



IGF

INTERGOVERNMENTAL FORUM
on Mining, Minerals, Metals and
Sustainable Development

¿Qué hace que un mineral o un metal sea “crítico”?

Una guía práctica para los Gobiernos sobre cómo crear cadenas de suministro resilientes



Secretaría organizada por



Secretaría financiada por

Canada



Kingdom of the Netherlands

© 2024 The International Institute for Sustainable Development
Publicado por el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible

Licencia de [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

El Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD) es un centro de estudios independiente, premiado, que busca agilizar las soluciones a fin de alcanzar un clima estable, una gestión sostenible de los recursos naturales y economías justas. Nuestro trabajo suscita mejores decisiones e incentiva acciones significativas en pos de la prosperidad de las personas y el planeta. Nos dedicamos a desentrañar los logros que se pueden conseguir cuando los Gobiernos, las empresas, las organizaciones sin fines de lucro y las comunidades aúnan esfuerzos. El personal del IISD, que está integrado por más de 200 personas, proviene de distintas disciplinas y partes del mundo. Si bien las oficinas están emplazadas en Winnipeg, Ginebra, Ottawa y Toronto, nuestras actividades repercuten en la vida de los habitantes de más de 100 países.

El IISD es una organización benéfica registrada en Canadá y figura como organización exenta de impuestos bajo el artículo 501(c)(3) del Código del Servicio de Impuestos Internos (IRS) en los Estados Unidos. El IISD recibe su principal apoyo de la provincia de Manitoba y lleva adelante sus proyectos con los fondos provenientes de Gobiernos que se encuentran dentro y fuera de Canadá, los organismos de las Naciones Unidas, las fundaciones, el sector privado y las personas.

El Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible (IGF) presta apoyo a sus más de 80 países miembro para avanzar hacia sus objetivos de desarrollo sostenible, a través de leyes, políticas y regulaciones efectivas para el sector minero. Ayudamos a los Gobiernos a adoptar acciones para desarrollar prácticas inclusivas y con equidad de género, que optimicen los beneficios financieros, respalden los medios de vida protejan el medioambiente. Nuestro trabajo abarca el ciclo completo de la minería, desde la exploración al cierre, y proyectos de todos los tamaños, desde minería artesanal a operaciones a gran escala. En respuesta a las necesidades de nuestros miembros, brindamos evaluaciones internas en los países, desarrollo de capacidades y asistencia técnica, publicaciones y eventos para promover las mejores prácticas, el aprendizaje entre pares y el relacionamiento con el sector privado y la sociedad civil. El Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD) desempeña la función de Secretaría del IGF desde octubre de 2015. El financiamiento central del IGF procede del Gobierno de Canadá y el Gobierno de los Países Bajos.

¿Qué hace que un mineral o un metal sea “crítico”? Una guía práctica para los Gobiernos sobre cómo crear cadenas de suministro resilientes

Mayo 2024

Escrito por Isabelle Ramdoo, Grégoire Bellois, Murtiani Hendriwardani

IISD HEAD OFFICE

111 Lombard Avenue
Suite 325
Winnipeg, Manitoba
Canada R3B 0T4

IISD.org
X @IISD_news

IGFMining.org
X in f @IGFMining



Tabla de contenido

1.0 Introducción y objetivos	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos	2
2.0 Por qué y cómo evaluar la “criticidad” de los minerales	3
2.1 La evaluación de criticidad es relevante para todas las partes interesadas.....	3
2.2 Pasos clave para definir qué elementos incluir en el diseño de una política sobre minerales críticos.....	4
3.0 Paso 1: Entender la criticidad	6
3.1 Evaluaciones de criticidad.....	6
3.2 Características clave que definen la criticidad.....	7
4.0 Paso 2: Hacer un balance.....	11
4.1 Preguntas clave para orientar la evaluación de criticidad.....	11
4.2 Resumen de resultados esperados del Paso 2.....	26
5.0 Paso 3: Consideraciones estratégicas.....	27
5.1 Prioridades nacionales.....	27
5.2 Iniciativas regionales.....	29
5.3 Responsabilidades globales	30
6.0 Paso 4: Revisión	32
7.0 Próximos pasos	34
8.0 Conclusión	36
Bibliografía	37
Apéndice A. Lista de minerales críticos en países seleccionados.....	42
Apéndice B. Mapeo de minerales y metales seleccionados respecto de tecnologías para la transición energética y digital.....	47
Apéndice C. Lista de control para datos e indicadores clave sobre riesgos relacionados con aspectos geológicos.....	49
Apéndice D. Lista de control para datos e indicadores clave de riesgos sobre producción, aspectos económicos y consideraciones de mercado.....	51
Apéndice E. Lista de control para datos e indicadores clave sobre consideraciones sociales y ambientales.....	60
Apéndice F. Lista de control para datos e indicadores clave sobre riesgos relacionados con consideraciones geopolíticas.....	62
Apéndice G. Lista de control para datos e indicadores clave sobre riesgos relacionados con cuestiones regulatorias, legales y de gobernanza.....	64
Apéndice H. Cuando los minerales críticos coexisten con minerales en conflictos.....	67



1.0 Introducción y objetivos

1.1 Introducción

Los minerales y los metales son la base de nuestra sociedad moderna. Estos elementos cruciales son los pilares que impulsan el avance económico, social y tecnológico. Son materias primas vitales para nuestros sistemas alimentarios e insumos indispensables para nuestro desarrollo industrial.

Las tendencias mundiales y las llamadas a la acción, como el imperativo de luchar contra el cambio climático, en especial mediante el abandono de un modelo económico basado en combustibles fósiles y el aumento de la digitalización en nuestra sociedad, exigirán la rápida adopción de un conjunto de tecnologías con un uso intensivo de minerales. Como sugieren análisis recientes (ver Agencia Internacional de Energía [IEA], 2023b; Hund et al., 2019), estos cambios sistémicos en nuestros modelos industriales y societarios han propiciado un aumento exponencial en la demanda de minerales y metales. Los mayores requerimientos para las transiciones energética y digital se verán agravados por otras necesidades recurrentes de desarrollo, como el acceso básico a la energía de los países en desarrollo, la urbanización rápida derivada del auge demográfico, las necesidades de infraestructura, entre otras.¹ Las previsiones (aunque en gran parte están subestimadas) vaticinan que la tendencia en alza en la demanda probablemente continuará a un ritmo acelerado.

Sin embargo, estas estimaciones indican que es poco probable que la creciente demanda de minerales y metales vaya acompañada de un ritmo similar de aumento en la oferta de minerales, por lo menos a corto y mediano plazo (IEA, 2023b).

Por lo tanto, se espera que la producción (y el acceso) a minerales y metales que son esenciales para la fabricación de tecnologías digitales, para descarbonización y para la transición energética ocupe un lugar prioritario en la agenda política y económica de muchos Gobiernos, y tenga influencia en las decisiones estratégicas y alianzas en varios niveles, a saber, nivel bilateral, regional y mundial. Todo eso modificará por completo los mercados de los minerales y metales que son indispensables para la transición energética y digital, y

¹ El Servicio Geológico Británico (2024) ofrece un panorama global sobre dónde se encuentran los minerales críticos en un hogar típico, así como también en la vida cotidiana de las familias.



afectará indistintamente, aunque de manera diferente, a todos los actores y segmentos de la cadena de suministro.

1.2 Objetivos

Esta guía práctica proporciona una serie de preguntas que los Gobiernos deben tener en cuenta a la hora de diseñar políticas estratégicas y hojas de ruta relativas a los minerales y metales que producen y/o necesitan para crear cadenas de suministro resilientes.

No existe consenso sobre la terminología para designar a estos minerales y metales que son materias primas esenciales en las tecnologías de la transición digital y energética, y que presentan desafíos en su cadena de suministro. El objetivo de esta guía práctica es ayudar a los Gobiernos a definir qué debe considerarse “estratégico” o “crítico” de acuerdo con una serie de criterios objetivos, como sus dotaciones minerales, sus objetivos y prioridades nacionales de desarrollo, sus caminos de descarbonización e industrialización y su importancia (y papel) en las cadenas de suministro mundiales.

Esta guía práctica proporciona una serie (no exhaustiva) de preguntas e indicadores que los Gobiernos pueden utilizar cuando realizan una evaluación minuciosa de los riesgos asociados a sus minerales y metales. Si bien la evaluación tiene como principal objetivo identificar riesgos, los indicadores presentados en esta guía práctica pueden ayudar a los Gobiernos a identificar las oportunidades estratégicas que pueden aprovechar para maximizar los beneficios de la creciente demanda de algunos minerales y metales.



2.0 Por qué y cómo evaluar la “criticidad” de los minerales

En la bibliografía actual, las evaluaciones de “criticidad” están impulsadas principalmente por los actores posteriores de la cadena de suministro². Tienen la finalidad de identificar y evaluar los riesgos asociados con el suministro de los minerales que necesitan los países que tienen un déficit en la producción y para industrias y aplicaciones específicas (Schrijvers et al., 2020; Estados Unidos. Departamento de Energía, 2023a). Las motivaciones y las perspectivas pueden variar si la parte interesada es una empresa, un sector específico (como energía renovable y tecnologías digitales), un país o una región (Schrijvers et al., 2020).³

2.1 La evaluación de criticidad es relevante para todas las partes interesadas

Los minerales y los metales no están distribuidos por igual en la corteza terrestre, lo que significa que algunos minerales están muy concentrados en muy pocos países. Esta característica física de la minería es el origen de algunos riesgos y desafíos potenciales que, a su vez, pueden afectar las cadenas de valor de los minerales y sus cadenas de suministro relacionadas. Los riesgos difieren entre los países productores y de destino y entre las diferentes industrias o sectores que requieren minerales y metales como insumos en su producción (Schrijvers et al., 2020).

La creciente demanda relacionada con la transición energética y digital, la creciente complejidad de las cadenas de suministro mundiales y las tensiones geopolíticas que estas dinámicas han generado han exacerbado los riesgos. Para gestionar los riesgos asociados con el acceso a los minerales y su producción, los países y las industrias más vulnerables a las interrupciones de suministro han realizado análisis de riesgos (también llamados “evaluaciones de criticidad”) para identificar mejor las fuentes de vulnerabilidad y conocer los puntos neurálgicos en las cadenas de valor de la producción minera, como también en

² Para consultar bibliografía detallada sobre minerales críticos, ver Achzet & Helbig, 2013; Hayes & McCullough, 2018; Helbig et al., 2006; McCullough & Nassar, 2017; McNutty & Joewitt, 2021; Schrijvers et al., 2020; Takuma et al., 2020; Viebahn et al., 2015.

³ Para una amplia revisión bibliográfica sobre el concepto de la criticidad y diferentes definiciones adoptadas por varios países, ver Hilson, de próxima publicación.



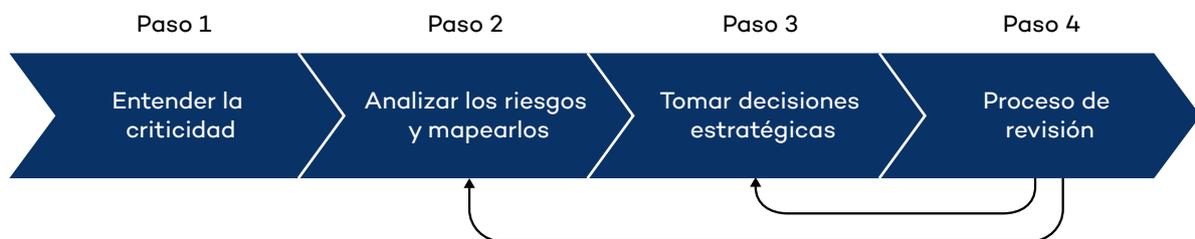
las debilidades relacionadas en las cadenas de suministro mundiales (ver Comisión Europea, 2017; Nassar & Fortier, 2021; National Research Council, 2007).

Al mismo tiempo, países con una posición dominante como productores de minerales y metales con alta demanda, cada vez adoptan una postura más firme para posicionarse como socios estratégicos (ver Gobierno australiano, 2023; Departamento de Recursos Naturales de Canadá, 2022). Conscientes de su poder de negociación y de su fuerza geopolítica, muchos han desarrollado sus propias políticas sobre minerales críticos o estratégicos (Ramdoe, de próxima publicación). Sus objetivos difieren de aquellos que son vulnerables a las crisis de suministro y, por lo tanto, quieren reforzar sus posiciones y proteger sus intereses. En general, los argumentos a favor de un mayor control sobre el suministro de minerales van desde el desarrollo de capacidades industriales y cadena de suministro nacionales resilientes hasta el posicionamiento político para convertirse en los proveedores de preferencia. En algunos casos, las fuertes posturas nacionalistas son una respuesta para tomar represalias ante las medidas adoptadas por países competidores.

2.2 Pasos clave para definir qué elementos incluir en el diseño de una política sobre minerales críticos

La siguiente sección presenta un **enfoque de cuatro pasos**, con una serie de preguntas e indicadores clave que tienen por objeto darles a los responsables de formulación de políticas herramientas para realizar una evaluación de criticidad e identificar los activos estratégicos.

FIGURA 1. Un enfoque de cuatro pasos para identificar indicadores para evaluar la criticidad y definir intereses estratégicos



Fuente: Autores.

La evaluación de criticidad es un análisis exhaustivo de riesgos para identificar cuellos de botella y puntos neurálgicos en la cadena de valor de los minerales.

El proceso de identificación de los “activos estratégicos” tiene por finalidad evaluar la importancia de algunos minerales para alcanzar los objetivos de desarrollo nacionales y aprovechar la posición única del país en las cadenas de suministro mundiales.



Para evaluar cabalmente la criticidad o la importancia estratégica de sus minerales y metales, se aconseja a los Gobiernos realizar una evaluación minuciosa de los riesgos y de las oportunidades de toda la cadena de suministro de los minerales.

El enfoque propuesto en esta sección es dinámico. Cuando cambian las circunstancias, ya sea a nivel local, regional o mundial, los responsables de formulación de políticas tienen que retroceder y reevaluar sus prioridades, según corresponda. También es aconsejable que los responsables de formulación de políticas revisen la evaluación de criticidad de manera periódica (en promedio cada tres años).



3.0 Paso 1: Entender la criticidad



3.1 Evaluaciones de criticidad

El primer paso, y tal vez el más importante, antes de tomar cualquier decisión sobre las políticas, es tener una comprensión holística de la criticidad desde una perspectiva técnica, económica y geopolítica. Eso es fundamental para identificar correctamente qué minerales y qué metales están incluidos, y, por lo tanto, qué clase de medidas serían necesarias para responder a los desafíos. Este paso es clave tanto para los países productores y como para los de destino.

Si bien los motivos para realizar una evaluación de criticidad se entienden, no existe una definición universal sobre qué se considera “crítico” o “estratégico”, ni qué minerales o metales deben ser considerados como tales. Las metodologías y fórmulas para identificar minerales críticos varían según el país. No obstante, surgen desafíos comunes en las distintas metodologías, como, por ejemplo, la relevancia económica, los riesgos de la oferta y la demanda relacionados con el porcentaje del mineral en una tecnología determinada y los proveedores dominantes⁴.

Cuadro 1. Terminologías | Crítico o estratégico: ¿Estos términos son sinónimos?

En el discurso dominante, el término "minerales críticos" ha sido ampliamente utilizado por las economías avanzadas y con importantes capacidades industriales para fabricar energía y soluciones tecnológicas digitales, pero con importantes déficits en la producción nacional de minerales. Para estos países, los términos "minerales críticos" o "materias primas críticas" se refieren a aquellos elementos que se necesitan para sus industrias estratégicas clave, pero que presentan riesgos significativos de interrupción del suministro. Dada su (excesiva) dependencia en los mercados externos, sus políticas están

⁴ Ver Hilson (próxima publicación) para una revisión de las metodologías utilizadas en diversos países.



orientadas a asegurar las cadenas de suministro, a reducir los riesgos y a diversificar las fuentes de abastecimiento.

Por otro lado, los países que producen o extraen estos minerales a menudo prefieren referirse a ellos como "minerales estratégicos" porque estos minerales son de vital importancia para su economía nacional y eso tiene el potencial de conferirles una posición de fuerza como proveedores de preferencia de los países de destino. En algunos países (como en Estados Unidos), el término “estratégico” se refiere a los minerales esenciales para la industria de defensa (National Research Council, 2007). En este caso, se utilizan ambos términos, y los minerales estratégicos son un subconjunto de los minerales críticos.

Si bien existe un importante solapamiento en cuanto al alcance de los minerales críticos y estratégicos, hay grandes diferencias de enfoque, lo que refleja las prioridades nacionales, la competitividad industrial y la elección de los socios globales.

