

Capítulo titulado “Minerales Críticos” del WTH 2021

“El rápido despliegue de tecnologías bajas en carbono como parte de las transiciones de energía limpia implica un aumento significativo en la demanda de minerales críticos. Las plantas solares fotovoltaicas, los parques eólicos y los vehículos eléctricos generalmente requieren más recursos minerales para su construcción, que sus contrapartes basadas en combustibles fósiles. Por ejemplo, la cantidad promedio de minerales necesarios para una nueva unidad de generación de energía ha aumentado en un 50% desde 2010, a medida que la proporción de energías renovables ha crecido”.

“En nuestro **“Escenario de Políticas Declaradas”** (STEPS), los requisitos generales de minerales críticos para tecnologías de energía limpia casi se triplican entre hoy y 2050. El escenario **“Cero Emisiones Netas en 2050”** (NZE), **supondrá niveles récord en cuanto al despliegue de energía limpia, en tanto requerirá hasta seis veces más insumos minerales que en la actualidad”**.

“La demanda de minerales para vehículos eléctricos y baterías de almacenamiento **aumentará en más de 50 veces de aquí al 2050**, mientras que **la expansión de las redes eléctricas conducirá a duplicar la demanda de cobre para líneas eléctricas en el mismo período”**

“El litio experimentará el crecimiento más rápido entre los minerales clave, con una **demanda 100 veces superior a su nivel actual hasta 2050**, mientras que el cobalto, el níquel y el grafito también experimentarán un rápido crecimiento de la demanda”.

“La **demanda de cobre registrará el mayor crecimiento absoluto, aumentando en alrededor de 14 millones de toneladas (Mt), expandiendo el tamaño del mercado mundial del cobre en un 60% en el período que media hasta 2050”**.

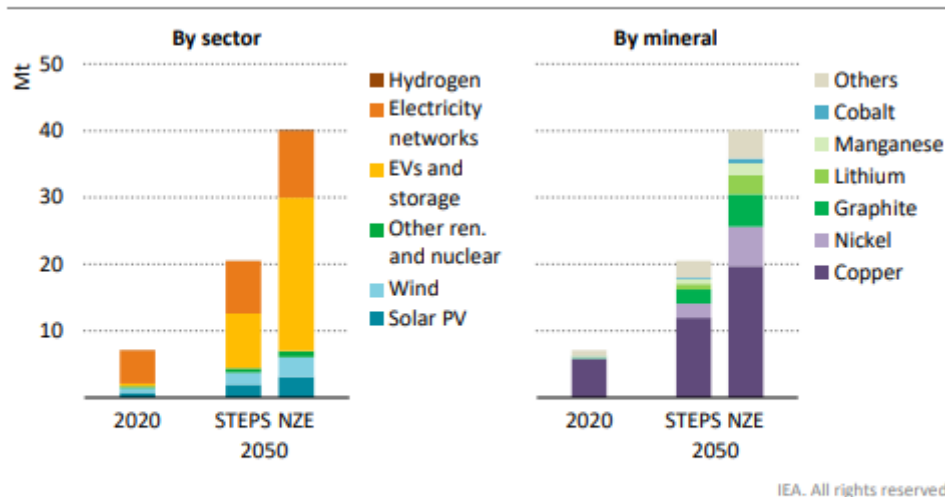
“Como resultado de todo ello, el escenario **“Cero Emisiones Netas en 2050”** supone que las tecnologías de energía limpia emerjan como el segmento de más rápido crecimiento de la demanda para la mayoría de minerales, evolucionando de consumidor de nichos de mercado, a líder de demanda”.

La perspectiva de un rápido aumento de la demanda de minerales críticos, muy por encima de todo lo visto anteriormente en la mayoría de los casos, plantea preguntas sobre la disponibilidad y confiabilidad del suministro. Los planes actuales de suministro e inversión están concebidos desde una perspectiva mundial cuya paulatina e insuficiente acción sobre el cambio climático, aumenta los riesgos de que, en escenarios impulsados por el cambio climático, la oferta se quede por detrás de la demanda proyectada.

Los desafíos se ven agravados por los largos plazos de entrega en cuanto al desarrollo de nuevos proyectos, la disminución en la calidad de los recursos, el creciente escrutinio social sobre su impacto en el medio ambiente y la ausencia de diversidad geográfica respecto a la extracción y concentración de las operaciones. Por ejemplo, **la producción de las 3/4**

partes del litio, el cobalto y las tierras raras, son controladas por 3 naciones; encontrándose un mayor nivel de concentración en las operaciones de procesamiento, con China como factor dominante en todos los ámbitos.

