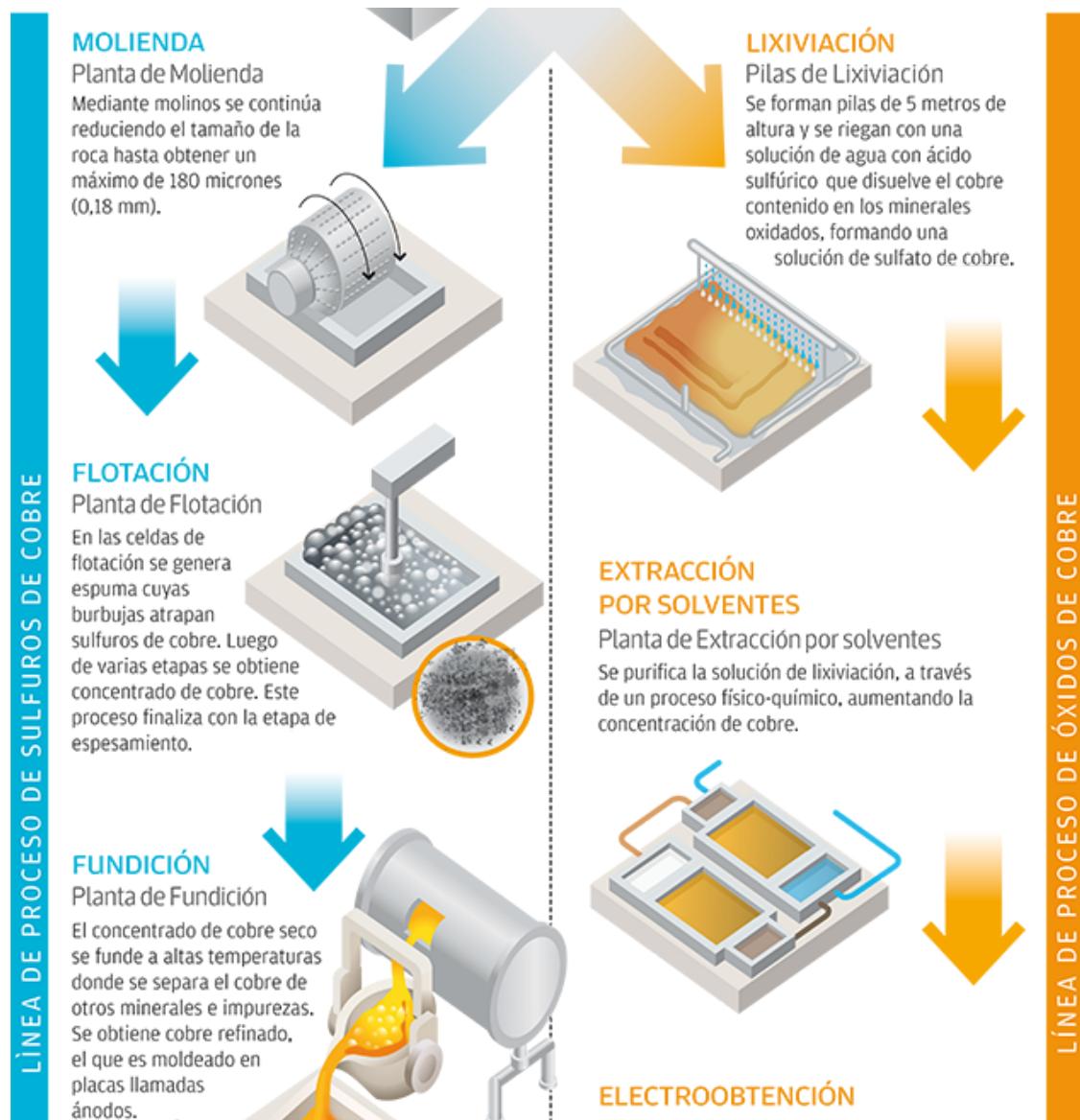


Figura 12 (2): Cómo se produce un cátodo de cobre. (CODELCO, 2021)

