Recopilación bibliográfica referencial de la convocatoria de Programas Tecnológicos de Reconversión de Pasivos Ambientales.

*Marzo 2024*

*Gerencia de Capacidades Tecnológicas – Programas Tecnológicos.*

​​Contenido

​

​Recopilación bibliográfica referencial:

Minería secundaria y residuos mineros

Energía

Transporte

Industria manufacturera y empresas de servicios

​

​

​

​

​

​

​

​

​

**Minería secundaria y residuos mineros**

**Minería Verde Oportunidades y Desafíos 2021**

La Minería Verde se define como un concepto de gestión integral de indicadores productivos y sostenibles que promueve y se compromete con: la eficiencia en el uso de recursos, agua y energía; la seguridad, inclusión, empoderamiento y calidad de vida de las personas y comunidades; la resiliencia frente al cambio climático; la incorporación de principios circulares, minimizando las emisiones y residuos generados, adoptando crecientemente energías renovables y tecnologías en sus procesos, integrando la digitalización, trazabilidad y verificación por parte de terceros como parte integral de sus procesos, de forma comprometida con la biodiversidad e inclusión de sus territorios y bajo un modelo de gobernanza transparente, participativo y moderno.

Además de abordar íntegramente el concepto de Minería Verde, se tratan las oportunidades y desafíos del sector minero, poniendo énfasis en una minería amigable con el medio ambiente y eficiente en el uso de sus recursos. Se abordan las siguientes temáticas, repasando la realidad a nivel nacional, la proyección a futuro, así como las acciones que se están llevando a cabo para abordarlas:

* Minería Circular
* Eficiencia energética y sustitución de combustibles
* Trazabilidad y Digitalización
* Recursos Hídricos.

[Link](https://corporacionaltaley.cl/wp-content/uploads/2021/05/2021_Mineria-Verde_Oportunidades-y-Desafios_version-ligera.pdf)

**“Chile tiene futuro desde sus territorios: Minería verde para enfrentar la emergencia climática”** (Anexo: Identificación de residuos).

* El concepto de Minería Verde implica una serie de desafíos que tiene la industria minera para lograr ser más sostenible en el tiempo.
* “Fundación Encuentros del Futuro”, “Congreso Futuro” y la “Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación”, elaboraron un diagnóstico, propuestas y metas para construir una minería verde con el fin de mejorar la eficiencia minera y disminuir el impacto ambiental.
* En el libro se aterriza la política pública en un proyecto de Minería Verde que incorpora la economía circular y catastro de relaves, para que al 2030 se produzca cobre de manera verde, sostenible y sustentable.
* Se trabajó desde el 2020 en 5 ejes temáticos: descarbonización, acceso a mercados y desafíos tecnológicos; recurso hídrico y adaptación al cambio climático; biodiversidad para operaciones mineras sostenibles; procesamiento de concentrados, minería secundaria, reciclaje y pasivos ambientales; y financiamiento de proyectos estratégicos y de impulso a la innovación.

[Link](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32373/1/Estudio_4_21_Mineria_verde.pdf)

**Metas al 2030 y al 2050 en la Política Nacional Minera**.

La Política Nacional Minera se ha desarrollado a través de una evaluación ambiental Estratégica (EAE), con participación ciudadana y de sectores clave como la comunidad científica, la academia y el sector privado.

Los objetivos estratégicos y metas 2030 y 2050 de la minería consisten en:

* Elaborar e implementar un Plan de Adaptación para el sector minero (meta 2022: haber elaborado el plan; meta 2030: haber actualizado el plan de forma permanente y haber monitoreado los avances).
* Proporcionar información pública sobre el uso del recurso hídrico, el estado de los recursos hídricos en sus territorios de concesión, y la influencia que tiene la minería sobre el recurso hídrico (meta 2030: Plataforma completa disponible; meta 2050: Plataforma evolucionada al ritmo de innovación en TICs).
* Abastecer las operaciones de manera segura y sustentable con el recurso hídrico.
* Eficientizar el consumo de agua fresca en sus procesos, aumentar la eficiencia hídrica fortaleciendo una lógica circular en su uso y procesos más eficientes.

