

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA – ATG LTDA.
CONTRATO DE CONSULTORÍA GGC-606-2021
CONCEPTUALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE
LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE POLÍTICA DE BUENAS PRÁCTICAS
PARA ESTANDARIZAR LOS PROCESOS DE LA ACTIVIDAD MINERA
RELACIONADOS CON “GESTIÓN Y MANEJO DE ESTÉRILES EN MINERÍA”
Y CON “ECONOMÍA CIRCULAR EN LA ACTIVIDAD MINERA”.



PROPUESTA DE LINEAMIENTO TÉCNICO DE POLÍTICA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA ESTANDARIZAR LOS PROCESOS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA ACTIVIDAD MINERA

CONTRATO DE CONSULTORÍA GGC-606-2021

**Bogotá D.C.
Diciembre 13 de 2021**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
1. RESUMEN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
2. METODOLOGÍA GENERAL	9
3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	12
4. OBJETIVOS	15
4.1 OBJETIVO GENERAL	15
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
5. MARCO CONCEPTUAL	16
5.1 DEFINICIONES	16
5.2 MODELO BASURA CERO.....	22
5.2.1 Estrategias Basura Cero (BC)23	
5.2.2 Basura Cero y Economía Circular 24	
5.2.3 Modelo Basura Cero (BC) en el sector minero 24	
6. MARCO NORMATIVO COLOMBIA.....	25
7. ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR MINERO	41
7.1 SECTOR MINERO INTERNACIONAL	41
7.1.1 Casos aplicados de la economía circular en el sector minero internacional 52	
7.2 SECTOR MINERO NACIONAL.....	56
7.2.1 Iniciativas desarrolladas: Línea base 56	
7.2.2 Mejores técnicas y tecnologías disponibles 66	
7.2.3 Modelo de negocios circulares para minerales analizados 71	
8. LINEAMIENTOS PARA LOS PROCESOS RELACIONADOS CON ECONOMÍA CIRCULAR MINERA	97
8.1 LÍNEA ESTRATÉGICA POTENCIAL GENERACIÓN DE CIRCULARIDAD EN LA ETAPA DE EXPLORACIÓN	98
8.2 LÍNEA ESTRATÉGICA POTENCIAL GENERACIÓN DE CIRCULARIDAD EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....	114
8.3 LÍNEA ESTRATÉGICA POTENCIAL GENERACIÓN DE CIRCULARIDAD EN LA ETAPA DE EXPLOTACIÓN.....	119
8.4 LÍNEA ESTRATÉGICA POTENCIAL GENERACIÓN DE CIRCULARIDAD EN LA ETAPA DE CIERRE Y POST CIERRE	148
8.5 LÍNEA ESTRATÉGICA DESARROLLO DE MODELOS DE NEGOCIO CIRCULAR.....	163
8.6 LÍNEA ESTRATÉGICA SEGUIMIENTO Y MONITOREO.....	178
9. RECOMENDACIONES.....	185
10. CONCLUSIONES.....	187
11. BIBLIOGRAFÍA.....	189

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. casos aplicados a la economía circular en el sector minero internacional.	53
Tabla 2. Líneas estrategias y número de lineamientos.	97
Tabla 3. Marcos de referencia de indicadores.	181

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología de recolección de información primaria y secundaria.	9
Figura 2. Estructura metodológica de lineamientos.....	11
Figura 3. Líneas estratégicas para economía circular.....	11
Figura 4. Iniciativas desarrolladas de economía circular a partir de información recolectada por empresas mineras.....	60
Figura 5. Tipologías de iniciativas innovadoras de la economía circular.	71
Figura 6. 5 pasos hacia la economía circular en las empresas.	74
Figura 7. Indicadores guía por modelo circular.	180

INTRODUCCIÓN

El presente documento denominado **Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de la Actividad Minera relacionados con la economía Circular**, se elaboró bajo el marco del Contrato de Consultoría GGC-606-2021 celebrado entre el Ministerio de Minas y Energía (Dirección de Minería Empresarial) y la empresa ATG Ltda., que tiene como objeto ***“Contratar la conceptualización y elaboración de propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de la actividad minera relacionados con “Gestión y manejo de estériles en minería” y con “Economía circular en la actividad minera”, de acuerdo con las buenas prácticas internacionales”***.

Este documento surge del análisis de la recopilación e interpretación de la información nacional e internacional obtenida, de criterios, experiencias, lecciones aprendidas, directrices, principios, estándares, técnicas, métodos, metodologías y tecnologías que permitan la estandarización para el desarrollo de modelos circulares en el sector minero, proporcionando directrices que conlleven a la realización de una caracterización detallada del tipo, constitución, calidad y los volúmenes de los subproductos que se pueden generar por la explotación de los minerales, adicional al desarrollo tecnológico para el procesamiento que permita el reúso y, la implementación de iniciativas del modelo circular que extiendan la vida útil de los productos y materiales que se generan dentro del proyecto minero para evitar la disposición final como residuos.

Lo anterior, teniendo en cuenta que se debe reducir la tasa de pérdida de mineral y mejorar la tasa de recuperación de procesamiento de minerales, para el uso total de los recursos, incluyendo aquellos que requieran tecnología específica por su grado de complejidad para su extracción.