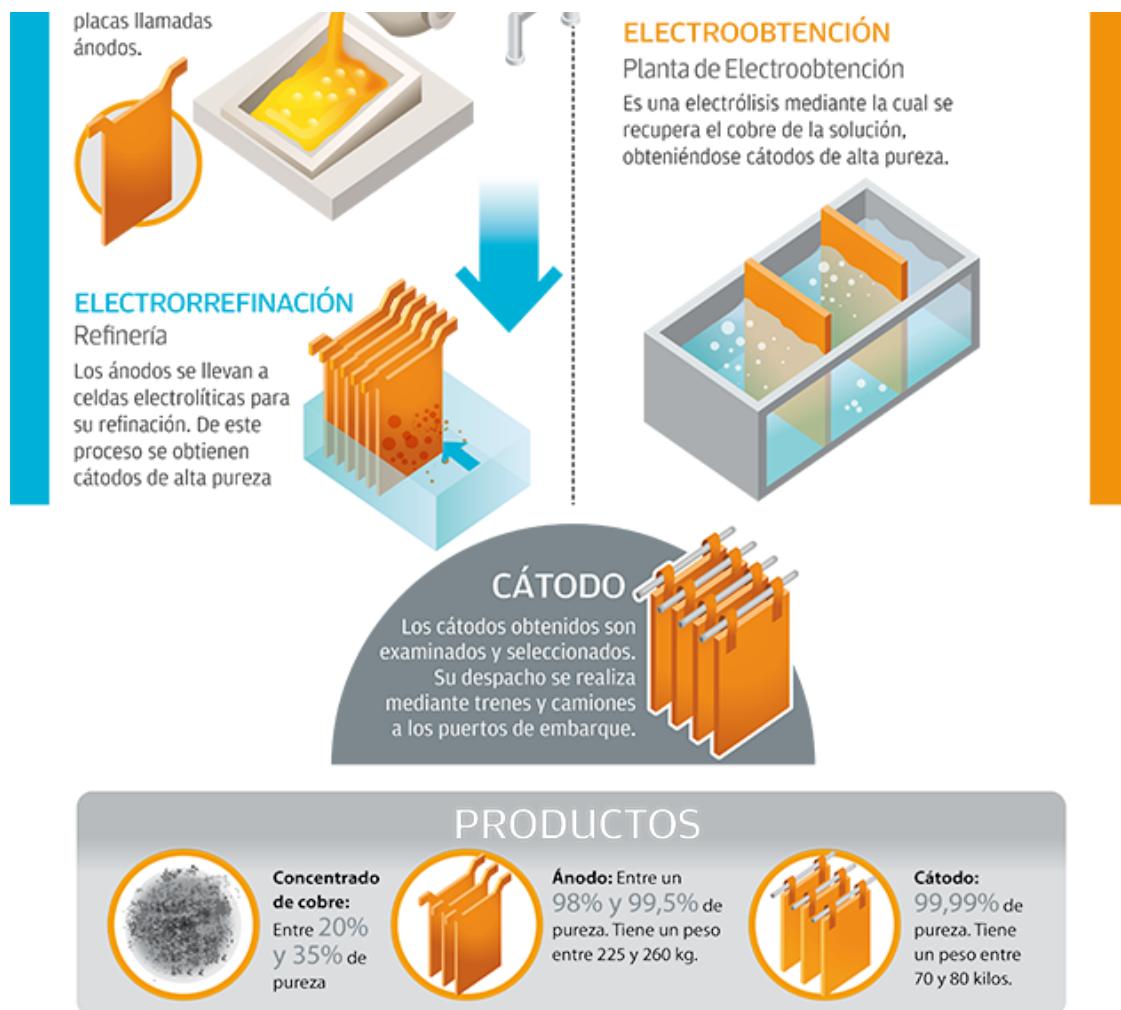


Figura 12 (3): Cómo se produce un cátodo de cobre. (CODELCO, 2021)

4.2. Tratamiento y contaminación durante la construcción y puesta en marcha

Del informe EIA del proyecto Parque Eólico Quebrada Seca, capítulo 13 se habla sobre la contaminación atmosférica que producirá la construcción de este proyecto, donde la mayor cantidad de emisiones de material particulado serán generados por el tránsito de vehículos en las rutas no pavimentadas. En cuanto a las emisiones de gases estas serán generadas principalmente por la operación de maquinarias y grupos electrógenos de construcción, durante la fase de operación las emisiones son poco significativas, siendo generadas por el motor de vehículos en el sector. (SEIA, 2020)

La mayor cantidad de emisiones de contaminantes al ambiente según el informe, serán generadas durante el año 1 de la fase de construcción, siendo equivalentes a 2,224 toneladas al día en el caso del MPS, donde 0,59 toneladas al día serán de MP10, y 0,97 toneladas al día serán de NOx, siendo estos dos los contaminantes más relevantes. (SEIA, 2020)

De lo anterior el informe señala que “Considerando las características del Proyecto, junto al método constructivo, se considera que el Proyecto no genera o presenta riesgos para la salud de la población” (SEIA, 2020, p. 24). Por lo tanto según la compañía no sería necesario un tratamiento de estos contaminantes.

