



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

GRADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

**Impacto social de un teléfono móvil a lo largo
del ciclo de vida. Fase de extracción de
materiales.**

Autor:

Villalobos Núñez, Carlos

Tutor:

**Cáceres Gómez, Santiago
Departamento de Tecnología
Electrónica**

Valladolid, Julio 2023.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar los impactos sociales que se producen en la extracción de los minerales necesarios para la fabricación de un teléfono móvil.

Para la fabricación de un teléfono móvil se necesitan extraer muchos de los elementos de la tabla periódica, pero debido a los conceptos de mineral crítico y minerales de conflicto estudiaremos el impacto social del tántalo y del cobalto.

Para esto realizaremos una revisión bibliográfica sobre el efecto que tiene en la sociedad de la República Democrática del Congo la extracción tanto de tántalo como de cobalto. Dicho objetivo se llevará a cabo revisando algunos de los principales aspectos de impacto social de la extracción minera en este país. Estos son, abuso de los derechos humanos, conflictos armados, violencia y trabajo infantil.

PALABRAS CLAVE

Diligencia Debida, Mineral en conflicto, Impacto Social, Tántalo, Cobalto, Trabajo infantil, Abuso de derechos humanos.

ABSTRACT

The goal of this paper is to evaluate the social impacts that occur in the extraction of minerals necessary for the manufacture of a cell phone.

For the manufacture of a cell phone many of the elements of the periodic table need to be extracted, but due to the concepts of critical mineral and conflict minerals we will study the social impact of tantalum and cobalt.

Because of this we will conduct a literature review on the effect on society in the Democratic Republic of Congo of the extraction of both tantalum and cobalt. This will be done by reviewing some of the main aspects of social impact of mining extraction in underdeveloped countries. These are human rights abuses, armed conflicts, violence and child labor.

KEYWORDS

Due Diligence, Conflict Mineral, Social Impact, Tantalum, Cobalt, Child Labor, Human Rights Abuse.

ÍNDICE

1. INTRODUCCION, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	13
1.1 INTRODUCCIÓN	13
1.2 JUSTIFICACIÓN	14
1.2.1 Diligencia Debida Para Una Conducta Empresarial Responsable ..	16
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 Objetivos Generales.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos.....	18
2. EJEMPLOS DE IMPACTO SOCIAL DEBIDO A AL EXTRACCIÓN DE RECURSOS MINERALES	19
2.1 LITIO EN BOLIVIA.....	19
2.2 DIAMANTES EN ZIMBABUE	20
2.3 MINAS DEL CERRO DE PASO, PERÚ	20
3. APLICACIÓN DE LA DILIGENCIA DEBIDA	22
3.1 ESTADO DE LA LEY DE DILIGENCIA DEBIDA PARA UNA CONDUCTA EMPRESARIAL RESPONSABLE	22
3.2 GUÍA DE DILIGENCIA DEBIDA PARA UNA CONDUCTA EMPRESARIAL RESPONSABLE.....	23
4. EVALUACION DEL IMPACTO SOCIAL	26
5. EXTRACCION DE MATERIAL	29
5.1 COMPONENTES DE UN SMARTPHONE.....	29
5.2 MINERALES CRÍTICOS	31
6. IMPACTO SOCIAL	35
6.1 MINERALES EN CONFLICTO	35
6.2 MINERALES A EVALUAR.....	36
6.3 EL TÁNTALO	37
6.3.1 Principales actores y conflictos en la producción de Tántalo.....	39
6.3.2 Tántalo en la República Democrática del Congo.....	41
6.3.3 Tráfico de Coltán en la República Democrática del Congo.....	42
6.3.4 Condiciones de trabajo de los mineros artesanales	50
6.3.5 Grupos Vulnerables	50
6.3.6 Datos de impacto social actualizados a 2022	51
6.3.7 Resumen de Impactos sociales por categoría:.....	53
6.4 EL COBALTO	54
6.4.1 Actores en el mercado del cobalto.	56

6.4.2 Cobalto en la República Democrática del Congo	57
6.4.3 Minería artesanal y a pequeña escala de cobalto en la RDC.....	57
6.4.4 Cadena de Suministro	58
6.4.5 Abuso de Derechos humanos en la minería artesanal	59
6.4.6 Trabajo infantil en la minería de cobalto	59
7. CONCLUSIONES	61
8. POSIBLES LÍNEAS PARA UN FUTURO TRABAJO	62
8. BIBLIOGRAFÍA.....	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Demanda de Litio a lo largo de los años. Fuente: (Borda & García , 2020)	19
Ilustración 2: Proceso de Debida Diligencia y Medidas de Apoyo. Fuente: (OCDE, 2018)	24
Ilustración 3: Aplicación de los valores de referencia. Fuente: (OCDE 2018) .	27
Ilustración 4: Ejemplo de vínculos entre stakeholders y subcategorías.	28
Ilustración 5: Lista completa de componentes de un iPhone. Fuente: (Merchant, 2017).....	29
Ilustración 6: Elementos de la Tabla Periódica presentes en un teléfono móvil. Fuente: (Brunning, 2019).....	30
Ilustración 7: Representación de los metales usados para la tecnología en el tiempo (Beddington, 2021).....	32
Ilustración 8: Importancia económica de un metal vs su riesgo de suministro. Tomado de Regueiro & Gonzalez-Barros, 2014.	33
Ilustración 9: Lista de 30 materiales críticos definidos por la Comisión Europea. Fuente: (Comisión Europea, 2020)	34
Ilustración 10: Principales países suministradores de materiales críticos. Fuente: (Carralero, 2021).....	34
Ilustración 11: Mapa de áreas con minerales de conflicto. Fuente: (European Union, 2023)	36
Ilustración 12: Tantalita. Fuente: (GeologiaWeb, 2021).....	38
Ilustración 13: Evolución de la producción de Tántalo a lo largo de los años. Fuente: (DocPlayer).....	39
Ilustración 14: Producción de tántalo por los principales países productores. Fuente: (Garside, 2023)	39
Ilustración 15: Destinos mundiales del tántalo extraído en la RDC.....	40
Ilustración 16: Principales conflictos sociales generados a lo largo de la cadena de suministro de un producto (Hofmann et al., 2018).....	41
Ilustración 17: Regiones del Congo donde se encuentran las reservas de tántalo. Fuente: (Salcedo-Albaran , Lopez , & Awawi, 2017).....	42
Ilustración 18: Provincias de la RDC	43
Ilustración 19: Minas artesanales de coltán registradas en la zona este de RDC. Fuente: (Ojewale, 2022).....	44

Ilustración 20: Distribución de los conflictos armados en la región este de RDC. Fuente: (Milián Navarro , y otros, 2022).....	46
Ilustración 21: : Rutas de contrabando por parte de la delincuencia organizada desde el este de la RDC a grupos delictivos, empresas o particulares en Uganda, Ruanda y Burundi. Fuente: (UNEP, Monusco , 2015)	49
Ilustración 22: Minas de Coltán afectadas por conflictos armados en el este de la RDC. Fuente: (IPIS, 2023)	49
Ilustración 23: Data Dashboard filtrando por el coltán. Fuente: (IPIS)	52
Ilustración 24: Cantidad de grupos armados en las minas. Fuente: (IPIS)	53
Ilustración 25: Mineral Cobaltita. Fuente: (flores, 2023).....	54
Ilustración 26: Funcionamiento una batería. Fuente: (Lopez, 2021)	55
Ilustración 27: Productores mundiales de cobalto. Fuente: (Statista, 2022) .	56
Ilustración 28: Producción global de cobalto a lo largo de los años. Fuente: (Domenech & Joris, 2021)	57
Ilustración 29: Localización de las minas de cobalto en la RDC. Fuente: (IPIS,2023)	57

1. INTRODUCCION, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

A través del desarrollo de la civilización, la interacción del ser humano con su entorno ha ido evolucionando, de forma que el impacto de su actividad sobre el entorno ha aumentado de la mano del desarrollo humano como sociedad.

La ingeniería tiene un papel fundamental en el desarrollo de la humanidad, principalmente a través de la tecnología, de forma que los impactos que tiene sobre el entorno pasan, en gran medida, por el campo ingenieril.

En este contexto, en los últimos años, y con el objetivo de disminuir el impacto negativo de la actividad humana en el entorno, ha surgido el término sostenibilidad. Esta palabra surge como objetivo y casi mantra para empresas, organizaciones e instituciones.

Las tres dimensiones de la sostenibilidad son la económica, la medioambiental y la social. Mediante estos tres objetivos se pretende conseguir un mundo más habitable y más largoplacista (Storch, 2020)

Quizás, la dimensión económica es la más evidente, y la medioambiental es sobre la que más se habla. Sin embargo, la dimensión social del paradigma de la sostenibilidad no es tenida en cuenta de la misma manera que las otras dos.

La ingeniería es esencial en el objetivo de búsqueda de un desarrollo sostenible, y la tecnología se ha tornado un aspecto básico en la totalidad de las sociedades actuales. En los últimos años, el mundo está en medio de un vertiginoso proceso de digitalización. Por ello, la industria de fabricación electrónica es la base de la economía digital, la cual supuso un 15,5% del PIB mundial en 2022 (World Bank, 2022).

Para que la fabricación de productos electrónicos sea posible se necesitan ciertos materiales cuya distribución en el planeta es extremadamente desigual por razones puramente geológicas. De esta manera las grandes corporaciones de productos electrónicos en ciertas ocasiones necesitan recursos de países que no tienen una infraestructura ni laboral ni tecnológica al nivel de desarrollo de los países occidentales, como para llevar a cabo la extracción de estos recursos de una forma saludable para su sociedad.

La suma de estos dos factores, las grandes cantidades de capital que se mueven en este sector y, que la extracción de recursos se produzca en países en vías de desarrollo, forman el caldo de cultivo perfecto para la vulneración de derechos humanos, crisis migratorias, conflictos armados y vulneración de derechos de los indígenas.

El presente trabajo está enfocado al impacto social en la etapa de obtención de materias primas dentro de la cual se encuentra su extracción. Estudiar esta etapa en concreto viene motivado porque es una de las etapas que más impacto generan, en lo ambiental y especialmente en lo social.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo tratará la idea de cómo la explotación de los recursos afecta a la población establecida en el lugar donde los recursos se hayan. En este contexto se puede hablar de varios estudios que indican la existencia de un mismo fenómeno denominado “*La maldición de los recursos*”. Este fenómeno trata sobre el efecto que produce la explotación de recursos valiosos en sociedades que se encuentran en vías de desarrollo. Señalando que, en una parte significativa de las ocasiones, no existe el esperado crecimiento económico y desarrollo social que se esperaría de una fuente de riqueza como son los recursos, sino que incluso esta explotación llega paradójicamente a perjudicar económicamente al país, crear más pobreza, debilitar a los gobiernos, y generar conflictos armados.

En primer lugar, en el aspecto económico, el concepto clave es la dependencia económica de los recursos naturales que el país tenga. Usualmente un país cuyo PIB depende demasiado de los recursos naturales que contenga tiende a tener dos efectos económicos: Una reducción del crecimiento económico y un incremento de la pobreza. (Ross, 2003). Esto se debe a que la dependencia económica en los recursos provoca que la economía del país sea dependiente de las fluctuaciones de los precios de estos recursos en el mercado internacional. En recursos como por ejemplo el oro, el precio cambia mucho. De esta forma una bajada significativa en el precio al que se vende cierto mineral tendrá un efecto dominó en toda la economía del país, empobreciéndolo y aumentando la desigualdad, con lo que aumenta el descontento de la población.

En segundo lugar, la dependencia en los recursos de un país tiende a influenciar a los gobiernos de manera que los hace menos capaces de resolver un conflicto en su población. Uno de los mecanismos a través del cual esto sucede es la corrupción. Existe evidencia de que los gobiernos que en un periodo corto de tiempo comienzan a ingresar grandes cantidades de capital debido a recursos como los minerales, son incapaces de manejar eficientemente ese volumen de dinero, resultando en la corrupción. Además, se produce que, al tener un gran incremento de ingresos en una cierta zona muy concreta, al gobierno le es muy difícil imponer la ley y el orden en la zona. Todo esto debilita a los gobiernos y les hace perder credibilidad frente a la población (Ross, 2003).

El empobrecimiento del país, sumado a la debilidad y falta de credibilidad del gobierno generan descontento en la población y la posibilidad de que exista una revuelta o un golpe de estado, que si escala puede desembocar en un conflicto armado de gran envergadura o internacional. Esto sucede especialmente en África, donde existen 15 conflictos armados activos, de los cuales 8 son debido a los recursos, los cuales se pueden observar en la tabla 1.

	Nº Conflictos Activos	Nº Conflictos debidos a recursos
África	15	8
América	1	0
Asia	9	1
Europa	2	0
Oriente Medio	5	1

Tabla 1: Nº de conflictos activos. Fuente: (Millán Navarro y otros, 2022)

Diversos grupos armados considerados terroristas se han beneficiado de la existencia de recursos minerales para su financiación. Esto se produce porque los recursos deben ser extraídos en un punto muy concreto de la geografía del país. Esto hace sencillo para los grupos armados superar la seguridad de la instalación y robar las riquezas allí presentes. También existen casos en los que el grupo armado directamente secuestra la fuente de recursos y vende la materia prima por sí mismo (Ross, 2003). Hay varios países que sirven como ejemplo de este fenómeno, pero el más claro de todos ellos probablemente la República Democrática del Congo (RDC).

Las exportaciones de cobre y cobalto significan el 20% del PIB de la RDC. El país contiene el 5% del cobre y cerca del 60% del cobalto que hay en el mundo. EL cobalto es un mineral clave en la llamada transición energética, ya que se usa para aumentar el rendimiento de las baterías de litio que se utilizan masivamente en todo tipo de dispositivos electrónicos incluyendo los omnipresentes teléfonos móviles. Además, la RDC tiene grandes reservas de los minerales llamados 3Ts, que son estaño, tántalo o tantalio y wolframio (tin, tantalium, tungstem), así como de oro. Estos cuatro minerales se consideran los elementos clave para la moderna industria electrónica del siglo XXI (Lutandula, 2019).

A pesar de esto, la RDC es el noveno país con menos PIB *per capita* del mundo, y tiene un índice de capital humano de 0,37, lo que quiere decir que una persona nacida en RDC podrá desarrollar sólo el 37% de su potencial (World Bank, 2022).

Como hemos desarrollado previamente, los países que exportan materias primas para que se sostenga la industria electrónica, en una cantidad

significativa de los casos no experimentan cambios positivos ni en su economía ni en su sociedad, por lo que cabe investigar cual es el impacto para la sociedad establecida en la zona de la extracción de minerales de valor para la industria.

1.2.1 Diligencia Debida Para Una Conducta Empresarial Responsable

En vistas de esta problemática, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) introdujo en 2018 el concepto de diligencia debida para una conducta empresarial responsable. Este es un paradigma que pretende mitigar los impactos negativos que pueda tener la actividad empresarial a lo largo de toda la cadena de suministro y de todo el ciclo de vida del producto.

La OCDE es un organismo de cooperación internacional formado por 38 estados pertenecientes al colectivo de países usualmente denominado como “occidente”. El objetivo de la OCDE es coordinar políticas económicas y sociales con el fin de contribuir a una sana expansión en los países miembros, así como en los no miembros.

La diligencia debida es un principio por el cual las empresas deben prevenir, mitigar y responder de todos los impactos negativos reales o potenciales en los que la actividad empresarial, en todo su ciclo de vida, pueda resultar. Estos impactos negativos o riesgos pueden afectar en los siguientes aspectos: derechos humanos, incluidos trabajadores y relaciones laborales, medio ambiente, corrupción y divulgación de los intereses de los consumidores. En definitiva, la diligencia debida insta a las corporaciones a llevar a cabo una conducta empresarial responsable (OCDE, 2018).

Existen ocasiones en las que la actividad como tal de la empresa no implica riesgos, pero la circunstancia en la que se desarrolla su trabajo sí los implica. En este caso, según la diligencia debida, la empresa deberá hacer una evaluación de los posibles impactos negativos que tendría realizar su actividad comercial bajo esas circunstancias, llegando incluso a renunciar a realizar la actividad.

La OCDE ha elaborado una guía genérica que detalla como implantar la diligencia debida en todo el ciclo de vida de un producto, además de elaborar guías específicas para ciertos sectores de la industria. Según esta guía es especialmente necesario aplicar la diligencia debida a los procesos comerciales que contienen un riesgo intrínseco, como es nuestro caso.