Es importante indicar que la implementación del modelo de economía circular en la actividad minera debe ser considerada desde las primeras etapas del proyecto, para garantizar una explotación eficiente de los recursos desde la exploración y mediante la mecanización, automatización, y optimización de la operación minera.

Por lo tanto, este documento expone una propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de la economía

circular minera, dada la necesidad de establecer bases para dicha gestión, a través de lineamientos que comprenden las siguientes etapas principales: exploración, construcción y montaje, explotación y cierre y post-cierre, los cuales fomentan el fortalecimiento del sector.

1. RESUMEN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los lineamientos mineros propuestos en el presente documento, parten del marco regulatorio minero y ambiental que se encuentra actualmente vigente, pretendiendo que sean armónicos y coherentes con los términos y dimensiones del actual ordenamiento, en éstos se busca presentar los objetivos con líneas de base e indicadores, que sirvan de referencia en la planeación y desarrollo de la actividad minera por parte de los titulares y a la vez sean integrados al sistema de evaluación y seguimiento por parte de la autoridad, permitiendo medir a futuro el estado de implementación y avance en la aplicación de dichos lineamientos, con miras al desarrollo de una minería con responsabilidad social y más competitiva.

No es fácil pasar de un modelo de economía lineal a uno de economía circular, dado que se requiere de un trabajo conjunto de consumidores, empresas, gobierno y academia donde cada uno juega un rol fundamental en busca de la eficiencia en el uso de materiales o productos, partiendo de la prevención en la utilización de éstos, todo con el fin de reducir la generación de residuos y alargar la vida útil de materiales o productos mediante procesos de reutilización y transformando o reincorporando materiales a ciclos productivos mediante procesos de reciclaje.

Es por esto que la línea de investigación principal que se llevó a cabo, fue buscar a nivel internacional los modelos utilizados en diferentes países que se encuentran implementando el cambio de economía con el fin de realizar un aporte significativo para lograr frenar un poco los efectos provocados al medio ambiente, dado que la economía circular tiene un impacto directo en la lucha contra el cambio climático.

A nivel de América Latina, Colombia es uno de los países que se encuentra buscando implementar modelos que permitan aportar al cambio hacia la economía circular en la actividad minera, en donde se destaca que varias empresas mineras grandes y medianas, ya cuentan con modelos aplicados a satisfacción, lo cual permite tener una línea base de éxito para lograr que la minería se realice de manera responsable.

Dentro de los modelos aplicados con éxito se tiene la minera Las Brisas de Colombia S.A.S, la cual logró cambiar de material extraído, también se cuenta con la minera Sumicol S.A.S la cual realiza diferentes procesos de

transformación a los minerales extraídos que le permiten utilizar todo lo que extraen y abastecer principalmente a la organización Corona, entre otros muchos casos exitosos.

Con el fin de lograr el objetivo propuesto, se establecieron seis (6) Líneas Estratégicas Básicas que permitirán estandarizar los procedimientos a utilizar por las empresas mineras en los diferentes momentos en que se encuentren, permitiendo llegar a la meta propuesta. Las líneas son, *Potencial Generación de Circularidad en la Etapa de Exploración, Potencial Generación de Circularidad en la Etapa de Construcción y Montaje, Potencial Generación de Circularidad en la Etapa de Explotación, Potencial Generación de Circularidad en la Etapa de Cierre y Post Cierre, Desarrollo de Modelos de Negocio Circular y Seguimiento y Monitoreo.*

2. METODOLOGÍA GENERAL

La conceptualización y elaboración de la Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de la Actividad Minera Relacionados con Economía Circular, tiene como base la información obtenida mediante revisión bibliográfica, recopilación y análisis de información secundaria nacional e internacional consultada mediante páginas web (académicas y científicas) e información primaria obtenida a partir de las reuniones con empresas y actores del sector que permitieron la validación de procedimientos para la ejecución de los procesos mineros relacionados con la temática.

La información obtenida mediante la recopilación y análisis de los documentos analizados permitió una mejor interacción al momento de realizar las entrevistas con empresas y actores mineros, ya que se logró validar si las experiencias y buenas prácticas implementadas a nivel internacional se realizaban a nivel nacional en alguna de las empresas que hicieron parte de la recopilación de la información. Adicionalmente las reuniones también permitieron ampliar las lecturas mediante recomendaciones aportadas. Por lo anterior, en la **Figura 1** se muestra el esquema de la información primaria y secundaria recopilada.