La Agenda 2030 de los ODS y su regulación del extractivismo: Más allá de las Instituciones Financieras, otros órganos multilaterales como Naciones Unidas tienen su mirada puesta en el extractivismo y oportunidades de mejora, específicamente a través de su agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Se ha puesto énfasis en cómo el hacer de la minería más sostenible puede incidir, si es que se implementan las políticas públicas adecuadas, en varias de las metas priorizadas correspondientes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, entre ellos:

* ODS 5 sobre igualdad de género.
* ODS 8 sobre trabajo decente y crecimiento económico.
* ODS 9 sobre industria, innovación e infraestructura.
* ODS 12 referido a la producción y consumo responsables.
* ODS 13: Acción por el clima.
* ODS 17 que trata sobre alianzas para lograr los objetivos.

[Link](https://www.chileagenda2030.gob.cl/institucionalidad/iniciativaficha/35)

**Actualización de la Hoja de Ruta Minera del Cobre (2015-2035**)

El documento elaborado por la Corporación Alta Ley, tiene por objeto dar cuenta de los principales avances tecnológicos de los últimos años, hacerse cargo de nuevos desafíos que la misma sociedad demanda producto de los fuertes cambios de contexto que enfrentamos especialmente ligados a una economía más inclusiva y sustentable y abordar nuevos desarrollos tecnológicos que reflejen la creciente madurez de nuestro ecosistema de innovación.

En este documento se identifican 5 desafíos principales a abordar desde la “minería verde”:

* Sustentabilidad energética, hídrica y huella de carbono.
* Trazabilidad e indicadores de sustentabilidad.
* Reducciones de emisiones gaseosas, liquidas y sólidas.
* Seguridad e higiene ambiental.
* Economía Circular (Minería Circular)

Presentan soluciones a grandes rasgos, como planteando lineamientos y tendencias de hacia dónde se debería aunar los esfuerzos para solucionar los desafíos identificados. Se enfocan en I+D+i.

[Link](https://www.corporacionaltaley.cl/somos/)

**Política Nacional de Minería 2050**

La necesidad de consensuar un nuevo modelo de desarrollo minero para los próximos 30 años es la razón de ser de la Política Nacional Minera 2050. En ella se recogen trabajos anteriores de diversos actores, a lo que se sumó un esfuerzo colaborativo entre el mundo público, privado y la sociedad civil. La ambición es: proponer una minería que, además de ser valiosa y vital para Chile por la generación de empleos y fuente de ingresos que representa para el Estado, sea sustentable, innovadora, colaborativa, transparente, equitativa, contribuidora, conectada y lo más relevante: sostenible en el tiempo.

Se pone énfasis en que la riqueza mineral de Chile será fundamental en el proceso de descarbonización y cumplimiento de las NDC (Contribución Determinada a Nivel Nacional), debido a la importancia de ciertos metales en las nuevas tecnologías de energía limpia.

En cuanto al apartado ambiental proponen 3 ejes, cada uno con metas claras y desarrolladas para el total del espectro minero hacia 2040-2050, las metas van en línea con la intención de cumplir las NDC acordadas por Chile y el PNACC (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático). Los tres ejes son:

* Minimizar los efectos ambientales armonizando el desarrollo de la actividad minera con el medio ambiente (Recurso Hídrico; Relaves; Descontaminación y Biodiversidad). Para cada temática aborda problemáticas y metas claras ofreciendo datos de línea base de los recursos en la minería, así como la proyección hacia futuro.
* Liderar la adaptación y mitigación al cambio climático, logrando carbono neutralidad del sector al 2040.
* Liderar el modelo de economía circular a través de la reutilización de residuos y uso eficiente de recursos.

La meta 52 se refiere explícitamente a la trasferencia tecnológica “M52. Prioriza la elaboración de un plan de acción tecnológico del sector minero, en el marco de la estrategia de desarrollo y transferencia tecnológica para el cambio climático al 2025”.

[Link](https://www.politicanacionalminera.cl/)

**Energía**

**Energía 2050, Política Energética de Chile**

La Política Energética propone una visión del sector energético al 2050, que corresponde a un sector confiable, sostenible, inclusivo y competitivo. Esta visión, obedece a un enfoque sistémico, según el cual el objetivo principal es lograr y mantener la confiabilidad de todo el sistema energético, al mismo tiempo que se cumple con criterios de sostenibilidad e inclusión y se contribuye a la competitividad de la economía del país. La Política Energética se sustenta en 4 pilares: Seguridad y Calidad de Suministro, Energía como Motor de Desarrollo, Compatibilidad con el Medio Ambiente y Eficiencia y Educación Energética. Para cada pilar presenta metas claras, donde la tecnología e innovación son fundamentales para el desarrollo del plan.