Figure 6.14 ▶ Mineral requirements for clean energy technologies by scenario



In the NZE, mineral requirements for clean energy technologies increase by up to six-times by 2050, with particularly high growth for EV-related materials

Notes: Mt = million tonnes; ren. = renewables. Includes most of the minerals used in various clean energy technologies, but does not include steel and aluminium. (See IEA, 2021g for a full list of minerals assessed.)

Los impactos de una escasez de suministro de minerales serían diferentes a los de una escasez de suministro de petróleo. No habría ningún efecto inmediato en los consumidores que conducen vehículos eléctricos o utilizan electricidad generada por energía solar. Sin embargo, los precios más altos y volátiles o las interrupciones del suministro serían perjudiciales porque podrían hacer que el progreso global hacia un futuro de energía limpia sea más lento y / o más costoso. El ajuste de los suministros podría provocar diversas respuestas de la industria y los consumidores, como la reducción de la demanda, la sustitución de materiales, el aumento del reciclaje o el aumento de la inversión en el suministro. Por ejemplo, un crecimiento masivo en el despliegue de baterías en el escenario **“Cero Emisiones Netas en 2050”** podría ejercer una presión sustancial sobre los suministros y los precios de los minerales, lo que desencadenaría esfuerzos como el cambio a productos químicos de baterías alternativos que demandaran menos insumos de materiales (Recuadro 6.2).

Sin embargo, estas respuestas a menudo han tenido retrasos no despreciables o una considerable volatilidad de los precios. Los períodos sostenidos de precios más altos de los minerales críticos podrían elevar los costos de las tecnologías de energía limpia y retrasar las transiciones energéticas, aunque podrían ayudar a traer nuevos suministros al mercado o estimular el desarrollo de alternativas.

Recuadro 6.2 ▾

Los períodos de altos precios del cobalto a finales de la década de 2010 llevaron a muchos fabricantes de vehículos eléctricos a buscar formas de reducir el uso de cobalto y desarrollar baterías con mayor densidad de energía. Como resultado, las baterías de los vehículos eléctricos se alejaron de las químicas ricas en cobalto en los últimos años hacia las químicas que usan más níquel. Suponemos que esta tendencia continuará, con NCA + y NMC811 (química del óxido de cobalto, manganeso y níquel, con el 80% de níquel, 10% de manganeso y 10% de cobalto), representando el 65% del mercado de vehículos eléctricos ligeros en 2050 en comparación con el 35% en 2020.⁸ En la NZE, un mayor enfoque en la innovación y la cooperación internacional conduce a un mercado acelerado penetración de baterías de estado sólido con ánodo de metal de litio. Estos tienen varias ventajas sobre la generación actual de baterías de iones de litio, incluida una mayor densidad de energía y una seguridad operativa mejorada.

No obstante, las implicaciones minerales de un aumento importante en el despliegue de energía limpia en la NZE son enormes. El despliegue de baterías de vehículos eléctricos en el NZE es más de tres veces mayor que en los STEPS durante las próximas tres décadas, y esto podría ejercer una gran presión sobre los suministros y precios de minerales, en particular para el níquel y el cobalto del grado de batería. La demanda de estos dos minerales en tecnologías de energía limpia aumentará casi 40 veces entre 2020 y 2050 en la NZE.

Esto podría resultar en volatilidad de precios y endurecimiento del mercado y, por lo tanto, retrasar el logro de los objetivos de implementación de vehículos eléctricos establecidos por muchos países. Por lo tanto, es concebible que el NZE pueda ver más baterías para vehículos eléctricos con necesidades minerales críticas más bajas (como fosfato de hierro y litio [LFP] y productos químicos ricos en manganeso como las baterías de óxido de níquel y manganeso de litio [LNMO]), incluso si estas pueden ser subóptimas. desde una perspectiva de desempeño.