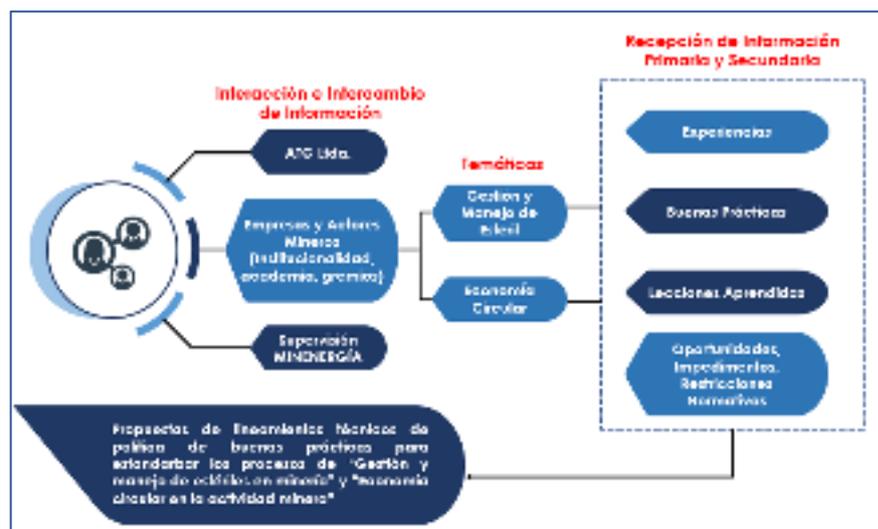


Figura 1. Metodología de recolección de información primaria y secundaria.
Fuente: ATG Ltda., 2021.

La construcción de los lineamientos fue realizada por el equipo de trabajo de ATG Ltda., conformado por profesionales de diferente formación, en ingeniería de minas, geología e ingeniería ambiental, empleando para ello el método

heurístico de análisis, en donde se evaluó integralmente la información recopilada, identificando y seleccionando conceptos, criterios, directrices, buenas prácticas y técnicas disponibles a nivel internacional, que fueran aplicables al sector minero colombiano, teniendo en cuenta las particularidades del mismo y del territorio.

La construcción de los lineamientos fue realizada por el equipo de trabajo de ATG Ltda., conformado por profesionales en diferentes áreas como ingeniería de minas, geología e ingeniería ambiental, a través del método heurístico de análisis, en donde se evaluó conjuntamente la información recopilada identificando y seleccionando aspectos, criterios, directrices, buenas prácticas y técnicas disponibles a nivel internacional, que fueran aplicables al sector minero colombiano, teniendo en cuenta las particularidades del mismo y del territorio.

Antes de abordar la estructuración de las Líneas Estratégicas, es importante definir el concepto de Lineamiento, con el fin identificar la interrelación entre éste y se presenta a continuación:

Lineamiento: es una orientación de carácter general, corresponde a una disposición o directriz que debe ser implementada en las entidades del Estado colombiano.¹

A partir del conocimiento y definición de **Línea Estratégica** (objetivos, conceptos y acciones), y del significado de **Lineamiento** (orientación, disposición, directriz), se formularon cuestionamientos respecto a la gestión y manejo de estériles, los cuales se resolvieron a través de un paso a paso; partiendo de la creación de **Lineamientos**, los cuales pueden ser desarrollados mediante el planteamiento de **Componentes** (¿Qué se necesita o quiere conocer?, **Alcance** (propósito y limitación del componente), **Información Requerida** (¿Que se necesita para desarrollar o conocer el componente?), y **Actividad** (cómo lograr construir la información requerida para satisfacer el componente y por ende el lineamiento planteado), ver **Figura 2**.

¹ <https://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/w3-article-9471.html>

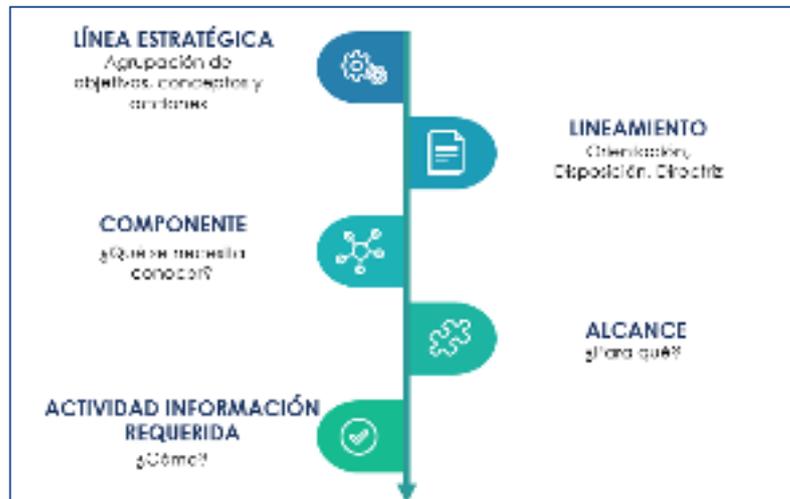


Figura 2. Estructura metodológica de lineamientos.
 Fuente: ATG Ltda., 2021.

En síntesis, los **Lineamientos** se estructuraron a partir de **Componentes**, que corresponden a la información a conocer para su aplicación; para cada componente se establece un **Alcance**, y unas **Actividades** específicas que permitirán su desarrollo; lo que en conjunto estructura lineamientos sólidos y consistentes que dan respuesta a necesidades y requerimientos para cada **Línea Estratégica**.

Después de haber mencionado la forma en que se estructuraron las Líneas Estratégicas, en la **Figura 3** podemos evidenciar cuáles son las líneas que serán abordadas a lo largo del presente documento.



Figura 3. Líneas estratégicas para economía circular.
 Fuente: ATG Ltda., 2021.