En el caso de la generación de residuos, en el mismo informe nombrado anteriormente se señala que el proyecto se compromete a un manejo adecuado de residuos, mediante la creación de un patio especialmente diseñado para el almacenamiento de estos, donde posteriormente a su acumulación se realizará su retiro de las áreas de trabajo a través de empresas autorizadas, las cuales transportarán estos residuos a rellenos sanitarios. (SEIA, 2020)

Los rellenos sanitarios, los cuales transportarán los residuos del proyecto, deberán contar con todas las medidas de tratamiento de percolados o líquidos lixiviados y gases contaminantes, donde se tendrán que recolectar, canalizar, tratar y monitorear. Donde a su vez deberán ser fiscalizados constantemente por autoridades competentes, exigiendo que cumplan con las normativas ambientales vigentes. En la Figura 13 se presentan algunas características que deben poseer estos rellenos sanitarios. (Arriagada, 2021)



Figura 13: Características de un relleno sanitario. (Arriagada, 2021)

4.3. Tratamientos y contaminantes durante el reciclaje

AES Gener no se encarga del reciclaje de las baterías BESS, más bien las envía fuera de Chile a reciclar una vez terminada su vida útil. Los proyectos de AES Gener tienen una etapa de cierre y abandono en la que se retiran todas las estructuras dejando sólo las fundaciones, para luego emparejar el terreno imitando la topografía del área adyacente. Las baterías BESS son devueltas al fabricante (A123 Systems Inc) para su reciclaje y la recuperación de sus componentes como cableado, armazones, contenedores, etc, por lo que no se dejarían residuos en el país. (Olmedo, 2021)

Si las baterías de Litio fallan se pueden reparar en un centro especializado, una operación que se considera aceptable con entre un 20-35% de su coste. Este proceso puede consistir por ejemplo en cambiar las células defectuosas de las baterías. Si la reparación no es viable, se debe analizar si es que aún es posible almacenar una sensible cantidad de energía de alrededor de un 70% de su capacidad nominal por ejemplo, de ser este el caso se pueden reutilizar estas baterías en aplicaciones estáticas. En el caso de que se haya perdido completamente la funcionalidad de la batería es imprescindible recuperar sus componentes, siendo lo más fundamental recuperar los metales máspreciados que en este caso es el litio para reutilizarlos en nuevas baterías. (CincoDías, 2021)

En la actualidad han surgido nuevas empresas dedicadas al reciclaje y recuperación de componentes de baterías, mayoritariamente en el extranjero ya que es un rubro nuevo, como por ejemplo la empresa canadiense Li-Cycle, esta empresa utiliza la estrategia de spoke & hub, los spokes son centros de recolección y pre procesadoras para baterías usadas en donde se obtiene un producto denominado “masa negra”, proceso en el que se inyectan gases cuidadosamente por la inflamabilidad del litio, así se evitan procesos de combustión. Además de esto se utilizan procesos para separar distintos componentes que se envían a otras compañías, que pueden ser desde plásticos hasta metales como aluminio o cobre. Luego, la masa negra se traslada a otro recinto para un post proceso (hub) que se realiza para separar el litio aislando de la masa negra mediante un proceso hidrometalúrgico que utiliza ácidos y disolventes. El inconveniente de este proceso es que consume energía eléctrica y deja residuos de agua al realizarse, por lo que el agua debe ser tratada y la energía eléctrica debe ser verde para cumplir adecuadamente con el objetivo. Según Li-Cycle el proceso es exitoso y se consigue reciclar hasta un 95% de los componentes de las baterías. (CincoDías, 2021)

El desarrollo de este mercado de reciclaje de baterías de litio es imprescindible para fomentar la economía circular, por lo que se están desarrollando más empresas que se dedican a esto como ReedWood materials, Primobius, etc, siendo la mayoría empresas extranjeras ya que es un rubro relativamente nuevo, además, las propias compañías que fabrican las baterías comenzarán a tener sus propias instalaciones de reciclaje para estas. (CincoDías, 2021)

En el siguiente enlace se podrá ver un proceso de reciclado de baterías Ion-Litio, este sería muy similar al reciclado de las baterías BESS. [Click aquí](#).