El paradigma de la diligencia debida no se limita solo al plano conceptual y ético para las empresas. Sino que desde la Unión Europea (UE) se está trabajando en el marco legislativo necesario para que la diligencia debida no sea simplemente un compendio de principios éticos que las empresas pueden optar o no por aplicar, sino que sea un requisito de obligado cumplimiento, es

decir, que la falta de la aplicación de los principios de la diligencia debida conlleve un régimen de posibles sanciones a la corporación o corporaciones implicadas (Grainger, 2022).

El grado universitario que finalizo con este TFG que es el grado en Ingeniería de Organización industrial, tiene un gran contenido de gestión empresarial, es por eso que, en el contexto de la diligencia debida se torna necesario gestionar también la aplicación de los principios de la diligencia debida a lo largo de la cadena de suministro de la compañía. Para llevar a cabo la diligencia debida es necesario evaluar el impacto que se produce a lo largo de toda la cadena de suministro. Es por eso que la evaluación del impacto social se torna necesaria y toma un papel muy importante en la diligencia debida, y por tanto en la gestión de las empresas. Por ello, a continuación, se describe el objetivo general y los objetivos específicos del presente Trabajo fin de grado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos Generales

El objetivo general del presente trabajo fin de grado es evaluar el impacto social que produce la fase de extracción mineral del ciclo de vida de un teléfono inteligente o smartphone, en concreto de dos de los minerales más relevantes: El tántalo y el cobalto.

La decisión de escoger únicamente dos minerales viene motivada por la enorme cantidad de materiales que están presentes en un teléfono inteligente, de forma que estudiar el impacto social de cada uno de ellos excede ampliamente el alcance esperado para un solo trabajo de fin de grado.

La elección de estos dos minerales, tántalo y cobalto, está motivada en parte por la cantidad de literatura científica que, a priori, existe acerca del impacto social de estos dos elementos. Esto es debido a las grandes reservas de estos dos recursos minerales en el territorio de la RDC.

El procedimiento que se va a seguir para conseguir este objetivo será el siguiente.

En primer lugar, a partir de ciertos artículos científicos se obtendrá una lista de todos lo minerales necesarios para la fabricación de un teléfono *smartphone*. Después, a través de los conceptos de mineral crítico y mineral en conflicto, se evaluarán cuáles son los metales más significativos, es decir los candidatos, para efectuar el estudio.

Finalmente, se realizará el estudio de impacto social de ciclo de vida a partir de la guía de la OCDE para este tipo de trabajos, procediendo posteriormente a la exposición de resultados.

1.3.2 Objetivos Específicos

En el marco del objetivo genérico que nos hemos planteado, definimos los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluación del impacto social de la extracción de tántalo o tantalio para la fabricación de un *smartphone*.
2. Evaluación del impacto social de la extracción de cobalto para la fabricación de un *smartphone*.
3. Evaluación de la posibilidad de denominación del cobalto como mineral de conflicto en base a la comparación de los impactos sociales entre el tántalo y el cobalto, habida cuenta de que el tántalo tiene la categoría de mineral en conflicto.

2. EJEMPLOS DE IMPACTO SOCIAL DEBIDO A AL EXTRACCIÓN DE RECURSOS MINERALES

2.1 LITIO EN BOLIVIA

Como alternativa a las materias primas fósiles, las nuevas tecnologías, como los vehículos eléctricos, los ordenadores portátiles o los teléfonos inteligentes, se han decantado por las baterías de litio. La demanda de litio en el mercado global está creciendo vertiginosamente. Bolivia es uno de los países con los yacimientos de litio más grandes a nivel mundial.

En la ilustración 1 se puede observar la creciente demanda de litio a lo largo de los últimos años y su proyección hasta 2024.

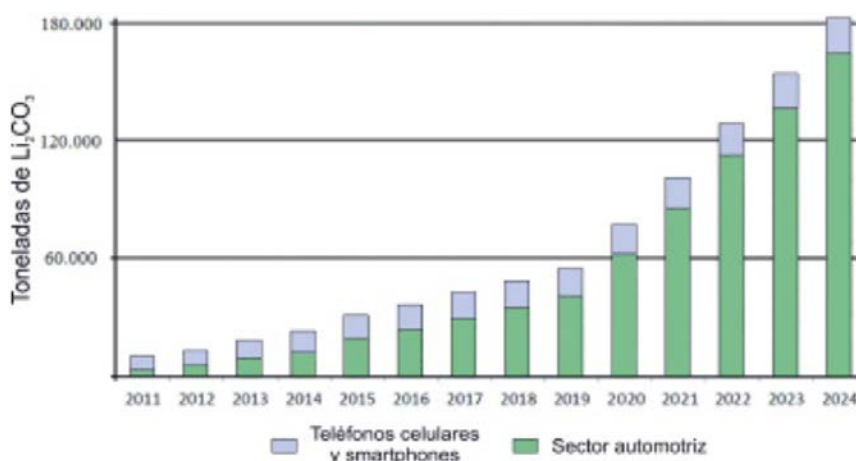


Ilustración 1: Demanda de Litio a lo largo de los años. Fuente: (Borda & García , 2020)

A pesar de las expectativas generadas por la existencia de estos valiosos recursos, Bolivia es un país que históricamente ha sufrido las desigualdades que implican que una minoría extranjera extraiga recursos del país. Esto sucedió tanto en la época colonial como posteriormente (Ströbele-gregor, 2012)

En la actualidad la extracción de litio, sobre todo en una zona del este del país, llamada el Potosí, tiene los siguientes impactos en la sociedad boliviana:

En primer Lugar, El potosí es una de las regiones más pobres de toda Bolivia por lo que sus representantes políticos exigen tener más beneficio y atención por parte del gobierno central lo que ha generado un conflicto dentro del país.

Por otra parte, en el Salar de Uyuni, una zona en la que también hay grandes cantidades de Litio, residía una población indígena que se dedicaba a actividades que dependen exclusivamente de la naturaleza como la agricultura, ganadería y la minería de boro a pequeña escala. Estas poblaciones indígenas han tenido que ser desplazadas ya que su actividad era incompatible con la extracción de Litio a gran escala (Ströbele-Gregor, 2013).

2.2 DIAMANTES EN ZIMBABUE

En 2001 se descubrieron por primera vez las reservas de diamante en Zimbabwe, pero no fue hasta 2006 cuando el gobierno de Zimbabwe declaró que las reservas estaban abiertas a todos, así comenzó la fiebre del diamante.

Zimbabwe es el país número 101 en el *ranking* de PIB per cápita (World Bank, 2022). Es decir, la pobreza de este país y el repentino descubrimiento de este valioso recurso produjo unos flujos migratorios desde todos los rincones del país a la zona donde se encontraban las reservas. De esta manera los campos de diamantes fueron explotados de manera artesanal, es decir personas, con sus propios medios, literalmente escarbando la tierra en busca del mineral.

El gobierno, ante la masiva llegada de personas que explotaban la mina de manera ilegal movilizó al ejército y a la policía. De esta forma tanto el ejército como la policía se hicieron con el control de las minas y se hicieron cargo, sin licencia, de la extracción y comercio del mineral. La operación se realizó en octubre de 2008 con los helicópteros militares sobrevolando los campos de Marangue y disparando indiscriminadamente sobre los campos y las aldeas cercanas, para después tomar los campos donde se reportaron más de 200 víctimas mortales. Además, se acusó a las fuerzas armadas de Zimbabwe de estar involucradas en el trabajo forzoso de niños y en la tortura de aldeanos. El ejército que perpetró este acto, pertenecía al antiguo partido gobernante en Zimbabwe, ZANU-PF. Parte de los ingresos de los campos fueron canalizados al partido en ese momento (Kasambala, 2009).

2.3 MINAS DEL CERRO DE PASO, PERÚ

El cerro de Pasco, en Perú, se encuentra al oeste del país, en Los Andes. Allí se encuentra la mina a cielo abierto más alta del mundo, a unos 4000 metros de altura existe lo que allí denominan “El Tajo”. Un agujero en la Montaña del que se extrae oro, plata zinc y cobre.

En 1901 la compañía Pasco Copper Corporation, filial estadounidense, aterrizó en la zona y a partir de ahí comenzó la explotación de los minerales.

La población de la zona, aproximadamente unas 60.000 personas, más bien empobrecida, cambió un sueldo un poco más alto que el resto de Perú por su salud (Palomo, 2017). La actividad en la mina provoca nubes de polvo que contienen metales pesados. Esto provoca la exposición de la población a metales pesados muy dañinos, en especial, para la población infantil.

En 2021 se evaluaron los cocientes intelectuales de 81 niñas y niños que viven en el distrito de Paragsha de Cerro de Pasco, uno de los más expuestos a la contaminación de las minas. El estudio se comparó con una muestra de niños en una ciudad cercana, Carhuamayo, donde no hay actividades extractivas activas. El valor promedio del Coeficiente Intelectual Total (CIT) en la población expuesta de Paragsha obtuvo una puntuación de 82,5, con una diferencia de 12,3 puntos menor con respecto a sus pares de la población no expuesta de Carhuamayo, una ciudad sin actividad minera, cuyo puntaje promedio fue de 94.8. En la muestra de Paragsha, el 37 % de los niños y adolescentes obtuvieron un CIT inferior al resto de las poblaciones.

El estudio se centró en analizar también muestras de cabello con el fin de probar los niveles de metales pesados en la población. Los resultados revelaron altos niveles de metales pesados en la población expuesta a las actividades mineras de Paragsha, en comparación a la población control de Carhuamayo.

En Paragsha, Cerro de Pasco, el nivel promedio del arsénico (0,45 mg/Kg) es dos veces mayor que el valor promedio de Carhuamayo (0,15mg/Kg). El nivel de plomo es seis veces mayor, y el del cadmio, lo es el doble (Source International, 2021).

Finalmente, los registros presentan una mortalidad infantil de 21 personas por cada 1000, mientras que en España, por ejemplo, son sólo de 4 por cada 1000, más de 5 veces inferior (Palomo, 2017).

3. APLICACIÓN DE LA DILIGENCIA DEBIDA

3.1 ESTADO DE LA LEY DE DILIGENCIA DEBIDA PARA UNA CONDUCTA EMPRESARIAL RESPONSABLE

Según Murray Granier (Granier 2022), la debida diligencia empresarial en materia de derechos humanos forma parte de los principios rectores de las Naciones Unidas sobre empresas. EL principio nº 11 establece que *“las empresas deben respetar los derechos humanos y hacer frente a las consecuencias negativas sobre los derechos humanos en las que tengan alguna participación”, lo que implica “tomar las medidas adecuadas para prevenirlas, mitigarlas y, en su caso, remediarlas”*.

La voluntad de la UE es llevar a cabo las propuestas que se producen en el seno de las Naciones Unidas. Así, en febrero de 2022, la Comisión Europea aprobó la *“Propuesta de Directiva sobre la Diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad”*.

El objetivo principal de esta aprobación es exigir a determinadas empresas - europeas y de terceros países- que establezcan procesos de identificación, prevención, y diseño de remedios para impactos adversos sobre derechos humanos y el medio ambiente, que puedan ser creados por la propia empresa, sus filiales y por entidades que formen parte de su cadena de suministro. El incumplimiento de estas obligaciones puede conllevar la imposición de sanciones y un régimen de responsabilidad civil. Se contemplan obligaciones específicas para los administradores de las empresas obligadas –aunque solamente para las constituidas en la UE (Menéndez, 2022). El Proyecto de Ley fue adoptado por el Consejo Europeo en diciembre de 2022, y el 1 de junio de 2023, el parlamento votó a favor de la aprobación de la propuesta legislativa de Diligencia Debida en la Conducta Empresarial.

Los puntos mas importantes que se señalaron en el parlamento de la UE fueron evitar el trabajo infantil, la esclavitud, la explotación, la contaminación, y la degradación ambiental y la pérdida de biodiversidad (Parlamento Europeo, 2023). Estas nuevas normas se aplicarán a empresas con sede en la UE de todos los sectores, incluido el financiero, con más de 250 empleados, y una facturación por encima de los 150 millones de euros. Las empresas no europeas con una facturación que rebase los 150 millones de euros, con al menos 40 millones generados en la UE, también deberán aplicarlas. Se proponen además sanciones de hasta el 5% de la facturación en caso de infracción en alguno de los principios de diligencia debida. Finalmente, los estados miembros de la UE disponen de dos años para transponer esta directiva a sus respectivas legislaciones nacionales.

3.2 GUÍA DE DILIGENCIA DEBIDA PARA UNA CONDUCTA EMPRESARIAL RESPONSABLE.

La OCDE ha elaborado, además, una Guía para implementar los principios de la diligencia debida en las cadenas de valor de los productos. El objetivo de la Guía es brindar apoyo práctico a las empresas en la implantación de las Líneas Directrices de la OCDE para empresas Multinacionales a través de recomendaciones en materia de debida diligencia.

La implementación de estas recomendaciones ayuda a las empresas a evitar y abordar los impactos negativos que podrían asociarse con sus actividades, cadenas de suministro y otras relaciones comerciales, con respecto a los trabajadores, los derechos humanos, el medio ambiente, los consumidores y el gobierno corporativo (OCDE, 2018).

Esta Guía tiene varias versiones para los diferentes sectores. Una de ellas está referida los sectores donde existe una extracción mineral en la cadena de suministro.

Los siguientes son los cinco pasos a adoptar por una compañía que extraiga minerales como materia prima para sus productos, y han sido obtenidos de la llamada “OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas”.

PASOS A ADOPTAR POR LAS COMPAÑÍAS EXTRACTORAS

1. Establecer Sólidos sistemas de gestión empresarial. Es decir, establecer sistemas de control y transparencia en la cadena de suministro además de adoptar y comunicar la política de la empresa en materia de la cadena de suministro de los minerales a los proveedores.
2. Identificar y Evaluar los riesgos en la cadena de Suministro.
3. Diseñar e implementar una estrategia para responder a los riesgos previamente identificados. Esto incluye adoptar un plan de gestión del riesgo que establezca una estrategia sobre si, en función de los riesgos, se debería continuar con la actividad comercial habitual, suspender temporalmente las actividades y evaluar otras alternativas o suspender definitivamente la actividad que implica un riesgo contra los derechos humanos.
4. Llevar a cabo una auditoría independiente por terceros de la diligencia debida en la cadena de suministro en los puntos identificados como problemáticos de la cadena de suministro.

5. Elaborar un informe sobre la diligencia debida en la cadena de suministro.

En la Ilustración 2 podemos observar el ciclo para incorporar una conducta responsable en las empresas con todas sus etapas.

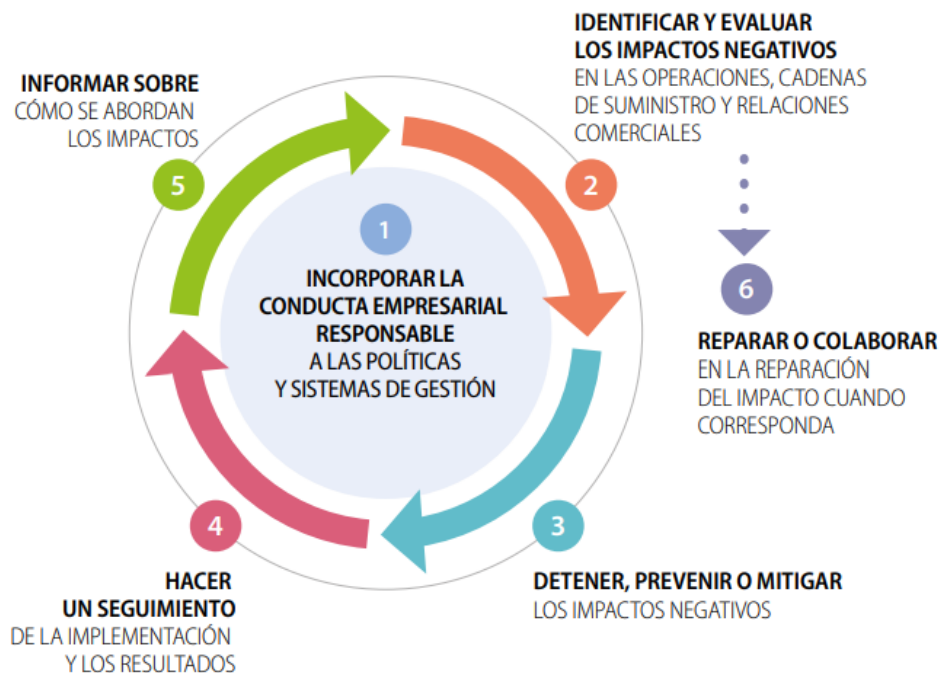


Ilustración 2: Proceso de Debida Diligencia y Medidas de Apoyo. Fuente: (OCDE, 2018)

Esta Guía recomienda además usar estos cinco puntos en las cadenas de suministro que incluyan algunos de los llamados tres minerales de conflicto, concepto en el que profundizaremos más adelante, que incluyen el estaño, el tántalo y el tungsteno. Además, la guía sugiere determinados parámetros para evaluar los riesgos que podrían ser considerados indicadores para medir el estado de la cadena de suministro de minerales. Estos indicadores son:

1. Problemas de Seguridad. Este indicador pretende medir las condiciones de seguridad laboral en las que se trabaja para la extracción de minerales.
2. Cantidad y seguridad de minería artesanal. Se sabe que la minería artesanal es una práctica común, es decir que personas por sus propios medios extraigan mineral en alguna zona donde este se

encuentre. Generalmente estas personas no cuentan con el equipo ni con los conocimientos necesarios para practicar la minería de una forma segura, lo que aumenta las posibilidades de un accidente laboral. Además, suele tratarse de personas cuyo nivel de ingresos no es elevado, es decir que usualmente practican la minería en condiciones peligrosas para su salud debido a su situación de necesidad. En vistas de esta problemática es necesario medir la cantidad la cantidad de minería artesanal que existe en la cadena de suministro, además de medir las condiciones en las que trabajan estas personas.