3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La economía circular es definida como “Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible.” (Tomado de Ellen MacArthur Foundation)²

La definición oficial para Colombia según lo establecido tanto en el Primer Reporte de Economía Circular, elaborado y publicado por el DANE el 5 de agosto de 2020 como en la Estrategia Nacional de Economía Circular (2019) es:

“Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales a través la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores, y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible.”³

Este modelo está emergiendo rápidamente a nivel mundial, en donde las empresas y los gobiernos reconocen cada vez más su potencial para abordar las causas fundamentales de cambio climático, al mismo tiempo que genera nuevos y mejores oportunidades de crecimiento.

De igual manera el concepto de economía circular ha crecido en términos de investigación académica sobre cómo se relaciona la minería con la sostenibilidad y el desarrollo sostenible, en particular durante las últimas dos décadas, en donde los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible se volvieron particularmente relevantes a escala global y comenzó a ganar jerarquía e importancia a nivel de gobernanza en el contexto de la industria minera a través de diversas iniciativas.

² Gobierno de la Republica de Colombia, 2019. Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C., Colombia. Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

³ Gobierno de la Republica de Colombia, 2019. Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C., Colombia. Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Página 75.

Actualmente en Colombia, se reconoce el esfuerzo institucional para abordar el tránsito de una economía lineal a una circular, en espera de promover procesos de articulación de cadenas de valor tanto en el aprovechamiento de metales y minerales, aceptando que este es un camino institucional largo y desafiante para los actores involucrados en el proceso, tránsito que se afianzó con el lanzamiento de la “La Estrategia Nacional de Economía Circular” que pretende aumentar significativamente la tasa de reciclaje, la utilización de residuos e impulsar la transición energética, en pro del cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible, a lo cual se han comprometido los gobiernos de Colombia ante la OCDE.⁴

Sin embargo el país no cuenta con una regulación y/o formalización específica respecto a la normalización de los procesos relacionados con economía circular en la actividad minera, pero si se regulan aspectos relacionados a los objetivos de esta materia, permitiendo que se puedan reglamentar algunos aspectos sobre la promoción de la economía circular en la minería, articulando las normas hasta ahora expedidas para otras industrias como también la reglamentación actual en materia ambiental, que facilita el complemento normativo.

Dando cumplimiento a la Ley 685 de 2001⁵ (por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones), los Ministerios de Minas y Energía y del Medio Ambiente mediante la Resolución 18-0861 del 20 de agosto de 2002⁶ adoptan las Guías Minero Ambientales de Exploración, Explotación y de Beneficio y Transformación, las cuales son un instrumento de consulta y de guía en el manejo ambiental de las actividades desarrolladas durante la etapa de explotación, cierre y abandono de operaciones mineras, sin abarcar de manera detallada y a profundidad las etapas del cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio que respondan a los objetivos del desarrollo sostenible.

Actualmente Colombia cuenta con la Resolución 1257 de 2021 por la cual modifica la Resolución 0472 de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyo alcance se reglamenta en la Gestión Integral de los Residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD), como uso circular de los flujos de materiales de construcción.

⁴ Recuperado del documento economía circular en el sector minero colombiano “una oportunidad para la productividad de la minería”. MinMinas 2021.

⁵ LEY 685 DE 2001. Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0685_2001.html

⁶ Resolución 18 0861 de 2002. Ministerio De Minas y Energía Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/res_18_0861_de_2002.pdf

Igualmente en la normatividad vigente se cuenta con los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental EIA en proyectos de explotación minera (2016), en la cual se incluyen algunos tópicos referentes a economía circular, por ejemplo: en definir todas las actividades y/o procesos mineros que requiera la elaboración del EIA más que todo en mediana y gran minería con el fin de identificar el diagrama de flujo de materiales del proceso completo y detallado que permita identificar entradas y salidas.

Por todo lo anterior es fundamental establecer un punto de partida a través de iniciativas que se adapten a las características particulares en el sector minero, contemplando un enfoque técnico, ambiental y sostenible, basado en buenas prácticas, experiencias y mejores técnicas realizadas a nivel nacional que se implanten en los términos de referencia para trabajo de exploración, programa mínimo exploratorio y Programa de Trabajos y Obras (PTO) para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino adoptados mediante la Resolución 299 de 2018.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Elaboración de propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de la actividad minera relacionados con economía circular, de acuerdo con las buenas prácticas internacionales.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las mejores prácticas utilizadas a nivel internacional para aplicarlas en el desarrollo de la economía circular en el sector minero nacional.
2. Establecer las mejores técnicas y tecnologías que se encuentran en el mercado para su utilización, en desarrollo de la economía circular en el sector minero a nivel nacional.
3. Analizar y determinar los modelos circulares aplicables al sector minero colombiano.
4. Establecer lineamientos técnicos que se encuentren enmarcados dentro de la normatividad vigente para el adecuado desarrollo de la economía circular en Colombia.

5. MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual se desarrolla en dos numerales, en el primero de ellos se presentan de manera general las definiciones relacionadas con la economía circular y en el segundo se analiza el modelo basura cero como herramienta para la economía circular el cual se propone por la presente consultoría como el más conveniente para el sector minero ya que permite identificar, analizar, e implementar y verificar los avances en economía circular dentro del sector.