En la actualidad está en proceso el diseño de un nuevo método capaz de reciclar de manera aún más eficiente las baterías de litio de los vehículos eléctricos, esto podría traer grandes impactos en el reciclaje de baterías BESS en el futuro, lo cual reduciría en gran medida la explotación de los recursos naturales. Un nuevo estudio, realizado por un profesor en el Instituto Politécnico de Worcester, ha desarrollado un nuevo sistema de reciclaje de baterías de coches eléctricos que, además de extraer todos los materiales, indica que el resultado de una nueva batería con los mismos, puede ser más efectiva que la original. Los resultados, publicados en la revista Joule (Ma, 2021) muestran que las baterías con cátodos reciclados pueden ser tan buenas o incluso mejores que las que utilizan nuevos materiales de última generación. En este nuevo estudio, se han utilizado celdas de cátodo (NMC111), óxido de litio, manganeso y cobalto, las más comunes entre los vehículos eléctricos, para probar el resultado. En la Figura 14 se aprecia en general este nuevo proceso de reciclaje. (Martín, 2021)

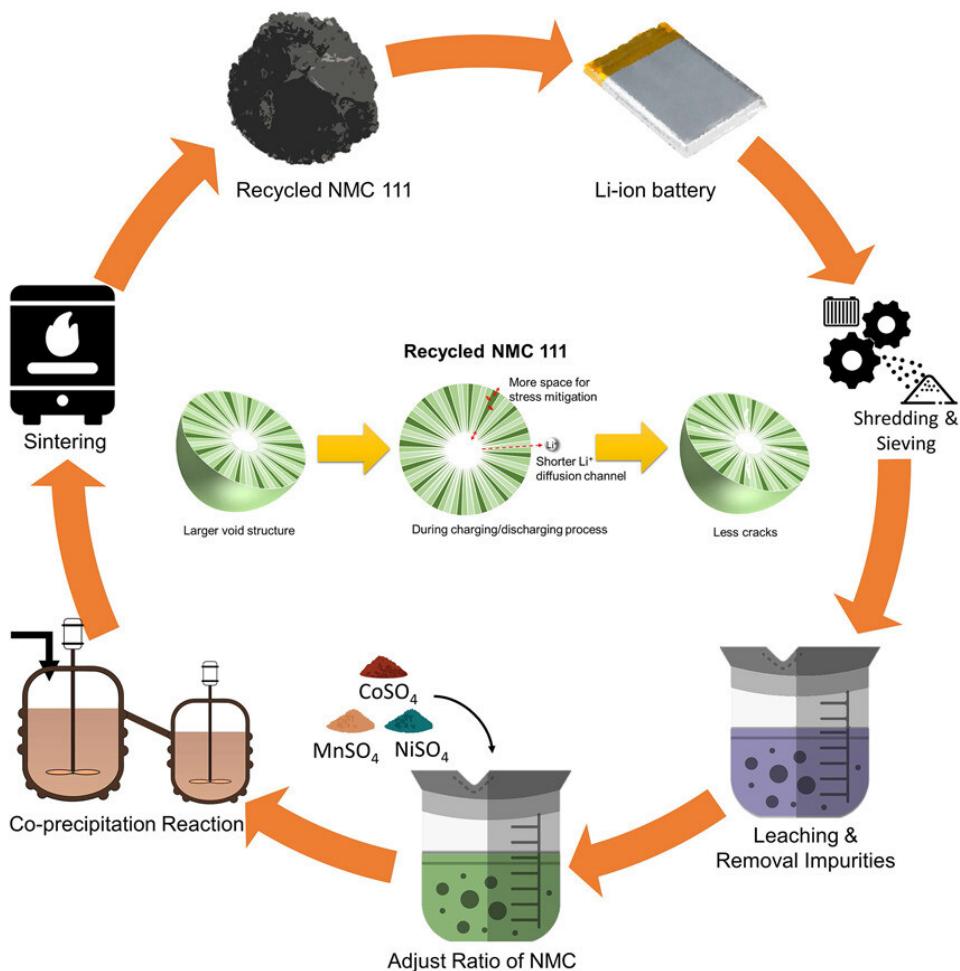


Figura 14: Diagrama del nuevo método de reciclaje de batería ion-litio. (Martín, 2021)

5. Discusión: Procesos y tratamientos de contaminantes

Dentro del tratamiento de las baterías BESS no hay ningún tipo de plan respecto a fallas en su funcionamiento, solo se derivan al fabricante (A123 Systems Inc) para su reciclaje o reparación en caso de ser posible (Olmedo, 2021). Por lo que idealmente se recomendaría mantener un plan de mantenimiento y de refacciones de partes que potencialmente podrían fallar, para así poder realizar reparaciones en un menor tiempo, aumentando la eficiencia del proyecto, además de reducir los costos y contaminaciones debido a un potencial transporte de las baterías hacia el extranjero.