3. Soborno, Fraude y tergiversación del origen de los minerales.

4. EVALUACION DEL IMPACTO SOCIAL

Para que la diligencia debida se pueda implementar en la cadena de suministro de una empresa será necesario conocer los impactos negativos reales y potenciales.

Para evaluar el impacto social que tienen los productos electrónicos vamos a emplear la herramienta que se usa para dicho cometido.

Esta es la llamada evaluación del ciclo de vida del producto (LCA, por sus siglas en inglés). Se trata de una metodología a través de la cual estudiamos el impacto que tiene el producto en su más amplio sentido, esto significa analizar los tres pilares de la sostenibilidad, evaluando como afecta a cada uno de ellos el ciclo de vida del producto. En el ciclo de vida del producto se evalúan, el plano económico, el ambiental, y el social. En el presente trabajo se pretende estudiar el impacto social, lo cual según la literatura de este ámbito de denomina S-LCA: Social Life Cycle Assesment. Para esto hay diferentes instituciones que han elaborado guías para realizar una correcta evaluación de los impactos sociales del ciclo de vida.

Una de estas instituciones es Naciones Unidas, la cual a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha desarrollado una guía llamada: Guía para la Evaluación del Ciclo Social de Vida para Productos y Organizaciones (United Nations, 2020). Esta guía desarrolla los pasos a seguir para una correcta evaluación de los impactos del ciclo de vida que son los siguientes:

1. Definición de los objetivos y definición del alcance de estos objetivos. Esto incluye definir los *stakeholders* y las categorías de impacto social que se van a estudiar. Estas categorías se dividen en indicadores sociales, que es lo que realmente mide el impacto social del ciclo de vida de cierto producto
2. Inventario de Ciclo de Vida. Se trata de la recolección de datos para los indicadores sociales que se hayan definido previamente de estos datos. Será necesario determinar sus fuentes y contrastarlas.
3. Evaluación de impacto. Esta es la fase en la que se pretende comprender y evaluar la magnitud y la significancia de los impactos sociales que puede tener un producto. Para esto, la guía establece un enfoque a través de una escala de referencia. Esto es, para cada indicador social se establece un valor de referencia que se considera como valor saludable en términos de impacto social. Posteriormente, se compara este valor de referencia con el valor de impacto social obtenido de la recolección de datos. A partir de esta comparación con la referencia se puede medir si existe un impacto social significativo en

esa subcategoría concreta. En la Ilustración 1 se puede ver la manera de implementar estas escalas de referencia.

También se recomienda en la guía agregar las subcategorías en categorías y establecer un pesaje. Esto es establecer pesos en la importancia de las categorías para poder concluir adecuadamente un impacto social significativo.

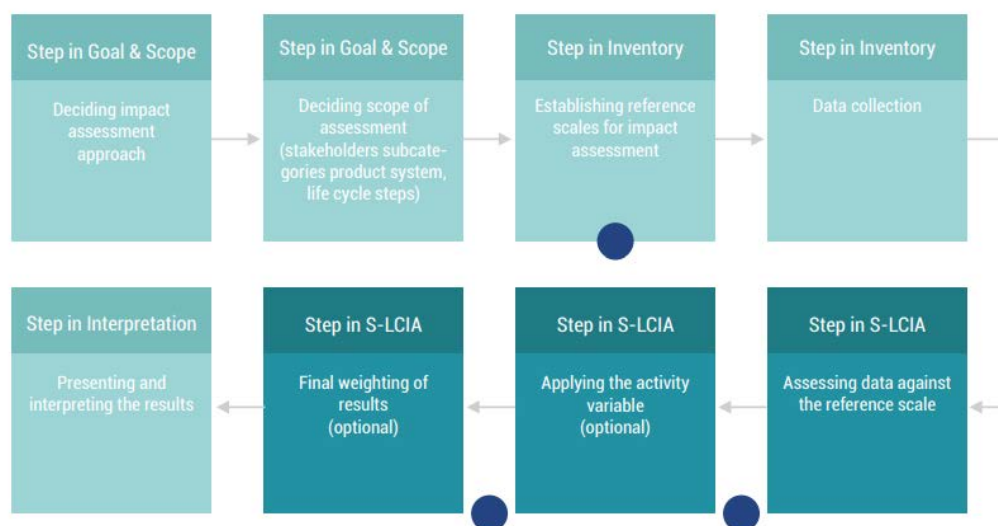


Ilustración 3: Aplicación de los valores de referencia. Fuente: (OCDE 2018)

4. Interpretación. Esta es la fase final y se trata de recopilar y interpretar todos los indicadores obtenidos, así como evaluar la consistencia y las conclusiones que se sacan de los mismos.

A lo largo de la guía se habla constantemente de las categorías de impacto social usadas para evaluar el mismo. A su vez, estas categorías contienen subcategorías, las cuales son el indicador social que evalúa el impacto del ciclo de vida propiamente dicho. Las categorías y subcategorías de la guía establecidas por la OCDE son:

- Derechos del trabajador y trabajo digno. Que incluye las subcategorías: Riesgo de Salario por debajo del mínimo establecido, trabajadores en pobreza, trabajo infantil, trabajo forzado y horas de trabajo excesivas.
- Salud y Seguridad. Que incluye las subcategorías: Riesgo de tóxicos en el trabajo, riesgo de accidentes laborales.

- Sociedad. Que incluye las subcategorías: riesgo de vulneración de derechos de los indígenas, riesgo de conflicto armado, índice de fragilidad del estado, personas bajo amenaza.
- Gobernanza. Que incluye las subcategorías. Riesgo de fragilidad del sistema de gobierno, riesgo de soborno, riesgo de corrupción y índice de democracia.
- Comunidad. Que incluye las siguientes subcategorías. Acceso a una fuente de agua, acceso a un centro hospitalario, niños sin escolarización y acceso a electricidad.

En la ilustración 4 podemos observar un ejemplo de subcategoría de impacto, el cual pertenece a un stakeholder concreto.

Stakeholder	Impact Subcategory
Worker	Child labor
	Forced labor

Ilustración 4: Ejemplo de vínculos entre stakeholders y subcategorías.

5. EXTRACCION DE MATERIAL

5.1 COMPONENTES DE UN SMARTPHONE

Brian Merchant en 2017, en su artículo “*Everything That’s Inside Your Iphone*” realizó un experimento en el cual, a través de cierta maquinaria, trituró un iphone 6 de 16 GB de tal forma que se podía analizar los minerales que componen dicho dispositivo. Después de realizar el análisis pertinente, el investigador concluyó con una extensa lista con todos los minerales que componen un Iphone.

En la Ilustración 5 se refleja la lista de todos los elementos químicos que contiene un iPhone 6 de 16 GB.

iPhone 6, 16GB model					
Element	Chemical Symbol	Percent of iPhone by weight	Grams used in iPhone	Average cost per gram	Value of element in iPhone
Aluminum	Al	24.14	31.14	\$ 0.0018	\$ 0.055
Arsenic	As	0.00	0.01	\$ 0.0022	\$-
Gold	Au	0.01	0.014	\$ 40.00	\$ 0.56
Bismuth	Bi	0.02	0.02	\$ 0.0110	\$ 0.0002
Carbon	C	15.39	19.85	\$ 0.0022	\$-
Calcium	Ca	0.34	0.44	\$ 0.0044	\$ 0.002
Chlorine	Cl	0.01	0.01	\$ 0.0011	\$-
Cobalt	Co	5.11	6.59	\$ 0.0396	\$ 0.261
Chrome	Cr	3.83	4.94	\$ 0.0020	\$ 0.010
Copper	Cu	6.08	7.84	\$ 0.0059	\$ 0.047
Iron	Fe	14.44	18.63	\$ 0.0001	\$ 0.002
Gallium	Ga	0.01	0.01	\$ 0.3304	\$ 0.003
Hydrogen	H	4.28	5.52	\$-	\$-
Potassium	K	0.25	0.33	\$ 0.0003	\$-
Lithium	Li	0.67	0.87	\$ 0.0198	\$ 0.017
Magnesium	Mg	0.51	0.65	\$ 0.0099	\$ 0.006
Manganese	Mn	0.23	0.29	\$ 0.0077	\$ 0.002
Molybdenum	Mo	0.02	0.02	\$ 0.0176	\$ 0.000
Nickel	Ni	2.10	2.72	\$ 0.0099	\$ 0.027
Oxygen	O	14.50	18.71	\$-	\$-
Phosphorus	P	0.03	0.03	\$ 0.0001	\$-
Lead	Pb	0.03	0.04	\$ 0.0020	\$-
Sulfur	S	0.34	0.44	\$ 0.0001	\$-
Silicon	Si	6.31	8.14	\$ 0.0001	\$ 0.001
Tin	Sn	0.51	0.66	\$ 0.0198	\$ 0.013
Tantalum	Ta	0.02	0.02	\$ 0.1322	\$ 0.003
Titanium	Ti	0.23	0.30	\$ 0.0198	\$ 0.006
Tungsten	W	0.02	0.02	\$ 0.2203	\$ 0.004
Vanadium	V	0.03	0.04	\$ 0.0991	\$ 0.004
Zinc	Zn	0.54	0.69	\$ 0.0028	\$ 0.002
	TOTAL	100%	129 grams		\$ 1.03

Ilustración 5: Lista completa de componentes de un iPhone. Fuente: (Merchant, 2017)

Si observamos la tabla periódica nos damos cuenta de que la cantidad de elementos que conforman un Iphone es, en realidad, una gran parte de la tabla entera.

En la Ilustración 6 se pueden ver todos los elementos de la tabla periódica que conforman un dispositivo móvil.

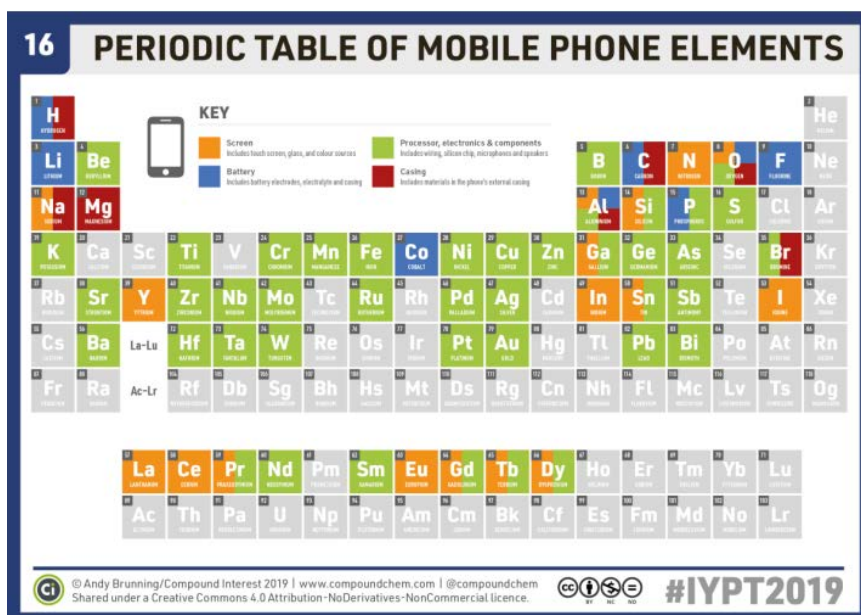


Ilustración 6: Elementos de la Tabla Periódica presentes en un teléfono móvil. Fuente: (Bunning, 2019)

En vista de que los elementos que conforman un teléfono smartphone son demasiados, debemos evaluar cuáles son los minerales mas significativos en la fabricación del teléfono.

Vamos a desagregar un teléfono smartphone en sus componentes principales, y a su vez de estos componentes vamos a evaluar qué minerales se encuentran en una proporción significativa.

Pantalla táctil: Las pantallas táctiles están hechas de múltiples capas de cristal y plástico, revestidas con indio, un material conductor. El Indio responde cuando se conecta a otro material conductor, como nuestros dedos.

Monitor: Los monitores de los smartphones muestran las imágenes en una pantalla de cristal líquido (LCD). Estos monitores usan la corriente eléctrica para ajustar el color de cada píxel. Ciertos elementos denominados tierras raras son necesarios para fabricar estos monitores: Lantano, Praseodimio, Europio y Gadolinio.

Electrónica: Los smartphones contienen varios sistemas de antena, como el bluetooth, GPS, el WiFi y los datos móviles. La distancia dentro del smartphone entre estos sistemas es muy pequeña por lo que se usan capacitadores hechos de tantálo para filtrar y sintonizar frecuencias.

El níquel también se usa en los capacitadores y en las conexiones eléctricas del teléfono. Además, se usa el galio para los semiconductores presentes en el smartphone

Micrófono, Altavoces y Vibración: El níquel es el elemento principal en el micrófono, este vibra en respuesta a las ondas del sonido.

En los imanes del altavoz y del micrófono se usan algunas tierras raras como neodimio, praseodimio y gadolinio

Carcasa: Hay muchos materiales que pueden ser usados como carcasa de un smartphone como plástico, aluminio, fibra de carbono, e incluso oro. Es común que las carcasas contengan níquel para reducir las interferencias electromagnéticas y aleaciones de magnesio para el mismo fin.

Batería: Las baterías de los smartphones modernos están basadas en iones de litio, y además se usa cobalto para aumentar su rendimiento (Beddington, 2021).

De esta forma podemos elaborar una lista de los principales minerales que es necesario extraer para la fabricación de cada componente de un smartphone.

Componente del Smartphone	Material
Pantalla táctil	Indio
Monitor	Níquel, Galio, Tántalo, Lantano, Gadolinio, Praseodimio, Europio
Electrónica	Níquel, Galio, Tántalo, Oro y Plata
Carcasa	Níquel, Magnesio
Batería	Litio, Cobalto
Micrófono y altavoces	Níquel, Tungsteno, Neodimio

Tabla 2: Elementos de un teléfono móvil por componentes. Fuente: (Beddington, 2021).

5.2 MINERALES CRÍTICOS

En las épocas de la humanidad en que ha habido un desarrollo tecnológico que ha transformado la forma de vivir de las personas se ha necesitado de recursos minerales. Un ejemplo clásico es el cobre, un metal que hace 7000 años era estratégico, tanto que, para algunos, el desarrollo de la primera cultura urbana dependió del cobre. (Regueiro & Gonzalez-Barros, 2014)

En nuestro tiempo, el desarrollo tecnológico de los últimos años y la incipiente transición energética han provocado que el sector industrial necesite de muchos más minerales que en el pasado (Beddington, 2021). Por ejemplo, bajo la necesidad de promover un sector del transporte sin emisiones, se necesitan vehículos eléctricos cuya batería ha de ser muy potente, lo que provoca que las necesidades de minerales como el litio o el cobalto se disparen.

En la ilustración 7 se puede observar como el desarrollo tecnológico ha implicado un aumento de los elementos de la tabla periódica necesarios para el sector industrial y por tanto un aumento de los minerales que es necesario extraer.