Otros términos utilizados incluyen “minerales para la transición energética”, “minerales para baterías” o “minerales verdes”. Estos términos se refieren a prioridades relacionadas con objetivos específicos (como la transición energética o “verde”) o industrias específicas (como la de las baterías). Sin dudas, se reconoce que los desafíos de la cadena de suministro son impulsores importantes de las políticas.

A sabiendas de que las tecnologías difieren entre países, este documento de orientación utiliza el término “minerales críticos” ya que se enfoca en el análisis de los riesgos.

Los resultados de los ejercicios de evaluación de criticidad suelen dar como resultado el diseño de estrategias y políticas sobre minerales críticos, a menudo asociados con el alcance mineral, que por lo general se utilizan como instrumentos para que los responsables de formulación de políticas y los actores industriales tomen decisiones informadas sobre su planes de inversiones actuales y futuros, sobre estrategias para negociar acuerdos comerciales y de sociedades a nivel mundial, compromisos con una agenda política global, entre otros. Ver en el Apéndice A una lista comparativa de los minerales críticos identificados en Australia, Brasil, Canadá, China, la Comisión Europea, Japón, Corea del Sur, Reino Unido y Estados Unidos.

3.2 Características clave que definen la criticidad

3.2.1 Riesgos para la oferta y la demanda

Evaluar los riesgos asociados con la demanda de minerales críticos implica examinar factores como la demanda industrial relacionada con la transición energética y digital, los cambios potenciales en tecnologías que pueden afectar la demanda futura, y las necesidades más amplias de minerales relacionadas al acceso básico a la energía, la infraestructura, la construcción y la urbanización, y de desarrollo socioeconómico más amplio. Además, para definir la criticidad (Coulomb et al., 2015) es fundamental evaluar los riesgos asociados con el suministro, como los riesgos sociales y medioambientales, las tensiones geopolíticas y el nacionalismo de los recursos.



3.2.2 Volumen de producción

Los minerales y metales pueden ser considerados críticos porque se producen solo en volúmenes pequeños, a pesar de que su demanda es alta. Muchos proyectos mineros importantes se enfrentan a una disminución de las leyes minerales y al agotamiento de las reservas.

Además, se estima que más del 60% de los minerales y metales considerados críticos en Estados Unidos, la Unión Europea, Canadá y Australia⁵ no se extraen de manera individual. Son metales menores y se extraen principalmente como coproductos o subproductos de otros minerales y metales mayores (Bellois & Ramdoo, 2023) y por ello están disponibles en volúmenes más reducidos. Se considera que presentan un mayor nivel de riesgo porque su oferta a corto plazo suele ser inelástica, dado que su producción depende en gran medida de su factibilidad técnica y/o de la sostenibilidad económica de los procesos de extracción del metal hospedante⁶.

3.2.3 Usos y aplicaciones

Sin embargo, es importante notar que la criticidad de un metal o de un mineral no solo depende de su disponibilidad física, sino también de la evolución de la demanda. Esta evolución responde a tecnologías específicas (ver en el Apéndice B un mapeo de las tecnologías de transición digital y energética en relación con los minerales críticos) sobre todo, por el ritmo de los avances tecnológicos. Este último podría requerir el uso de minerales diferentes, que, a su vez, podrían tener un impacto sobre el grado de criticidad de los minerales que se necesitan para las tecnologías en cuestión.

3.2.4 Factores temporales

La criticidad no es estática; tiene una dimensión temporal. Los indicadores de criticidad evolucionan con el tiempo y se evalúan de manera diferente a corto y a largo plazo (Heffron, 2020). Lo que hoy se considera crítico tal vez no lo sea en unos pocos años ya que pueden surgir nuevas fuentes de producción, incluso a nivel nacional, puede encontrarse un sustituto, o la tecnología puede cambiar, lo que requerirá diferentes volúmenes del mineral en cuestión o series diferentes de minerales. Por ello, se espera que el paso del tiempo afecte el perfil de riesgo asociado con el suministro de minerales y se reduzca el riesgo para algunos minerales, mientras que se incrementa para otros.

⁵ Por ejemplo, aproximadamente el 75 % del indio y el 65 % del germanio son subproductos de plomo-zinc-plata; casi el 100% del galio está asociado al aluminio; y el 50% del cobalto y del paladio se produce como coproducto del níquel.

⁶ Para una visión más exhaustiva sobre cómo se producen y se asocian los metales, ver Bellois & Ramdoo.



Cuadro 2. Criticidad: Factores temporales

La evolución tecnológica puede ilustrarse con el cambio histórico de los vehículos de movilidad a comienzos del siglo XX. En 1900, casi no existían los vehículos con motor. Pero el rápido despliegue de los primeros automóviles trajo aparejado que los carruajes tirados por caballos casi desaparecieran de las grandes ciudades de Estados Unidos en un lapso de 20 años. Este cambio histórico afectó drásticamente industrias enteras y sus cadenas de suministro y, en consecuencia, la demanda de minerales y metales (Amatucci, 2015).

La intensidad en el uso de minerales también puede evolucionar de manera espectacular en varias industrias. Por ejemplo, la tendencia hacia la electromovilidad aumenta significativamente la demanda de cobre: con las tecnologías actuales, un automóvil convencional con motor de combustión interna requiere, en promedio, 25 kg de cobre, mientras que, para una unidad de tamaño equivalente, los requerimientos promedio de cobre son de 50 kg para un automóvil híbrido y 75 kg para un vehículo eléctrico (IEA, 2021).

3.2.5 Posición de las partes interesadas en la cadena de suministro

Entender qué significa el concepto de criticidad puede variar según dónde estén posicionadas las partes interesadas en la cadena de suministro en un momento determinado.

Las partes interesadas en las etapa **intermedia y final**, y los países de destino suelen considerar la criticidad según la seguridad del suministro y el acceso a los mercados de minerales que no producen o que producen en cantidades limitadas. Desde esta perspectiva, las evaluaciones de criticidad considerarán cuestiones como el grado de dependencia de las importaciones, la importancia económica para el uso industrial, los riesgos de escasez de suministro y desafíos geopolíticos, entre otros. Para superar esto muchos países, entre los que se encuentran Francia (Messad, 2023), Arabia Saudita (El Yaakoubi, 2024), RDP Laos (Lapuekou, 2023) y Filipinas (“Philippines Seeks”, 2023) están incrementando los esfuerzos de exploración para encontrar depósitos de minerales en sus países.

Para las partes interesadas en la etapa **exploración y extracción**, como los países productores de minerales y las industrias locales relacionadas, las evaluaciones de criticidad implican, además de una perspectiva de riesgo, una consideración estratégica. Desde una perspectiva de la *gestión de riesgos*, los países productores de minerales y las industrias locales consideran cuestiones como su grado de dependencia con los mercados de exportación (y su concentración), el nivel de ingresos fiscales, los riesgos relacionados con los cambios en la demanda ante cambios tecnológicos, la disponibilidad de sustitutos para reemplazar los minerales críticos o las políticas de los países que dependen de la importación para diversificar sus mercados.

Los países productores de minerales tienen un papel estratégico como proveedores clave de países e industrias que están en las fases posteriores. Podría decirse que los países productores pueden aprovechar sus recursos minerales como fuente de poder de negociación para desarrollar sus propias capacidades industriales y de valor agregado, en especial a través de inversiones y de sociedades.



Una consulta mundial realizada por el IGF en 2023 reveló que un número significativo de países en desarrollo ya tenían o estaban por adoptar una estrategia mineral (60%) y/o una lista de minerales críticos (80%). Los principales motores para formular e implementar estrategias para los minerales críticos fueron: (a) aumento del valor agregado en el país (27%); (b) aumento del recaudo fiscal (26%); y (c) posicionamiento estratégico en cadenas de suministro mundiales (21%). El sondeo subraya la percepción de que entre los países productores se considera a los minerales críticos como una cuestión estratégica.

A pesar de la creciente tendencia a adoptar políticas y listas de minerales críticos, pocos de los países productores han realizado evaluaciones exhaustivas de criticidad para medir los niveles de riesgos a gestionar y para identificar oportunidades que pueden ser aprovechadas desde la perspectiva del proveedor. Las pocas excepciones incluyen a Australia y Canadá, ambos grandes productores y actores industriales, y se han posicionado como socios preferentes con partes interesadas de sectores relacionadas con las fases intermedias de refinamiento y producción industrial.

Cuadro 3. Evaluación de criticidad de los países productores de minerales: derribemos un concepto erróneo

A menudo se considera (erróneamente) que la evaluación de criticidad no es necesaria si los países están bien provistos de minerales o si son exportadores netos.

Cuando en realidad, por diversas razones, los análisis de riesgos son igual o más importantes para los países productores. En primer lugar, las economías son interdependientes a escala global, y por lo tanto, las medidas adoptadas para mitigar los riesgos en los países de destino tendrán inevitablemente efectos dominó en los países productores. Si no se comprenden, analizan y anticipan correctamente las estrategias de mitigación de riesgos por los países de destino, se pueden generar nuevos desafíos y aumentar las vulnerabilidades para los países productores. Estos desafíos imprevistos repercutirán en el sector minero y en las opciones de políticas a futuro.

Asimismo, muchos países productores de minerales, en especial aquellos con economías poco diversificadas y gran dependencia de un número limitado de exportaciones de minerales son menos resilientes a los cambios y las crisis de políticas exteriores. Por lo tanto, pueden verse afectados de forma desproporcionada por políticas orientadas a gestionar los riesgos en los países socios.

Por último, el actual auge de los minerales representa una pequeña ventana de oportunidad para que los países productores puedan aprovechar sus fortalezas geopolíticas y convertirse en proveedores de preferencia. Si bien la demanda de minerales críticos probablemente continúe creciendo, los riesgos asociados con la escasez o interrupción del suministro pueden llegar a gestionarse y solucionarse. La atención centrada en su naturaleza “crítica” disminuirá, por lo tanto, los países productores tendrán menos poder de negociación. En este sentido, la evaluación de criticidad puede ser una herramienta útil para proporcionar una visión estratégica de la evolución de los mercados.



4.0 Paso 2: Hacer un balance



Para los responsables de formulación de políticas en los países productores, tener una visión estratégica para la industria minera es importante, independientemente de si tienen planeado identificar o clasificar determinados minerales como críticos o estratégicos. En este contexto, es fundamental realizar un análisis de criticidad como base de referencia para los objetivos del país a largo plazo.

Por diversas razones, esa práctica permitirá a los países identificar oportunidades para aprovechar los beneficios de minerales con alta demanda. Brindará evidencias para tomar decisiones informadas y así ajustar sus políticas y estrategias mineras, y diseñar medidas para abordar los cuellos de botella que pueden impedir la implementación de políticas locales y compromisos con compradores y socios comerciales clave.

Como base de la toma de decisiones estratégicas, el segundo paso consiste en **hacer un balance** de los diversos factores que influyen sobre la oferta y la demanda de minerales. Esto implica entender cabalmente la disponibilidad y la accesibilidad a los recursos minerales, sus usos industriales (locales y mundiales), las tendencias en los mercados mundiales y la dinámica geopolítica que rodea a estos minerales. El conocimiento generado debería permitirles a los países identificar los riesgos asociados. El resultado principal de hacer un balance y un mapeo de los riesgos es una lista exhaustiva de minerales y metales, que luego servirá de base para la decisión estratégica (Paso 3) de seleccionar un ámbito mineral más reducido en el que el país podría querer enfocarse más.

4.1 Preguntas clave para orientar la evaluación de criticidad

Para hacer un balance, los Gobiernos necesitan recopilar tantos datos e información como sea posible, de diferentes fuentes, y así entender de manera más profunda sus recursos minerales, sus usos y aplicaciones, y las tendencias mundiales que impulsan la demanda de



sus recursos. La información recopilada debe darse a conocer para asegurar la transparencia y la rendición de cuentas.

A partir de la información recopilada, los Gobiernos deberían definir un conjunto preliminar de minerales que tal vez quieran investigar más a fondo y monitorear más de cerca.

Cuadro 4. La importancia de realizar una evaluación más allá de la posible falta de datos

Esta sección ofrece una amplia lista de preguntas. Si bien esta práctica puede ser compleja y llevar mucho tiempo, el objetivo es recopilar tanta información como sea posible con diversos aspectos de la actividad minera, en todo el ciclo de vida de los proyectos mineros, para poder realizar una evaluación de riesgos informada.

Sin embargo, reconocemos que no siempre la información está disponible, actualizada o completa. Además, puede que algunos países no dispongan de sistemas para recopilar y procesar la información o que no tengan datos históricos en un formato que pueda utilizarse o ponerse a disposición fácilmente. Es posible que otros países tengan sectores mineros más pequeños o incipientes y que no cuenten con datos históricos suficientes para fundamentar políticas a largo plazo. En este caso, animamos a los países a recopilar la información básica que dispongan y a trabajar para mejorar sus bases de datos, para garantizar que podrán mejorar sus análisis en el futuro.

A pesar de estos desafíos, los Gobiernos deberían intentar hacer un balance de la mejor manera posible en la medida de sus posibilidades y mejorar la evaluación mientras van obteniendo más datos.

La sección está organizada en cinco subcategorías:

- **Consideraciones geológicas:** Identificar las fuentes y la ubicación geográfica de la producción de minerales, en especial al realizar el mapeo de yacimientos de minerales mayores y menores, en términos de recursos, reservas y producción a nivel nacional, y al evaluar los suministros y potencialidades mundiales.
- **Consideraciones económicas, fiscales y de mercado:** Evaluar las necesidades industriales reales y previstas, por mineral, por sector y por aplicación⁷. El análisis debería tener un enfoque holístico contemplando toda la cadena de valor y la cadena de suministro para identificar los cuellos de botella potenciales y las debilidades en todos los niveles. También debería considerar de qué manera la demanda puede afectar de forma diferente a los subproductos y a los coproductos (ver Bellois & Ramdoo, 2023), y si el régimen fiscal actual se ajusta a su finalidad.
- **Consideraciones sociales y ambientales:** Evaluar el impacto de las actividades actuales (y futuras) en el tejido de la sociedad y en el medio ambiente. Esta

⁷ Debería incluir las demandas nacional y mundial actuales y las estimadas a futuro; los cambios potenciales en la demanda debido a cambios en las tecnologías, sustituciones o disponibilidad de nuevas fuentes de suministros; cambios potenciales en el suministro local o mundial; consideraciones clave de mercado, como la volatilidad de los precios, niveles de inversión, incentivos gubernamentales y restricciones comerciales.



evaluación debería servir de base para la pregunta siguiente sobre qué políticas priorizar basándose en la lista de minerales estratégicos.

- **Consideraciones geopolíticas:** Con el foco en las tensiones comerciales mundiales, identificar los puntos neurálgicos en las cadenas de suministro mundiales y en los minerales críticos de otros países y sus estrategias de reducción de riesgos.
- **Cuestiones de gobernanza, legales y regulatorias:** Evaluar los marcos e instrumentos políticos nacionales que pueden afectar a la producción y el comercio de minerales, las tendencias mundiales (como obligaciones de abastecimiento responsable), estándares y requisitos de la industria (como requisitos ambientales, sociales y de gobernanza [ESG]), que pueden tener un impacto en la oferta y la demanda de los minerales y en países/ regiones específicas.

Cada subsección destaca las preguntas principales que son relevantes para hacer un balance y un mapeo de los riesgos. Los apéndices C–G, organizados según las cinco subsecciones mencionadas anteriormente, proporcionan una lista exhaustiva de información y datos que son relevantes para la práctica. Los apéndices también brindan un conjunto de indicadores de desempeño que pueden ser utilizados para medir los riesgos que pueden tener un impacto en el diseño y en la implementación de políticas estratégicas que los Gobiernos podrían considerar adoptar.

4.1.1 Consideraciones geológicas

La información recopilada en esta sección permite a los Gobiernos determinar la importancia de su potencial minero por tipo de minerales y, por lo tanto, medir la fortaleza potencial en la etapa inicial de la cadena de valor de los minerales. Es importante asegurarse de que el potencial de coproducción y de subproducción queden bien documentados, ya que un número significativo de minerales y metales necesarios para la transición energética y las tecnologías digitales son elementos menores cuya producción depende de la extracción de elementos mayores.

Cuadro 5. ¿Qué minerales están disponibles en mi país?

i

Esta pregunta está dirigida a realizar una evaluación detallada de la capacidad nacional de producción de minerales. Las consideraciones geológicas brindan información sobre cómo se pueden explotar los yacimientos, lo que a su vez permite comprender mejor los posibles riesgos futuros.

La información recopilada debe incluir información geológica detallada sobre los depósitos minerales, los recursos estimados y las reservas con detalles sobre sus ubicaciones dentro del territorio del país. Los datos geológicos deben clasificarse por tipos de minerales.