5.1 DEFINICIONES

Agotamiento (en términos físicos): disminución del stock de un recurso natural, ocurrida durante un período contable, debido a su extracción por parte de unidades económicas, a un ritmo superior que el de su regeneración⁷.

Análisis de ciclo de vida: el análisis integral de todos los parámetros que causan efectos al ambiente a lo largo de esta cadena o ciclo de vida permite tener información transparente y veraz sobre la calidad ambiental productos y procesos. El impacto ambiental del producto es la agregación de todos los impactos que ocurren durante todo el ciclo de vida⁸.

Basura cero: iniciativa, modelo o meta de eficiencia en la gestión de residuos cuyo objetivo principal es la reducción de residuos destinados a disposición final en rellenos sanitarios o incineración, que desarrolla su implementación por medio de las estrategias de reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento. Este modelo implica una combinación de prácticas en los ciudadanos, tales como el reciclaje, la reutilización, la eliminación de materiales tóxicos y el rediseño de productos y envases para poder desarrollar comunidades y empresas sostenibles⁹.

Biomasa: materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen¹⁰.

7 Naciones Unidas, Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) 2012 Marco Central

8 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

9 Comber, Nicole; Federico, María Victoria; Moriena, Nicole (2013), Basura Cero en Buenos Aires

10 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

Bioeconomía: abarca todos los sectores y sistemas que dependen de los recursos biológicos (animales, plantas, microorganismos y biomasa derivada, incluidos los residuos orgánicos). Incluye e interrelaciona: ecosistemas terrestres y marinos y los servicios que brindan; todos los sectores de producción primaria que utilizan y producen recursos biológicos (agricultura, silvicultura, pesca y acuicultura); y todos los sectores económicos e industriales que utilizar recursos y procesos biológicos para producir alimentos, productos biológicos, energía y servicios¹¹.

Cadena de suministros: conjunto de actividades, instalaciones y medios de distribución necesarios para llevar a cabo el proceso de venta de un producto en su totalidad¹².

Cadena productiva: un conjunto estructurado de procesos elaborados por diversas empresas que tiene en común un mismo mercado¹³.

Cambio climático: cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial¹⁴.

Chatarra: es el conjunto de residuos de trozos de metal que se obtiene principalmente de la recuperación de vehículos, la demolición de edificios y de los recicladores del país¹⁵.

Cierre de ciclo: flujos de materiales que incluye el aprovechamiento de residuos de manera que evitan la extracción de nuevas materias primas¹⁶.

Economía Circular: sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la

11 Schröder, P., Albaladejo, M., Ribas, P., MacEwen, M., & Tilkanen, J. (2020). The circular economy in Latin America and the Caribbean: opportunities for building resilience. Chatham House Research Paper. https://catedrarses.com.do/dnn4less.net/Portals/0/OpenContent/Files/468/The_circular_economy_in_Latin_America_and_the_Caribbean_compressed.pdf

12 Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá (2020). Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular.

13 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

14 Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá (2020). Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular.

15 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

16 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores, y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible¹⁷.

Economía Circular: es un sistema de producción y consumo que promueve la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía; teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas y el uso circular de los flujos de materiales a través de la implementación de innovaciones tecnológicas, alianzas y colaboraciones entre actores, y el impulso de modelos de negocio que respondan a los fundamentos del desarrollo sostenible¹⁸.

Encadenamientos productivos (sinergias): conjunto de actores económicos asociados a la cadena de valor de un producto, que interactúan entre sí para obtener beneficios en conjunto y aumentar sus niveles de competitividad¹⁹.

Escombros: término coloquial que hace referencia a fragmentos o restos de material que provienen de las labores de construcción, remodelación, mantenimiento o demolición de estructuras²⁰.

Extracción: reducción del stock de un activo ambiental debido a su extracción física o cosecha en un proceso de producción. Actividad de extraer y tomar los elementos naturales de la tierra (vivos e inertes), con el fin de beneficiarse de ellos a través de su uso directo o como insumos para el desarrollo de actividades o elaboración de productos²¹.

Flujos de materiales: el flujo de los materiales comprende la secuencia de las actividades de extracción de materias primas, transformación o fabricación de productos, uso o consumo y gestión de los residuos resultantes del consumo²².

17 Fundación Ellen MacArthur (2019)

18 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018).

19 Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá (2020). Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular.

20 UPME- UIS. Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular, contrato interadministrativo CI-049-2018, 2018.

21 Naciones Unidas, Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) 2012 Marco Central

22 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

Instrumentos de política: los mecanismos contenidos en la ley que pueden emplearse para llevar a cabo objetivos de estrategia. Pueden ser instrumentos económicos, técnicos y normativos²³.