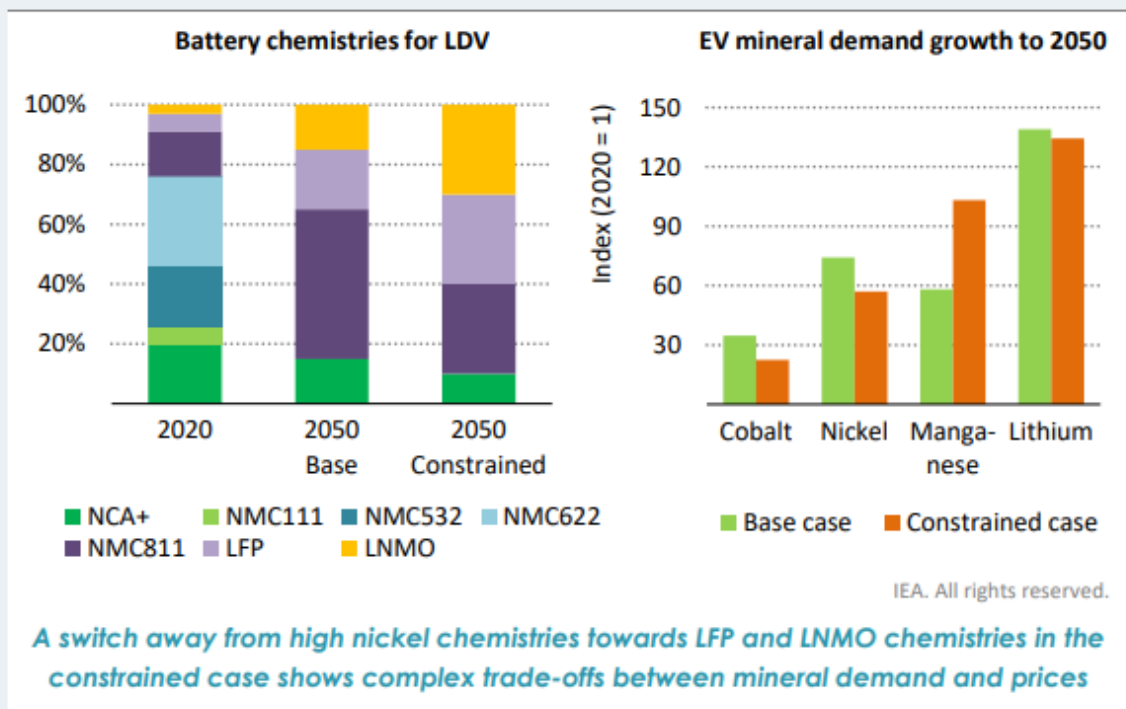
Tras las subidas de precios de los precursores del óxido de níquel, manganeso y cobalto (NMC) en la primera mitad de 2021, varias empresas ya han disentido de la opinión de consenso de que las químicas de cátodos de NMC ricas en níquel dominarán las futuras químicas de los vehículos eléctricos. Hemos explorado los impactos potenciales de un cambio acelerado lejos de las químicas con alto contenido de níquel y cobalto en el caso de suministro restringido de minerales (Figura 6.15).

En el caso restringido, la proporción de componentes químicos de las baterías NCA + y NMC811 cae al 40% en comparación con el 65% en el caso base, y esto se compensa con un aumento equivalente en la participación de LFP y productos

químicos ricos en manganeso. Como resultado, hay una menor demanda de cobalto (-35%) y níquel (-23%) en 2050 que en el caso base.

Esto subraya el importante papel de las opciones tecnológicas y la innovación en la configuración de los futuros requisitos minerales y en el alivio de posibles tensiones de suministro. También subraya las posibles compensaciones involucradas. Por ejemplo, la demanda de manganeso en el caso restringido es un 80% más alta, mientras que la demanda de litio disminuye sólo ligeramente.

Figure 6.15 ▶ Battery chemistries and EV-related mineral demand growth in the Net Zero Emissions by 2050 Scenario in the base and constrained mineral supply cases



Notes: LDV = light-duty vehicles including passenger light-duty vehicles, light commercial vehicles and two/three-wheelers. LFP = lithium iron phosphate; LNMO = lithium nickel manganese oxide.