La información geológica debe incluir la calidad de los cuerpos mineralizados y los elementos asociados (ya sea en una cantidad comercialmente explotable o no), y minerales asociados con elementos problemáticos (como elementos radioactivos).

Se debe obtener de las bibliotecas de los servicios geológicos nacionales existentes, de empresas de exploración, así como de las adquisiciones de información financiadas por el estado a nivel regional.



Los Gobiernos deben hacer un mapeo de la ubicación de los recursos que puedan traslaparse con los puntos críticos de biodiversidad y áreas de conservación, cuerpos de agua o tierras de pueblos indígenas, entre otros.

El apéndice C ofrece una lista de control sobre la información que se necesita para comprender con claridad el potencial minero de un país y ofrece una serie de indicadores para realizar las evaluaciones.

Posibles factores de riesgo a considerar:

- tiempo para agotamiento de las reservas
- riesgo de escasez temporal, debido a factibilidad técnica, cuestiones políticas (sanciones) o cuestiones geopolíticas
- niveles de riesgo en el país, incluidos los riesgos políticos, riesgos de corrupción y riesgo de conflictos armados que pueden afectar las decisiones de inversión

4.1.2 Consideraciones de producción, macroeconómicas y de mercado

Además de mantener al día los conocimientos geológicos, es necesario hacer un seguimiento de los datos de producción reales e históricos por valor y volumen. Deben también recopilarse datos sobre operaciones y proyectos mineros⁸, desglosados por etapa de avance del proyecto. Eso permitirá a los Gobiernos comprender mejor la posición de su país (actual y futura) en la etapa inicial de la cadena de valor del mineral, comparada con la de otros países productores, y para analizar los riesgos asociados. El análisis es necesario para elaborar planes estratégicos sobre el uso de los recursos minerales a nivel nacional y para determinar qué se necesita para desarrollar las capacidades para las fases de refinamiento y producción industrial posteriores.

Cuadro 6. ¿Cuánto produzco y cómo evolucionará mi capacidad de producción?

i

La información recopilada sobre la producción nacional ayudará a identificar una lista preliminar de minerales para seguir investigando. La información debe cubrir actividades mineras de todas las dimensiones y todos los minerales identificados en la sección anterior. Debe considerar todos los minerales asociados como coproductos o subproductos. También debería incluir minerales que pueden recuperarse de instalaciones de relaves y estériles, así como de material de chatarra y reciclaje. El análisis debe hacerse comparándolo con otros productores mundiales.

La información debe incluir producción mineral por tamaño de actividades mineras y tipos de commodities (en volumen y en valor). Los Gobiernos necesitan estimar la importancia de cada mineral producido en comparación con el total de la minería en el país y en el mundo.

Deberían tenerse en cuenta todas las fuentes potenciales de suministro, incluida la producción de minería artesanal, de pequeña y a mediana escala, del reprocesamiento de las rocas estériles o relaves, del reciclado de desechos de los productos finales.

⁸ Las etapas de avance del proyecto minero incluyen exploración, factibilidad, desarrollo, construcción y producción, como también cierre.



Medir la importancia de la producción minera en la economía nacional y en la escena mundial es clave como base de conocimientos para programas de desarrollo nacionales y estrategias de diversificación. Se debe prestar especial atención a los minerales que contribuyen significativamente a la renta nacional (en términos de la renta fiscal o de exportación) y los Gobiernos tal vez quieran investigar más a fondo hasta qué punto pueden ser estratégicos en su país.

El apéndice D brinda más detalles sobre el tipo de información que los Gobiernos pueden querer recopilar para fundamentar sus documentos sobre políticas e incluye una serie de indicadores para realizar las evaluaciones.

Posibles factores de riesgo a considerar:

- volatilidad de precios
- cuellos de botella regulatorios que pueden afectar el proceso de concesión de permisos
- dificultades de acceso a la inversión para financiar los proyectos mineros
- Fijación de precios de minerales (poco transparente o inexistente) incluso para los elementos menores
- riesgos de sustitución
- cambios tecnológicos
- accesibilidad desde y hacia la mina
- riesgos asociados con la informalidad o la minería ilegal
- estrategias de acopio que están desarrollando países que dependen de la importación

Cuadro 7. ¿Qué importancia tiene el sector minero para mi país?

i La información recopilada sobre el sector minero nacional ayudará a proporcionar una visión macroeconómica sobre cómo el sector contribuye a los ingresos de la nación, ya sea a través de la recaudación fiscal, los ingresos por exportaciones, las inversiones y/o el empleo.

La información debe incluir lo siguiente:

La contribución económica del sector minero a los ingresos nacionales, a la recaudación fiscal, a los ingresos por exportaciones y al empleo. Eso ayudará a los Gobiernos a evaluar hasta qué punto su país depende de la industria minera y a tomar las medidas necesarias para gestionar riesgos asociados y vulnerabilidades.

Los datos sobre **flujos de inversión nacional y extranjera** hacia la exploración y producción, y en todas las cadenas de valor (y las cadenas de suministro asociadas) son importantes para evaluar los intereses estratégicos de los actores mineros mundiales. Los datos deben incluir inversiones privadas, públicas (incluso a través de entidades estatales) e inversiones financiadas por el Estado.

Los datos sobre los recursos públicos invertidos en investigación y desarrollo (I+D), que son clave para el desarrollo de la cadena de suministro. Para estimular la inversión del sector privado en innovación, los Gobiernos necesitan fortalecer la normativa y la



capacidad institucional en materia de derechos de propiedad intelectual, en especial para proteger la innovación y los diseños industriales.

Se necesita información detallada sobre las empresas productoras (así como sobre las empresas de refinación y fundición), ya sean nacionales o internacionales, para evaluar la capacidad dentro del país para beneficiarse de la producción mineral. Debe hacerse un rastreo y un análisis de los datos históricos sobre presupuestos de exploración, el número y tipo de empresas involucradas, el tipo de transacciones realizadas (como fusiones y adquisiciones u operaciones conjuntas). Es importante comprender las estructuras de propiedad de las empresas mineras extranjeras porque pueden existir implicaciones geopolíticas.

La información detallada sobre flujos comerciales vigentes es esencial para evaluar la importancia de mercados específicos, identificar socios clave y evaluar el nivel de dependencia (importación y exportación), lo que puede ser una fuente de riesgo y de vulnerabilidad, tanto para el país productor como para el país socio importador. La existencia de medidas comerciales sobre minerales específicos también indica cierto nivel de importancia estratégica y estas deben examinarse en detalle, en particular en términos de sus implicaciones para la economía nacional o el mercado exterior.

El apéndice D brinda más detalles sobre el tipo de información que los Gobiernos pueden desear recopilar como base para sus documentos de políticas e incluye una serie de indicadores para realizar las evaluaciones.

Posibles factores de riesgo por considerar:

- grado de dependencia del comercio de minerales (importaciones y exportaciones)
- impacto de las barreras comerciales en la competitividad del país
- impacto de las barreras comerciales en la recaudación fiscal
- impacto de las barreras comerciales en los costos de producción
- impacto de las barreras comerciales de países terceros en las cadenas de valor nacionales
- riesgos de inversión relacionados con la volatilidad de precios, las políticas fiscales, las barreras comerciales

4.1.3 Consideraciones sobre el desarrollo industrial

Los datos recopilados en esta sección proporcionan la base para evaluar las capacidades industriales existentes en función de la producción nacional de minerales cuando está disponible, así como una indicación de cuánto depende el país del abastecimiento externo cuando existe un faltante en el suministro nacional.

Este análisis permite a los Gobiernos diseñar adecuadamente políticas de mitigación y gestión, y hacer frente a los riesgos nacionales y externos en el momento oportuno. Por ejemplo, los países que dependen mucho de la minería enfrentan mayores riesgos si hay cambios significativos en la demanda mundial, en tecnologías que requieran los minerales que exportan o en cualquier otro aspecto que afecte las decisiones de inversión.

Hacerse de una imagen holística del panorama minero desde la perspectiva industrial es relevante para pensar estratégicamente sobre la propiedad de activos mineros clave. Incluso si los países todavía no tienen una capacidad de producción significativa, basada



en sus dotaciones, es importante evaluar el uso potencial futuro frente a la producción y accesibilidad de los minerales.

Cuadro 8. ¿Qué minerales son esenciales para los objetivos estratégicos de mi país?

i

La información recopilada en esta sección es fundamental para evaluar las capacidades industriales actuales y el alcance y el grado de autosuficiencia (o de dependencia de fuentes externas), que es un análisis preliminar necesario cuando se define la criticidad.

La información debe incluir políticas industriales y hojas de ruta, enfocándose en cómo contribuirá el sector de los minerales a las actividades industriales. Estos planes deben incluir los sectores prioritarios que han sido identificados y que requieren materias primas para la producción mineral nacional y el nivel de demanda nacional (actual y previsto) que se anticipa para un período acordado.

La información también debe incluir una evaluación de la actual demanda nacional de minerales y metales necesarios para satisfacer las necesidades del sector industrial actual. Deben considerarse los planes de desarrollo a más largo plazo, incluidas las trayectorias industriales a más largo plazo.

El análisis de los datos debe incluir las capacidades derivadas existentes, así como planes futuros para ampliar las industrias de valor agregado para los productos extraídos localmente.

Se debe recopilar información histórica sobre los planes que no hayan tenido éxito y las razones por las que fracasaron. Cualquier plan para construir nuevas instalaciones debe ser identificado.

El apéndice D brinda más detalles sobre el tipo de información que los Gobiernos pueden desear recopilar como base para sus documentos de políticas e incluye una serie de indicadores para realizar las evaluaciones.

Posibles factores de riesgo a considerar:

- cambios tecnológicos que puedan repercutir en la intensidad o en las necesidades de minerales
- riesgos geopolíticos relacionados con el abastecimiento de insumos que no se producen en el país
- cuellos de botella que pueden afectar de forma negativa los planes de inversión y a los planes de industrialización de los minerales
- nivel de dependencia de partes de la cadena de suministro que no están presentes en el país

En los últimos años se han puesto de manifiesto vulnerabilidades en la cadena de suministro de minerales, derivadas de varios factores que a menudo son interdependientes. Las tensiones geopolíticas sobre el acceso a las materias primas minerales, puntos neurálgicos en las cadenas de suministro y necesidades estratégicas han contribuido al diseño, la implementación y la financiación de las estrategias para los minerales críticos. Lideradas inicialmente por las economías avanzadas, un número creciente de economías emergentes que desean posicionarse en diversas partes de las cadenas de suministro de energía y tecnologías digitales mundiales han anunciado estrategias similares. Más recientemente, los países productores de minerales se han sumado a esta tendencia.



Cuadro 9. ¿La producción interna de su país es suficiente para satisfacer las necesidades industriales domésticas?

i La información reunida sobre la producción de minerales en relación con las necesidades industriales ayudará a determinar de antemano qué minerales están disponibles en el país y, por lo tanto, podrían considerarse "estratégicos" por diversas razones y cuáles no están suficientemente disponibles (o no lo están en absoluto) y, por lo tanto, podrían considerarse "críticos".

La información debe incluir el análisis de las materias primas minerales producidas localmente y necesarias para las industrias nacionales. Los datos deben evaluar la producción y los déficits comerciales por mineral. Para los minerales disponibles en el ámbito local, es importante evaluar si es probable que estén suficientemente disponibles a futuro tanto para las necesidades nacionales como para satisfacer la demanda internacional.

Mientras los países procuran desarrollar sus capacidades para las cadenas de valor locales, es posible que necesiten importar materias primas minerales. Por lo tanto, los Gobiernos deben conocer bien sus niveles de dependencia de minerales y metales no disponibles en el país (o disponibles en cantidades insuficientes) para poder evaluar, anticipar y gestionar los riesgos asociados con la seguridad del suministro. Las metodologías utilizadas por la UE (Comisión Europea, 2023b), los Estados Unidos (Nassar y Fortier, 2021), el Reino Unido (BGS, 2022), Australia (Gobierno de Australia, 2023), o Canadá (Ministerio de Recursos Naturales de Canadá, 2022) ofrecen buenos ejemplos para realizar estas evaluaciones.

El apéndice D brinda más detalles sobre el tipo de información que los Gobiernos pueden querer recopilar para fundamentar sus documentos sobre políticas e incluye una serie de indicadores para realizar las evaluaciones.

Posibles factores de riesgo a considerar:

- nivel de dependencia de las importaciones
- nivel de concentración de la producción de minerales no producidos en el país
- riesgos geopolíticos asociados con el suministro de minerales no producidos en el país
- marcos normativos en terceros países
- conflictos como los relacionados con las guerras o la estabilidad política

4.1.4 Consideraciones fiscales

En el contexto de la creciente demanda de minerales críticos, las siguientes preguntas ayudarán a examinar si, y en qué medida, los enfoques y políticas fiscales actuales son adecuados para garantizar que los países ricos en minerales obtengan una parte adecuada de los beneficios financieros derivados de la extracción de sus minerales críticos. La información también puede servir para determinar si se pueden aplicar políticas e incentivos fiscales (o no) y de qué tipo para apoyar el desarrollo de cadenas de suministro intermedias y finales.



Cuadro 10. ¿Son adecuadas las políticas fiscales del país para captar convenientemente los beneficios financieros e incentivar el desarrollo de las industrias locales?

i

La información reunida en esta sección debería ayudar a evaluar si el conjunto existente de instrumentos fiscales y prácticas administrativas es adecuado a los fines de considerar la extracción y el beneficio de los minerales críticos.

Si bien es probable que los fundamentos de las políticas fiscales sigan siendo, en gran medida, los mismos, los Gobiernos podrían reflexionar si la creciente demanda de minerales críticos requiere una recalibración de los actuales instrumentos y sistemas de reparto de beneficios financieros, y de ser así, qué tipos de instrumentos serían pertinentes en ese contexto.

Se recomienda a los Gobiernos que examinen las prácticas actuales en materia de fijación de precios y valoración, con respecto a minerales específicos o para minar estériles y relaves que puedan contener concentraciones de minerales críticos explotables a nivel comercial. Sobre esa base deberán evaluarse los regímenes fiscales actuales.

Para optimizar los beneficios financieros que pueden derivarse de la mayor demanda de algunos minerales críticos, una posibilidad es que los Gobiernos presten más atención a cuestiones como regímenes jurídicos diferenciales, incentivos fiscales, participación estatal, propiedad de derechos mineros por parte de grandes usuarios finales de la cadena de valor y capacidad de gestión para la administración tributaria, entre otros.

Para apoyar el desarrollo de las capacidades industriales locales y fomentar la I+D y la innovación, los Gobiernos podrían evaluar qué tipos de incentivos serían necesarios para estimular las inversiones en las cadenas de suministro. Los incentivos podrían adoptar la forma de instrumentos fiscales o no fiscales, tales como acceso a financiación en condiciones favorables para las empresas locales, importación de insumos y equipos libre de gravámenes o la creación de zonas económicas especiales.

El apéndice D brinda más detalles sobre el tipo de información que los Gobiernos pueden querer recopilar para fundamentar sus documentos sobre políticas e incluye una serie de indicadores para realizar las evaluaciones.

Posibles factores de riesgo a considerar:

- la subvaloración de la producción de minerales afecta los ingresos públicos
- la subvaloración o la falta de transparencia de los mecanismos de fijación de precios afecta los ingresos públicos
- riesgos de erosión de la base imponible y de traslado de beneficios
- pérdida de oportunidades para aprovechar los beneficios del aumento de la demanda
- corrupción
- distorsiones del mercado a consecuencia de los incentivos



4.1.5 Consideraciones sociales y ambientales

Las empresas que no realicen consultas con las comunidades afectadas por la minería ni las hagan partícipes se enfrentarán a una reacción que puede frenar los proyectos mineros. Por lo tanto, adquirir y mantener la llamada "licencia social para operar" debería ser un aspecto clave de las evaluaciones de criticidad y de la estrategia minera para garantizar la producción de minerales.

En varios países, el sector minero ya se enfrenta a una creciente oposición de las comunidades locales e internacionales vinculada a diversos desafíos ambientales y cuestiones sociales, como abusos contra los derechos humanos y violencia de género. La expansión de las actividades mineras puede exacerbar los conflictos existentes o aumentar los potenciales conflictos con las comunidades locales por el acceso al agua y el uso de la tierra. Preocupa que las medidas para acelerar los proyectos de desarrollo minero se lleven a cabo a expensas de las consultas adecuadas, agudizando el antagonismo en las relaciones con las comunidades locales.