Siendo las baterías BESS una tecnología en crecimiento y desarrollo, una correcta mantención, tratamiento y plan de reparaciones será muy necesario para incrementar la confiabilidad, durabilidad, disponibilidad y uso en el mercado global.

En Chile las baterías que utilizan litio son cada vez más utilizadas. Chile teniendo una de las más grandes reservas de litio del mundo no posee un plan respecto al tratamiento y manufactura de dispositivos tecnológicos a base de litio, teniendo que exportar la materia prima al extranjero y luego importar los productos terminados, creando el mismo efecto con los residuos de estos, teniendo solo como opción enviar los residuos al extranjero para su reciclaje. Se recomienda crear políticas públicas que promuevan el reciclaje de baterías de litio, implementando planes de descontaminación de vertederos, adaptando los rellenos sanitarios, creando centros de acopios en todas las ciudades del país de dispositivos eléctricos a baterías de litio. Además de lo anterior si la popularidad de la implementación de sistemas de baterías BESS en proyectos de ERNC aumenta en el país, sería ideal promover iniciativas que faciliten la creación de centros de reciclaje especializados en dispositivos BESS, apoyando desde el gobierno y la ciudadanía a empresas chilenas de reciclaje a instalarse en el país, esto potenciará en gran medida la economía circular de los proyectos energéticos con sistemas de baterías BESS. Para entender un poco más sobre la economía circular se presenta en la Figura 15 un esquema que define en gran medida en qué consiste este concepto.



Figura 15: ¿Qué es la economía circular? (Romero, 2019)

Dentro del EIA del proyecto “Parque Eólico Quebrada Seca” se menciona de manera detallada sobre el derrame de sustancias peligrosas durante la construcción del parque, pero no se menciona acerca de un posible derrame o incendio por alguna falla o accidente con la batería, algo que puede ocurrir y se debe tratar con cuidado ya que el litio es inflamable y puede combustionar. Por lo que sugerimos tomar todas las medidas necesarias para que no ocurra esto, como un buen sistema antigolpes y que resista de buena manera el movimiento de los sismos. También se sugiere tomar medidas en el caso extraordinario de algún derrame, por lo que se debe tener en consideración los siguientes procedimientos (StateFundCA, 2021):

- Mantenga un extintor clase D disponible para extinguir baterías incendiadas.
- Mantenga disponible un equipo contra derrames con materiales absorbentes en caso de que ocurra el derrame de una batería.
- Únicamente personal capacitado utilizando equipo de protección individual apropiado deberá intentar limpiar un derrame de baterías o tratar de controlar un incendio o derrame.

En cuanto al tema político, se podría incentivar la creación de leyes que promuevan el uso de baterías de almacenamiento de energía inteligentes como la BESS en centrales de generación de energía, ya sean nuevas o antiguas. La ventaja de adoptar estas baterías inteligentes es que representan un importante ahorro de energía, debido a que son capaces de estimar los períodos en que el uso de la energía es intenso y optimizan su funcionamiento frente al entorno en que se encuentran, esto les permite trabajar con más eficiencia lo que tiene como consecuencia directa una economización del uso de la energía. Este ahorro de energía significa una menor contaminación que tratar.

Dentro del EIA del proyecto se determina que la etapa de cierre comienza luego de pasados 35 años de funcionamiento, durante todo ese tiempo existen distintas mantenciones de elementos fundamentales para su funcionamiento dentro de los más importantes se encuentran los aerogeneradores y las baterías BESS las cuales deben ser reemplazadas de 2 a 3 veces debido a que su vida útil es de aproximadamente 15 años, la duración de estas dependen de la cantidad de ciclos de carga y descarga que se sometan por lo que su estimación de vida no es exacta y podría variar más de lo esperado. Llegado el momento del cierre del proyecto muchas baterías podrían seguir funcionando, por lo que se podría realizar un plan para hacer que el proyecto siga en funcionamiento durante más tiempo o utilizar estas baterías dentro de otros proyectos, para así utilizarlas hasta que ya no puedan ser reparadas y tengan que pasar a un proceso de reciclaje de sus componentes. (Olmedo, 2021)