Impactos de los aumentos de precios de los minerales en la inversión en energía limpia

Durante la última década, el conocimiento de la tecnología y las economías de escala han reducido significativamente los costos de las tecnologías energéticas clave. Por ejemplo, el costo de las baterías de iones de litio se ha reducido en un 90% desde 2010. Sin embargo,

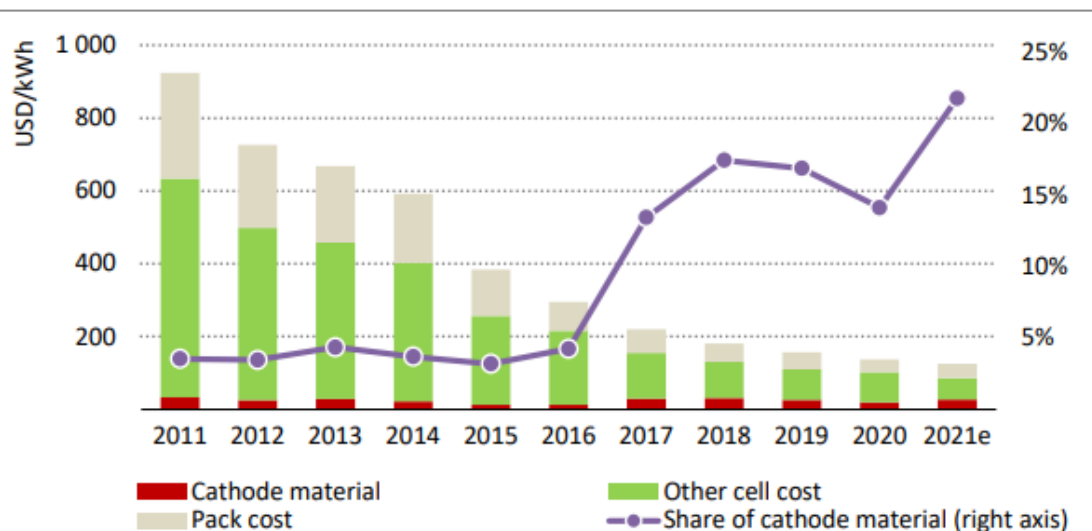
esto también significa que los costos de las materias primas ahora son mayores en el costo total de las tecnologías de energía limpia. La participación de los materiales del cátodo en los costos de las baterías ha seguido aumentando durante la última década y recientemente ha alcanzado más del 20% (Figura 6.16).

Cuando se agregan los materiales de los ánodos y otras materias primas, la proporción de materias primas aumenta aún más hasta aproximadamente un 50-70% (IEA, 2021g). Por lo tanto, los precios de los minerales más altos o más volátiles podrían tener un efecto significativo en los costos de transformación de nuestros sistemas de energía.

El impacto de los precios de las materias primas en los costos totales varía según la tecnología, pero los repentes de sus precios en la primera mitad de 2021 ilustran las posibles tensiones si estas tendencias se mantienen a más largo plazo. Una combinación de precios al alza de los productos básicos, costos de envío y cuellos de botella en la cadena de suministro, ha ejercido presión sobre los márgenes de la industria y los precios de los equipos.

Según los informes, los precios de los nuevos contratos de aerogeneradores aumentaron en 2021, revirtiendo las tendencias observadas en los últimos años (Wood Mackenzie, 2021). El fuerte aumento de los precios del silicio y la plata también ha elevado el precio de los módulos solares fotovoltaicos.

Figure 6.16 ▶ Average pack price of lithium-ion batteries and share of cathode material cost



IEA. All rights reserved.

Increasing significance of raw materials in total battery costs means that mineral prices could have a substantial impact on industry cost targets

Notes: kWh = kilowatt-hours. The 2021 values (labelled 2021e) are estimated based on material prices in June 2021. Cathode material costs include lithium, nickel, cobalt and manganese. Other cell costs include costs for anode, electrolytes, separator and other components as well as costs associated with labour, manufacturing and capital depreciation.

Source: IEA analysis based on BNEF (2020).

En la energía solar fotovoltaica, los materiales representan una parte importante de los costos de los módulos. Los materiales clave incluyen silicio (10-15% de los costos del módulo) y plata (5-7%). Los precios del polisilicio de grado solar se han más que duplicado desde el año pasado, mientras que el precio de la plata ha aumentado alrededor del 30% (BNEF, 2021a).

Estos aumentos han dado lugar a un aumento de costes de 0,04 USD / vatio, o alrededor del 16% de los costes de los módulos. Para un proyecto fotovoltaico típico de 100 megavatios (MW) a escala de servicios públicos, un aumento del 16% en el costo de un módulo representa un aumento del 4% en el costo total del proyecto en dólares por vatio, si no se compensa con reducciones en otros elementos de costo.