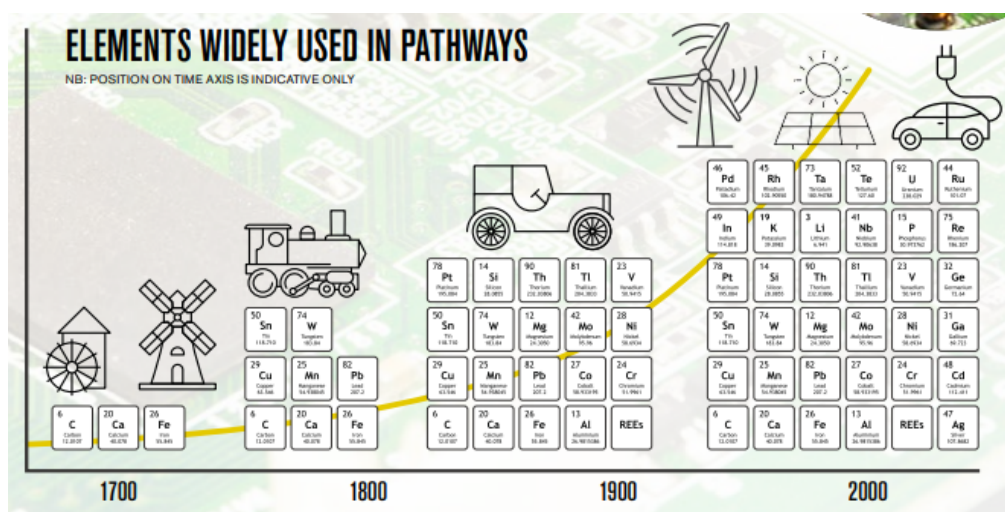


Ilustración 7: Representación de los metales usados para la tecnología en el tiempo (Beddington, 2021)

De esta forma estos metales se convierten en un recurso imprescindible pero escaso lo que nos lleva a la definición de material crítico. Así pues ¿Qué es un material crítico? En la literatura científica podemos encontrar tres factores que contribuyen a dar esta condición a un material.

El primer factor es el riesgo de que se interrumpa su suministro. Este factor contempla tanto la concentración de la producción en pocos actores especialmente si su inestabilidad política puede llevar a una interrupción del suministro, como la escasez de las reservas conocidas en comparación con la demanda global.

El segundo factor es que la extracción del material conlleva un daño considerable para la salud humana o para el medioambiente. En general cualquier forma de minería tiene asociada un cierto impacto ambiental y social y este puede afectar a comunidades especialmente vulnerables a estos impactos.

Por último, el tercer factor que influye en la criticidad de un material no tiene que ver con lo difícil que resulta conseguirlo, sino con el impacto económico que supone su escasez. Evidentemente, este factor depende de la actividad económica o del país en particular que se esté considerando y suele medirse en términos de la fracción de importaciones de su suministro, la disponibilidad de materiales alternativos, o la fracción del PIB dependiente de actividades que lo requieren (Carralero, 2021).

La ilustración 8 muestra el riesgo de suministro de cada metal en función de la importancia económica de cada metal para el sector industrial europeo.

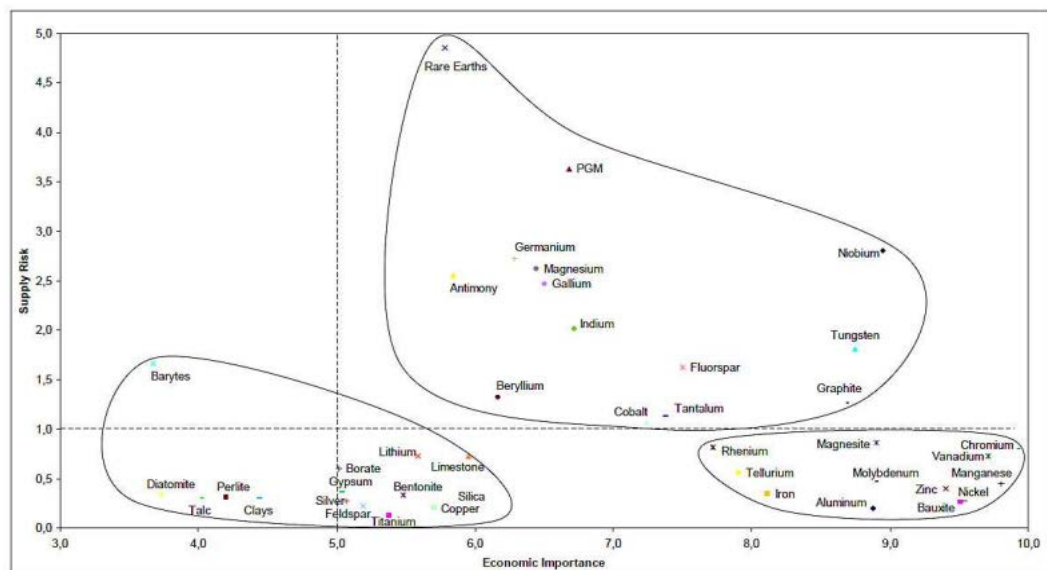


Ilustración 8: Importancia económica de un metal vs su riesgo de suministro. Tomado de Regueiro & Gonzalez-Barros, 2014.

En vista de esta problemática, la Comisión Europea viene elaborando desde 2011 una lista de materias primas críticas para su economía. Su última versión, presentada en el informe *Critical Raw Materials for strategic Technologies and sectors in the EU: A foresight study*, presenta una lista de 30 materiales considerados críticos para la economía europea y alerta acerca de la alta dependencia de las importaciones en la mayoría de ellos y de la importancia de asegurar el suministro. Estos informes coinciden en gran medida con otros informes de temática similar como el realizado por el departamento de interior de EE.UU. con su propia lista de 35 materiales críticos (Carralero, 2021).

En la Ilustración 9 se muestra el listado de los treinta materiales críticos definidos por la UE. En negrita aparecen los nuevos materiales actualizados de la lista de 2017.

Barita	Tierras raras pesadas	Escandio
Berilio	Tierras raras ligeras	Silicio metálico
Bismuto	Indio	Tantalio
Borato	Magnesio	Wolframio
Cobalto	Grafito natural	Vanadio
Carbón de coque	Caucho natural	Bauxita
Espato flúor	Niobio	Litio
Galio	Metales del grupo del platino	Titanio
Germanio	Fosforita	Estroncio

Ilustración 9: Lista de 30 materiales críticos definidos por la Comisión Europea. Fuente: (Comisión Europea, 2020)

Los principales países suministradores de materiales críticos para la UE se muestran en azul en la Ilustración 10.

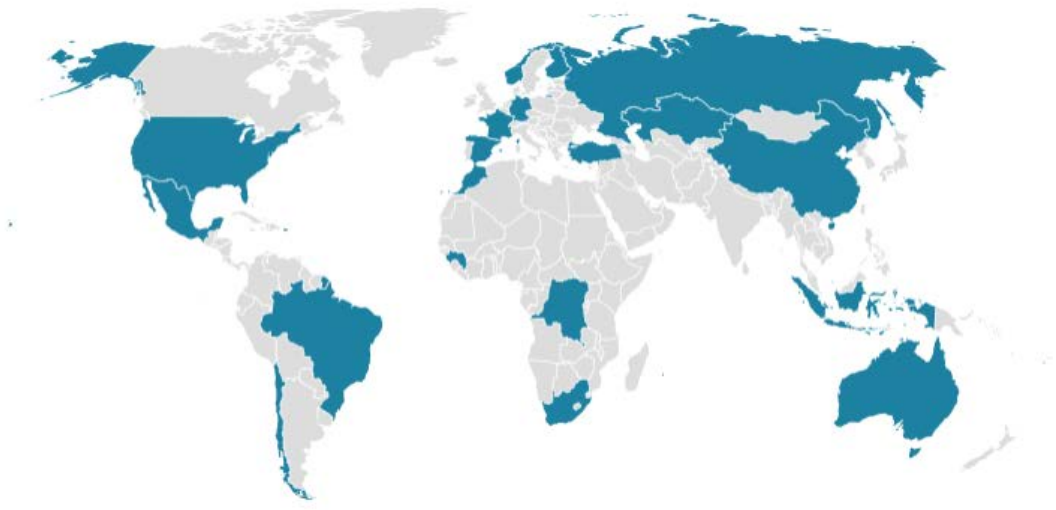


Ilustración 10: Principales países suministradores de materiales críticos. Fuente: (Carralero, 2021)

6. IMPACTO SOCIAL

6.1 MINERALES EN CONFLICTO

En las zonas de conflicto o de alto riesgo, los recursos naturales minerales, a pesar de que entrañan un gran potencial para el desarrollo, pueden ser causa de disputas si los ingresos que producen alimentan el brote o la continuación de conflictos violentos.

El reto que plantea el deseo de impedir la financiación de grupos armados y fuerzas de seguridad en estas zonas ricas en recursos ha llevado a la Unión Europea a adoptar el Reglamento (UE) 2017/821 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2017 por el que se establecen obligaciones en materia de diligencia debida en la cadena de suministro por lo que respecta a los importadores de la Unión de estaño, tantalio y wolframio, sus minerales y oro originarios de zonas de conflicto o de alto riesgo, reglamento que entró en vigor el 1 de enero de 2021.

El Reglamento 2017/821 está en consonancia con la Guía de Diligencia Debida de la OCDE, de la cual hemos hablado previamente, y a través del cual los agentes económicos supervisan y administran sus compraventas con el fin de garantizar que no contribuyan al desarrollo de conflictos o a los efectos negativos de estos.

Este Reglamento es de aplicación a los importadores de la UE de estaño, tantalio, wolframio y oro cuyas importaciones anuales estén por encima de ciertos umbrales establecidos. Los importadores deben comprobar las mercancías que compran para garantizar que su modo de producción no financie conflictos u otras prácticas ilegales relacionadas. Los importadores deben comprobar las mercancías que compran para garantizar que su modo de producción no financie conflictos u otras prácticas ilegales relacionadas (Ministerio de industria Comercio y turismo, 2022).

De esta manera se puede realizar una definición de “mineral de conflicto”. En su sentido más amplio, se les denomina de ese modo a todos los minerales cuya extracción o comercialización sistemática se produce en un contexto de conflicto, pudiendo estar ligada a la violación del derecho humanitario o a violaciones susceptibles de ser consideradas crímenes de guerra.

No obstante, en el caso de las regulaciones internacionales, la definición de los “minerales en conflicto” se restringe principalmente a cuatro minerales: el estaño, tungsteno (se extrae del wolframio), tantalio (se extrae del coltán) y oro. Se les conoce como 3TG por sus siglas inglesas (tin, tantalum, tungsten, gold) y su extracción y comercialización ilícita ha estado ligada a la financiación de grupos armados y/o crimen organizado en lugares como el este de la República Democrática del Congo o algunas zonas de Colombia. (Alboan, 2022)

Por otro lado, el cobalto es un mineral que también está presente en las listas de materiales críticos de la Unión Europea. Y aunque no esté presente como mineral de conflicto, existe literatura científica que sugiere que se deberían revisar las listas de minerales de conflicto planteándose incluir al cobalto como uno de ellos (Caneiro Oliveira et al., 2019). Además, hemos escogido el cobalto por su peso e importancia en la fabricación de productos electrónicos. De hecho, el cobalto conforma el 30% del cátodo de las baterías (World Energy Trade, 2022). Por tanto, procederemos a analizar el impacto social que pueda tener la extracción tanto del tántalo como del cobalto.

6.3 EL TÁNTALO

El tántalo se obtiene a partir del coltán, un mineral que a su vez es una solución sólida de columbita y tantalita, además de otros minerales. En este punto hay que señalar el concepto de mena. La mena es un material natural del cual se pueden extraer minerales o metales con interés económico, de modo que de la mena se separan los minerales de los cuales se puede obtener beneficio económico, llamados minerales de mena. Los minerales que no tienen beneficio se denominan minerales de ganga (Sierra, 1985).

El coltán está formado en proporciones no definidas por tantalita y columbita. Siendo estas, respectivamente, mena del tántalo y mena del niobio. De hecho, el nombre coltán es una abreviatura comercial para nombrar la “Columbita-Tantalita” (Minerals Mining, 2022). Si en el mineral el concentrado de tántalo es mayor que el del resto de elementos que lo conforman, el mineral se llama tantalita. Y si el mineral con más concentración es el niobio, se denomina columbita (Minerals Mining, 2022).

La tantalita [(Fe,Mn)Ta₂O₆] está formada por óxido de Tántalo, con hierro y manganeso, pero su principal componente es el Tántalo. Siendo este un metal de transición sumamente resistente a la corrosión por ácidos, y buen conductor de la electricidad (De Castro & A.Díaz, 2015).

En la ilustración 12 podemos ver la apariencia de la tantalita



Ilustración 12: Tantalita. Fuente: (GeologiaWeb, 2021)

El tántalo es un superconductor de electricidad altamente resistente al calor, lo que lo hace útil en numerosos componentes electrónicos ya que consigue frenar el calentamiento de los circuitos (Minerals Mining, 2010).

El tántalo se usa en la industria electrónica principalmente para fabricar condensadores como metal sustitutivo del aluminio ya que permite una mejor relación capacidad/volumen.

Con el desarrollo de la industria tecnológica, los dispositivos electrónicos han ido reduciéndose progresivamente en tamaño. Esta demanda de miniaturización de los dispositivos exige empequeñecer toda la circuitería presente tanto en teléfonos móviles como en ordenadores, cámaras digitales, etc. Los condensadores electrolíticos de tántalo tienen valores de capacidad eléctrica mucho más pequeños que los condensadores electrolíticos tradicionales debido a la buena relación capacidad/volumen de este material. De esta forma los condensadores de tántalo son esenciales para la miniaturización de los dispositivos electrónicos (EcuRed, 2020). El aumento exponencial de la demanda de los condensadores de este tipo ha elevado dramáticamente el precio y la demanda de tántalo.

En la ilustración 13 se puede observar cómo a partir de la década de los 2000, que es cuando la industria de dispositivos electrónicos comenzó a ganar importancia, la producción de tántalo se disparó.

Global Mined Tantalum Production, 1990-2009

US Geological Survey estimates

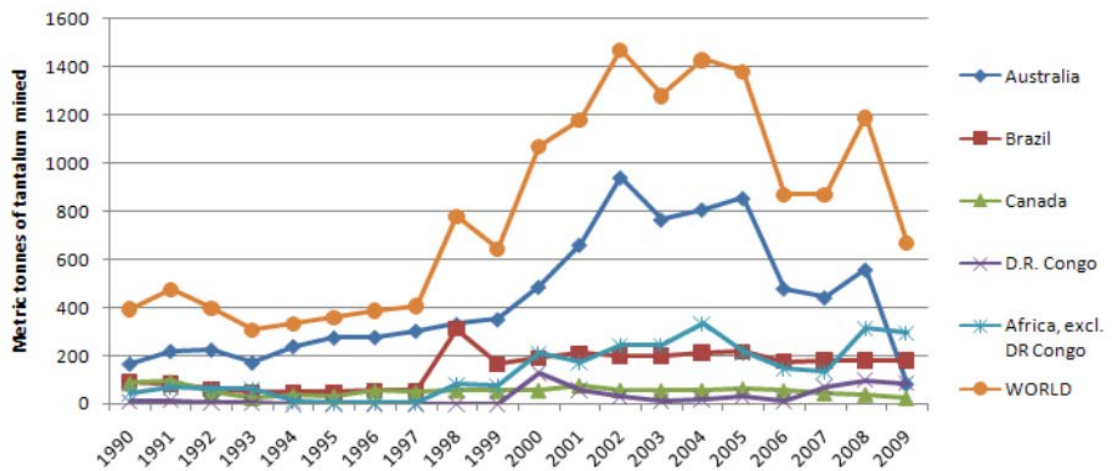


Ilustración 13: Evolución de la producción de Tántalo a lo largo de los años. Fuente: (DocPlayer)

6.3.1 Principales actores y conflictos en la producción de Tántalo

Según datos expuestos por Garside (2023), investigadores especialistas en recursos naturales señalan que la RDC es la primera potencia exportadora de tántalo mundial. Como se observa en la ilustración 14 el país con mayor producción de tántalo es la República Democrática del Congo.