La reciente COP26 trajo una serie de avances y polémicas sobre cambio climático que es bueno mencionarlas para determinar si estas se podrían mejorar, considerando adoptar sistemas de almacenamiento de energía como el de baterías BESS en el mundo actual. En materia de producción de carbón no se generaron mayores avances, sin embargo se habló directamente de que es la causa raíz de la contaminación ambiental y que se debe hacer algo para eliminar su uso,

paises como China e India no aceptaron acordar la eliminación gradual de la producción de carbón, pero si la reducción gradual de este, esto hace el camino aun más difícil para la liberación del mundo de uno de los mayores contaminantes actuales, el cual es utilizado para generar más del 37% de la energía global en 2019 (BBC, 2021). Chile al igual que otros 40 países aceptaron este acuerdo, abriendo la posibilidad a la innovación y aplicación de mejores sistemas energéticos por ERNC en el país, esto podría hacerse realidad promoviendo el desarrollo tecnológico en el país, creando mejores políticas públicas para este cometido, haciendo partícipe a la sociedad para incitarlos a contribuir tanto económica como éticamente al desarrollo de un Chile sustentable.

En la misma línea de la COP26 en materia de dinero unas 450 organizaciones lograron recaudar aproximadamente US\$130 billones, donde acordaron respaldar “tecnológicamente” en materia de energías limpias a países que se alejen de las industrias de combustibles fósiles (BBC, 2021). Esto genera incentivo en desarrollo tecnológico e innovación, permitiendo que países que ya se han comprometido a reducir la quema de combustibles fósiles lo hagan de una manera mucho más rápida. En este sentido se podría impulsar el desarrollo de tecnologías de almacenamiento de energía como las baterías BESS, para incrementar la eficiencia de distribución energética en el país, permitiendo tener disponibilidad de recursos energéticos acorde a las necesidades del momento.

En materia de reciclaje en la COP26 no se desarrollaron mayores avances, sin embargo los incentivos económicos y los compromisos de los países inducen de manera indirecta el desarrollo del reciclaje, creando con esto una mayor conciencia de la necesidad de reducir la explotación de recursos y comenzar a convertir los desechos en elementos con una segunda vida útil.

6. Conclusiones y recomendaciones finales

Las baterías BESS son compatibles con energías renovables variables como la energía eólica, ya que pueden almacenar la energía para poder inyectarla cuando sea necesario a la red eléctrica, por lo que ambas tecnologías son importantes para mantener un suministro de energía constante a la ciudadanía.

Se espera que el parque Eólico quebrada seca sea instalado en Junio de 2024, lo cuál podría prolongarse a medida que pase el tiempo, puesto que ya se atrasó la etapa de evaluación por un ICSARA al EIA que emitió el SEA, lo que provocó que se emitiera una solicitud de extensión del plazo para presentar lo solicitado en el informe ICSARA hasta el 30 de Diciembre de 2021, debido a retrasos provocados por la pandemia (difícil movilización del personal). Como recomendación nuestra se sugiere realizar el proceso bajo el marco de la ley y de manera responsable, aunque eso signifique usar más tiempo, para generar el menor impacto negativo posible al medio ambiente, al mismo tiempo que se aporta de manera positiva a la sociedad humana.

En las bases del proyecto del Parque Eólico Quebrada Seca se establece una susceptibilidad a generar impactos ambientales, entre los que destacan impactos significativos en ecosistemas terrestres y medios humanos; debido a lo anterior el ingreso al SEIA es realizado mediante la elaboración de un EIA, donde se presentan las proyecciones de impacto ambiental que generará el proyecto, y las medidas de reparación que se tomarán. Además se fomenta la participación ciudadana, la cual es importante en la legislación de este tipo de proyectos (siendo uno de los instrumentos bases de la Ley N° 19.300, junto a la administración del SEIA), ya que permite a las personas empoderarse y opinar sobre cómo este proyecto afectará al medio ambiente de la zona y a sus vidas, ya sea de manera positiva o negativa. En el presente proyecto “parque eólico quebrada seca” se realizaron numerosas observaciones oficiales de diferentes personas naturales, algunas positivas como la creación de empleos y el progreso de la zona y otras negativas como el impacto sobre algunas especies de animales como aves y murciélagos. Como recomendación nuestra se sugiere escuchar todas las observaciones, mantener las positivas y trabajar en mejorar las negativas lo mayor posible. Las observaciones se pueden encontrar [aquí](#).