Cuadro 11. ¿Qué cuestiones sociales clave se deben tener en cuenta para colaborar de manera constructiva con las comunidades afectadas por la minería y garantizar beneficios para la sociedad en su conjunto?

i La información reunida en esta sección ofrece una descripción general del panorama social y de cuestiones relativas a la obtención de la licencia social para operar. Tiene por objeto comprender si existe una plataforma para realizar consultas y tener en cuenta a las comunidades locales. Esto es necesario para gestionar la relación con las comunidades indígenas, asegurar el desarrollo de las comunidades locales y generar resiliencia.

La información debe incluir bases de datos detalladas e históricas y mapas geográficos de proyectos mineros que coexisten con las comunidades locales. Se debe prestar especial atención a las posibles superposiciones entre los proyectos mineros y los terrenos de propiedad comunitaria, tierras ancestrales e indígenas, cuando corresponda, entre otros.

En la medida de lo posible, los Gobiernos deben asegurarse de mantener un repositorio de acciones voluntarias y planes de acuerdos de desarrollo comunitario, así como de proyectos ejecutados en virtud de esos planes, para asegurar la gestión continua del conocimiento. Deben asegurarse de llevar un registro de los conflictos con las comunidades a lo largo del tiempo, dado que la propiedad de las empresas suele cambiar de manos.

Cuando sea pertinente, se debe controlar y evaluar (desglosado por género, cuando sea posible) la implementación de políticas de contenido local, tales como requisitos y oportunidades de empleo local, desarrollo de habilidades, oportunidades de negocios e infraestructura compartida. Esto permitiría a los Gobiernos planificar y actualizar mejor sus políticas de contenido local, evaluar en qué medida las demandas de las comunidades coinciden con las políticas de las empresas y comparar la calidad y las oportunidades de capacitación en los diferentes lugares.

El Apéndice E proporciona más detalles sobre los tipos de información que los Gobiernos podrían recopilar para elaborar sus documentos de política e incluye un conjunto de indicadores para realizar las evaluaciones.



Factores de riesgo que se deben considerar:

- tensiones y conflictos históricos con las comunidades locales en relación directa o no con las actividades mineras
- tensiones con las comunidades en torno a los derechos sobre la tierra y tierras tradicionales
- tensiones con las comunidades en torno a la percepción de un reparto desigual de los ingresos por parte del Gobierno central
- tensiones con las comunidades por la falta de oportunidades de empleo local en la operación minera
- abusos contra los derechos humanos y violencia de género

Asimismo, en caso de existir riesgos ambientales importantes, los países productores no podrán desarrollar ni ampliar proyectos mineros sin el consentimiento de su población (ni en su contra), particularmente de las comunidades que viven cerca de las minas.

La minería es el sector industrial que genera el mayor volumen de residuos. Es una actividad que consume mucha energía y agua, normalmente asociada con externalidades negativas, tales como la deforestación y la contaminación del agua, el aire y el ruido. Dado que todo impacto en el ambiente afecta a las comunidades locales, los conflictos ambientales pueden exacerbar tensiones no resueltas que desemboquen en conflictos sociales, lo que supone riesgos para los proyectos mineros.

Cuadro 12. ¿Qué problemas ambientales son cruciales para la sostenibilidad del sector minero?

i Es fundamental asegurarse de que existan salvaguardias suficientes y apropiadas para evitar crear o exacerbar los desafíos ambientales. La información reunida en esta sección ayudará a los Gobiernos a controlar la sostenibilidad del sector minero desde una perspectiva ambiental.

Evaluar los impactos de las actividades mineras en el ambiente, como también el efecto interconectado del cambio climático en estas actividades, permitiría a los Gobiernos establecer las salvaguardias necesarias para abordar los impactos ambientales del sector. La información reunida en esta sección debe incluir relatos históricos sobre los impactos de las actividades mineras en el ambiente, la calidad del agua, la disponibilidad, el uso y el acceso a los derechos sobre el agua, y posibles superposiciones entre las actividades mineras y la naturaleza y la biodiversidad, entre otros.

Es necesario evaluar en qué medida se espera que el cambio climático que induce nuevas condiciones ambientales (por ejemplo, fenómenos climáticos más frecuentes e intensos) afecte las operaciones mineras y las comunidades circundantes. Esto permite implementar medidas de mitigación adecuadas para crear comunidades mineras, operaciones y cadenas de suministro resilientes.

El Apéndice E proporciona más detalles sobre los tipos de información que los Gobiernos podrían recopilar para elaborar sus documentos de política e incluye un conjunto de indicadores para realizar las evaluaciones.



Posibles factores de riesgo a considerar:

- externalidades tales como contaminación del agua, el aire y ruido
- tensiones con otras partes interesadas en torno a los derechos sobre el agua
- sensibilidad de la naturaleza y la biodiversidad
- riesgos ambientales asociados con las tecnologías utilizadas para procesar leyes minerales⁹

4.1.6 Consideraciones geopolíticas

El análisis de la información sobre los tipos de políticas y estrategias que se están implementando en otros lugares (por ejemplo, políticas industriales para desarrollar capacidades locales, políticas comerciales para garantizar el acceso a los minerales y alianzas políticas entre grupos de socios externos) proporcionará una mejor comprensión de cómo pueden afectar o afectarán a los países productores.

Cuadro 13. ¿Qué minerales consideran críticos mis principales socios comerciales y cuáles son los usos industriales clave en esos mercados?

i

La información sobre los criterios utilizados por los países de destino para definir la criticidad permitirá conocer bien los desafíos vinculados a los diferentes aspectos de las cadenas de suministro y las implicaciones geoestratégicas asociadas.

Las políticas globales repercutirán de manera significativa en la oferta y la demanda de minerales críticos y reorganizarán las cadenas de suministro. Por lo tanto, los Gobiernos deben evaluar las implicaciones de las estrategias globales sobre minerales críticos en el sector minero del país.

La información reunida debe abarcar las siguientes cuestiones:

Comprender la criticidad que hayan definido los principales socios comerciales, evaluar el espectro de minerales asociados con esas definiciones, las industrias y tecnologías para las que son relevantes, y las medidas adoptadas por los países socios comerciales para gestionar y mitigar los riesgos. Esto también incluye políticas específicas de los países de destino para limitar el abastecimiento de minerales críticos procedentes de un único país proveedor¹⁰.

El papel del país en las cadenas de suministro globales, es decir, cuál es la cuota de las exportaciones de minerales críticos del país a los países socios, que tienen estrategias de minerales críticos, y en la demanda mundial, de forma más general. Los Gobiernos también deben obtener datos sobre otras fuentes de suministros para evaluar su poder de negociación.

⁹ Por ejemplo, la tecnología de lixiviación ácida a alta presión utilizada en Indonesia, aunque necesaria desde un punto de vista económico para procesar lateritas de baja ley, puede parecer una bomba de relojería ambiental que podría acabar perturbando el suministro de níquel.

¹⁰ La [Ley Europea de Materias Primas Críticas](#) (CRMA) sancionada en 2023 establece pautas para diversificar el suministro para 2030: no más del 65 % del consumo anual de la Unión Europea de cada materia prima estratégica en cualquier etapa relevante del procesamiento debe provenir de un solo tercer país.



Es esencial comprender las necesidades globales, es decir, conocer bien las principales tecnologías que requieren estos minerales críticos. Puede servir de guía en las políticas para encontrar mercados alternativos y evitar la inmovilización de activos en caso de que las medidas adoptadas por los países de destino para hacer frente a los riesgos asociados a la criticidad impliquen sustituir minerales en las tecnologías.

El Apéndice F proporciona más detalles sobre los tipos de información que los Gobiernos podrían recopilar para elaborar sus documentos de políticas e incluye un conjunto de indicadores para realizar las evaluaciones.

Posibles factores de riesgo a considerar:

- presión de los socios internacionales para firmar acuerdos bilaterales y memorandos de entendimiento, en particular, si los países no han implementado una estrategia nacional clara
- las políticas para mitigar los riesgos pueden tener consecuencias no deseadas para los países productores
- la búsqueda de fuentes alternativas puede afectar a los países productores
- las orientaciones en I+D para reducir los riesgos de las vulnerabilidades de la cadena de suministro pueden acelerar los cambios tecnológicos, con distintas necesidades de materias primas minerales

4.1.7 Consideraciones de gobernanza, jurídicas y reglamentarias

A medida que los países diseñan o revisan sus políticas para considerar la creciente demanda de minerales y metales, es importante tener una buena visión general del estado actual de los marcos normativos y cómo podrían evolucionar a lo largo del tiempo. Los Gobiernos deben garantizar la cohesión y la coherencia, en particular con respecto a los futuros planes de desarrollo. Las normativas nacionales dan señales importantes a los socios extranjeros (inversores, socios comerciales, etc.) y, por lo tanto, deben estar en consonancia con las ambiciones de desarrollo nacional sin dejar de ser coherentes con sus compromisos internacionales.

La mayoría de los países tienen obligaciones legales a nivel internacional por acuerdos celebrados a lo largo de los años con inversionistas y/o con socios comerciales. A medida que se modifican las ambiciones de desarrollo, no siempre las medidas internas sean compatibles con los acuerdos bilaterales y multilaterales ya vigentes. Por lo tanto, puede que los Gobiernos tengan que diseñar otro tipo de medidas (con efectos similares) o involucrar a sus socios para evitar disputas legales.

Además, también podrían existir diversos acuerdos entre industrias, como contratos de compra o de suministro a largo plazo, o incluso acuerdos como infraestructuras financiadas por socios externos a cambio de recursos naturales. Mediante estos acuerdos, es posible que las empresas mineras o los Gobiernos ya hayan comprometido una gran parte de la producción minera a los compradores internacionales o a los socios comerciales. Los Gobiernos deben realizar el seguimiento de estos acuerdos, supervisarlos y evaluar sus implicaciones, concretamente, la disponibilidad de recursos minerales para usos nacionales y por otras cuestiones, como la recaudación fiscal.



Cuadro 14. ¿Qué políticas, leyes y regulaciones afectan a mi sector minero?

i Esta pregunta tiene como objetivo evaluar las políticas y obligaciones en distintos ámbitos (nacional, regional e internacional).

Los Gobiernos deben diagramar todas las medidas¹¹, instrumentos y políticas nacionales existentes que pueden afectar al sector minero, abarcando todo el ciclo de vida de la mina. Se deben identificar las deficiencias normativas para que los planes para explorar y producir minerales, y para procesar o reprocesar los relaves no se vean frenados por cuellos de botella en las regulaciones y que no haya concesiones en materia de prácticas mineras sostenibles.

Se recomienda que los Gobiernos recopilen información sobre las políticas de ESG y los indicadores de desempeño de las empresas mineras para garantizar la igualdad de condiciones en términos de prácticas mineras responsables de todos los actores industriales, incluidas las empresas estatales, que operan en sus territorios.

Con respecto a los acuerdos y asociaciones internacionales, es necesario realizar un seguimiento de todos los acuerdos bilaterales e internacionales que podrían ser relevantes para los minerales críticos. Entre otros, se incluyen, acuerdos de comercio e inversión, memorandos de entendimiento y acuerdos de asociación estratégica, y cooperación científica y técnica o infraestructura para acuerdos de recursos. Los impactos de estos acuerdos para el sector minero y en los objetivos de desarrollo nacional o regional se deben evaluar de manera periódica.

Siempre que sea posible, los Gobiernos deben analizar otros tipos de acuerdos, como los contratos de compra o suministro a largo plazo y los acuerdos compra adelantada que las empresas mineras pueden haber firmado con socios comerciales o con actores de la cadena de suministro. Es necesario conocer la naturaleza y el plazo de estos acuerdos, ya que pueden afectar la capacidad de las industrias locales para acceder a minerales críticos cuando se necesiten para las industrias manufactureras nacionales.

Se aconseja a los Gobiernos que evalúen periódicamente la eficacia de las medidas reglamentarias nacionales y otras formas de incentivos destinadas a apoyar el desarrollo industrial. Los datos permitirán ajustar las medidas y dedicar recursos financieros para acompañar al sector estratégico. Los países en desarrollo pueden enfrentar limitaciones financieras para abastecer a las industrias nacionales. En ese caso, es clave incluir a las instituciones financieras.

El Apéndice G proporciona más detalles sobre los tipos de información que se podrían recopilar para elaborar sus documentos de política e incluye un conjunto de indicadores para realizar las evaluaciones.

Posibles factores de riesgo a considerar:

- Los cuellos de botella normativos afectan la capacidad de iniciar operaciones mineras.
- La presión para extraer más minerales puede tener consecuencias negativas no previstas debido a vacíos en las normativas.
- Los acuerdos de comercio e inversión limitan a los Gobiernos el espacio para elaborar políticas para cumplir con los objetivos de desarrollo.

¹¹ Algunos ejemplos de políticas son los códigos mineros, la normativa ambiental, los contratos mineros, las políticas de contenido local, las estrategias de beneficio y las normas que ya identifican tipos de minerales para fines específicos.



- Los instrumentos nacionales restrictivos del comercio y la inversión afectan las cadenas de suministro mundiales.
- Los acuerdos dentro del sector minero limitan la capacidad de las industrias locales para acceder a minerales críticos.

Los Gobiernos deben asegurarse de que los marcos normativos estén en consonancia con las prácticas de buena gobernanza a nivel mundial. Existen marcos globales para enfrentar la corrupción, los abusos contra los derechos humanos, la transparencia y la rendición de cuentas, entre otros aspectos del sector minero. Al mismo tiempo, las empresas mineras también aplican normas voluntarias de sostenibilidad.

Cuadro 15. ¿Qué marcos de gobernanza global se aplican a mi sector minero?

i

Esta pregunta tiene como objetivo comprender cómo los marcos de gobernanza para la sostenibilidad a nivel mundial afectan a las actividades mineras y si se adoptan e implementan procesos globales a nivel nacional.

Las iniciativas de sostenibilidad en el sector minero, inclusive las normas voluntarias, desempeñan un papel clave en el avance de las buenas prácticas y para informar a Gobiernos, consumidores e inversores acerca de cómo se obtienen los minerales. Tienen por finalidad ser parte de la solución para mitigar los impactos en las comunidades locales, la sociedad y el ambiente. Es probable que el aumento de la demanda de minerales críticos de lugar a más actividades mineras. Los Gobiernos deben promover y facilitar activamente las prácticas mineras responsables en operaciones mineras de todos los tamaños a fin de minimizar los potenciales impactos negativos y evitar las consecuencias no deseadas para las comunidades locales y el ambiente relacionadas con el aumento de las actividades.

En los países donde existen desafíos asociados con riesgos de conflictos, los Gobiernos deben participar activamente en los debates mundiales relacionados con los minerales conflictivos, dado que algunos minerales críticos pueden extraerse junto con minerales conflictivos.

El Apéndice G proporciona más detalles sobre los tipos de información que los Gobiernos podrían recopilar para elaborar sus documentos políticos e incluye un conjunto de indicadores para realizar las evaluaciones.

Posibles factores de riesgo a considerar:

- actores mineros locales, como la minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) que queden excluidos de las cadenas de suministro
- falta de coherencia en los debates en torno a los minerales en zonas de conflictos y a los minerales críticos
- falta de implementación de marcos globales porque los países productores no participan activamente en las discusiones globales.

Algunos minerales críticos se extraen en regiones donde se han observado problemas de gobernanza, como regiones propensas a conflictos o violaciones de los derechos humanos. Por ejemplo, estaño, tungsteno y tántalo (3T, por sus nombres en inglés) se consideran



posibles “minerales en conflictos” cuando se extraen en zonas de conflicto y de alto riesgo (o regiones CAHRA por su sigla en inglés). El abastecimiento de los 3T está regulado por ley a nivel mundial por los países importadores, los sectores industriales o los mercados de valores si se extraen en zonas CAHRA (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2016).

Sin embargo, los 3T también son considerados críticos por varios países, como destaca el Apéndice G. Esto plantea la cuestión de hasta qué punto las evaluaciones de criticidad consideran los riesgos relacionados con los conflictos y qué salvaguardias existen para garantizar que la mayor atención prestada al suministro de minerales más críticos (que también son minerales en conflictos) no alimente involuntariamente más conflictos en jurisdicciones ya frágiles.

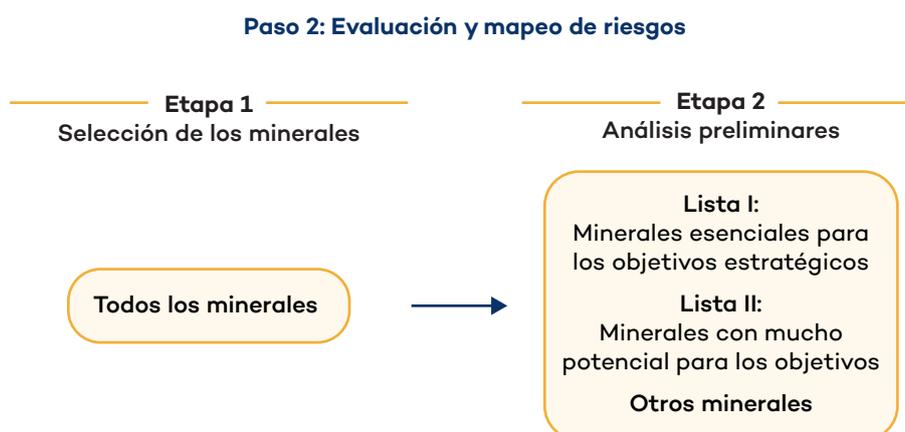
Los Gobiernos deben asegurarse de monitorear la evolución de las regulaciones sobre minerales que son críticos y, al mismo tiempo, en zonas de conflictos, dado que no parece haber una conexión clara entre esos instrumentos políticos.