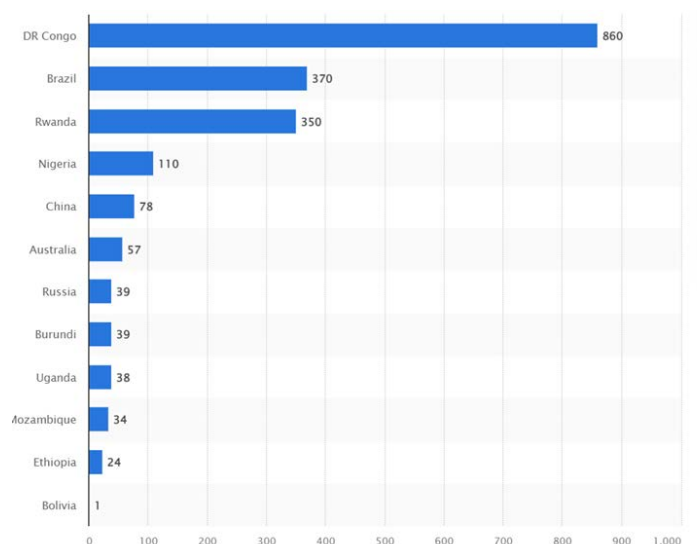


Ilustración 14: Producción de tántalo por los principales países productores. Fuente: (Garside, 2023)

En la Ilustración 15 se pueden ver los destinos del tántalo producido en la RDC y en Ruanda

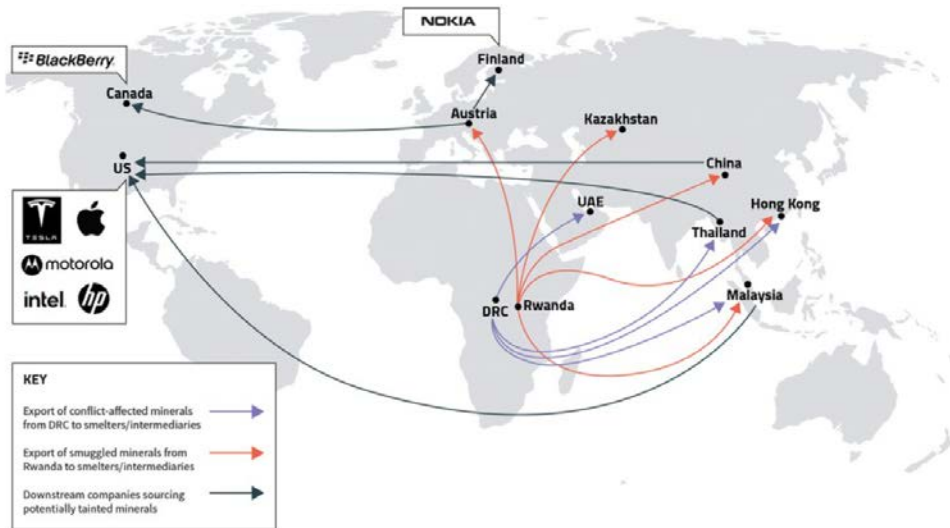


Ilustración 15: Destinos mundiales del tántalo extraído en la RDC

En la ilustración 16 se muestran los conflictos sociales que se generan a lo largo de la cadena de suministro de un producto que necesite extracción mineral, especialmente de los considerados minerales de conflicto.

Cabe destacar que minerales de conflicto como el tántalo mayoritariamente se extraen a partir de mineros artesanales o minería a pequeña escala (ASM: Artesanal and Small-Scale Mining).

Puede verse que los principales conflictos que se producen son el trato inhumano a los trabajadores, incluyendo trabajo infantil y trabajos forzados, violencia sexual contra las mujeres y afectación por parte de grupos armados a los trabajadores y a las aldeas cercanas.

Estos conflictos serán tratados con profundidad más adelante.

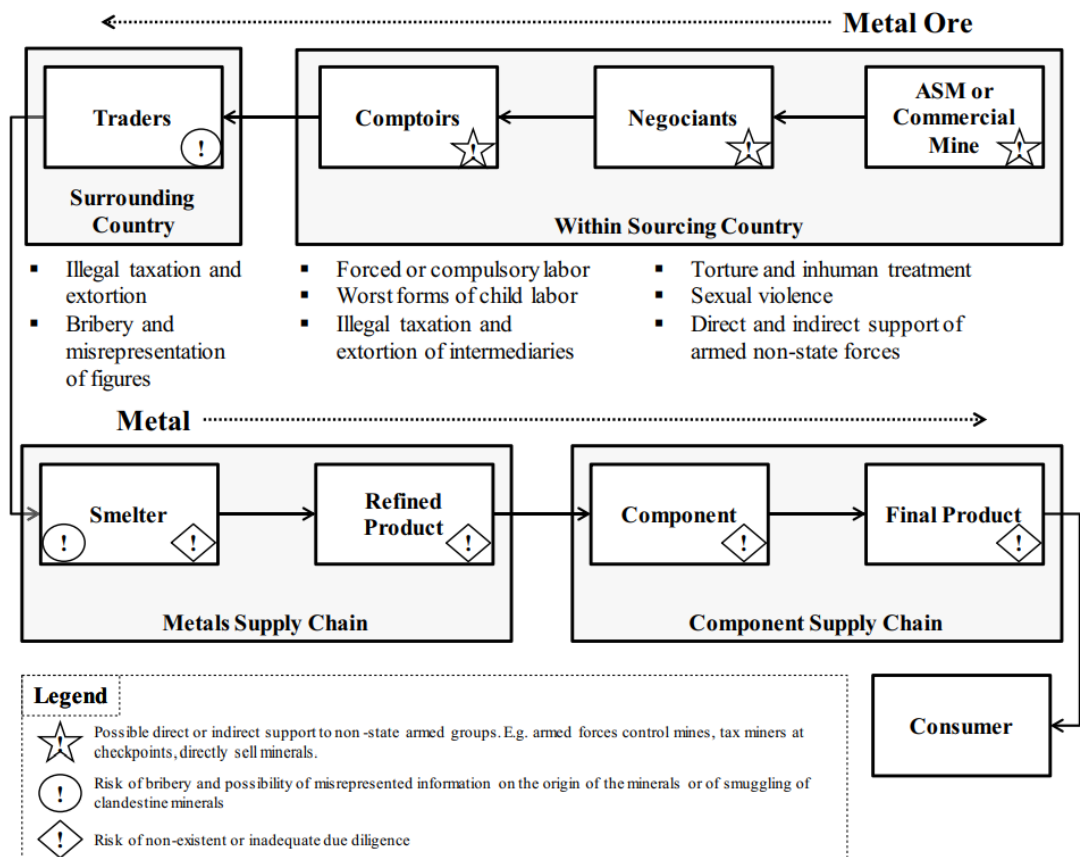


Ilustración 16: Principales conflictos sociales generados a lo largo de la cadena de suministro de un producto (Hofmann et al., 2018)

6.3.2 Tántalo en la República Democrática del Congo

La RDC ilustra perfectamente la paradoja de la maldición de los recursos, expuesta en la justificación del presente trabajo.

Esta problemática discurre acerca de países que tienen un crecimiento económico más débil que otros, aun teniendo dentro de sus fronteras valiosos recursos naturales.

En la ilustración 17 se muestran las zonas del Congo donde se encuentran las reservas de tántalo. Se puede observar que se corresponde con la parte este del país, cerca de la frontera con Ruanda, Burundi y Uganda.

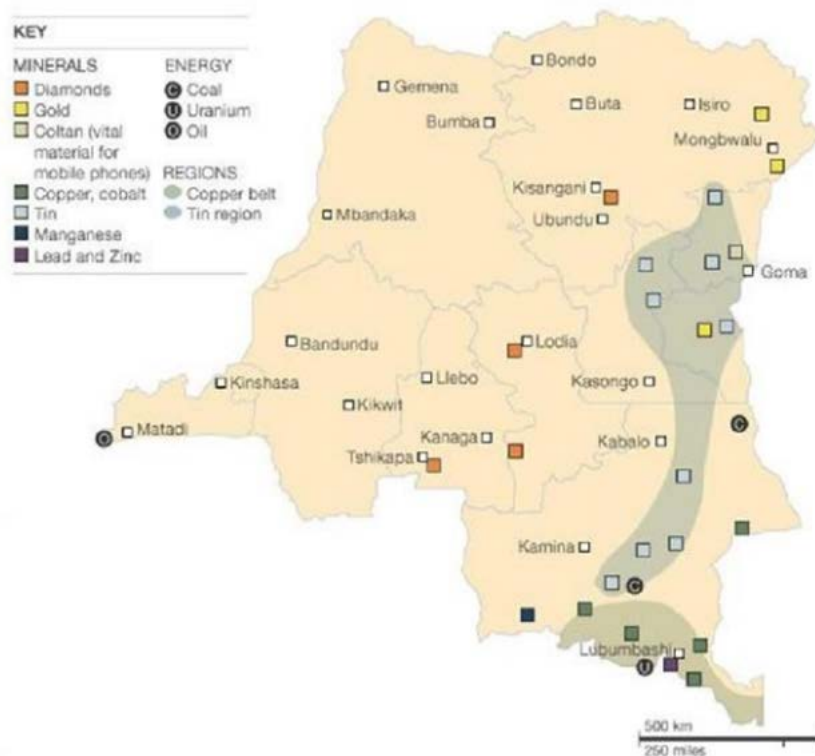


Ilustración 17: Regiones del Congo donde se encuentran las reservas de tántalo. Fuente: (Salcedo-Albaran , Lopez , & Awawi, 2017)

6.3.3 Tráfico de Coltán en la República Democrática del Congo

Una de las regiones del este de la RDC que más coltán contiene es la provincia de Kivu. En esta provincia, después de pasar por varias manos, la explotación de tántalo la realizan dos empresas, una sociedad anglo-canadiense y Banro Resources.

El coltán del Congo suele ser más barato debido a que su explotación es artesanal. Es decir, habitantes de los alrededores de donde se encuentra la reserva, esperando ganar dinero en unas pocas semanas, incluyendo niños, se implican en la actividad minera desempeñando la misma de una forma muy rudimentaria

“Minero” Es el concepto que normalmente se usa para designar a un trabajador que explota parcelas de terreno con medios rudimentarios y manuales. Estos mineros generalmente están reagrupados en cooperativas.

La naturaleza irregular de estas actividades y la constante migración que se produce a partir de estas actividades artesanales hace difícil determinar el número exacto de mineros que allí trabajan. Según el informe de “Cellule Technique de Coordination et de planification Minière” (CTCPM), 2014, El país ha registrado estos mineros artesanales en las regiones de RDC.

- 7.463 mineros que extraen casiterita y coltán en Kivu del Norte
- 51.548 mineros que trabajan en el mismo dominio en Kivu del Sur.
- 13.043 mineros en Maniema, que extraen casiterita y wolframita.
- 250.000 mineros en Katanga, que extraen Coltán y Casiterita.

Estos mineros están agrupados en las siguientes cooperativas:

- 11 Cooperativas en Kivu Norte.
- 38 Cooperativas en Kivu del Sur.
- 21 Cooperativas en Maniema.

(Salcedo-Albaran , Lopez , & Awawi, 2017)

Las ilustraciones 18 y 19 muestran las provincias de la RDC y las minas artesanales de tántalo registradas en la zona este de la RDC.



Ilustración 18: Provincias de la RDC

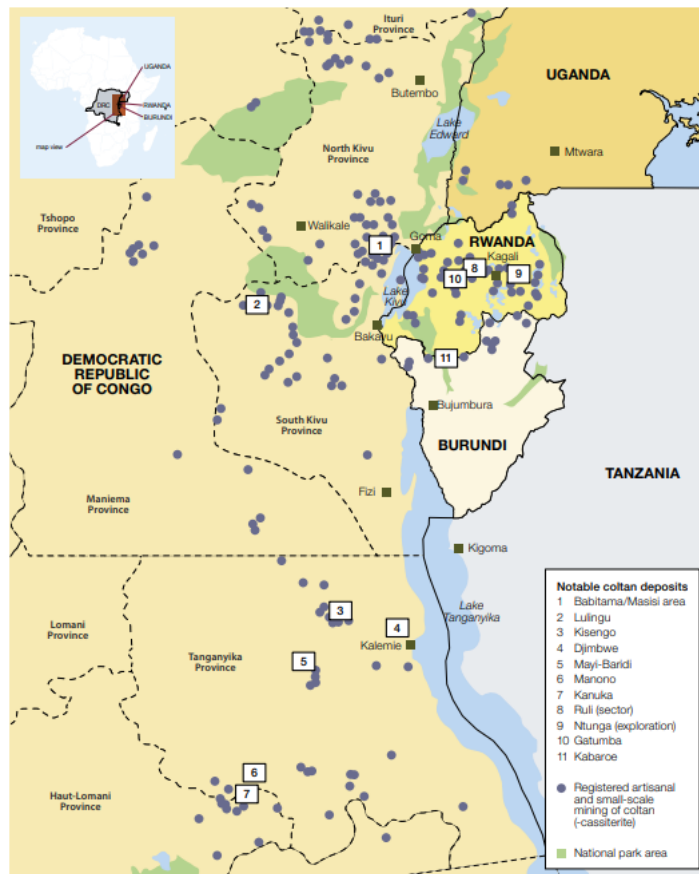


Ilustración 19: Minas artesanales de coltán registradas en la zona este de RDC. Fuente: (Ojewale, 2022)

En esta región del Congo el poder del estado es muy pequeño en comparación con las milicias armadas que operan en la zona, esto provoca que el control de las minas lo tengan las milicias.

Los llamados traficantes son los encargados de negociar oficialmente con las empresas internacionales compradoras de tántalo. Funcionan agrupados y sistemáticamente se saltan el reglamento legal de la RDC para exportar materias primas. Por ejemplo, en 2014 en la región de Mainema se ha descrito que había 196 traficantes operando mientras que en South Kivu había 243 traficantes (Salcedo-Albaran et al., 2017). Así, los investigadores en materia de impacto social en la RDC indican que existen varios grupos armados que van variando por diversos motivos. Según estos autores, las principales fuerzas militares y milicias que tienen el control directo de las minas, son las siguientes:

- DRC army (FARCD): las fuerzas armadas oficiales de la República Democrática del Congo

- Mai-Mai: se trata de una variedad de milicias armadas que participaron en la segunda guerra del Congo (1998-2003). Se dedican al pillaje y al saqueo de las zonas devastadas por el conflicto.
- Alianza de Fuerzas Democráticas para la liberación del Congo (AFDLC). También participaron en la segunda guerra del Congo. tuvieron un papel fundamental en el derrocamiento del dictador Mobutu Sese Seko. Aunque posteriormente fueron incapaces de mantenerse unidos con sus aliados.
- Fuerzas Democráticas para la Liberación de Ruanda (FDLR): Son el principal grupo rebelde que está en contra del régimen de Ruanda. Perpetraron el genocidio ruandés que intentó acabar con los tutsis y fueron utilizados como brazo armado por el presidente de la RDC Kabila para enfrentar a sus enemigos. Las FDLR es uno de los actores que más desestabiliza la región del este de RDC atacando a poblados miembros de la etnia tutsi que viven en la región.
- El Congreso Nacional para la Defensa del Pueblo (CNDP): Es la Administración Rebelde establecida por Laurent Nkunda en la región de Kivu, dentro de RDC. El CNDP se encuentra en el presente en guerra abierta contra el ejército congoleño en lo que se denomina la guerra de Kivu.

El contexto de conflicto armado continuo desde que acabara la segunda guerra del Congo, ha coincidido en el tiempo con la altísima demanda de coltán. De forma que estos grupos armados se han financiado a través de los minerales de la región.

Después del genocidio ruandés, en el que el gobierno hutu intentó exterminar a los tutsis, muchos tutsis se refugiaron en la RDC. Esto provocó que milicias que apoyaban al gobierno de Ruanda entraran en las fronteras de la RDC lo que provocó la Segunda Guerra del Congo entre el gobierno de la RDC y las milicias que apoyaban a Ruanda.

De esta manera las milicias ruandesas tomaron el control de muchas minas del este de la RDC, transportando el mineral desde el Congo hasta Ruanda, desde donde lo exportaban. Esto provocó que, durante años, sobre todo a principios de los 2000, Ruanda exportase más coltán que la RDC, a pesar de que no existen reservas significativas en este país (Salcedo-Albaran et al., 2017). Es más, en el momento presente, el 90% del tántalo que exporta Ruanda proviene de las reservas de la República Democrática del Congo (Ojewale, 2022).

A diferencia del gobierno congoleño, Ruanda no tiene impuestos en las importaciones/exportaciones y la legislación permite que las mercancías importadas sean reconocidas como ruandesas si tienen un nivel de valor añadido respecto del producto final menor del 30% (Hervé, 2023).

Las rutas en las que se realiza el tráfico ilegal de coltán hacia Ruanda son las mismas por las que se realiza el tráfico legal. Los actores que participan en el traslado de minerales suelen tener gran influencia política por lo que en las fronteras no existe ningún tipo de control estricto y los minerales pasan de la RDC a Ruanda sin mayor problema. Específicamente todo el mineral que se extrae en la zona este de la RDC acaba en ciudades fronterizas como Bukambu, Goma, Kalehe, Butembo o Beni. De estas ciudades el mineral puede ser trasladado fácilmente a Ruanda por las rutas de comercio habituales sin que exista un control de aduanas.

La ilustración 20 muestra la distribución de conflictos armados en la zona este de la RDC.