En caso de concretarse de manera positiva el SEIA del proyecto, se pondrá en marcha la construcción de lo que será uno de los parques eólicos más modernos de la región, lo que a la larga traerá una serie de beneficios a la ciudadanía, se generarán empleos, permitirá reducir los precios de la electricidad, ya que habrá mayor disponibilidad de este recurso, además se generará mayor competencia en el mercado de generadoras, permitiendo un mayor desarrollo en materia tecnológica e inversión en el país, y por último, este proyecto nos acercará un poco más hacia un Chile con una matriz energética 100 % renovable, limpia y sustentable.

7. Bibliografía

AES Chile. (2021). *AES Chile | Acelerando el futuro de la energía, juntos | AES Chile.* <https://www.aeschile.com/es>

ANTALA. (2021). *¿Sabías cuál es la vida útil de un aerogenerador? - Antala Industria.* <https://www.antala.es/vida-util-aerogenerador/>

Arriagada, A. (2021). *MEC385-Tratamiento de RI/Ses.*

BBC. (2021, November 13). *COP26: 5 puntos clave del acuerdo final de la cumbre sobre el cambio climático - BBC News Mundo.* <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59273614>

CincoDías. (2021). *El reciclaje de baterías de litio: una opción de inversión | Opinión | Cinco Días.* https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/11/12/opinion/1636713268_988917.html

CODELCO. (2021). *¿Cómo se produce un cátodo de cobre?* https://www.codelco.com/como-se-produce-un-catodo-de-cobre/prontus_codelco/2015-11-24/122947.html

Electromov. (2020). *Precio del litio se incrementaría a mediano plazo impulsado por demanda vinculada a la electromovilidad - Negocios e Industrias.* <https://www.electromov.cl/2020/08/26/precio-del-litio-se-incrementaria-a-mediano-plazo-impulsado-por-demanda-vinculada-a-la-electromovilidad/>

Generadoras. (2021). *Generadoras de Chile - AES Chile.* <http://generadoras.cl/empresas-asociadas/aes-chile>

Insa, J. (2021). *Baterías de Ión-Litio. Ventajas e inconvenientes frente a las tradicionales.* <https://www.monsolar.com/blog/baterias-de-ion-litio-ventajas-e-inconvenientes/>

Ma, X., Chen, M., Zheng, Z., Bullen, D., Wang, J., Harrison, C., Gratz, E., Lin, Y., Yang, Z., Zhang, Y., Wang, F., Robertson, D., Son, S. B., Bloom, I., Wen, J., Ge, M., Xiao, X., Lee, W. K., Tang, M., ... Wang, Y. (2021). Recycled cathode materials enabled superior performance for lithium-ion batteries. *Joule*, 5(11), 2955–2970. <https://doi.org/10.1016/J.JOULE.2021.09.005>

Martín, E. (2021). *Baterías de coches eléctricos recicladas más longevas: esta novedosa técnica promete aumentar su vida útil un 30%.* <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/baterias-coches-electricos-recicladas-longevas-esta-novedosa-tecnica-promete-aumentar-su-vida-util-30>

Medina, M. S. (2008). *CHILE: SU PRODUCCION MINERA Y LA CUESTION AMBIENTAL*.

Olmedo, J. (2021). *Informe Consolidado de la Evaluación de Impacto Ambiental de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto "MODIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ANDES MEDIANTE LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA "*.
http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/7043/CONAMA-HUM0826_v2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quebrada Seca SPA. (2021). *Ficha del Proyecto: Parque Eólico Quebrada Seca*.
https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2149499286

Quebrada Seca SPA. (2020). *Documento - a5/fc/b248d2cda31c52b2a546e094c02b2e1f6315*.
<https://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=a5/fc/b248d2cda31c52b2a546e094c02b2e1f6315>

Quebrada Seca SPA. (2020). *Previsualización de Extracto*.
<https://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=2149499364>

RevistaEI. (2020). *Nuevo proyecto eólico de AES Gener se encuentra en admisión ambiental*.
<https://www.revistaei.cl/2020/12/29/nuevo-proyecto-eolico-de-aes-gener-con-baterias-bess-esta-en-admision-ambiental/#>

Romero, V. (2019). *¿Qué es la economía circular?* | Ruiz-Healy Times.
<https://ruizhealytimes.com/vr/que-es-la-economia-circular/>

Rudnick, H. (2021). *Tecnologías*. <https://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno15/bess/tecnologia.html>

SEA. (2019). *VIDEO SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL - YouTube*.
<https://www.youtube.com/watch?v=aipCvzEYTys>