Materiales de excavación: el material de excavación es normalmente un residuo inerte, natural o artificial. En algunos casos se presenta con contaminantes al no responder a un suelo virgen. Son, en general, de naturaleza pétreo (tierra, rocas de excavación, materiales granulares)²⁴.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): son la agenda global de desarrollo aprobada el 25 de septiembre de 2015 en el marco de la Asamblea General de las Naciones Unidas, con el objetivo de promover la sostenibilidad ambiental, la erradicación de la pobreza y la inclusión social, la prosperidad económica y la paz. Son 17 objetivos asociados a 169 metas que fueron adoptados por las partes firmantes. Cada país ha definido compromisos concretos alrededor de los ODS para alcanzar las metas propuestas a 2030.²⁵

Producción más limpia: una aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios para reducir los riesgos relevantes a los humanos y el medio ambiente²⁶

Producción y consumo sostenible: sistema integrado de producción y consumo, donde las tendencias están interrelacionadas y se afectan mutuamente. Cualquier cambio en la producción, impacta en el consumo y viceversa. En la medida en que la empresa logra disminuir el impacto ambiental de su proceso de producción, automáticamente el producto o servicio que ofrece en el mercado es más sostenible. Por otro lado, las fuerzas de demanda pueden incentivar la producción más limpia²⁷.

23 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

24 UPME- UIS. Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular, contrato interadministrativo CI-049-2018, 2018.

25 <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

26 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

27 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

Reciclable: característica de un producto, empaque o componente que puede ser separado de la corriente de desechos, recolectado, procesado y retornado para usarse en forma de materia prima o producto²⁸.

Reciclaje: tratamiento o manipulación de los residuos, de forma artesanal o industrial, para crear un componente o un material nuevo, para ser introducido en un proceso²⁹.

Reciclar: proceso de transformación física, química, y/o biológica de los materiales procedentes de los residuos, para su reincorporación en un ciclo productivo o ecológico³⁰.

Recirculación del agua: es una estrategia de uso eficiente del agua que permite su aprovechamiento para el mismo fin de uso, dentro de los límites físicos donde se desarrolla la actividad³¹.

Recuperación de materiales: es la acción que permite seleccionar y retirar los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos³².

Reducir: prevenir el consumo excesivo y la generación de residuos sólidos para disminuir los impactos ambientales y los costos asociados a su manipulación. La reducción de residuos sólidos puede realizarse en las viviendas, las instalaciones comerciales e industriales a través de compras selectivas y reutilización de productos y materiales³³.

28 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

29 UPME- UIS. Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular, contrato interadministrativo CI-049-2018, 2018.

30 Memorias XII Congreso Internacional de Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. 2019”

31 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

32 Decreto 1077 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.”

33 Memorias XII Congreso Internacional de Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. 2019”

Residuos de construcción: se entiende por residuos de la construcción todos los generados en una actividad de este tipo, incluyendo los de madera y escombros, a los que se conoce como RCD³⁴.

Reutilización: la prolongación de la vida útil de los materiales recuperados que se vuelven a utilizar sin que se requiera un proceso de transformación previo³⁵.

Reutilización: reaplicación o reuso de un residuo, con el mínimo tratamiento posterior, a excepción de la limpieza o tratamiento superficial, para una función igual o parecida a la que tenía anteriormente³⁶.

Reutilizar: acción por la cual el residuo sólido, con un previo tratamiento, es utilizado directamente para su función original o para alguna relacionada, sin adicionarle procesos de transformación³⁷.

Simbiosis Industrial: estrategia colaborativa para el intercambio de flujos físicos de materiales, energía o agua y el compartir de servicios entre actores industriales, para contribuir al uso eficiente de recursos y la reducción de impactos ambientales de sistemas industriales³⁸.

Uso eficiente de recursos: cantidad óptima de materiales, energía o agua para producir o distribuir un producto o empaque³⁹.

Vida útil: tiempo de funcionamiento de materiales y productos determinado por la asignación de valor por parte de sus usuarios. Cuando materiales son reusados o reciclados, su vida útil se extiende⁴⁰.

34 Decreto 1077 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.”

35 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

36 UPME- UIS. Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular, contrato interadministrativo CI-049-2018, 2018.

37 Memorias XII Congreso Internacional de Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. 2019”

38 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

39 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

40 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”.

5.2 MODELO BASURA CERO

Basura Cero es un modelo mundial que puede ser implementado en diferentes niveles, ya sea en países, ciudades, organizaciones y hogares; tiene como objetivo promover las estrategias de reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos a través de su reintegro a los ciclos económicos, productivos y ecológicos. La implementación del modelo puede ser una herramienta efectiva para verificar los avances en economía circular y el uso intensivo de materiales; además, dependiendo del contexto, puede estar alineado con las estrategias de economía circular de los países y organizaciones, por su enfoque principalmente en los desafíos de la gestión integral de residuos sólidos y en el cumplimiento de las metas del ODS 12, Producción y consumo responsables⁴¹.

Según el estudio realizado por Comber, Federico & Moriena (2013)⁴², el término “Basura Cero” comienza a utilizarse públicamente alrededor del año 1970 a partir de la creación de una empresa llamada “Zero Waste Systems Inc”, cuyo objetivo principal era la reutilización de los productos químicos que provenían de distintas industrias estadounidenses. Más tarde, el término fue empleado por Australia, para referirse a la idea de reciclaje total y de esta manera poder impulsar un nuevo modelo que permita disminuir en el futuro la cantidad de residuos generados en cada ciudad. A partir del año 1995, la idea de “Basura Cero” fue tenida en cuenta por los gobiernos de distintos países como Nueva Zelanda, Dinamarca, Estados Unidos y Canadá con el fin de realizar un cambio en la forma de la gestión de residuos en dichos lugares⁴³.