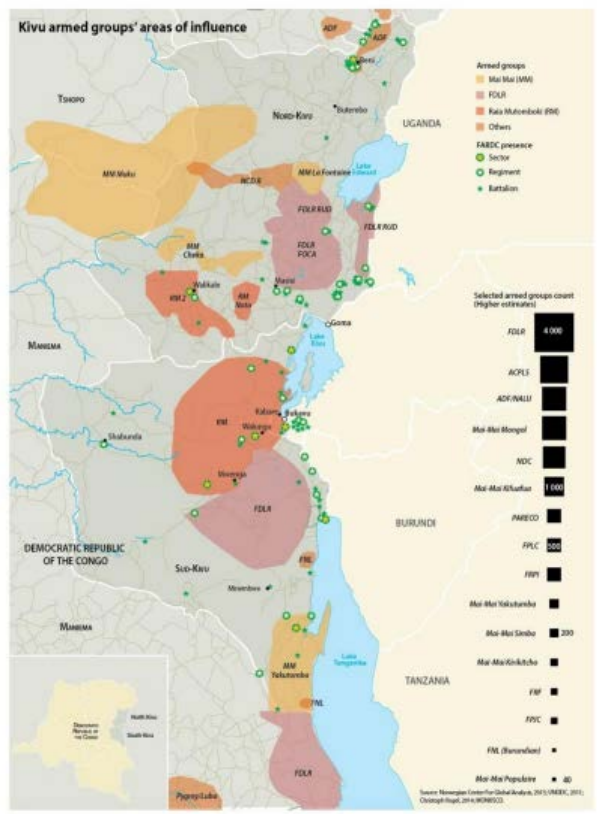


Ilustración 20: Distribución de los conflictos armados en la región este de RDC. Fuente: (Milián Navarro, y otros, 2022)

Los conflictos armados que existen en esta zona del Congo pueden explicarse a través de la inestabilidad política que existe en esta zona de África y de los conflictos raciales. Sin embargo, es muy significativa la facilidad que hay para

conseguir armamento en esta zona del país, lo que provoca nuevos enfrentamientos violentos con mucha facilidad.

Según Hervé (2023), en Butembo, una ciudad del este de la RDC, una AK-47 cuesta solo 50 \$ y una caja con 1000 cartuchos 250 \$. Esto quiere decir que, comprando unas pocas armas, una milicia puede hacerse con el control de una mina y de varias aldeas.

Además, esto provoca que explotar la producción de mineral a través de la violencia y el tráfico ilegal sea más barato que a través de toda la burocracia de la RDC, con los gastos financieros que ello implica.

Este fenómeno produce una retroalimentación en la que tanto los grupos armados como los intermediarios internacionales que compran coltán se ven beneficiados de modo que se perpetúa el marco inestable en el que se explotan los recursos minerales de la RDC.

Como puede observarse en la región este de la RDC existe un contexto de conflicto armado continuo y un marco político muy poco estable. Los diferentes grupos armados expuestos anteriormente luchan por conseguir más parcelas de poder entre sí y la forma que tienen de financiar sus guerrillas es la venta del mineral existente en la zona, específicamente el coltán.

La relación de las milicias armadas y las reservas de minerales es complicada, la forma que tienen estas milicias de financiarse son estas tres (UNEP, Monusco , 2015)

- Las milicias como proveedoras de seguridad: otros actores controlan la operación minera mientras que la milicia es esencialmente utilizada y potencialmente pagada para mantener alejadas a otras milicias. Sin embargo, no son los beneficiarios últimos de la explotación minera.
- Milicias que roban minerales: incapaces de facilitar la producción minera, las milicias roban lo que pueden como actividad a corto plazo.
- Las milicias como productoras: controlan efectivamente la cadena de suministro de minerales desde la extracción hasta la venta a compradores locales o regionales

Lo siguiente son estimaciones de las operaciones criminales existentes en esta región:

"Se calcula que hay entre 25 y 49 grupos armados activos en el este de la RDC, con un total de combatientes armados en torno a los 7.000. El coste medio anual por combatiente es de unos 1.500 dólares, por lo que 13,2 millones de dólares equiparían a unos 8.900 combatientes. Los grupos delictivos organizados fuera de la RDC obtienen unos beneficios netos de por lo menos 136 - 391 millones de dólares procedentes de la explotación y el tráfico ilegales de recursos naturales, entonces, si todos estos beneficios llegaran a los grupos

armados, sería posible mantener hasta 91.000 - 261.000 combatientes bien equipados a un coste de 1.500 \$ por combatiente y año” (UNEP, Monusco , 2015, pág. 26)

Se puede inferir que para los grupos armados el coltán es un medio para financiarse y no un fin en sí mismo, pero diferentes fuentes indican que los conflictos no son realmente políticos, sino que están esencialmente motivados por adueñarse de la riqueza proveniente de los minerales.

Paluku Kahongya, ministro de industria y exgobernador de Kivu del norte indica que, aunque las FDLR se supone que luchan contra milicias armadas, en realidad su voluntad es controlar muchas de las minas de coltán de la zona y adueñarse de la riqueza generada.

El Dr Nissé Mughendi, profesor de la Universidad Católica de Graben en Butembo, también afirma que las FDLR explotan los minerales y los venden a funcionarios ruandeses o a familiares del régimen de Ruanda que, a su vez, los blanquean y convierten su exportación en parte de la economía de Ruanda.

Este efecto puede indicar que hay actores como Ruanda que no están interesados en la finalización de los conflictos ni de la inestabilidad, ya que Ruanda se beneficia económicamente del tráfico ilegal de coltán.

Por tanto, la corrupción y el tráfico ilegal es estructural en esta región de la RDC, es decir, hay muchos actores con gran poder que no están interesados en que la explotación de coltán se realice de forma regulada, legal y segura.

Además, cierta parte de la literatura acerca del conflicto del coltán expone que las demandas de ayuda a la comunidad internacional por parte de la RDC no son tomadas con la importancia pertinente. Esto, según el investigador Kule thata, es debido a que el Congo tiene un ejército más bien débil lo que provoca que no tenga mucho peso en el panorama internacional. Además, señala el investigador, a los grandes poderes mundiales que son actores de peso en el comercio de coltán no les interesa que la RDC sea un estado fuerte, sino que se benefician de un estado inestable incapaz de regularizar la producción y exportación de recursos, lo que abarata el precio de las materias primas para los intermediarios.

En la Ilustración 21 se pueden observar las rutas en las que se produce el contrabando de mineral, se puede ver como las rutas van desde las ciudades fronterizas de la RDC hacia Ruanda y Burundi.

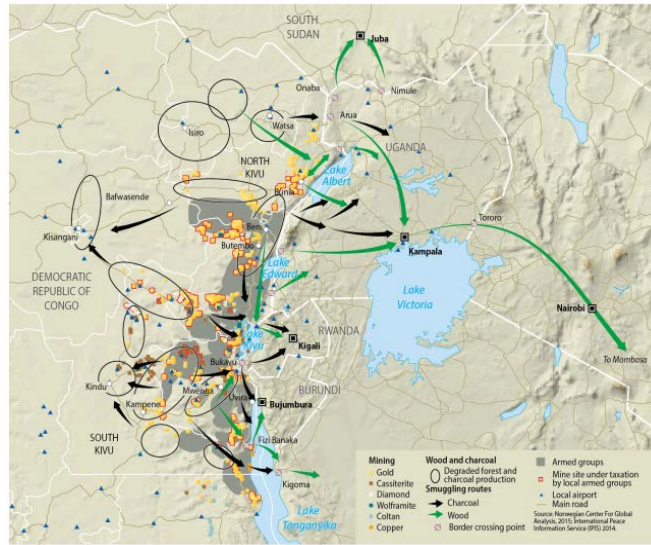


Ilustración 21: : Rutas de contrabando por parte de la delincuencia organizada desde el este de la RDC a grupos delictivos, empresas o particulares en Uganda, Ruanda y Burundi. Fuente: (UNEP, Monusco , 2015)

IPIS, una organización belga ha desarrollado un mapa con datos actualizados que relacionan la extracción de minerales en el este de la RDC con la actividad de los diferentes grupos armados.

En la Ilustración 22 se pueden ver todas las minas que cumplen al menos 2 de estos requisitos, que incluyan coltán y que estén afectadas por algún grupo armado. Esto supone 370 minas.

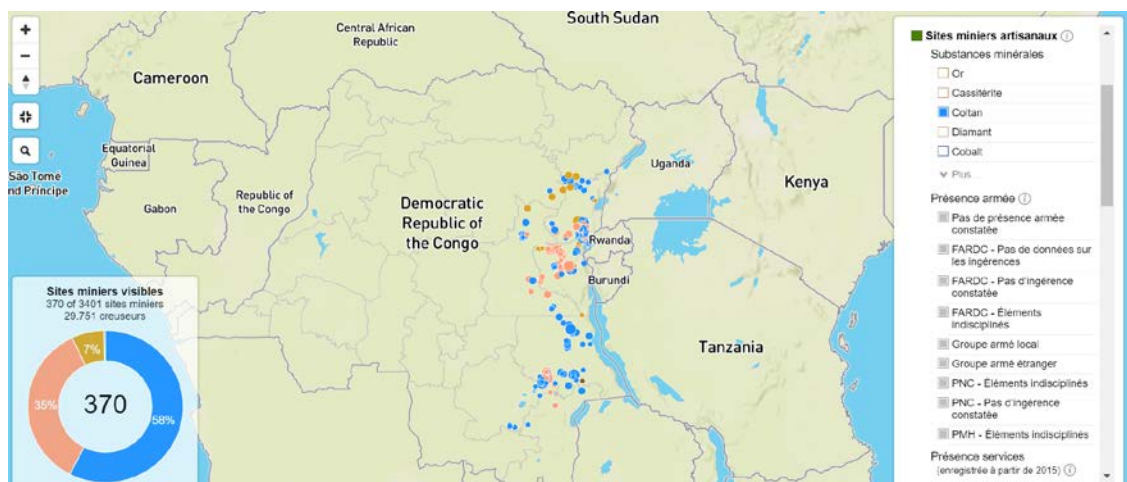


Ilustración 22: Minas de Coltán afectadas por conflictos armados en el este de la RDC. Fuente: (IPIS, 2023)

6.3.4 Condiciones de trabajo de los mineros artesanales

El Código Minero de la RDC de 2017 estipula que la minería artesanal no puede llevarse a cabo en las zonas donde operan las empresas mineras de coltán. Sin embargo, en lugar de instalar las máquinas pertinentes para la extracción de mineral. Las empresas contratan a mineros artesanales, que extraen y venden coltán a ellos y a otros intermediarios. Incluso existen empresas que, aunque sí explotan las reservas de mineral de forma industrializada, tienen otras explotaciones con mineros artesanales.

El producto obtenido con el trabajo de estos mineros artesanales se lleva a la mina que sí está industrializada por la empresa y allí se certifica como mineral extraído en condiciones regulares (Ojewale, 2022). Ello produce la perpetuación de la minería artesanal ya que abarata los costes y la mayoría de los actores de la cadena de suministro de tántalo se ven beneficiados.

“Dependiendo del % de tantalita en el coltán, el mineral cotizó entre 35 y 53 \$/Kg en 2021 en el Congo mientras que, en Ruanda, el coltán cotizó entre 52 y 65 \$/libra (0,5 kg) en el mismo año, es decir, más del doble” (Ojewale, 2022, pág. 15).

Según investigadores de IPIS y del Banco mundial (Greig & Ndagano, 2020), se calcula que hay más de 427.000 mineros artesanales.

El trabajo en las minas artesanales está estructurado en base a grupos de excavadores que sacan la roca, y después la roca es triturada manualmente para sacar el mineral.

La falta de un puesto sanitario en las minas y la contaminación del agua que beben los mineros conforman los principales problemas de salud en las minas artesanales.

Además, existen varios riesgos físicos, los hoyos de extracción son muy profundos y hay grandes riesgos de hundimiento pues las estructuras no son muy fiables.

Finalmente, Ojewale ha descrito en 2022 que *“Aunque el Ministerio de Minería recomienda que los mineros excaven a un máximo de 30 metros bajo la superficie, a veces excavan hasta 200 metros y muchos de ellos mueren debido a hundimientos de tierra o por asfixia mientras están atrapados bajo tierra”*.

6.3.5 Grupos Vulnerables

La irregularidad del sector minero conforma atractivas oportunidades de empleo a mujeres y niños pobres, que sirven como reserva de mano de obra

barata. Así, la extracción de coltán está también relacionada con el trabajo infantil y los abusos sexuales.

Según una estimación reciente de UNICEF (2015), hay unos 40.000 niños o adolescentes que han dejado los estudios para dedicarse a la minería artesanal en la RDC. Los niños representan una fuerza de trabajo más barata, ya que no exigen nada, como sí hacen los adultos. Se ha descrito que *“Un grupo de 30 niños puede transportar tres o cuatro toneladas de arena con mineral en un día, a un precio más barato que un grupo de adultos”*. (Vivuya, 2020).

La pobreza que impera en el país (PIB RDC: 2.290\$, PIB UE: 37.149\$, World Bank, 2023) hace que las familias vean en el sector minero una oportunidad para que los niños lleven dinero a casa, lo que provoca que muchos niños dejen el colegio a temprana edad ya que la única oportunidad son las minas. Consistentemente, el abandono escolar en el este de la RDC aumentó desde un 28% a un 39% en 2019 (Vivuya, 2020).

También existe gran riesgo para las mujeres ya que es común que en las minas y aldeas de alrededor exista la prostitución, violaciones y violencia de género. Según un estudio de colaboración entre IPIS y el banco mundial de 2020 existe una gran desigualdad de género en la minería artesanal. Las mujeres, que forman entre un 10 y un 15% de los trabajadores del coltán, no suelen ser las que excavan los hoyos en la tierra, sino que se encargan mayoritariamente del transporte y lavado de las rocas que contienen mineral. Trabajos por los que se cobra menos que los hechos por los hombres. En promedio, los mineros varones cobran un 29% más que las mujeres en las minas artesanales de extracción de coltán.

6.3.6 Datos de impacto social actualizados a 2022

Después del estudio bibliográfico realizado, hemos obtenido los siguientes datos de impacto social debido a la extracción de tántalo.

Según Amnistía Internacional se registraron los siguientes datos de perjuicio social en la RDC a lo largo de 2022.

- Los grupos armados que operan en el este de la RDC en 2022 han matado a más de 1.800 civiles en las provincias orientales de Ituri, Kivu del Norte y Kivu del sur.
- En Ituri, una milicia armada intensificó los ataques y el 8 de mayo mataron al menos a 52 personas desarmadas. Además de esto violaron al menos a 6 mujeres.
- Además, durante el año se vieron forzados a huir de sus hogares 600.000 personas. Es decir que las personas internamente desplazadas en el país ya suman más de 6 millones.

Según Oluwole Ojewale (2022), en su artículo “Mining and illicit trading of coltan in the Democratic Republic of Congo” de 2022.

- Existen 40.000 niños o adolescentes que sufren explotación infantil debido a las minas artesanales extractivas de tántalo.

Según Adedayo, 2020.

- La ciudad de Goma, enclave del tráfico ilegal desde la RDC a Ruanda, llegó a la cifra de 7500 violaciones a mujeres durante los conflictos por el coltán.

Según Vivuya, 2020.

- Los niños mineros cobran entre 3 US\$ y 5 US\$ diarios en condiciones normales. Siendo que el umbral de la pobreza está en 3,2 US\$ diarios (World Bank, 2018).
- En Rubaya, una ciudad con minas cercanas, el abandono escolar ha subido de un 28% a un 39% desde que comenzó la demanda de tántalo a gran escala.
- La pobreza que imperaba cuando se asumieron los primeros compromisos para acabar con el trabajo infantil en las minas sigue siendo prácticamente la misma. Según las estadísticas del Banco Mundial, en 2012, el 77% de la población vivía con menos de 1,9 dólares al día; en 2018, la tasa era del 73%.

La organización belga IPIS se dedica a recopilar datos que vinculan la extracción de minerales en el este del Congo con los grupos armados. La organización ofrece una serie de herramientas mediante las cuales se pueden observar los datos sobre grupos armados en las minas de la RDC.