En los casos en que los minerales críticos se extraen como subproductos de minerales en zonas en conflictos, los países productores deben anticipar cómo pueden evolucionar las políticas de abastecimiento responsable para que puedan tomar las medidas necesarias para enfrentar las posibles debilidades en sus cadenas de suministro de minerales.

4.2 Resumen de resultados esperados del Paso 2

Sobre la base de este ejercicio de estado de situación, los Gobiernos deben esbozar una lista integral preliminar de los minerales y metales que se tendrán en cuenta para futuras investigaciones. Las decisiones estratégicas, las políticas y las medidas de implementación se pueden considerar en el Punto 3 a continuación.

FIGURA 2. Un enfoque de dos etapas para conocer sus recursos y evaluar sus riesgos asociados



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Viebahn et al., 2015.



5.0 Paso 3: Consideraciones estratégicas



Una vez completos los pasos 1 y 2, se debe decidir qué tipos de políticas, herramientas e instrumentos son los más adecuados para lograr sus objetivos. Esta sección destaca tres orientaciones estratégicas complementarias que los Gobiernos deben considerar antes de diseñar las políticas sobre minerales críticos y las listas asociadas.

5.1 Prioridades nacionales

De acuerdo con las evaluaciones realizadas en el Paso 2, se debe tener en claro la función que desempeña, o que se espera que desempeñe, el sector minero de su país en los planes nacionales de desarrollo. Los minerales que se han identificado en el Paso 2 deben clasificarse de acuerdo con una taxonomía acordada a nivel nacional, basada en las necesidades nacionales, las trayectorias industriales y las demandas globales.

Para guiar la implementación de políticas y la participación de las partes interesadas del sector y los socios globales, los Gobiernos deben describir las prioridades nacionales con claridad. La definición de estas medidas debe basarse en otras políticas nacionales y en consultas con partes interesadas del país, como otros sectores del Gobierno, actores industriales y representantes de las comunidades locales. Las políticas nacionales también deben considerar las iniciativas regionales y los compromisos asumidos a nivel mundial para apoyar cadenas de suministro resilientes, en particular para las transición energética y digital.

Motores clave de la estrategia de minerales críticos

- valor agregado y beneficio en el sector minero
- desarrollo de cadenas de suministro de minerales críticos nacionales y regionales
- asegurar mayores ingresos de los minerales críticos



- posicionamiento estratégico como proveedores preferentes
- posicionamiento estratégico como inversores preferentes
- garantizar un sector minero más socialmente responsable e inclusivo
- aplicar principios de circularidad, entre otros el reciclado, para producir minerales críticos a partir de fuentes existentes
- asociarse con actores de la cadena de suministro (como fabricantes de equipos originales; empresas de tecnologías específicas, etc.)
- gestionar las tensiones geopolíticas al tiempo que se equilibra la respuesta a las demandas globales y los crecientes riesgos de guerras comerciales

Posible alcance de una estrategia de minerales críticos

- nuevos instrumentos regulatorios específicamente enfocados en esos minerales (incluyendo contratos y leyes ambientales)
- diferentes formas de participación estatal, como emprendimientos conjuntos con empresas mineras o la creación de empresas estatales
- revisión de las políticas fiscales y otros mecanismos de participación en los beneficios financieros
- concesión de incentivos a las industrias de la cadena de suministro local
- regulaciones nacionales y medidas comerciales para limitar las exportaciones de minerales sin procesar
- mayor protagonismo del sector de la minería artesanal y a pequeña escala en los minerales críticos
- reprocesamiento de relaves y estériles
- emprendimientos conjuntos nacionales, acuerdos bilaterales con otros países productores y dentro de la cadena de valor, asociaciones con actores del sector y cooperación regional

Posibles riesgos a considerar

- falta de datos geológicos
- capacidades industriales y competencias insuficientes
- falta de acceso a financiamiento para estimular y promover el desarrollo industrial
- acceso insuficiente a infraestructura y alto costo de la energía
- volatilidad de precios e incertidumbre del mercado para algunos metales, especialmente los metales menores
- cambios en las tecnologías que pueden influir en la demanda de algunos minerales críticos
- falta de un marco legal y normativo aplicable, junto con preocupaciones ambientales y sociales.
- tensiones sociales y falta de confianza por parte de las comunidades locales
- falta de coherencia entre la visión y los objetivos, asimetría informativa y limitaciones en la capacidad



5.2 Iniciativas regionales

Junto con sus orientaciones nacionales prioritarias, los Gobiernos deben trabajar en colaboración con sus vecinos para aprovechar las fortalezas y ventajas comparativas de cada uno. En muchos casos, los mercados nacionales son pequeños y emergentes, y para que las actividades industriales sean competitivas y prosperen, es necesario asegurar economías de escala y mercados más grandes. Por lo tanto, se deben alentar y apoyar las iniciativas regionales. También funcionarán como herramienta de cooperación para mitigar la competencia regional y una carrera hacia el abismo.

Tales iniciativas regionales, si se aprovechan, pueden apoyar el desarrollo de cadenas regionales de valor y suministro para alimentar a los sectores prioritarios, como la movilidad eléctrica, soluciones de energía renovable u otras industrias electrónicas que son consumidores importantes de minerales críticos.

Algunos elementos que se deben considerar al diseñar las iniciativas regionales:

- la importancia de mantener debates coherentes sobre los planes y listas de minerales críticos nacionales
- identificar cadenas de suministro y valor regional prioritario con funciones claras y definidas para cada socio regional
- armonizar el régimen fiscal para evitar una carrera hacia el abismo
- coordinación e intercambio de conocimientos entre países
- mecanismos de inversión regionales para facilitar la inversión en los distintos países
- acuerdos comerciales, con normas de origen que faciliten el desarrollo de la cadena de suministro
- políticas industriales regionales, donde se armonicen las normas y se eliminen las barreras técnicas al comercio
- protocolos facilitadores del comercio que han eliminado los desafíos comerciales transfronterizos que influyen en el movimiento de bienes y servicios entre países
- infraestructuras regionales compartidas y coordinadas para facilitar el transporte transfronterizo



Las iniciativas bilaterales en los países vecinos también son palancas importantes. Un ejemplo interesante es el de Zambia y la República Democrática del Congo (RDC) que firmaron un acuerdo en 2022 para establecer una zona económica especial para el desarrollo conjunto de la capacidad de fabricación de baterías eléctricas, en particular utilizando la riqueza minera de ambos países. La RDC es el mayor productor de cobalto del mundo, Zambia también es productora y ambos países tienen reservas de cobre. Además de cobalto, también se necesita litio, níquel y manganeso para la producción de baterías básicas. Si bien la RDC tiene estos recursos, actualmente no se están explotando, al menos no a niveles significativos.

Se están manteniendo conversaciones con otros socios regionales, como Gabón, Madagascar y Zimbabue. Un estudio reciente de Bloomberg NEF (2021) estimó que construir una planta de fabricación de precursores de baterías en la RDC podría costar solo un tercio de una planta equivalente en China o los Estados Unidos. En comparación con Polonia, por ejemplo, el costo es de poco menos de dos tercios. Los costos operativos son similares y, como están determinados principalmente por los precios de los commodities (85 %), las operaciones integradas que tengan acceso al cobalto al costo serían las más competitivas. En caso de que la operación tuviera que comprar en el mercado spot, los costos operativos se verían afectados por los costos laborales y se estima que serán más altos que en Polonia, pero aún más baratos que en China y los Estados Unidos (BloombergNEF, 2021).

5.3 Responsabilidades globales

Si bien los países productores tienen el deber de optimizar los beneficios de sus recursos minerales, incluso agregando más valor a nivel nacional y regional, también desempeñan una función clave en el abastecimiento de los mercados globales. En los últimos meses, varios países de destino han entablado negociaciones para firmar memorandos de entendimiento y acuerdos bilaterales para garantizar el acceso a minerales críticos. Los países productores deben asegurar que las condiciones de estos acuerdos y memorandos de entendimiento sean justas y que los beneficios se compartan mutuamente.

A medida que los países se comprometan a lograr cero emisiones netas y las tecnologías digitales adquieran mayor protagonismo, aumentará la demanda de metales y minerales críticos. Los sectores industriales intermedios y finales, y los países donde se encuentran están particularmente preocupados por la escasez y/o las interrupciones de suministro. Estos desafíos pueden afectar la competitividad de las industrias y los planes para desarrollar mayores capacidades industriales en las tecnologías de vanguardia necesarias para adoptar la transición energética y digital.

Dada la complejidad de las cadenas de suministro global, ningún país será capaz por sí solo de proporcionar todas las soluciones tecnológicas para la transición energética y las tecnologías digitales asociadas. En ese sentido, las asociaciones globales son cruciales. Así pues, los países deben definir objetivos claros en relación con el alcance de las asociaciones globales para poder posicionarse en las cadenas de suministro como proveedores preferentes y beneficiarse equitativamente de la demanda extraordinaria de minerales críticos. Esto ayudaría a los compradores a diversificar sus fuentes de suministro lejos de posibles puntos de estrangulamiento y enfrentar así los riesgos políticos asociados con la sobreconcentración del mercado.



Además, hay razones de peso para atraer inversores a nuevas regiones industriales, más cercanas a los centros de producción de minerales críticos, y estimular el desarrollo de actividades de valor añadido para ampliar las opciones. Contar con otros centros industriales para componentes clave de las cadenas de suministro es una estrategia de reducción de riesgos, tanto para los países productores como para los de destino.

Los compromisos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero también requieren que los países en desarrollo produzcan sus propias soluciones de transición energética. Muchos países deben asegurar el acceso al transporte y a energía básica, y, a medida que sus poblaciones y economías crezcan, tendrán que ampliar su producción energética. Crear capacidades de generación con bajas emisiones de gases de efecto invernadero es clave para garantizar el acceso a la energía. La participación en las cadenas de suministro mundiales forma parte de la curva de aprendizaje para desarrollar capacidades industriales en el ámbito nacional o regional.



6.0 Paso 4: Revisión



Diseñar una política no es un fin en sí mismo. Se debe administrar y aplicar, y su progreso se debe medir en función de puntos de referencia realistas, preferiblemente en forma de objetivos por alcanzar. En el caso de los minerales críticos, los riesgos asociados son en función del tiempo, y puede afectar el alcance de los minerales enmarcados en la política. El objetivo del proceso de revisión es valorar si la evaluación inicial sigue siendo válida después de un período de tiempo y si las herramientas administrativas y de aplicación cumplieron eficazmente los objetivos fijados. Este ejercicio permite que los Gobiernos revisen la estrategia para reflejar las nuevas realidades y los cambios en las circunstancias y que ajusten las herramientas existentes (estrategia de minerales críticos o lista de minerales críticos) para cumplir con los objetivos generales en un panorama cambiante.

Los elementos clave del proceso de revisión son:

- esbozar objetivos claros al diseñar la política de minerales estratégicos y/o críticos
- acordar metas medibles en relación con los objetivos de la política que se pueden evaluar anualmente
- lista de minerales considerados "críticos" y/o "estratégicos", con indicadores y puntos de referencia que permiten revisiones periódicas
- sistemas sólidos para recopilar datos sobre diversos elementos que sirven de insumo para el diseño de la política y la lista de minerales críticos y/o estratégicos
- un comité multidisciplinario, con mandato por un período determinado, encargado de revisar la lista en función de los objetivos que han identificado los Gobiernos
- un marco de tiempo para revisar los objetivos de la política y las metas, con el fin de realizar recomendaciones para ajustar los objetivos y el alcance de los minerales, según corresponda.



Contar con marcos comunes para los informes permite a los Gobiernos:

- recopilar y agregar datos sobre diversos aspectos de la cadena de valor minera y sobre las consideraciones normativas, geológicas, geopolíticas, económicas, sociales y ambientales
- tener un panorama holístico del progreso del sector para crear cadenas de suministro resilientes
- diseñar políticas realistas sobre minerales críticos y fortalecer las capacidades, habilidades y conocimientos tecnológicos nacionales para alcanzar los objetivos de desarrollo a mediano y largo plazo.



7.0 Próximos pasos

Una vez completados los cuatro pasos, los Gobiernos habrán identificado los minerales que son esenciales para los objetivos estratégicos de su país. El siguiente paso es diseñar una **estrategia de minerales críticos acompañada de una hoja de ruta** e incentivos, mecanismos e instrumentos políticos destinados a aprovechar las potenciales oportunidades de su riqueza de minerales críticos, gestionando de forma adecuada y eficaz los riesgos identificados en la evaluación realizada de acuerdo con los Pasos 1 y 2.

La estrategia y la hoja de ruta de los minerales críticos debe proporcionar la dirección estratégica, las prioridades y los plazos respecto a un conjunto de objetivos bien definidos. La estrategia y la hoja de ruta de minerales críticos debe incluir los siguientes elementos clave:

- **metas y objetivos claros:** Debe articular las metas y objetivos generales de los Gobiernos relacionadas con sus trayectorias de desarrollo. Las metas deben ser específicas, medibles, alcanzables, relevantes y acotadas en el tiempo.
- **identificar prioridades a corto, mediano y largo plazo:** Debe esbozar claramente las iniciativas y actividades clave que deben llevarse a cabo para lograr los objetivos fijados. Estas iniciativas deben priorizarse en función de factores como la disponibilidad de recursos minerales, la importancia estratégica para el desarrollo industrial y la demanda del mercado, entre otros. También se deben identificar los plazos.
- **riesgos y limitaciones:** Los Gobiernos deben identificar las limitaciones que pueden afectar la implementación de la hoja de ruta. Como, por ejemplo, factores internos como las capacidades industriales, las habilidades técnicas, la aceptación social, los aspectos ambientales, las limitaciones de recursos financieros, los requisitos normativos o los riesgos externos, como posibles cambios geopolíticos, así como políticas de minerales críticos divergentes o potencialmente conflictivas de los socios.
- **disponibilidad de recursos:** La hoja de ruta debe proporcionar una indicación clara de los recursos financieros, humanos y técnicos necesarios para implementar la estrategia.
- **transparencia de los datos geológicos:** Los servicios geológicos nacionales deben recopilar y publicar información geológica más sistemática a partir de la exploración y de las empresas productoras.



- **flexibilidad y adaptabilidad:** Si bien la hoja de ruta proporciona los hitos para implementar la estrategia de minerales críticos, también debe permitir flexibilidad y adaptabilidad, ya que las circunstancias pueden cambiar y pueden surgir nuevas oportunidades o desafíos, que requieran ajustes.
- **implementación y medición del desempeño:** La hoja de ruta debe incluir indicadores clave de desempeño para medir el avance, los éxitos y fracasos de las políticas esbozadas. El seguimiento del desempeño y la evaluación de la eficacia de las políticas son elementos importantes para la revisión periódica de la lista de minerales críticos y de su estrategia asociada a lo largo del tiempo.
- Por último, los países deben elaborar un plan para **revisar las evaluaciones de manera periódica** a fin de garantizar que sigan siendo relevantes con el paso del tiempo.



8.0 Conclusión

La evaluación que hace que los minerales y los metales sean críticos es un proceso multifacético que requiere una comprensión integral, una planificación estratégica y un compromiso proactivo. El foco de atención sobre los minerales críticos está impulsado por los importantes riesgos asociados con posibles cuellos de botella o interrupciones del suministro, lo que obliga a las industrias y países clave a minimizar estos riesgos a través de diversas medidas, como la diversificación de las fuentes de suministro y la inversión en investigación y desarrollo de sustitutos.

No puede dejar de recalcarse la importancia de esta evaluación, ya que los minerales críticos son componentes esenciales de numerosas industrias, incluidas las que motorizan las transiciones energéticas y digitales. Como tal, el proceso de evaluación esbozado en este documento guía proporciona un marco valioso para que las partes interesadas evalúen la criticidad de los minerales y metales dentro de los contextos nacionales, regionales y globales. Al abordar los factores geológicos, productivos, económicos, fiscales, de mercado, sociales, ambientales, geopolíticos, de gobernanza, jurídicos y reglamentarios, las partes interesadas pueden obtener información sobre los riesgos y las oportunidades asociados con los minerales críticos.