Se plantea la necesidad imperante de cambiar la matriz energética por ERNC (Energías Renovables No Convencionales), y aumentar la eficiencia. Proporciona datos duros, como que el sector de energía contribuyó a un 75% de emisiones de CO2 equivalente en el año 2010.

[Link](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf)

**Impacto ambiental de aerogeneradores: Campos eólicos situados en tierra**.

Los principales impactos ambientales de los parques eólicos se dan por el emplazamiento y número de aerogeneradores que componen el proyecto, además de otras consideraciones biológicas, ambientales y geográficas del lugar.

Para el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), los generadores de impactos ambientales son aquellos elementos del proyecto o actividad, tales como partes, obras o acciones, que por si mismas generan una alteración al medio ambiente. En este tipo de proyectos se considera que los impactos dependerán del número de aerogeneradores que componen el proyecto y la localización del proyecto,

En el caso de la construcción del proyecto, las emisiones corresponden a: emisiones de polvo por la construcción de caminos o fundaciones de los aerogeneradores y el transporte; emisiones de material particulado por el aumento del uso de vehículos; pérdida de vegetación y alteración de la fauna por la construcción de camino o fundaciones de aerogeneradores; generación de residuos sólidos (madera, escombros, plásticos, entre otros), generadores de ruido durante la construcción; e impacto vial por el traslado de equipos de gran envergadura.

[Link](https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=224861&prmTipo=DOCUMENTO_COMISION)

**Gestión de residuos en el sector eólico**:

La vida útil de los aerogeneradores es de alrededor de 25 años. Muchos de ellos son dados de baja y evidencian el problema de que hacer con toneladas de sus componentes. Cerca del 85% de la estructura puede ser reutilizada. Sus principales componentes son acero, hormigón y cobre. Sin embargo, este no es el caso de las aspas (palas) eólicas, debido a que están fabricadas con materiales difíciles de reciclar. En la mayoría de los casos están hechas con resina epoxi/epóxica y fibra de vidrio (puede incluir fibra de carbono), lo que permite que sean flexibles, livianas y resistentes. Su destino es un desafío si se considera que cada aspa mide desde 18 metros hasta aproximadamente 100 metros.

En [Chile](https://www.paiscircular.cl/industria/o-wind-la-turbina-eolica-made-in-chile-que-genera-energia-con-vientos-de-todas-las-direcciones/), la energía eólica se comenzó a usar de forma más masiva la [primera década](https://acera.cl/el-boom-del-viento/) de este siglo, por lo que el problema aún no es tan evidente.

En algunos países pioneros en el uso de esta energía limpia han hecho grandes esfuerzos por encontrar formas de reutilizar las aspas. Un caso ampliamente difundido es el Dinamarca, donde palas desechadas han sido transformadas en estacionamientos para bicicletas; asimismo, hay una serie de proyectos para incorporar estas estructuras en construcciones como puentes, pasarelas, parques infantiles, etc.

También existe la posibilidad de reciclaje mecánico, es decir, triturarlas para reutilizar los materiales obtenidos como refuerzo en la fabricación de cemento, hormigón, pavimentos, u otros.

[Link](https://www.paiscircular.cl/transicion-energetica/empresa-esta-desarrollando-una-tecnologia-que-permitira-reciclar-palas-eolicas/)

**Vigilancia Tecnológica. Reciclaje de paneles solares**:

En las últimas décadas ha existido un incremento de la demanda de energía en todo el mundo, causado principalmente por un aumento sustancial de la población. A su vez a medida que los efectos del calentamiento global y las emisiones de CO2 crecen, las energías renovables toman un mayor protagonismo a la hora de mitigar el impacto ambiental de las energías convencionales. Recursos bajos en emisiones de CO2 como La energía solar de paneles fotovoltaico son una opción de alta prioridad, debido a que es una de las formas de energía más limpias. Mientras que las emisiones generadas por la electricidad en base a combustible fósil emiten 400-1000 gr CO2-eq/kWh la electricidad generada por paneles fotovoltaicos de silicio cristalino son de 23-81 grCO2-eq/kWh, siendo un 5 al 8% de las emisiones con combustible fósil. Los paneles fotovoltaicos son dispositivos sólidos capaces de convertir la energía de la luz solar en energía eléctrica sin necesidad de un motor térmico o equipo de rotor, existen diferentes tipos de paneles fotovoltaicos, entre ellos los paneles de silicio son los más comunes a nivel mundial siendo el 85%- 90% de los PV del mercado. Dichos paneles están compuestos generalmente por un 77,41% de vidrio, 1,6% de filamentos metálicos, 6,77% células solares y 14,06 % de polímeros (Sah et al., 2022).