SEA. (2021). *SEA Chile*. <https://www.sea.gob.cl/>

SEIA. (2021). *Ubicación Proyecto*.
<https://seia.sea.gob.cl/mapa/visualizacion/PuntoRepresentativo/index.php?idExpediente=2149499286>

SEIA. (2021). *Ficha del Proyecto: Parque Eólico Quebrada Seca*.
https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2149499286

SEIA. (2020). *Estudio de Impacto Ambiental “Parque Eólico Quebrada Seca” CAPITULO 13: RELACIÓN CON LAS POLÍTICAS, PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO.*
<http://planregion.gob.cl/documents/documentocoquimbo.pdf>

StateFundCA. (2021). *Manipulación de las baterías de litio.*
<https://content.statefundca.com/safety/safetymeeting/SafetyMeetingArticle.aspx?ArticleID=835>

World Energy Trade. (2020). *Energía eólica en México: construcción del parque eólico Delaro avanza en Tamaulipas* - World Energy Trade.
<https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-eolica/energia-eolica-en-mexico-construccion-del-parque-eolico-delaro-avanza-en-tamaulipas>

World Energy Trade. (2019). *¿Cómo funcionan los aerogeneradores?* - World Energy Trade.
<https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-eolica/como-funcionan-los-aerogeneradores>

Anexos



CENTRAL: Hidráulica / TIPO: Hidráulica Pasada

COMPLEJO CENTRO

Alto Maipo / 531 MW / Metropolitana En Construcción

Alfalfal / 178 MW / Metropolitana

Queltehués / 49 MW / Metropolitana

Figura 16: Central Hidráulica. (Generadoras, 2021)



CENTRAL: Hidráulica / TIPO: Mini Hidráulica Pasada

COMPLEJO CENTRO

Maitenes / 31 MW / Metropolitana

Volcán / 13 MW / Metropolitana

Figura 17: Central Hidráulica. (Generadoras, 2021)



CENTRAL: Solar / TIPO: Solar

COMPLEJO NORTE

Andes Solar II A / 80 MW / Antofagasta En Construcción

Andes Solar II B / 180 MW / Antofagasta En Construcción

Andes Solar I / 21,8 MW / Antofagasta

Andes Solar IV / 170 MW / Antofagasta En Desarrollo

Figura 18: Central Solar. (Generadoras, 2021)



CENTRAL: Térmica / TIPO: Carbón

COMPLEJO CENTRO

Campiche / 269,7 MW / Valparaíso

Nueva Ventanas / 267,1 MW / Valparaíso

Ventanas 1 / 114,2 MW / Valparaíso En Reserva Estratégica

Ventanas 2 / 208 MW / Valparaíso

Figura 19: Central Térmica. (Generadoras, 2021)



CENTRAL: Térmica / TIPO: Carbón

COMPLEJO NORTE

Cochrane / 549,7 MW / Antofagasta

Angamos / 558,2 MW / Antofagasta

Nueva Tocopilla / 281,6 MW / Antofagasta

Figura 20: Central Térmica. (Generadoras, 2021)



CENTRAL: Eólica / TIPO: Eólica

COMPLEJO SUR

Campo Lindo / 73 MW / Biobío En Desarrollo

Los Olmos / 110 MW / Biobío En Construcción

Mesamávida / 68 MW / Biobío En Construcción

Parque Eólico Don Álvaro / 114 MW / Biobío En Desarrollo

Parque Eólico San Matías / 107,5 MW / Biobío En Desarrollo

Rinconada / 258 MW / Biobío En Desarrollo

COMPLEJO NORTE

Los Cururos / 110 MW / Coquimbo

Figura 21: Central Eólica. (Generadoras, 2021)



CENTRAL: Biomasa / TIPO: Biomasa

COMPLEJO SUR

Laja Biomasa / 12,6 MW / Biobío

Figura 22: Central Biomasa. (Generadoras, 2021)



CENTRAL: Almacenamiento / TIPO: Baterías

COMPLEJO NORTE

Andes / 12 MW / Antofagasta En Desarrollo

Angamos / 20 MW / Antofagasta En Desarrollo

Cochrane / 20 MW / Antofagasta En Desarrollo

Andes II B / 112 MW / Antofagasta En Desarrollo

Andes IV / 106 MW / Antofagasta En Desarrollo

COMPLEJO CENTRO

Virtual Reservoir / 10 MW / Metropolitana En Desarrollo

Figura 23: Central Almacenamiento. (Generadoras, 2021)