En el presente trabajo hemos usado el “Data Dashboard” (Ilustración 23):

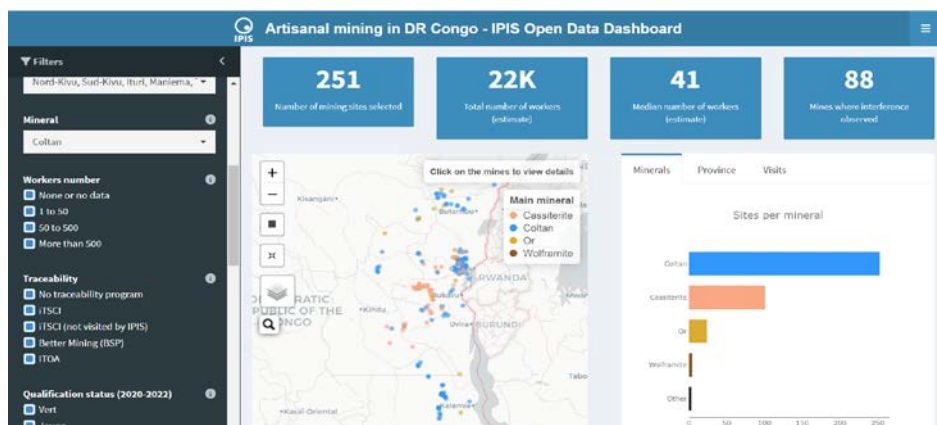


Ilustración 23: Data Dashboard filtrando por el coltán. Fuente: (IPIS)

La ilustración 24 muestra el número de grupos armados en las minas y la frecuencia en la que se presentan estos grupos en las minas.

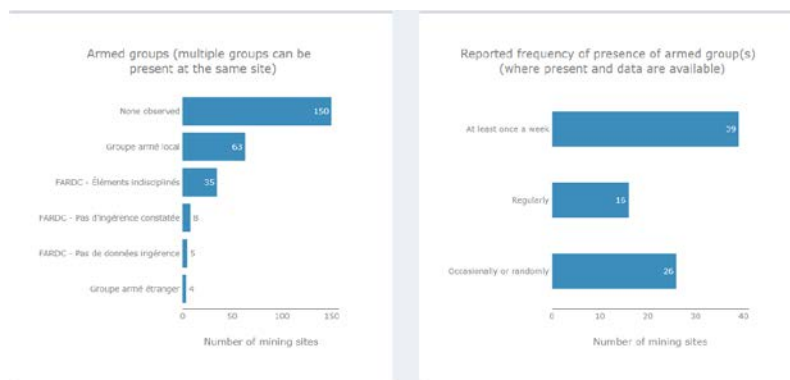


Ilustración 24: Cantidad de grupos armados en las minas. Fuente: (IPIS)

De estas herramientas se pueden extraer los siguientes datos:

- Hay 88 minas de coltán que se ven afectadas por la actividad de grupos armados, lo que deja a 7656 trabajadores afectados por la actividad de las milicias.

6.3.7 Resumen de Impactos sociales por categoría:

En la tabla 3 se ven reflejados los impactos sociales obtenidos a través de la revisión bibliográfica.

TRABAJO DIGNO	
Trabajo Infantil	40.000 niños y adolescentes trabajando en minas
Sueldo	Entre 3 US\$ y 5 US\$ al día
CONFLICTO ARMADO	
Proporción	35% de las minas de coltán tienen una afectación por parte de algún grupo armado
Muertes	1800 muertes en un año
Refugiados	Más de 600.000 refugiados
SOCIEDAD	
Abandono Escolar	39% de abandono escolar debido al trabajo infantil
Violaciones	7500 violaciones registradas
Pobreza	73% viviendo por debajo del umbral de la pobreza (1,9 US\$ al día)

Tabla 3: Resumen de impactos sociales del Tántalo en la sociedad del este de la RDC

6.4 EL COBALTO

El cobalto es un metal magnético de color blanco plateado, con el símbolo químico Co y el número atómico de 27. En la corteza terrestre, el cobalto es el trigésimo elemento en abundancia (0,0029% p/p), y si bien se encuentra profusamente distribuido, es el menos abundante de todos los metales de la primera serie de transición (Baran, 2018).

Se conocen más de doscientos minerales conteniendo cobalto, pero sólo unos pocos alcanzan a tener valor comercial o industrial. En ellos el cobalto está invariablemente asociado con níquel, cobre o plomo y es obtenido habitualmente como subproducto en la recuperación de esos otros metales (Baran, 2018). Entre los minerales más importantes suelen mencionarse la cobaltita (ilustración 25) o CoAsS , la safflorita, CoAs_2 , y la linneita, Co_3S_4 .

En la ilustración 25 se puede apreciar la apariencia de la cobaltita.



Ilustración 25: Mineral Cobaltita. Fuente: (flores, 2023)

Como propiedades físicas podemos destacar que, como ya hemos mencionado, se considera un metal ferromagnético, duro pero quebradizo. Tiene un punto alto de fusión y es resistente a la exposición a temperaturas elevadas. Además, tiene alta resistencia y posee buenas propiedades de conducción térmicas y eléctricas (GEOLOGIAWEB, 2021).

La función del cobalto para la industria electrónica está totalmente ligada a las baterías, tanto de teléfonos móviles como de ordenadores y vehículos eléctricos. Los elementos principales de una batería con dos electrodos son un cátodo, un ánodo y un elemento no metálico. Este elemento no metálico, en las baterías que contienen cobalto es el litio, se trata de una sustancia que contiene iones y que, de esa manera actúa como un conductor eléctrico.

Brevemente explicado, el funcionamiento de una batería se basa en una reacción redox (reducción-oxidación), que es un proceso químico en el que un conjunto de electrones viaja de un lugar a otro.

Concretamente en las baterías, uno de los electrodos, el cátodo, sufre la reacción de reducción y recibe electrones, mientras que el ánodo sufre la reacción de oxidación, es decir pierde electrones. El litio, en este caso, proporciona los iones necesarios para que la reacción electroquímica tenga lugar, con el consiguiente transporte de electrones.

Este es un proceso que se puede realizar varias veces, es decir, el cátodo y el ánodo pueden recuperar su estado inicial. Gracias a esto se pueden realizar numerosos ciclos de carga y descarga de la batería (Lopez, 2021).

La ilustración 26 muestra el esquema de funcionamiento de una batería.

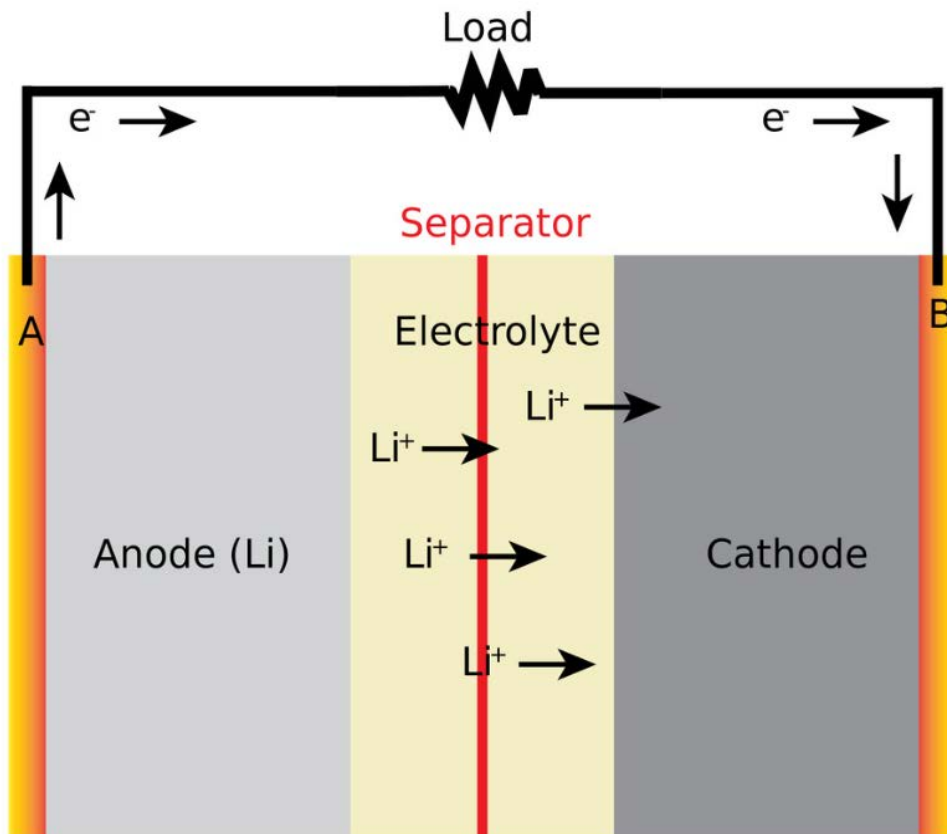


Ilustración 26: Funcionamiento una batería. Fuente: (Lopez, 2021)

Anteriormente a las baterías de litio se usaban las baterías denominadas níquel-cadmio. Pero las baterías de litio se cargan más rápido que la de níquel-cadmio, tienen una mayor densidad energética, son menos sensibles al efecto memoria y son más ligeras (Lopez, 2021). Como desventajas, las batería de litio pueden llegar a explotar si se sobrecalientan y su rendimiento a bajas temperaturas disminuye un 25% (Lopez, 2021).

La función del cobalto en estas baterías es incrementar el rendimiento del litio, lo que hace posible dilatar la autonomía de las baterías.

El cobalto se utiliza para construir una matriz parches de litio. De esta manera es posible obtener una capacidad de almacenamiento que es casi tres veces mayor que la de las baterías de litio que no recurren.

Además, su capacidad se reduce solo alrededor de un 2% después de completar unos 130 ciclos de carga. (Lopez, 2021)

6.4.1 Actores en el mercado del cobalto.

El 72,1% del cobalto mundial es extraído en las minas de la RDC (Statista 2022). Es decir, la RDC es la primera potencia exportadora de cobalto en el mundo

La ilustración 27 refleja la producción en 2023 de cobalto por países.

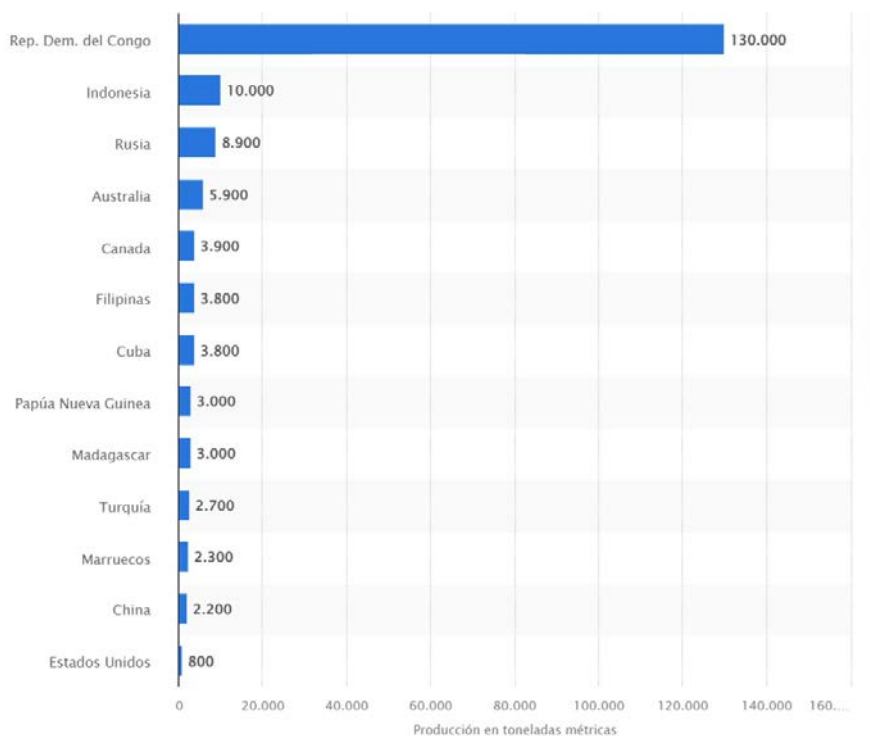


Ilustración 27: Productores mundiales de cobalto. Fuente: (Statista, 2022)

Por otra parte, hasta el 45% de todo el cobalto que se extrae se utiliza en la fabricación de baterías de iones de litio (Instituto de Desarrollo de Cobalto (CDI), 2017).

En la Ilustración 28 se puede observar que la producción de cobalto ha aumentado vertiginosamente en las últimas décadas.

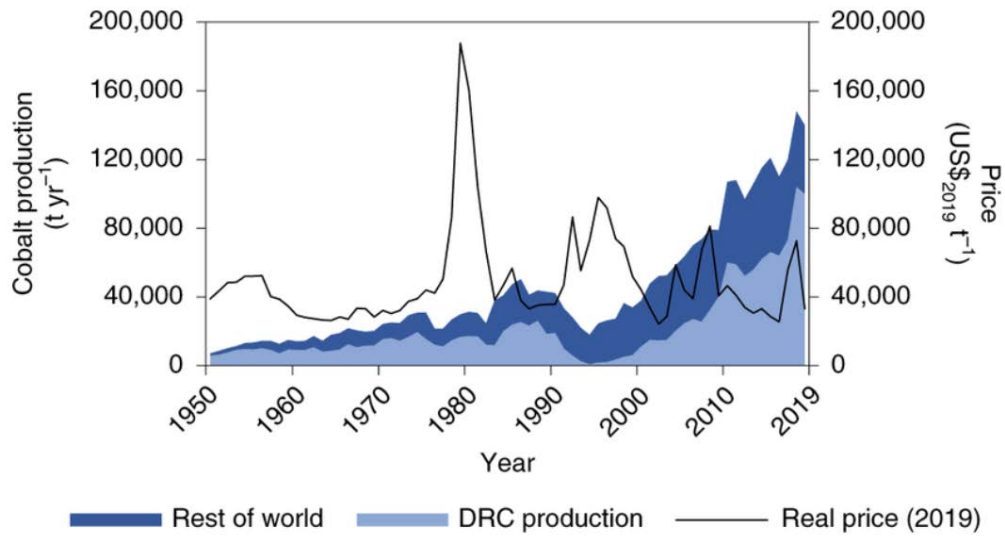


Ilustración 28: Producción global de cobalto a lo largo de los años. Fuente: (Domenech & Joris, 2021)

6.4.2 Cobalto en la República Democrática del Congo

Las reservas de mineral donde se extrae cobalto en la RDC son principalmente en la parte sur-este, en la provincia de Katanga. En la ilustración 29, a través del mapa desarrollado por IPIS, se pueden ver localizadas todas las minas de cobalto en la RDC.



Ilustración 29: Localización de las minas de cobalto en la RDC. Fuente: (IPIS, 2023)

6.4.3 Minería artesanal y a pequeña escala de cobalto en la RDC

Como se comentó anteriormente, la RDC es uno de los países más pobres del mundo, y la minería artesanal es una forma de encontrar prosperidad para muchas personas empobrecidas. El país no tiene un sector industrial muy desarrollado y las compañías que extraen cobalto de una forma regularizada usan máquinas pesadas. Este tipo de minería no necesita tantos trabajadores como la minería artesanal. De hecho, el mismo presidente del país en 2003 alentó a la población a practicar la minería artesanal ya que el gobierno no era capaz de revivir la industria minera regularizada (Amnistía Internacional, 2016). Según el gobierno de la RDC un 20% de la extracción total de cobalto se hace de forma artesanal. La producción artesanal de cobalto en la RDC representa el segundo sector minero de cobalto en el mundo, después de la producción industrializada de cobalto en la RDC (World Economic Forum, 2020).

La OCDE (2018) estima que en torno a un 80% de la población de la RDC tienen empleos irregulares o están desempleados. En estas circunstancias, la OCDE estima que hay más de 2 millones de personas que trabajan en la minería artesanal, esto es tanto para el tántalo como para el cobalto o los otros minerales que se extraen en la RDC. De cada trabajador se estima que dependen 5 personas más. Esto quiere decir que existen cerca de 10 millones de personas en la RDC que dependen económicamente de la minería artesanal.

La mayoría de los mineros artesanales trabajan en áreas irregulares, es decir en zonas en las que no está autorizada la extracción mineral, o invaden zonas que están controladas por las empresas de producción mineral industrial.

La extracción artesanal se lleva a cabo excavando profundos hoyos en el suelo mediante cinceles, mazos y otras herramientas que requieren el uso de la fuerza física. Mayoritariamente los hoyos están excavados por hombres, y los niños y las mujeres lavan las rocas extraídas y las desmenuzan.

Otra forma en la que se produce la minería artesanal es excavar en las zonas descartadas por las empresas mineras industrializadas. Los mineros recogen rocas que están en la superficie y las desmenuzan esperando encontrar mineral.

Los mineros trabajan en distintas circunstancias laborales, algunos están contratados, otros venden por su cuenta lo que extraen y otros trabajan en grupo y se reparten el beneficio.

6.4.4 Cadena de Suministro del cobalto en la RDC

En la provincia de Katanga hay intermediarios independientes, la mayoría de nacionalidad china, que compran mineral cobalto sin importar su procedencia. Estos intermediarios compran el cobalto en las denominadas “buying houses”.

Después estos intermediarios venden el producto a compañías más grandes las cuales lo exportan.