Sin embargo, si bien el enfoque actual en la reducción del riesgo y la diversificación de las cadenas de suministro presenta una ventana de oportunidad para los países productores, es esencial reconocer que esta ventana puede ser breve. A medida que se desarrollen soluciones para mitigar los riesgos de suministro, la atención sobre los minerales críticos puede desvanecerse, destacando la importancia de que los países productores actúen de manera rápida y estratégica. No capitalizar esta oportunidad puede convertirse en una pérdida de oportunidades para atraer inversores, acceder a financiamiento y fomentar el crecimiento industrial.

Los países productores deben, por lo tanto, aprovechar el momento para posicionarse como proveedores preferentes en toda la cadena de valor y adoptar un enfoque proactivo para maximizar los beneficios de sus recursos minerales. Esto implica no solo ampliar la producción de minerales, sino también participar en emprendimientos conjuntos, invertir en activos complementarios y establecer asociaciones para mejorar su competitividad en el mercado global. Con una sólida comprensión de las dinámicas de su sector minero y con mayores esfuerzos para innovar, colaborar y participar en inversiones estratégicas, los países productores pueden fortalecer su posición como actores clave en el mercado de minerales críticos y contribuir al desarrollo económico sostenible tanto a nivel nacional como mundial.



Bibliografía

- Achzet B., & Helbig, C. (2013). How to evaluate raw material supply risks—An overview [Cómo evaluar los riesgos de abastecimiento de materias primas -Reseña]. *Resources Policy*, 38(4), 435–447. [https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/44156/file/Postprint_AchzetHelbig2013-SupplyRisks+\(1\).pdf](https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/44156/file/Postprint_AchzetHelbig2013-SupplyRisks+(1).pdf)
- Amatucci, M. (2015). The world that chose the machine: An evolutionary view of the technological race in the history of the automobile [El mundo que eligió la máquina: Una mirada en la evolución de la carrera tecnológica en la historia del automóvil]. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 15(1). https://www.researchgate.net/publication/272086064_The_world_that_chose_the_machine_an_evolutionary_view_of_the_technological_race_in_the_history_of_the_automobile
- Australia, Gobierno de, (2023). *Critical minerals strategy 2023–2030* [Estrategia de minerales críticos 2023-2030]. Departamento de Industria, Ciencia y Recursos. <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-06/critical-minerals-strategy-2023-2030.pdf>
- Bellois, G., & Ramdoo, I. (2023). *¿En búsqueda de minerales críticos? Cómo se producen y asocian los metales*. Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible. <https://www.iisd.org/publications/report/searching-critical-minerals-how-metals-produced-together>
- Boer L., Pescatori, A., & Stuermer, M. (2021). *Energy transition metals [Metales para la transición energética]* (Documento de trabajo FMI WP/21/243). Fondo Monetario Internacional. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/10/12/Energy-Transition-Metals-465899>
- BloombergNEF. (2021, noviembre). *The cost of producing battery precursors in the DRC* [El costo de producir precursores para baterías en RDC]. https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/BNEF-The-Cost-of-Producing-Battery-Precursors-in-the-DRC_FINAL.pdf
- BloombergNEF. (2023). *Transition metals become \$10 trillion opportunity as demand rises and supply continues to lag* [Metales para la transición significan una oportunidad de \$10 billones a medida que aumenta la demanda y la oferta se sigue retrasando] https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/BNEF-The-Cost-of-Producing-Battery-Precursors-in-the-DRC_FINAL.pdf
- British Geological Survey. (2022). *UK criticality assessment of technology critical minerals and metals* [Evaluación de criticalidad de los minerales y metales críticos para tecnologías en el Reino Unido]. <https://www.bgs.ac.uk/download/uk-criticality-assessment-of-technology-critical-minerals-and-metals/>
- British Geological Survey. (2024). *Critical minerals – teaching resources* [Minerales críticos - recursos de aprendizaje]. <https://www.bgs.ac.uk/discovering-geology/maps-and-resources/critical-raw-materials-resources/>
- Coulomb, R., Dietz, S., Godunova, M., & Nielsen, T. B. (2015). *Critical minerals today and in 2030: An analysis of OECD countries* [Minerales críticos hoy y en 2030: Un análisis de los países de la OCDE]. ESRC Centre for Climate Change Economics and Policy, London School of Economics and Political Science. <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/critical-minerals-today-and-in-2030-an-analysis-of-oecd-countries/>



- Departamento de Industria, Ciencia y Recursos. (2023). *Updates to Australia’s critical minerals* [Actualización sobre minerales críticos para Australia]. Australia, Gobierno de. <https://www.industry.gov.au/news/updates-australias-critical-minerals-list>
- Dewulf, J., Blengini, G. A., Pennington, D., Nuss, P., & Nassar, N. T. (2016). Criticality on the international scene. Quo vadis? [Criticalidad en la escena internacional. ¿Quo vadis?]. *Resources Policy*, 50, 169–176. https://www.researchgate.net/publication/309134740_Criticality_on_the_international_scene_Quo_vadis
- El Yaakoubi, A. (2024, January 10). *Saudi Arabia earmarks \$182 mln for minerals exploration in mining push* [Arabia Saudita destina \$182 mln a exploración minra como impulso a los minerales]. Reuters. <https://www.reuters.com/markets/commodities/saudi-arabia-allocates-182-mln-mineral-exploration-incentives-mining-minister-2024-01-10/>
- Comisión Europea. (2017). *Methodology for establishing the EU list of critical raw materials: Guidelines* [Metodología para establecer la lista de materias primas críticas para la UE: Directrices]. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2d43b7e2-66ac-11e7-b2f2-01aa75ed71a1>
- Comisión Europea. (2023a). *Study on the critical raw materials for the EU 2023: Final report* [Estudio sobre las materias primas críticas para la UE - 2023: Informe final] https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/study-critical-raw-materials-eu-2023-final-report_en
- Comisión Europea. (2023b). *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020* [Propuesta para una normativa del Parlamento Europeo y del Consejo para establecer un marco que garantice un suministro seguro y sostenible de materias primas críticas y para modificar las Reguciones EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020]. COM (2023) 160 Final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023PC0160>
- Consejo Europeo. (2024). *An EU critical raw materials act for the future of EU supply chains* [Una ley europea sobre materias primas críticas para el futuro de las cadenas de abastecimiento de la UE]. <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/critical-raw-materials/>
- Gobierno de Canadá. (2022a). *Canada’s critical minerals strategy* [Estrategia de minerales críticos de Canadá]. <https://www.canada.ca/en/campaign/critical-minerals-in-canada/canadian-critical-minerals-strategy.html>
- Gobierno de Canadá (2022b). *Canada’s critical minerals strategy: Discussion paper* [Estrategia de Canadá sobre minerales críticos: Documento de debate]. <https://www.canada.ca/content/dam/nrcan-rncan/documents/critical-minerals-discussion-paper-eng-2.pdf>
- Hayes M. S., & McCullough, E. A. (2018). Critical minerals: A review of elemental trends in comprehensive criticality studies [Minerales críticos: Revisión de las tendencias elementales en estudios de criticidad amplios]. *Resources Policy*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06.015>
- Heffron, R. J. (2020). The role of justice in developing critical minerals [El papel de la justicia en el desarrollo de minerales críticos]. *The Extractive Industries and Society* 7(3). <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.06.018>



- Helbig C., Wietschel, L., Thorenz, A., & Tuma, A. (2006). How to evaluate raw material vulnerability – An overview [Cómo evaluar la vulnerabilidad de las materias primas – Reseña]. *Resources Policy*, 48, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.02.003>
- Hilson, G. (de próxima publicación). *Defining criticality of mineral resources: A review of literature* [Definir la criticidad de los recursos minerales: Un repaso de la bibliografía]. Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible
- Hönke, J., & Skende, L. (2022). *Cobalt as ‘conflict mineral’? On the opportunities and limits of new supply chain laws* [¿El cobalto como «mineral en zonas de conflictos»? Sobre las oportunidades y límites de las nuevas leyes sobre la cadena de abastecimiento]. *InfraGlob*. <https://infraglob.eu/2022/12/20/cobalt-as-conflict-mineral-on-the-opportunities-and-limits-of-new-supply-chain-laws/>
- Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T. P., Laing, T. y Drexhage, J. (2019). *Minerals for climate action: The mineral intensity of the clean energy transition* [Minerales para la acción climática: La intensidad de minerales para la transición a energías limpias]. Banco Mundial. <https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>
- Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible. (de próxima publicación). *Critical minerals: National priorities, regional initiatives and global responsibilities. Summary outcomes of national consultations conducted by the IGF Secretariat in October and November 2023* [Minerales críticos: prioridades nacionales, iniciativas regionales y responsabilidades globales. Resumen de resultados de las consultas nacionales realizadas por la Secretaría del IGF en octubre y noviembre de 2023].
- International Energy Agency. (2021). *The role of critical minerals in clean energy transitions* [El papel de los minerales críticos en las transiciones a energías limpias]. <https://www.iea.org/topics/critical-minerals>
- International Energy Agency. (2022). *Critical minerals list* [Lista de minerales críticos]. <https://www.iea.org/policies/16070-critical-minerals-list>
- International Energy Agency. (2023a). *Critical mineral list in Korea* [Lista de minerales críticos en Corea]. <https://www.iea.org/policies/17943-critical-mineral-list-in-korea>
- International Energy Agency. (2023b). *The role of critical minerals in clean energy – Analysis*. [El papel de los minerales críticos en las transiciones a energías limpias - Análisis]. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>
- International Round Table on Materials Criticality. (2020). *Material criticality: An overview for decision-makers* [Criticidad de los materiales: Un repaso para los encargados de definir políticas]. [Folleto]. <https://irtc.info/2020/05/15/material-criticality-an-overview-for-decision-makers/>
- Kowalski, P. y C. Legendre (2023). *Raw materials critical for the green transition: Production, international trade and export restrictions*. OECD Trade Policy Papers, No. 269, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c6bb598b-en>.
- Lapuekou, C. (2023, November 10). Laos sets targets in 5-year energy, mines development plan [Laos establece un plan de desarrollo energético-minero a 5 años]. *Laotian Times*. <https://laotiantimes.com/2023/11/10/laos-sets-targets-in-5-year-energy-mines-development-plan/>



- Moerenhout, T., Glynn J., & Lee L. (2023). *Critical mineral constraints and energy system models* [Restricciones en los minerales críticos y modelos de sistemas energéticos] Columbia University Center on Global Energy Policy. <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/critical-mineral-supply-constraints-and-their-impact-on-energy-system-models/>
- McCullough E., & Nassar N. T. (2017). Assessment of critical minerals: updated application of an early warning screening methodology [Evaluación de minerales críticos: aplicación actualizada de metodología de detección de alerta temprana]. *Mineral Economics*, 30, 257–272. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13563-017-0119-6>
- McNulty B. & Joewitt, S. (2021). Barriers to and uncertainty in understanding and quantifying global critical mineral and element supply [Barreras e incertidumbres para comprender y cuantificar el suministro mundial de minerales críticos y elementos]. *iScience*, 24, Artículo 102809. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S258900422100777X/pdf?md5=57e59ef570265118cb99253e4c2233a9&pid=1-s2.0-S258900422100777X-main.pdf>
- Messad, P. (2023, October 26). *Métaux stratégiques : la France prépare son grand inventaire minier* [“Metales estratégicos: Francia prepara su principal inventario de minerales”]. Euractiv. https://www.euractiv.fr/section/energie-climat/news/metaux-strategiques-la-france-prepare-son-grand-inventaire-minier/?_ga=2.254299592.1585708988.1712245033-2065413129.1712245033
- Mindat. (s.f.-a). *Cobalto*. <https://www.mindat.org/min-52440.html>
- Mindat. (s.f.-b). *Oro*. <https://www.mindat.org/min-52454.html>
- Mindat. (s.f.-c). *Litio*. <https://www.mindat.org/min-52473.html>
- Mindat. (s.f.-d). *Tantalio*. <https://www.mindat.org/min-52510.html>
- Mindat. (s.f.-e). *Estaño*. <https://www.mindat.org/min-52525.html>
- Mindat. (s.f.-f). *Tungsteno*. <https://www.mindat.org/min-52513.html>
- Mineralprices.com. (n.d.). *Japan’s critical minerals list* [Lista de minerales críticos de Japón]. <https://mineralprices.com/critical-minerals/japan>
- Ministerio de Minas. (2023). *Thirty critical minerals list released* [Lista de 30 minerales críticos] [Informe de prensa]. Gobierno de India. <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1942027>
- Nassar, N. T., & Fortier, S. M. (2021). *Methodology and technical input for the 2021 review and revision of the U.S. critical minerals list* [Metodología y aportes técnicos para la revisión y reedición 2021 de la lista de minerales críticos de Estados Unidos]. United States Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/of/2021/1045/ofr20211045.pdf>
- National Research Council. (2007). *Minerals, critical minerals, and the U.S. economy* [Minerales, minerales críticos y la economía de Estados Unidos]. National Research Council, National Academy of Sciences. https://nap.nationalacademies.org/resource/12034/critical_minerals_final.pdf
- Natural Resources Canada. (2022). *The Canadian critical minerals strategy: From exploration to recycling: Powering the green and digital economy for Canada and the world* [La estrategia canadiense para los minerales críticos: de la exploración al reciclaje: Potenciar la economía verde y digital para Canadá y el mundo]. <https://www.canada.ca/content/dam/nrcan-rncan/site/critical-minerals/Critical-minerals-strategyDec09.pdf>



- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2016). *OECD due diligence guidance for responsible supply chains of minerals from conflict-affected and high-risk areas* [].(Third Ed.) <https://doi.org/10.1787/9789264252479-en>.
- Philippines seeks more sites for critical minerals in govt-led exploration [Filipinas busca más sitios de exploración estatal de minerales críticos]. (19 de septiembre de 2023). Reuters. <https://www.reuters.com/article/idUSKBN30POC8/>
- Pope, N., & Smith, P. (2023). *Brazil's critical and strategic minerals in a changing world* [Los minerales críticos y estratégicos de Brasil en un mundo en cambio] Igarapé Institute. <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2023/10/Critical-and-Strategic-Minerals.pdf>
- Ramdoe, I. (de próxima publicación). *Critical raw materials in Africa, Caribbean and Pacific States* [Materias primas críticas en el Grupo de Estados de África, el Caribe y el Pacífico] (documento de antecedentes). Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible, y la Secretaría de la Organización de Estados de África, el Caribe y el Pacífico.
- Schrijvers, D., Hool, A., Blengini, G. A., Chen, W.-Q., Dewulf, J., Eggert, R., van Ellen, L., Gauss, R., Goddin, J., Habib, K., Hagelüken, C., Hirohata, A., Hofmann-Antenbrink, M., Kosmol, J., Le Gleuher, M., Grohol, M., Ku, A., Lee, M.-H., Liu, G. ... Wäger, P. A. (2020). A review of methods and data to determine raw materials criticality [Repaso de los métodos y datos para determinar la criticidad de las materias primas]. *Resources, Conservation and Recycling* 155, Article 104617. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104617>
- S&P Global. (2023). *The future of copper: Will the looming supply gap short-circuit the energy transition?* [El futuro del cobre: ¿la inminente brecha entre oferta y demanda provocará un corto circuito en la transición energética]. <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/mi/info/0722/futureofcopper.html>
- Takuma W., Nansal, K., & Nakajima, K. (2020). Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements [Reconsideración de las dinámicas de los metales críticos a 2050 para 48 elementos]. *Resources, Conservation and Recycling* 155, Artículo 104669. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104669>
- United States Department of Energy. (2023a). *Critical materials assessment* [Evaluación de minerales críticos] (Informe preliminar). <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-05/2023-critical-materials-assessment.pdf>
- United States Department of Energy. (2023b). Notice of Final Determination on 2023 DOE Critical Materials List [Notificación sobre la determinación final de la lista 2023 de materiales críticos del Departamento de Energía de Estados Unidos]. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-07/preprint-frn-2023-critical-materials-list.pdf>
- United States Geological Survey. (2023). *Mineral commodity summaries* [Resúmenes de materias primas minerales]. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>
- Viebahn P., Soukup, O., Samadi, S., Teubler, J., Wiesen, K., & Ritthof, M. (2015). Assessing the need for critical minerals to shift the German energy system towards a high proportion of renewables [Cómo evaluar la necesidad de minerales críticos para transformar el sistema energético alemán hacia una alta proporción de renovables]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49, 655–671. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.070>



Apéndice A. Lista de minerales críticos en países seleccionados

	Unión Europea, 2023 ¹²	EE.UU., Actualizado en 2023 ¹³	Canadá 2022 ¹⁴	Australia, 2023 ¹⁵	Reino Unido, 2022 ¹⁶	Sudáfrica, 2022	India, 2023 ¹⁷	Japón (actualizado 2024) ¹⁸	China (2016–2020) ¹⁹	Brasil, 2023 ²⁰	Corea del Sur, 2023 ²¹
	Materias primas críticas y estratégicas	Lista de minerales críticos (2021) y minerales críticos para la energía (2023)	Minerales críticos	Minerales críticos y estratégicos	Minerales críticos		Minerales críticos	Minerales críticos	Energía/metálicos/no metálicos	Minerales estratégicos y críticos G1/G2/G3	Minerales críticos y estratégicos
Aluminio	✓*	✓	✓						✓	✓	✓
Alúmina de alta pureza				✓							

¹² Fuente: Consejo Europeo, 2024.