A pesar de su bajo impacto ambiental, los paneles solares tienen una vida útil de 20-30 años, e incluso en el norte de Chile esta vida útil puede ser cercana a los 15 años, a causa de las condiciones climáticas, y debido a su alta proyección de instalaciones futuras se provee que existirá una acumulación de paneles solares producto de falla o término de su vida útil en los próximos años. Debido a esta situación en muchos países han surgidos diferentes decretos, leyes, normativas e iniciativas para controlar los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). En Chile existe en vigencia la ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor) que establece metas asociadas a la gestión de Residuos, generados por sus consumidores en el post consumo, así como su recuperación y valorización, donde está incluido la gestión de residuos de los paneles fotovoltaicos.

[Link](https://energia.gob.cl/sites/default/files/informe_final_recuperacion_de_materiales_-_vt_16.05.22.pdf)

**Transporte**

**Informe Anual de Medio Ambiente 2023. INE**:

El progreso industrial ha sido un factor determinante en la evolución y crecimiento de las áreas urbanas, dando lugar al desarrollo de diversos servicios, entre ellos, el transporte. En particular, el transporte basado en combustión, especialmente el transporte privado, ha experimentado una expansión ilimitada en términos de alcance y accesibilidad, sin una debida consideración de los costos asociados. Esta situación, agravada por las dimensiones y características específicas de las zonas urbanas y suburbanas, ha generado un modelo de movilidad insostenible a largo plazo desde una perspectiva social, económica y medioambiental.

En base a lo anterior, el Estado planteó fomentar el uso eficiente de la energía, estableciendo una ambiciosa meta de reducir en un 20% la demanda energética respecto de la proyectada a 2025. Para ello, se elaboró una estrategia de electromovilidad entre los Ministerios de Transporte y Telecomunicaciones (MTT), Medio Ambiente (MMA) y Energía, que promueve el ingreso de vehículos de mayor eficiencia energética y menores emisiones de gases de efecto invernadero (Ministerio de Energía, 2018).

Según datos de 2015, en Chile, el consumo de energía fue responsable de la emisión de 1.208 millones de toneladas de dióxido de carbono, con el sector de transporte representando el 36,15% de estas emisiones. La transición hacia la movilidad eléctrica propicia una disminución de contaminantes asociados al transporte, pudiendo desempeñar un papel clave en la recuperación económica verde, y con ello, contribuir a los objetivos de Chile de convertirse en un país neutral en carbono para 2050

[Link](https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/variables-basicas-ambientales/publicaciones-y-anuarios/informe-anual-de-medio-ambiente/informe-anual-de-medio-ambiente-2023.pdf?sfvrsn=ab75da7e_3)

**Estudio del Material Disponible País y el reciclado de los productos prioritarios en Chile, 2021**:

Los neumáticos están compuestos de caucho natural o sintético, el primero proviene de un árbol tropical del género Hevea y el segundo se extrae del petróleo. Junto con el caucho, el neumático tiene cables de acero y elementos textiles que le otorgan la forma y firmeza.

A nivel nacional, los neumáticos utilizados en Chile provienen del extranjero e ingresan al país a través de la importación de vehículos o del recambio de neumáticos.

Los neumáticos, usualmente, se separan en varias categorías dependiendo de su uso: agrícola, forestal e industrial; neumáticos para autos, camionetas, camiones y buses; neumáticos para fines mineros y para la construcción, entre otras. Todas estas categorías requieren de recambios cada cierto tiempo y es entonces cuando se generan los Neumáticos Fuera de Uso (NFU). La generación de NFU en Chile es un 1 Estudio del Material Disponible País y el reciclado de los productos prioritarios en Chile, 2021 elaborado por problema cada vez mayor debido a la expansión del parque automotriz. Durante el año 2021, un total de 6.102.351 vehículos circularon en Chile.