Para la energía eólica, los materiales de las turbinas han representado típicamente alrededor del 15% del precio total de las turbinas durante la última década (excluidas las cimentaciones) (Elia et al., 2020). La participación del costo de los materiales varía según el tipo de turbina, pero generalmente está dominada por el acero; en tanto el cobre, las tierras raras y el zinc, representan la mayor parte del resto. Desde junio de 2020, los precios del acero casi se han duplicado en China y se han triplicado en América del Norte, mientras que los precios del cobre han aumentado un 50% durante el último año.

Estos aumentos de precios han provocado un aumento del 8-10% en el costo de fabricación de la turbina, lo que podría aumentar los costos de capital totales en aproximadamente un 5%. Los precios de los elementos pertenecientes a las tierras raras utilizados en turbinas basadas en generadores síncronos de imanes permanentes, también se han duplicado durante el año pasado, lo que ha contribuido al aumento de los costes de las turbinas.

Para las redes eléctricas, se estima que los costos de cobre y aluminio representan alrededor del 14% y el 6% de la inversión total respectivamente, sobre la base de los precios promedio de los últimos diez años. Los precios más altos observados, casi el 20% y el 8% respectivamente, aumentan los costos generales de inversión en la red en aproximadamente un 9%.

Los precios promedio del cobre en 2021 hasta ahora, se han situado en USD 9300 / tonelada, cerca de los precios más altos observados en la última década, en comparación con el precio promedio de la década de 2010, localizado alrededor de USD 7000 / tonelada.

Para las baterías de vehículos eléctricos, los precios promedio de los materiales del cátodo mostraron un aumento generalizado en la primera mitad de 2021, del 20 al 40% para el litio y el níquel, y de dos tercios para el cobalto. Esto se traduce en un aumento del 6% en los costos de las baterías de los vehículos eléctricos, siempre que otros elementos del costo sigan se mantengan (Figura 6.17).

Los impactos varían según la química de la batería. Para las que utilizan la química NMC62, una duplicación de los precios de cualquiera de los tres minerales clave (níquel, cobalto o hidróxido de litio) hace que los costos de los paquetes aumenten entre un 5% y un

7%. Si los precios del níquel y el cobalto se duplicaran al mismo tiempo, esto descartaría todas las reducciones de costos unitarias previstos, asociadas con una duplicación de la capacidad de producción de baterías (IEA, 2021g).

Por el contrario, el aumento de los precios del hierro, el fósforo y el carbonato de litio tiene un impacto limitado en el costo de los paquetes de baterías LFP, que dominan las aplicaciones de almacenamiento, porque estos tres materiales clave representan solo el 2.5% del gasto de capital final a nivel de proyecto (BNEF, 2021b).