¹³ Fuente: Departamento de Energía de EE.UU., 2023b.

¹⁴ Fuente: Natural Resources Canada, 2022; Gobierno de Canadá, 2022a; 2022b.

¹⁵ Fuente: Departamento de Industria, Ciencia y Recursos, 2023.

¹⁶ Fuente: International Energy Agency, 2022.

¹⁷ Fuente: Ministerio de Minas, 2023.

¹⁸ Fuente: Mineralprices.com, s.f.

¹⁹ Fuente: Pope & Smith, 2023. Ver apéndice B.

²⁰ Fuente: Pope & Smith, 2023.

²¹ Fuente: International Energy Agency, 2023a.

¿Qué hace que un mineral o un metal sea “crítico”?

Una guía práctica para los Gobiernos sobre cómo crear cadenas de suministro resilientes



	Unión Europea, 2023 ¹²	EE.UU., Actualizado en 2023 ¹³	Canadá 2022 ¹⁴	Australia, 2023 ¹⁵	Reino Unido, 2022 ¹⁶	Sudáfrica, 2022	India, 2023 ¹⁷	Japón (actualizado 2024) ¹⁸	China (2016–2020) ¹⁹	Brasil, 2023 ²⁰	Corea del Sur, 2023 ²¹
Antimonio	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓
Arsénico	✓	✓		✓							
Baritina	✓	✓									
Berilo	✓	✓		✓			✓	✓			
Bismuto	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
Boratos	✓							✓			
Cadmio							✓				
Cesio		✓	✓								
Cromo		✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓
Cobalto	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Carbón de coque	✓					✓					
Cobre	✓	☐	✓				✓	✓		✓	✓
Acero eléctrico		☐									
Flúor		☐		✓				✓			
Fluorita	✓	✓	✓						✓		

¿Qué hace que un mineral o un metal sea “crítico”?

Una guía práctica para los Gobiernos sobre cómo crear cadenas de suministro resilientes



	Unión Europea, 2023 ¹²	EE.UU., Actualizado en 2023 ¹³	Canadá 2022 ¹⁴	Australia, 2023 ¹⁵	Reino Unido, 2022 ¹⁶	Sudáfrica, 2022	India, 2023 ¹⁷	Japón (actualizado 2024) ¹⁸	China (2016–2020) ¹⁹	Brasil, 2023 ²⁰	Corea del Sur, 2023 ²¹
Galio	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
Germanio	✓	✓	✓	✓			✓	✓			
Grafito	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Oro									✓	✓	
Hafnio	✓	✓		✓			✓	✓			
Helio	✓		✓	✓							
Indio		✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
Hierro						✓			✓	✓	
Plomo						✓					✓
Litio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Magnesio	✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓
Manganeso	✓	✓	✓	✓	○	✓		✓		✓	✓
Molibdeno			✓	✓							✓
Níquel	✓	✓	✓	✓	○		✓	✓	✓	✓	✓
Niobio	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓

¿Qué hace que un mineral o un metal sea “crítico”?

Una guía práctica para los Gobiernos sobre cómo crear cadenas de suministro resilientes



	Unión Europea, 2023 ¹²	EE.UU., Actualizado en 2023 ¹³	Canadá 2022 ¹⁴	Australia, 2023 ¹⁵	Reino Unido, 2022 ¹⁶	Sudáfrica, 2022	India, 2023 ¹⁷	Japón (actualizado 2024) ¹⁸	China (2016–2020) ¹⁹	Brasil, 2023 ²⁰	Corea del Sur, 2023 ²¹
Fosfatos en roca	✓								✓	✓	
Fósforo	✓				○		✓				
Potasa			✓				✓		✓	✓	
Tierras raras	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Renio				✓			✓	✓			
Selenio				✓			✓	✓			✓
Silicio		□		✓			✓	✓		✓	✓
Carburo de silicio		□									
Metal silicio	✓				✓						
Azufre											
Tantalio	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
Estroncio	✓						✓	✓			✓
Telurio		✓	✓	✓	✓		✓	✓			
Rubidio		✓						✓			
Estaño		✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓

¿Qué hace que un mineral o un metal sea “crítico”?

Una guía práctica para los Gobiernos sobre cómo crear cadenas de suministro resilientes



	Unión Europea, 2023 ¹²	EE.UU., Actualizado en 2023 ¹³	Canadá 2022 ¹⁴	Australia, 2023 ¹⁵	Reino Unido, 2022 ¹⁶	Sudáfrica, 2022	India, 2023 ¹⁷	Japón (actualizado 2024) ¹⁸	China (2016–2020) ¹⁹	Brasil, 2023 ²⁰	Corea del Sur, 2023 ²¹
Talio								✓		✓	
Titanio	✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓	✓
Tungsteno	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Vanadio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Uranio						✓		✓		✓	
Zinc		✓	✓			✓					✓
Zirconio		✓		✓			✓	✓	✓		✓
Metales del grupo de platinos (PGMs) - seis metales											
Rutenio	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓			
Rodio	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			
Paladio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
Osmio	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			
Iridio	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓			
Platino	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓

* Bauxita/alumina/aluminio

Departamento de Energía de Estados Unidos, 2023a. Los materiales con □ no están en la lista de materiales críticos del Dpto. de Energía; ○ UK watch list.

Fuente: Recopilación propia.



Apéndice B. Mapeo de minerales y metales seleccionados respecto de tecnologías para la transición energética y digital

	TECNOLOGÍA PARA TRANSICIÓN ENERGETICA						TECNOLOGÍAS DIGITALES			SOCIEDAD		
	Celdas fotovoltaicas	Turbinas eólicas	Vehículos eléctricos			Hydrogen	Teléfonos inteligentes, tablets y portátiles	Redes de transmisión de datos	Servidores almacenamiento datos	Dispositivos electrónicos y hogareños	Alimentos, utensilios de cocina y productos hogareños (limpiadores, pinturas, etc.)	Medicina (incluidos los implantes dentales, herramienta quirúrgico y equipos)
			Baterías Li-on	Celdas combustibles	Motores eléctricos	Electrolizadores						
Cobre	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Cobalto		✓	✓	✓		✓	✓		✓			✓
Níquel	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓
Manganeso		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓
Litio			✓	✓			✓	✓		✓		✓
Tierras raras		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Cromo		✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓
Zinc	✓	✓				✓		✓	✓		✓	✓
Grupo platino				✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aluminio	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			

¿Qué hace que un mineral o un metal sea “crítico”?

Una guía práctica para los Gobiernos sobre cómo crear cadenas de suministro resilientes



	TECNOLOGÍA PARA TRANSICIÓN ENEGÉTICA						TECNOLOGÍAS DIGITALES			SOCIEDAD		
	Celdas fotovoltaicas	Turbinas eólicas	Vehículos eléctricos			Hydrogen	Teléfonos inteligentes, tablets y portátiles	Redes de transmisión de datos	Servidores almacenamiento datos	Dispositivos electrónicos y hogares	Alimentos, utensilios de cocina y productos hogareños (limpiadores, pinturas, etc.)	Medicina (incluidos los implantes dentales, herramienta quirúrgico y equipos)
			Baterías Li-on	Celdas combustibles	Motores eléctricos	Electrolizadores						
Vanadio						✓						
Molibdeno	✓	✓		✓	✓	✓						
Grafito			✓	✓		✓	✓			✓		✓
Silicio	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓
Niobio		✓	✓							✓		✓
Hierro	✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓		✓
Galio	✓						✓	✓	✓	✓		✓
Germanio	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓
Titanio			✓	✓		✓				✓		✓
Oro			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓
Potasio						✓						
Plata	✓			✓			✓	✓	✓	✓		✓
Estaño	✓		✓					✓	✓	✓		✓

Fuente: Comisión Europea, 2023a: Hilson, en preparación; IEA, 2023b; Kowalski & Legendre: 2023; Ramdoo, en preparación.



Apéndice C. Lista de control para datos e indicadores clave sobre riesgos relacionados con aspectos geológicos

1. ¿Qué minerales están disponibles en mi país?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Consideraciones geológicas y subnacionales		
Datos geológicos	a. Mapeo geológico	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje del territorio cubierto por cartografía geológica • Mapas geofísicos
	b. Manifestaciones de minerales	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas de manifestaciones de minerales
Potencial minero	a. Lista de yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas de minas y yacimientos identificados • Base de datos de proyectos existentes
	b. Información detallada de cada yacimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación • Mineral • Modelo 3D • Volumen de mineral y leyes de la mineralización • Estimación de recursos • Estimaciones de reservas • Métodos de procesamiento de minerales • Último estudio de factibilidad y todos los informes técnicos previos



Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
	c. Asociaciones de minerales	<ul style="list-style-type: none"> • Composición geoquímica multielementos de cada yacimiento • Potencial de subproductos minerales y metales • Potencial de subproductos en porcentaje del valor de minerales en el yacimiento • Lista de principales elementos en los yacimientos que se espera que quedarán en los relaves • Lista de potenciales elementos radioactivos en el yacimiento (uranio, torio, radio...) • Lista de potenciales metales pesados en el yacimiento (plomo, zinc, cadmio...)
	d. Acceso a infraestructuras	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de redes de transporte (carreteras, vías férreas, ríos, aeropuertos, puertos...) • Mapa de la red eléctrica • Mapa de los recursos hídricos
Uso de la tierra	a. Potencial superposición con áreas ambientalmente sensibles	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de sitios de patrimonio cultural mundial • Mapa de áreas de conservación y puntos de riesgo de la biodiversidad
	b. Potencial superposición de usos humanos	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de desarrollos de las comunidades

Posibles fuentes de información:

- servicio geológico nacional, estadísticas y catastro
- servicios geológicos extranjeros
- informes de exploración de las compañías
- estudios de prefactibilidad y factibilidad
- campañas geológicas y geofísicas nacionales
- informes de otros expertos



Apéndice D. Lista de control para datos e indicadores clave de riesgos sobre producción, aspectos económicos y consideraciones de mercado

2. ¿Cuánto produzco? Consideraciones geológicas e internas del país

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Datos reservas	a. Reservas por mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Ver apéndice C
Datos producción	b. Producción por mineral; por tamaño de la actividad minera (histórica, presente y potencial)	<ul style="list-style-type: none"> • Producción histórica y actual en volúmenes • Producción histórica y actual por valor • Crecimiento de producción estimado por mineral en el país para actividades mineras continuas • Cant. de permisos de exploración • Estudios de factibilidad completados y reservas estimadas • Cant. de proyectos en construcción y en etapa final de construcción • Crecimiento de producción para bienes similares en otros países productores
	c. Tiempo hasta agotamiento de las reservas	<ul style="list-style-type: none"> • Años
	d. Nivel de concentración del mineral en el país	<ul style="list-style-type: none"> • Índice Herfindahl-Hirschman (HHI)
	e. Producción en producción minera total (por mineral)	<ul style="list-style-type: none"> • % de participación en la producción mineral nacional • % de participación en la producción mundial
	f. Minerales producidos como coproductos o subproductos	<ul style="list-style-type: none"> • % de participación en la producción mineral nacional • % de participación en la producción mundial



Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
	g. Minerales exportados, por volumen y por valor	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de minerales exportados • Exportaciones por volumen • Exportaciones por valor • % de participación del mineral dentro de las exportaciones totales • % participación de las exportaciones mineras del país en la exportación mundial (por bien)
	h. Participación de ASM en la producción de minerales	<ul style="list-style-type: none"> • Producción por tipo de mineral • Producción por valor • Producción por volumen
	i. Fuentes alternativas de abastecimiento, por fuente <ul style="list-style-type: none"> • Reciclaje • Reprocesamiento de estériles y relaves mineros • Potenciales minerales provenientes de recursos minerales en el lecho marino 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de minerales y metales reciclados en el país • Participación de los productos reciclados dentro del total del producto • Crecimiento del suministro proyectado por el reciclaje • Tipos de minerales producidos a partir de relaves/estériles de minas • Participación en el total producido del mineral • Crecimiento del suministro proyectado por reproceso de relaves • Volumen estimado



Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Demanda de minerales	a. Demanda interna por mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda interna estimada por mineral en el país • Tipos de minerales según necesidades industriales • % de participación minerales vendidos en las industrias del país • Crecimiento estimado en la demanda por mineral • Elasticidad de la demanda de minerales
	b. Demanda interna por aplicaciones y por sectores	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento estimado en la demanda interna por aplicación • Crecimiento estimado en la demanda interna por sector • Elasticidad de la demanda por aplicaciones específicas • Elasticidad de la demanda por sector
	c. Demanda externa por mineral y por aplicaciones y por sectores	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento estimado en la demanda mundial por aplicación • Crecimiento estimado en la demanda mundial por sector
	d. Probabilidad de que cambios tecnológicos afecten la demanda de mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevas tecnologías por aplicación • Mezcla de minerales críticos por tecnología

Posibles fuentes de información:

- estadísticas nacionales
- informes de compañías mineras



3. ¿Qué importancia tiene el sector minero para mi país?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Aporte del sector minero a la economía	a. Contribución económica de la minería	<ul style="list-style-type: none"> • % de participación del sector minero en ingreso nacional • % de participación del sector minero en el PBI • Contribución de la minería en los ingresos del exterior
	b. Contribución de la minería en el empleo	<ul style="list-style-type: none"> • % de participación del empleo minero directo en el empleo total, por género • % de participación del empleo minero indirecto en el empleo total, por género
	c. Inversión del sector público en el sector minero	<ul style="list-style-type: none"> • Participación de la inversión pública en el sector minero respecto del total de inversión pública (por tipo de actividad desde exploración a cierre) • Participación de inversión pública en I+D e innovación en actividades mineras y actividades afines • Cantidad de patentes, diseños industriales presentados (sobre las cadenas de valor mineras)
	d. Inversión del privada en minería	<ul style="list-style-type: none"> • Participación de la inversión privada en minería del total de inversiones privadas internas (en exploración; en producción; en refinerías o fundición) • Participación de la inversión extranjera directa (IED) en minería del total de inversiones IED
Información sobre empresas productoras	a. Etapa de prospección y exploración	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de permisos de prospección y exploración otorgados • Presupuestos de exploración por mineral, por etapa y por tipo de compañía • Crecimiento del presupuesto de exploración en el tiempo (por mineral, por etapa y por tipo de compañía) • Proyectos de inversión en ciernes



Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
	b. Etapa producción	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de permisos de exploración otorgados por localidad y por mineral • Cantidad de operadoras mineras por sitio de operación • Cantidad de operadoras mineras por mineral (incluyendo subproductos y coproductos identificados en los estudios de factibilidad, pero que no necesariamente se producen) • Cantidad de operadoras mineras por tamaño • Proyectos de inversión en ciernes por tipo de inversión (en greenfield, brownfield, expansión, fusiones y adquisiciones) • Historial de fusiones y adquisiciones pasadas y previstas a futuro • Estructuras de propiedad de las operadoras mineras (y nacionalidad de sus dueños) • Distribución geográfica en el país de las operadoras mineras por mineral y por tamaño
	c. Capacidad de minado y refinación	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de minerales y metales refinados/fundidos en el país • Volumen y valor de minerales y metales refinados/fundidos en el país • Participación de la producción de refinados/fundidos en las ventas a industrias locales • Participación de la producción de refinados/fundidos en las exportaciones • Proyectos de minado y refinación
Datos cotización	a. Exportación	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de socios comerciales para exportación minera • Exportaciones clave por mineral en volumen • Exportaciones clave por mineral en valor • Participación de las exportaciones por mineral en el total de exportaciones mineras • Exportaciones clave por socios comerciales en valor • Exportaciones clave por socios comerciales en volumen • Participación de las exportaciones a cada socio comercial en el total de exportaciones mineras



Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
	b. Importación	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de socios comerciales para importación minera • Importaciones clave por mineral en valor • Importaciones clave por mineral en volumen • Participación de las importaciones por mineral en el total de exportaciones mineras • Importaciones clave por socios comerciales en valor • Importaciones clave por socios comerciales en volumen • Participación de las importaciones de socios comerciales en el total de importaciones mineras
	c. Balanza comercial	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza comercial general para minería • Relación de dependencia de las exportaciones en minería • Relación de dependencia de las importaciones en minería • Serie temporal de los cambios en las participaciones de los socios comerciales en las importaciones y exportaciones mineras
	d. Participación del país en el comercio mundial	<ul style="list-style-type: none"> • % de participación del país en el comercio mundial por mineral • Índice Herfindahl-Hirschman (HHI)
	e. Medidas de comercio implementadas	<ul style="list-style-type: none"> • Por mineral, si corresponde (por ej. permisos de exportación; restricciones a la exportación, etc.) • Exigencias de contraprestación, si corresponde • Restricciones a la inversión en sectores o minerales específicos • Incentivos para estimular el desarrollo industrial minero o el desarrollo de actividades mineras



4. ¿Qué minerales son esenciales para los objetivos estratégicos de mi país?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Consideraciones sobre el desarrollo industrial	a. Mapa de ruta industrial del país (planes actuales y futuros)	<ul style="list-style-type: none"> • Alcance de las políticas industriales con relevancia minera • Sectores tecnológicos e industriales clave del país y a nivel mundial para los cuales es indispensable contar con minerales críticos
	b. Capacidades de beneficio y de procesamiento intermedio	<ul style="list-style-type: none"> • <i>(Ver también información en el apéndice B)</i> • Cantidad de refinerías/fundiciones en operación • Inversión en ciernes para refinería/fundición • Participación de minerales de producción local en el suministro a refinerías/fundiciones locales • Producción de refinerías/fundiciones por tipo/volumen/valor • Planes de construcción de refinerías/fundiciones y capacidad prevista (proyección en línea de tiempo) • Participación de los productos refinados/fundidos en las exportaciones del país • Participación de productos refinados/fundidos en las importaciones del país
	c. Capacidades de abastecimiento a industrias	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de sectores/industrias que actualmente requieren recursos minerales de producción local • Lista de sectores/industrias con requerimiento intensivo de minerales (críticos) como posibles motores de crecimiento a futuro • % de participación (actual y proyectada) de la demanda doméstica en los minerales críticos extraídos en el país, por sector/industria • % de participación (actual y proyectada) de la demanda global en los minerales críticos extraídos en el país, por sector/industria



5. ¿Existen minerales que no se producen en mi país (o no se producen lo suficiente), pero que son claves para mis industrias internas?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Disponibilidad doméstica de minerales críticos	a. Dependencia de las importaciones y vulnerabilidad de las cadenas de abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Industrias locales clave que dependen fuertemente de la importación de minerales específicos que tienen alta demanda Minerales clave importados para industrias específicas, por tipo, volumen y valor Principales países socios de las importaciones Grado de concentración de la producción en los países productores de esos minerales Cociente de dependencia de importaciones, por mineral y por país Principales países productores de minerales importados y su participación en la producción global

6. ¿Los enfoques y políticas fiscales actuales serán adecuados para garantizar que los países productores de minerales obtengan una parte adecuada de los beneficios financieros derivados de la extracción de sus minerales críticos?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Consideraciones fiscales	a. Aporte fiscal actual del sector minero	<ul style="list-style-type: none"> Tipos de instrumentos fiscales implementados que tienen relevancia para la minería Aporte de los recursos minerales en los ingresos fiscales gubernamentales por tipo de instrumento Aporte de los recursos minerales en los ingresos fiscales por exportación
	b. Modelos de determinación de precios	<ul style="list-style-type: none"> Tipos de métodos y prácticas de determinación de precios de minerales (incluso métodos específicos de determinados commodities)
	c. Herramientas para reparto beneficios	<ul style="list-style-type: none"> Tipos de sistemas e instrumentos de reparto/participación en los beneficios financieros



Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
	<p>d. Consideraciones fiscales a futuro</p>	<p>Preguntas orientadoras para debates sobre políticas</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Existen modelos alternativos de reparto/participación en los beneficios financieros que serían más adecuados para los minerales críticos en vista de los objetivos generales de las políticas gubernamentales? • ¿Hay deficiencias/lagunas a considerar en la valuación de los relaves mineros y en su consideración en la legislación minera y/o tributaria? • ¿Los regímenes fiscales capturan el valor de potenciales subproductos y coproductos? • ¿Existen oportunidades de reparto/participación en los beneficios a lo largo de la cadena de valor de los minerales críticos donde los Gobiernos deberían prestar más atención (herramientas tales como regímenes jurídicos diferenciales, incentivos fiscales, valuación de los minerales; y cuestiones prácticas tales como participación estatal, propiedad de los derechos mineros por parte de grandes usuarios finales de la cadena de valor, capacidad de gestión para la administración tributaria, entre otros)?



Apéndice E. Lista de control para datos e indicadores clave sobre consideraciones sociales y ambientales

7. ¿Cuáles son las cuestiones sociales clave que necesito conocer para colaborar de manera constructiva con las comunidades afectadas por la minería y garantizar beneficios para la sociedad en su conjunto?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Consideraciones sociales	a. Comunidades aledañas a operaciones mineras existentes	<ul style="list-style-type: none"> • Bases de datos de proyectos mineros que coexisten con las comunidades locales. • Un mapeo que identifique las posibles superposiciones en las tierras de proyectos mineros y comunidades locales (o pueblos indígenas, si corresponde)
	b. Participación comunitario y un repositorio de los planes de acuerdos de desarrollo comunitario y su alcance, cuando sean relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerdos con pueblos indígenas • Empleo local como porcentaje del empleo en la mina, por género • Adquisiciones locales como porcentaje de gastos operativos en la mina, detallados por género, cuando se cuente con esos datos • Servicios sociales provistos por las compañías mineras
	c. Consultas con la comunidad y participación comunitaria	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de resolución de quejas, cuando corresponda • Historial de conflictos con las comunidades • Jurisprudencia de conflictos con comunidades



8. ¿Qué problemas ambientales son esenciales para la sostenibilidad del sector minero?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Cambio climático	Vulnerabilidad al cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> • Cualitativo • Evaluación de la vulnerabilidad del país al cambio climático, si está disponible
Energía	Intensidad uso energía	<ul style="list-style-type: none"> • kJ/tonelada de mena extraída • kJ/tonelada de metal procesado • kJ/tonelada de metal refinado
Aire	Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	<ul style="list-style-type: none"> • Toneladas de CO₂/tonelada de mena extraída • Toneladas de CO₂/tonelada de metal procesado • Toneladas de CO₂/tonelada de metal refinado • Nivel de emisiones de GEI de la industria minera dentro del total de emisiones GEI del país
	Calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de material particulado
Agua	Intensidad uso agua	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de agua por operación minera/T producidas
	Calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de resultados de muestreo por encima de las recomendaciones nacionales o de la Organización Mundial de la Salud
Biodiversidad	Sensibilidad de biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de fauna y flora protegida en las cercanías del proyecto minero (Lista conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)



Apéndice F. Lista de control para datos e indicadores clave sobre riesgos relacionados con consideraciones geopolíticas

9. ¿Qué minerales consideran «críticos» mis principales socios comerciales y cuáles son los usos industriales clave en esos mercados?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Inteligencia de mercado de otros países	a. Comprender la criticidad de los principales socios comerciales: <ul style="list-style-type: none"> • Mapeo de la producción doméstica de minerales respecto de la lista de minerales críticos de nuestros socios • Identificación de minerales ya exportados dentro de las estrategias de minerales críticos de nuestros socios • Identificación de las industrias y sectores económicos de los países socios que tienen la mayor demanda de minerales críticos • Identificación de las políticas e instrumentos clave de los países socios para asegurar el acceso a sus minerales críticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de países que cuentan con estrategias para minerales críticos • Alcance de las estrategias para minerales críticos (de nuestros socios) • Lista de minerales incluidos en esas listas • Exportaciones de minerales críticos de nuestros socios comerciales por tipo, volumen, socio y participación • Lista de jugadores industriales en los países socios • Lista de instrumentos de política relevantes de los países socios



Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
	b. Mapeo entre la demanda doméstica y mundial de los minerales críticos de los países socios	<ul style="list-style-type: none"> • Un mapeo de los sectores domésticos y las aplicaciones que emplean minerales en la lista de minerales críticos • Un mapeo de la demanda y oferta mundial (actual y proyectada) con la producción de minerales críticos (de los socios) • Participación de la producción doméstica en la producción mundial • Qué otras tecnologías necesitan minerales críticos (aparte de las digitales y de energías renovables)
	c. Comprensión de la cadena de abastecimiento mundial <ul style="list-style-type: none"> • Un mapeo de las cadenas de abastecimiento mundiales para los minerales críticos (de nuestros socios) producidos en nuestro país • Mapeo de las ubicaciones geográficas de las partes clave dentro de las cadenas de abastecimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Minerales críticos producidos en los países socios, por sectores y por aplicación • Alcance de las cadenas de suministro por sector y por industria • Participación de países específicos dentro de las partes clave dentro de las cadenas de abastecimiento, por sector y por industria • Identificación de potenciales puntos de estrangulamiento en las cadenas de abastecimiento globales.
	d. Comprensión de la competencia mundial	<ul style="list-style-type: none"> • Principales países productores de minerales críticos: por nombre y por su participación en la producción global • Ubicación geográfica de las reservas mundiales de cada mineral crítico • Escenarios políticos que rodean a los principales países productores (por ej. inestabilidad política; desafíos de gobernanza; conflictos; cuestiones de derechos humanos)



Apéndice G. Lista de control para datos e indicadores clave sobre riesgos relacionados con cuestiones regulatorias, legales y de gobernanza

10. ¿Qué políticas, leyes y regulaciones afectan a mi sector minero?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Marcos regulatorios	a. Políticas internas ²² <ul style="list-style-type: none"> Planes para desarrollar políticas para minerales o sectores específicos. Planes para desarrollar industrias que requieren materias primas minerales de producción local. 	<ul style="list-style-type: none"> Mapeo de políticas por tipo y alcance. Lista de políticas/medidas/instrumentos existentes que tienen implicancias para los proyectos de exploración. Lista de políticas/medidas/instrumentos existentes que tienen implicancias en las actividades de producción y procesamiento minero. Lista de políticas/medidas/instrumentos existentes que tienen implicancias en el comercio internacional de determinados minerales, por tipo de medida. Documentación de planes y análisis del ámbito de aplicación y de factibilidad. Línea de tiempo estimada para su implementación.
	b. Políticas ESG de las compañías mineras y sus indicadores de desempeño.	<ul style="list-style-type: none"> Si están disponibles, políticas ESG de las compañías mineras. Cuando estén publicados, indicadores de desempeño ESG de las compañías mineras.

²² Algunos ejemplos de políticas son los códigos mineros, los contratos mineros, las políticas de contenido local, las estrategias de beneficio y las normas que ya identifican tipos de minerales para fines específicos.



Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
	c. Acuerdos internacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de acuerdos y su estado legal. • Alcance de los acuerdos de comercio con países socios (relevantes para los minerales). • Alcance de los acuerdos de inversión con Estados (por ej. los tratados de inversión bilaterales) o con empresas (contratos mineros) que abarcan la producción mineral, y las condiciones de exportación. • Otros acuerdos o marcos de inversión centrados específicamente en minerales (como por ej. memorandos de entendimiento, acuerdos marco).
	d. Otros acuerdos/obligaciones contractuales relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia y contenidos de acuerdos SWAP que involucren recursos, es decir, acuerdos de intercambio de recursos minerales por infraestructura o por préstamos. Acuerdos de compra adelantada (por commodities e industria relevante; duración y naturaleza de los acuerdos) • Contratos de abastecimiento a largo plazo (por commodities e industria relevante; duración y naturaleza de los contratos).



11. ¿Qué marcos de gobernanza global se aplican a mi sector minero?

Factores por considerar	Datos por recopilar	Unidad/Indicador
Marcos de gobernanza globales	a. Marcos globales sobre cadenas de abastecimiento responsables.	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI). • Guía de Debida Diligencia de la OCDE para Cadenas de Suministro Responsables de Minerales en las Áreas de Conflicto o de Alto Riesgo. • Artículo 1502 de la ley estadounidense Dodd–Frank de 2010. • Regulaciones europeas, tales como la Regulación de la UE sobre Minerales en Zonas en conflicto; la Regulación UE sobre Baterías de 2022; La Ley Europea de Materias Primas Fundamentales.
	b. Un mapeo de metales hospedantes y sus coproductos o subproductos con las listas de minerales críticos y minerales en áreas de conflicto de los países socios.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación que deben realizar los países en zonas de conflicto y de alto riesgo (regiones CAHRA).
Riesgos	Riesgo de país	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de percepción de corrupción (Transparency International). • Índice de gobernanza de los recursos (Instituto de Gobernanza de los Recursos Naturales). • Normas para informes de la Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas. • Índice de gobernanza mundial (Banco Mundial). • Índice de riesgo político global (Eurasia Group). • Índice de potenciales políticas (Fraser Institute) . • Índice de desarrollo humano (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo). • Índice de Paz Global (Institute for Economics & Peace). • Espacio cívico (Indicadores de gobernanza mundial - Voz y rendición de cuentas).

Fuente: Adaptado de Achzet & Helbig, 2013.



Apéndice H. Cuando los minerales críticos coexisten con minerales en conflictos

Es importante destacar que los minerales en zonas de conflicto que se indican a continuación se extraen junto con otros minerales críticos, ya sea como coproductos o subproductos de los minerales hospedantes (en esas zonas en conflicto). Un caso ejemplificativo aquí es el litio, que, cuando se extrae de roca dura, con frecuencia se presenta en asociación con estaño especialmente en África Central y Sur, y al presente se explora en algunos yacimientos en zonas CAHRA (Manono, ubicado en la República Democrática del Congo, es el tercer yacimiento de litio más grande del mundo, y el primero si consideramos solo los de roca dura; ha sido explotado desde hace 6 décadas desde el siglo pasado por su contenido de estaño). Si bien se presenta asociado (y por ende se extrae) con el estaño, el litio no está clasificado actualmente como mineral de zona de alto riesgo o conflicto en esas zonas CAHRA. Esto nos lleva a la cuestión de las inconsistencias en las políticas y el potencial de externalidades de riesgos que no han sido abordados correctamente.

TABLA H1. ¿Qué otros minerales están asociados con minerales en zonas de conflictos y de alto riesgo?

Minerales en conflictos	Minerales críticos asociados	Países que incluyen los minerales en zonas de conflicto dentro de sus listas de minerales críticos ²³	Comentarios
Estaño ²⁴	Arsénico, cobre, tungsteno, zinc, bismuto, litio ²⁵	Canadá, Estados Unidos y Reino Unido	El estaño no está en la lista de minerales críticos de la Unión Europea ni de Australia.
Tantalio ²⁶ (Columbita-tantalita)	Niobio, tierras raras, litio, tungsteno, berilo, estaño, litio ²⁷	Australia, Canadá, Estados Unidos, Reino Unido y Unión Europea	
Tungsteno ²⁸ (Wolframita)	Cobre, molibdeno, zinc, estaño, antimonio	Australia, Canadá, Estados Unidos, Reino Unido y Unión Europea	

²³ Ver en el Apéndice A una comparación de las listas de minerales críticos.

²⁴ Fuente: Mindat, s.f-e.

²⁵ Fuente: Mindat, s.f-c.

²⁶ Fuente: Mindat, s.f-d.

²⁷ Fuente: Mindat, s.f-c.

²⁸ Fuente: Mindat, s.f-f.



Minerales en conflictos	Minerales críticos asociados	Países que incluyen los minerales en zonas de conflicto dentro de sus listas de minerales críticos²³	Comentarios
Oro ²⁹	Arsénico, cobre, zinc, antimonio, tungsteno, molibdeno	Ninguna	Ningún país considera al oro como mineral crítico
Cobalto ³⁰	Cobre, níquel, oro, zinc, cromo	Australia, Canadá, Estados Unidos, Reino Unido y Unión Europea	En ninguna legislación se considera al cobalto como mineral en conflicto. No obstante, las prácticas mineras de las MAPE en regiones de la RDC propensas a conflictos armados y a violaciones de los derechos humanos presentan desafíos de gobernanza similares a los de estaño, tantalio, tungsteno y oro. La creciente demanda de baterías lo convierte en un mineral crítico, y por ende sujeto a presiones regulatorias de abastecimiento responsable ³¹ .

²⁹ Fuente: Mindat, s.f-b.

³⁰ Fuente: Mindat, s.f-a

³¹ Fuente: Hönke & Skende, 2022.



IGF

INTERGOVERNMENTAL FORUM
on Mining, Minerals, Metals and
Sustainable Development