Para gestionar los NFU existen tres tipos de servicios: el del reciclaje, la pirólisis y el de valorización energética. En el caso de los neumáticos provenientes de buses y camiones ocurre algo particular: estos, antes de constituirse como NFU, se identifican como Neumáticos Usados (NU), ya que existe una gestión de prevención de residuos que opera a través del servicio del recauchaje, lo que permite aumentar su vida útil. Este proceso lo realizan 40 empresas entre formales e informales, de las cuales 14 integran la Asociación de Recauchadores y Renovadores de Neumáticos de Chile (ARNEC) que representan cerca el 65% del recauchaje nacional.

[Link](https://www.anir.cl/wp-content/uploads/2022/12/ANIR2021-NFU-Estudio_del_material_disponible_Pai%CC%81s.pdf)

**Industria manufacturera y empresas de servicios**

**Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040**:

En el año 2019, el Ministerio de Medio Ambiente, en conjunto con el Ministerio de Economía, la Corporación de Fomento de la Producción y la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático iniciaron el desarrollo de un amplio proceso participativo que derivó en la publicación de la Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040.

El proceso participativo contó con la participación de diversos actores en distintas instancias, incluyendo 4 talleres regionales de participación temprana, un Comité Estratégico compuesto por 33 actores de los mundos público, privado, academia y sociedad civil, entre los que estuvo Fundación Chile, 11 mesas temáticas que contaron con la participación de más de 140 actores, y de todas y todos quienes aportaron sugerencias y comentarios en el proceso de consulta ciudadana que se llevó a cabo luego de la publicación de la versión previa del documento.

El texto presentado tuvo como grandes objetivos:

* Conectar a los actores claves para el desarrollo de la Economía Circular en el País.
* Imaginar cómo se verá el “Chile Circular” del futuro, al año 2040.
* Consensuar los grandes cambios que deben tener lugar para lograr esta visión.
* Diseñar la estrategia y el plan de acción que potencie este “Chile Circular”
* Relevar el tema de la Economía Circular en el país.

[Link](https://economiacircular.mma.gob.cl/hoja-de-ruta/)

**Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO), 2040**:

La estrategia consiste en reciclar el 66% de los residuos orgánicos al 2040.

Pasar de reciclar del 1% actual al 66% de los residuos es un desafío que implica la masificación de las composteras o vermicomposteras en los domicilios, instalaciones en los barrios y a nivel comunal e intercomunal, como también en los colegios, parques e instituciones públicas, fortaleciendo también la educación ambiental.

Para llegar a la meta propuesta al 2040, existen metas intermedias al 2030:

* Valorizar un 30% de los residuos orgánicos generados a nivel municipal.
* Contar con 500.000 familias que utilicen composteras y/o vermicomposteras en sus viviendas.
* Llegar a 5.000 establecimientos educacionales con composteras y/o vermicomposteras.
* Alcanzar 500 barrios del programa “Quiero mi Barrio” haciendo compostaje y/o vermicompostaje.
* Contar con un 50% de las instituciones públicas separando en origen y valorizando los residuos orgánicos que generan.
* Lograr que todos los parques urbanos administrados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo estén compostando los residuos orgánicos generados en sus instalaciones.

[Link](https://drive.google.com/file/d/1THd7on23LToU77CIH30WPmogsSVkpuJC/view)

**Ley REP: Artículo 4° De la Prevención y la Valorización**:

Todo residuo potencialmente valorizable deberá ser destinado a tal fin evitando su eliminación. Para tal efecto, el Ministerio, considerando el principio de gradualismo y cuando sea pertinente, deberá establecer mediante decreto supremo los siguientes instrumentos destinados a prevenir la generación de residuos y/o promover su valoración:

1. Ecodiseño.
2. Certificación, rotulación y etiquetado de uno o más productos.
3. Sistemas de depósito y reembolso.
4. Mecanismos de separación en origen y recolección selectiva de residuos.
5. Mecanismos para asegurar un manejo ambientalmente racional de residuos.
6. Mecanismos para prevenir la generación de residuos, incluyendo medidas para evitar que productos aptos para el uso o consumo, según lo determine el decreto supremo respectivo, se conviertan en residuos.

[Link](https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894)