En 2002 surge un movimiento llamado “Zero Waste International Alliance” establecido para promover la aplicación efectiva del modelo “Basura Cero” en distintas localidades, lo cual implica reducir todos los residuos que se destinan a rellenos sanitarios o incineración. En la actualidad, no existe una definición estándar o única sobre Basura Cero; pues se ha considerado desde diferentes perspectivas a nivel mundial, desde conceptos académicos y técnicos, sociedad civil, política pública hasta movimientos sociales⁴⁴.

⁴¹ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

⁴² Comber, Nicole; Federico, María Victoria; Moriena, Nicole (2013), Basura Cero en Buenos Aires

⁴³ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

⁴⁴ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

5.2.1 Estrategias Basura Cero (BC)

BC busca rediseñar la forma de los recursos y el flujo de materiales, su objetivo es promover la producción limpia, maximizar el reciclaje, disminuir los desechos, prevenir la contaminación y crear comunidades en las que todos los productos estén diseñados para que puedan ser reutilizados o reciclados. Este modelo aplica tres estrategias principales, conocidas como las 3R⁴⁵.

- **Reducir:** prevenir el consumo excesivo y la generación de residuos sólidos para disminuir los impactos ambientales y los costos asociados a su manipulación. La reducción de residuos sólidos puede realizarse en las viviendas, las instalaciones comerciales e industriales a través de compras selectivas y reutilización de productos y materiales⁴⁶.
- **Reutilizar:** acción por la cual el residuo sólido, con un previo tratamiento, es utilizado directamente para su función original o para alguna relacionada, sin adicionarle procesos de transformación⁴⁷.
- **Reciclar:** proceso de transformación física, química, y/o biológica de los materiales procedentes de los residuos, para su reincorporación en un ciclo productivo o ecológico⁴⁸.

De acuerdo con Basura Cero Global (2019), la implementación de estas estrategias (3R) debe ser sistemática, ya que la prevención (reducción) de residuos, seguida de la reutilización y finalmente del reciclaje generan mayor eficiencia en un sistema. Esta eficiencia puede ser medida en el proceso de extracción de materias primas, la logística para su distribución, el gasto de energía, el gasto de agua y empleo de talento humano para la creación de elementos o productos⁴⁹.

⁴⁵ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

⁴⁶ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

⁴⁷ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

⁴⁸ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

⁴⁹ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

5.2.2 Basura Cero y Economía Circular

Sin duda, Basura Cero es una herramienta de economía circular, teniendo en cuenta que utiliza tres estrategias para su desarrollo. De acuerdo con la **Figura 4**, se evidencia que, dentro de las 3R, existen actividades que contemplan los diferentes modelos de economía circular, tales como reparación, restauración y remanufacturación (economía del rendimiento de Stahel). Como ejemplo, en la Estrategia Nacional de Economía Circular de Colombia se reconoce el modelo Basura Cero como una herramienta para la medición de la EC en cuestión de materiales y residuos⁵⁰.

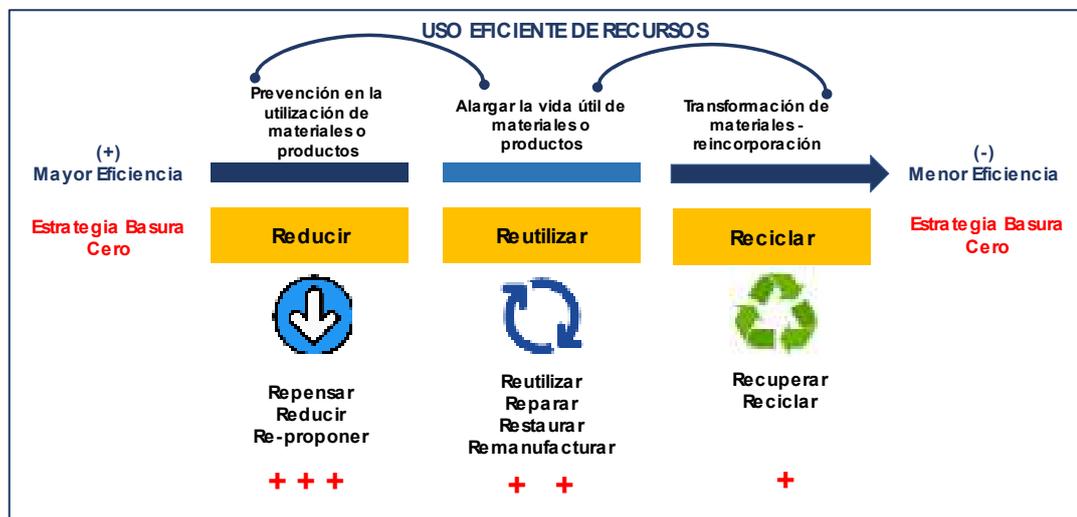


Figura 4. Eficiencia de materiales en el modelo Basura Cero

Fuente: Adaptado de Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS, 2019

5.2.3 Modelo Basura Cero (BC) en el sector minero

La implementación de modelos BC, con objetivos, metas e indicadores de medición en sus estrategias (reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento), se convierten en una herramienta efectiva para verificar los avances en economía circular y el uso intensivo de materiales para el sector productivo y las organizaciones en general, adicionalmente para el ODS 12. Producción y consumo responsables. El modelo BC y su implementación no solo traen consigo beneficios ambientales y reputacionales para las organizaciones,

⁵⁰ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

sino además pueden conllevar beneficios económicos debido a la mejora en los procesos de producción o prestación de servicios ⁵¹.