Una de las compañías más grandes que actúa como intermediaria es Congo Dongfang Mining International (CDM), la cual es 100% propiedad de una empresa con sede en China, llamada Huayou Cobalt Company.

Los principales clientes de Huayou Cobalt Company son Apple Inc, Dell, Huawei, Lenovo, LG, Microsoft, Samsung y Sony, además de algunas empresas de vehículos (Amnistía Internacional, 2016).

6.4.5 Problemas de salud de los trabajadores en las minas de Cobalto

El cobalto en sí mismo no es inherentemente tóxico, pero si se respira polvo de cobalto en grandes cantidades, éste puede resultar muy dañino y llegar a acarrear graves problemas de salud.

La inhalación de polvo de cobalto en cantidades significativas puede ingresar a los pulmones y causar irritación pulmonar, neumonitis por hipersensibilidad y fibrosis pulmonar, es decir, la destrucción del tejido pulmonar.

Según un estudio de Amnistía Internacional (2016) en el que se entrevistaron a 90 mineros artesanales incluyendo 17 niños, se determinó que los trabajadores tenían problemas como asma y disminución significativa de la capacidad pulmonar. Además de que la gran mayoría de mineros artesanales no cuenta con el equipo de protección necesario para este tipo de trabajos.

Por otro lado, debido a que los agujeros los practican los mineros de modo artesanal con herramientas rudimentarias, la estructura no es estable y el riesgo de derrumbamiento es muy alto.

Aunque no hay datos oficiales, una ONG llamada Radio Okapi señala que en 2015 hubo más de 80 muertes oficiales por accidente en las minas artesanales de la RDC. Aunque en realidad se suponen muchas siendo que muchos cuerpos quedan enterrados en dentro de la tierra. Amnistía Internacional (2016).

6.4.6 Trabajo infantil en la minería de cobalto

Según un informe de Unicef (2014) los niños que trabajan en las minas artesanales suelen hacerlo en turnos de 10 a 12 horas. Estos niños no pueden compatibilizar las clases con la minería y en muchos casos abandonan el colegio. En el caso de que los niños puedan seguir estudiando, es una práctica habitual que en los días libres los niños trabajen en las minas. Los niños, como también pasa con los adultos, se intoxican con el polvo que se genera en las

minas de cobalto y tienen afectaciones en los pulmones. Por otro lado, existen informes de violencia hacia los niños que trabajan en las minas. El sueldo promedio para los niños que trabajan en las minas de cobalto es de entre 1 y 3 US\$ diarios. Además, estos niños cobran en base a la cantidad de mineral que transportan, y al no tener forma de demostrar el peso que han llevado, son susceptibles de ser engañados.

Según un artículo de The Guardian (2018) en la zona cercana a la frontera con Zambia, que es donde se extrae mayoritariamente el Cobalto, hay más de 255.000 mineros artesanales. De estos se estima que al menos 35.000 son niños, algunos de ellos incluso de 6 años.

Los niños deben pagar sobornos a funcionarios del gobierno ya que estos deben informar de la existencia de la explotación infantil.

Investigadores del Foro Económico Mundial (2020) han sugerido las tres principales razones del arraigo del trabajo infantil en las minas artesanales de cobalto en la RDC:

- En primer lugar, los padres que tienen niños pequeños y trabajan en las minas no tienen quien cuide de sus hijos y los tienen que llevar a trabajar con ellos.
- En segundo lugar, el trabajo infantil es más barato que el trabajo de los adultos, por eso los intermediarios que compran mineral a los mineros artesanales no tienen problema en que los niños trabajen y, aunque hay leyes en contra del trabajo infantil, en la práctica no se respeta la legalidad.
- En tercer lugar, está la perspectiva de los niños que trabajan en las minas: la necesidad de aportar dinero a familias que son muy grandes y una o dos personas con ingresos no pueden mantenerla. También sucede que, a causa de la muerte de los padres, el niño debe hacerse cargo de sí mismo a una muy temprana edad, o que una mujer joven casi niña es considerada adulta y debe hacerse cargo de sus propios hijos.

7. CONCLUSIONES

- La extracción del tántalo tiene graves impactos en la sociedad de la RDC, el más destacado es la generación de conflictos armados. Aunque es cierto que el marco político es inestable, la extracción de un mineral con tanto valor como el tántalo alienta el desarrollo de milicias armadas que luchan por el control de las minas.
- Los conflictos armados que confluyen alrededor de las minas de tántalo provocan serios abusos contra la población allí establecida, los más destacados son el trabajo infantil, las violaciones contra las mujeres, la pérdida de salud de los trabajadores debido a las condiciones en las minas y las muertes por asesinato que perpetran las milicias armadas.
- Los intermediarios internacionales que compran tántalo en grandes cantidades no tienen interés en que la situación en la que se extrae tántalo se regularice. Esto es debido a que el contrabando y las condiciones de trabajo irregulares abaratan el precio del tántalo.
- Actores internacionales como Ruanda se benefician directamente del tráfico ilegal de tántalo por lo que no harán ningún esfuerzo por regularizar la situación en el este de la RDC.
- La extracción de cobalto en la región sudeste de la RDC tiene graves impactos sobre la sociedad allí establecida. Uno de ellos es el trabajo infantil, que está totalmente arraigado en las minas de cobalto. Y el otro son los perjuicios a la salud de los mineros, tanto adultos como niños, debido a las condiciones tóxicas e insalubres de las minas y a la gran cantidad de accidentes que se producen.
- Con respecto a la denominación del cobalto como mineral en conflicto, la conclusión es que el cobalto no debe entrar en la categoría de mineral en conflicto. Esto es debido a que, si bien es cierto que el impacto social del tántalo y del cobalto son similares en cuanto a magnitud, la mayoría de las reservas de tántalo están ubicadas cerca de la frontera con Ruanda, la cual es una zona políticamente inestable y con conflictos arraigados desde hace más de una década. En cambio, la mayoría de las reservas de cobalto se encuentran en el sudoeste, en la provincia de Katanga cerca de la frontera con Zambia, donde no hay conflictos armados significativos.

8. POSIBLES LÍNEAS PARA UN FUTURO TRABAJO

- Realizar una revisión bibliográfica similar a la que se ha hecho en el presente trabajo, pero para otros minerales necesarios en la fabricación de un teléfono móvil. Por ejemplo, el litio en Bolivia y Chile.
- EL acceso a bases de datos limita mucho el estudio de impacto social, de forma que si se tiene acceso a una base de datos con indicadores sociales referidos a la extracción mineral, puede realizarse un trabajo en el que se estudie el impacto de todos los componentes de algún producto electrónico como, por ejemplo un ordenador.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alboan. (2022). TECNOLOGÍA LIBRE DE CONFLICTO. Obtenido de <https://www.tecnologialibredeconflicto.org/faq/#minerales-se-sangre>
- Amnistía Internacional. (2016). THIS IS WHAT WE DIE FOR. Obtenido de <https://www.amnesty.org/en/wp-content/uploads/2021/05/AFR6231832016ENGLISH.pdf>
- Baran, E. J. (2018). COBALTO: UN ELEMENTO CRÍTICO Y ESTRATÉGICO. Obtenido de https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/ANALES/TOMO_70/13.pdf
- Beddington, J. (2021). *Securing Technology Critical Metals for Britain*. Obtenido de <https://www.birmingham.ac.uk/documents/college-eps/energy/policy/policy-comission-securing-technology-critical-metals-for-britain.pdf>
- Borda , L., & García , M. (2020). Yacimientos de Litio. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-a-Evolucion-del-precio-del-litio-en-dolares-estadounidenses-US-en-el_fig1_341354548
- Brunning, A. (2019). A periodic table of elements in mobile phones. Obtenido de <https://www.compoundchem.com/2019advent/day16/>
- Bwire, K., & Gusenburg, C. (2022). Explainer: What's Behind the Rising Conflict in Eastern DRC. Obtenido de <https://www.voanews.com/a/explainer-what-s-behind-the-rising-conflict-in-eastern-drc-/6690258.html>
- Caneiro Oliveira , L., Alvarez Carton , P., Dominguez gonzalez , M., García Fernandez , D., & García Vazquez , E. (2019). Cobalto, Derechos humanos y Legislación Internacional. Obtenido de <https://diarioresponsable.com/opinion/28357-cobalto-derechos-humanos-y-legislacion-internacional>
- Carralero, D. (2021). ¿Pueden los minerales críticos impedir la transición energética? *CLIMÁTICA*. Obtenido de <https://www.climatica.lamarea.com/especial-minerales-criticos-1/>
- Comisión Europea. (2020). Resiliencia de las materias primas fundamentales: trazando el camino hacia un mayor grado de seguridad y sostenibilidad. Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=NL>

- De Castro , G., & A.Díaz, A. (2015). ESTUDIO DE UN MINERAL DE COLUMBO-TANTALITA. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323646310002.pdf>
- DocPlayer. (s.f.). La fiebre del coltan : el mineral de la nueva esclavitud. Obtenido de <https://docplayer.es/15575223-La-fiebre-del-coltan-el-mineral-de-la-nueva-esclavitud.html>
- EcuRed. (s.f.). Condensador de tantalio. Obtenido de https://www.ecured.cu/Condensador_de_tantalio
- European Union. (2023). Indicative, non exhaustive list of Conflict-Affected and High-Risk areas. Obtenido de <https://www.cahaslist.net/>
- Garside, M. (2023). Mine production of tantalum worldwide in 2022, by country. Obtenido de <https://www.statista.com/statistics/1009165/global-tantalum-production-by-country/>
- GEOLOGIAWEB. (2021). Cobalto: Propiedades, características y aplicaciones. Obtenido de <https://geologiaweb.com/elementos-quimicos/cobalto/>
- GeologiaWeb. (2021). Tantalita: Significado, propiedades y usos. Obtenido de <https://geologiaweb.com/minerales/tantalita/>
- Gonzalez Muntandas, Q. (2023). Urge Una Ley Española de Diligencia Debida. Obtenido de <https://www.nuevatribuna.es/articulo/actualidad/urge-ley-espanola-diligencia-debida-laboral-europa-empresas/20230321122018209825.html>
- Grainger, M. (2022). La Ley Europea de debida diligencia en la cadena de suministro: Derechos humanos & Compliance. Obtenido de <https://www.eqs.com/es/compliance-blog/ley-debida-diligencia-cadena-suministro/#:~:text=cadena%20de%20suministro-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20Ley%20Europea%20de%20debi da%20diligencia%20en%20la,las%20cadenas%20de%20suministro%20mundiales.>
- Hervé, M. V. (2023). Eastern DRC: Protected Areas in the Illegal Export of Coltan, Gold, and Cassiterite. Obtenido de <https://pulitzercenter.org/stories/eastern-drc-protected-areas-illegal-export-coltan-gold-and-cassiterite>
- Instituto de Desarrollo de Cobalto (CDI). (2017).
- Kasambala, T. (2009). Diamonds in the Rough Human Rights Abuses in the Marange Diamond Fields of Zimbabwe. Obtenido de <https://www.hrw.org/report/2009/06/26/diamonds-rough/human-rights-abuses-marange-diamond-fields-zimbabwe>
- Lopez, J. c. (2021). Qué es, para qué sirve y cuál es el futuro del cobalto.

- Lutandula, M. (2019). *A review of the beneficiation of copper-cobalt-bearing minerals in the Democratic Republic of Congo* .
- Macquarie Group. (2017). Annual Report.
- Menéndez, U. (2022). ESG: PROPUESTA DE DIRECTIVA SOBRE LA DILIGENCIA DEBIDA DE LAS EMPRESAS EN MATERIA DE SOSTENIBILIDAD Y DERECHOS HUMANOS. Obtenido de <https://www.uria.com/documentos/circulares/1498/documento/12700/nota-ESG.pdf?id=12700&forceDownload=true#>
- Merchant, B. (2017). Everything That ´s Inside Your iPhone.
- Milián Navarro , I., Royo Aspa , J., García Ugrell, J., Arestizábal Urrutia, P., Villellas Ariño , A., & Villellas Ariño , M. (2022). *Alerta 2022! Informe sobre conflictos, derechos humanos y Construcción de Paz*. UAB.
- Minerals Mining . (2022). El Coltán. Obtenido de <https://www.mineralsmining.com/presencia-internacional/mineral-colt%C3%A1n/>
- Minerals Mining. (2010). Mineral Tántalo. Obtenido de <https://www.mineralsmining.com/presencia-internacional/mineral-t%C3%A1ntalio/>
- Ministerio de industria Comercio y turismo. (2022). *Minerales Responsables*. Obtenido de <https://comercio.gob.es/ImportacionExportacion/Regimenes/Paginas/Minerales-en-conflicto.aspx>
- OCDE. (2018). *Guía de la OCDE de Debida Diligencia para una Conducta Empresarial Responsable*.
- OECD. (2016). *OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals*. Paris. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264252479-en>
- Ojewale, O. (2022). Mining and illicit trading of coltan in the Democratic Republic of Congo. Obtenido de <https://enact-africa.s3.amazonaws.com/site/uploads/2022-05-03-research-paper-29-rev.pdf>
- Palomo, A. G. (2017). Plata y plomo en Cerro Pasco: La mina del polvo envenenado. Obtenido de <https://www.elmundo.es/papel/lifestyle/2017/10/16/59dc95d846163f3b0b8b4639.html>
- Proyecto Enough . (2009). *Un enfoque completo sobre los minerales en conflicto del congo*. Obtenido de <https://www.tecnologialibredeconflicto.org/wp-content/uploads/recursos/Congo-minerales-en-conflicto-Enough.pdf>

- Regueiro , M., & Gonzalez-Barros. (2014). Minerales críticos en Europa: Metodología para la evaluación de la criticidad de los minerales. *Revista de la Sociedad Española de Minerología*. Obtenido de https://eprints.ucm.es/id/eprint/34404/1/Regueiro.y.Barros_WEB3.pdf
- Ross, M. (2003). *The Natural Resource Curse : How Can Wealth Make You Poor*.
- Salcedo-Albaran , E., Lopez , E., & Awawi, A. (2017). Trafficking of Coltan in the Democratic Republic of Congo. Obtenido de <file:///C:/Users/Carlos%20Villalobos/Downloads/42.pdf>
- Sierra, J. (1985). Naturaleza y distribución de las menas que constituyen el yacimiento de Aznalcóllar. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/36412/1/sierra2.pdf>
- Source International . (2021). Informe Metales Pesados en el Cerro del Pasco
- Statista. (2022) Ranking de los principales países productores de cobalto a nivel mundial en 2022. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/635437/paises-lideres-en-la-produccion-de-cobalto-a-nivel-mundial/#:~:text=En%202022%2C%20el%20primer%20pa%C3%ADs,alrededor%20de%2010.000%20toneladas%20m%C3%A9tricas>.
- Storch, M. (2020). Las tres dimensiones de la sostenibilidad. Obtenido de <https://www.sintetia.com/las-tres-dimensiones-de-la-sostenibilidad/#:~:text=La%20sostenibilidad%20tiene%20tres%20dimensiones,%3A%20econ%C3%B3mica%2C%20medioambiental%20y%20social>.
- Ströbele-gregor, J. (2012). Litio en Bolivia: El plan gubernamental de producción e industrialización del litio, escenarios de conflictos sociales y ecológicos, y. *Working Paper*. Obtenido de https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/19857/14_WP_Stroebele_Gregor_online_sp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ströbele-Gregor, J. (2013). El proyecto estatal del litio en Bolivia: Expectativas, desafíos y dilemas. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/hevila/Nuevasociedad/2013/no244/6.pdf>
- UNEP. (2020). Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2020. Obtenido de <https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/01/Guidelines-for-Social-Life-Cycle-Assessment-of-Products-and-Organizations-2020-22.1.21sml.pdf>

- UNEP, Monusco . (2015). Experts Background report on illegal exploitation and trade in natural resources benefitting organized criminal groups in eastern Congo. Obtenido de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22069/UNEP_DRC_PCEA_EN.pdf?sequence=1
- UNICEF. (2014). Informe sobre Desarrollo Humano 2014. Obtenido de <https://hdr.undp.org/system/files/documents/informe-sobre-desarrollo-humano-2014.informe-sobre-desarrollo-humano-2014>
- World Bank. (2022). *Desarrollo Digital*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/digitaldevelopment/overview>
- World Economic Forum. (2020). Making Mining Safe and Fair: Artisanal cobalt extraction in the Democratic Republic of the Congo. Obtenido de https://www3.weforum.org/docs/WEF_Making_Mining_Safe_2020.pdf
- World Energy Trade. (2022). ¿Cuáles son los principales minerales de la batería de un vehículo eléctrico? Obtenido de <https://www.worldenergytrade.com/metales/mineria/principales-minerales-bateria-vehiculo-electrico>