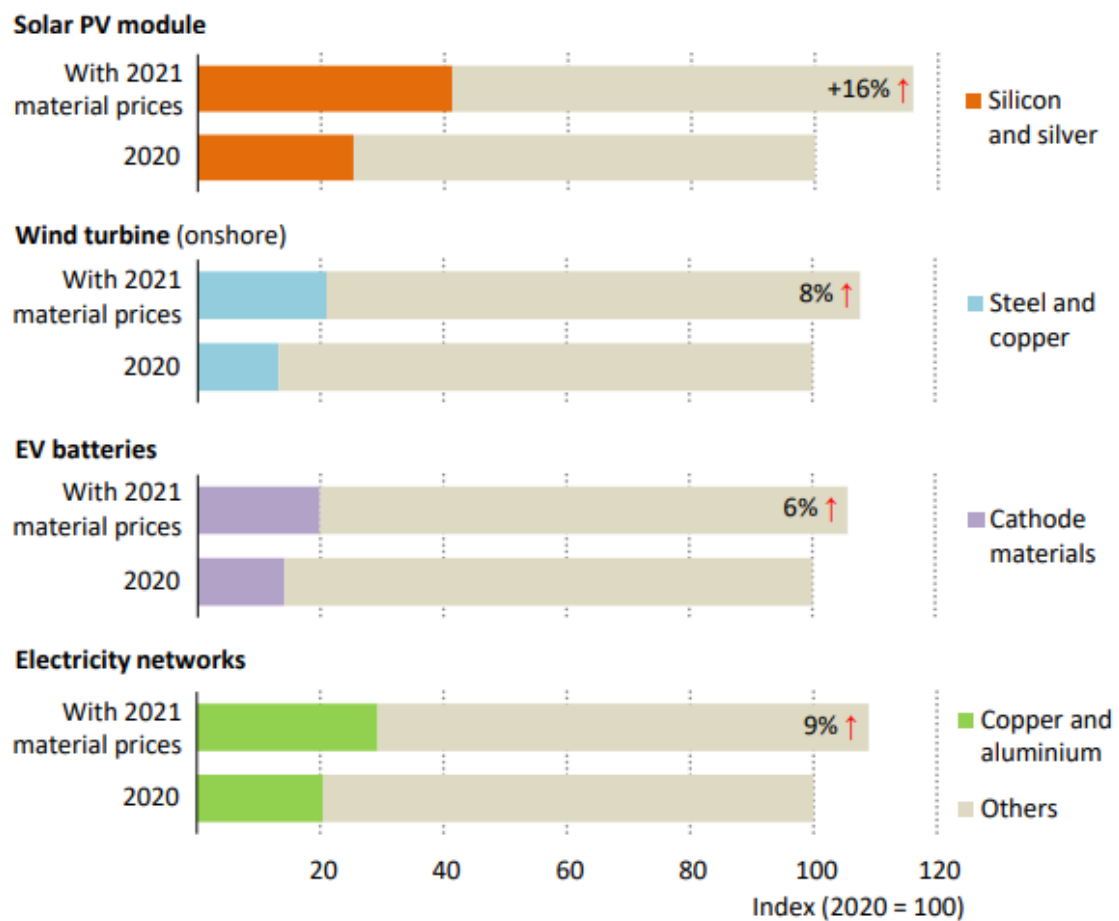
No está claro si continuará el aumento de precios en la primera mitad de 2021 y durante cuánto tiempo. El aumento en los precios de los materiales clave a la escala observada recientemente generaría una presión al alza sobre los costos totales de capital en un 5-15%. Esto podría agregar USD 430 mil millones a las necesidades de inversión acumuladas para las redes de energía solar fotovoltaica, eólica, de baterías y de electricidad durante esta década en el escenario **“Cero Emisiones Netas en 2050”**, y cerca de 700 mil millones de dólares en la NZE.

Los altos precios de los materiales requerirían grandes reducciones en otros elementos de su estructura de costo, para mantener los mismos en una trayectoria descendente continua. Estos riesgos para el suministro de minerales son reales, pero pueden mitigarse mediante políticas y acciones integrales por parte de los gobiernos y la industria. El papel de los minerales críticos en las transiciones de energía limpia presenta áreas clave de acción para garantizar suministros minerales confiables y sostenibles (IEA, 2021g). Es fundamental aumentar la inversión en nuevas instalaciones mineras y de procesamiento.

Para atraer capital a nuevos proyectos, los formuladores de políticas deben proporcionar señales claras sobre sus ambiciones climáticas y cómo sus objetivos se convertirán en acciones, mientras toman medidas para fortalecer los estudios geológicos y agilizar los procedimientos de permisos. La innovación tecnológica tanto en el lado de la demanda como en el de la producción puede traer beneficios de seguridad sustanciales al promover un uso más eficiente de los materiales, permitir la sustitución de materiales y desbloquear nuevos suministros considerables.

Redoblar los esfuerzos para el reciclaje permitiría recuperar valiosos recursos minerales del equipo obsoleto. Estas medidas deben formar parte de una estrategia amplia que también abarque los estándares de resiliencia, transparencia y sostenibilidad de la cadena de suministro. La respuesta de los formuladores de políticas y las empresas determinará si los minerales críticos siguen siendo un facilitador vital para las transiciones de energía limpia o se convierten en un cuello de botella en el proceso.

Figure 6.17 ▶ Impacts of 2021 material price increases on the costs of selected clean energy technologies



IEA. All rights reserved.

Rising costs of key materials could make clean energy technologies 5-15% more expensive, if not compensated by other cost reductions

El presente análisis, considera los precios estimados para 2021 materiales los clave en cada tecnología, a los costos del equipamiento en 2020, manteniendo constantes otros elementos su estructura. Los materiales catódicos para las baterías de vehículos eléctricos incluyen litio, níquel, cobalto y manganeso.

Fuente: Análisis de la IEA con base en BNEF (2020) y S&P Global (2021).