Para una adecuada implementación del modelo Basura Cero es indispensable identificar, analizar y documentar los procesos al interior de la organización, lo que permite identificar fallas en la operación. Asimismo, la realización de balances de masas y la identificación de los diferentes tipos y corrientes de residuos (caracterización) garantizan la detección de fugas y nuevas formas de relacionamiento con clientes y proveedores⁵².

Para finalizar, la planificación de estrategias de reducción, posibilitan la prevención en la generación de residuos, la reutilización garantiza alargar la vida útil de los materiales; y el reciclaje y aprovechamiento permiten reincorporar materiales a nuevas cadenas productivas⁵³.

6. MARCO NORMATIVO COLOMBIA

Actualmente Colombia no cuenta con una regulación específica respecto a la normalización de los procesos relacionados con economía circular en la actividad minera, pero sí se regulan aspectos relacionados a los objetivos de esta materia, permitiendo que se puedan reglamentar algunos aspectos sobre la promoción de la economía circular en la minería, articulando las normas hasta ahora expedidas para otras industrias como también la reglamentación actual en materia ambiental, que facilita el complemento normativo. Por lo anterior es fundamental establecer un punto de partida a través de lineamientos que se adapten a las características del sector minero, contemplando un enfoque técnico, ambiental y sostenible, basado en buenas prácticas, experiencias y mejores técnicas realizadas a nivel internacional que sean viables implementar a nivel nacional.

De esta manera, dando cumplimiento a la **Ley 685 de 2001**⁵⁴ (por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones), los Ministerios de

⁵¹ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

⁵² Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

⁵³ Memorias XII Congreso Internacional del Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. El modelo basura cero como herramienta para la economía circular. Diego Camilo Romero Torres, Sandra Milena Pinzón García. Basura Cero Global. 2019

⁵⁴ LEY 685 DE 2001. Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0685_2001.html

Minas y Energía y del Medio Ambiente mediante la **Resolución 18-0861 del 20 de agosto de 2002**⁵⁵ adoptan las Guías Minero Ambientales de Exploración, Explotación y de Beneficio y Transformación, las cuales son un instrumento de consulta obligatoria y orientación de carácter conceptual, metodológico y procedimental que enuncian aspectos a considerar, en la etapa de producción, cierre y abandono de las minas, dando elementos importantes en el alcance minero y ambiental, para el desarrollo de proyectos de pequeña, mediana y gran minería.

En Colombia, las primeras iniciativas directamente relacionadas con la economía circular surgen en el año 1997, en la cual el Ministerio del Medio Ambiente (actualmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) expidió la **Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos** que tiene como objetivos: *“la política de residuos sólidos al desarrollarse bajo los principios del desarrollo sostenible se fundamentan en tres presupuestos: la minimización del impacto ambiental negativo que causan los residuos, el crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad en general así como de las condiciones sociales de quienes intervienen en las actividades relacionadas con la gestión de los residuos”*⁵⁶, y la **Política de Producción más Limpia** que busca prevenir y minimizar eficientemente los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial, a partir de introducir la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío de largo plazo. En el año 2000 con la expedición de la **Política de Parques Industriales Eco-eficientes** por parte de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá con esta iniciativa se busca que se creen espacios geográficos donde diversas empresas se ubican, al estar conectados a la infraestructura logística (vías, fluviales o puertos), en zonas industriales, para compartir infraestructura o para acceder a un régimen tributario favorable (zonas francas). Por la conglomeración de empresas de diferentes sectores y tamaños, los parques industriales presentan oportunidades para desarrollar actividades de simbiosis industrial para el cierre de ciclos de materiales o para compartir servicios o infraestructura, como por ejemplo plantas de tratamiento de aguas residuales. Mediante el **Decreto 4741 de 2005** se reglamentó parcialmente la

55 Resolución 18 0861 de 2002. Ministerio De Minas y Energía Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/res_18_0861_de_2002.pdf

56 Política para la gestión Integral de Residuos, Bogotá 1997, Ministerio de Ambiente Disponible en: Los objetivos de la política de residuos sólidos al desarrollarse bajo los principios del desarrollo sostenible se fundamentan en tres presupuestos: la minimización del impacto ambiental negativo que causan los residuos, el crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad en general así como de las condiciones sociales de quienes intervienen en las actividades relacionadas con la gestión de los residuos.

prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral y en el año 2007 mediante la **Resolución 1362** se desarrolló la normativa sobre la responsabilidad extendida del productor en materia de la Gestión de los Residuos Peligrosos; en el 2010 la normativa en materia de pilas, acumuladores, computadores, periféricos y bombillas fluorescentes; posteriormente la **Política de Producción y Consumo Sostenible en 2010** y la **Política para la Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE** acogida mediante Ley 1672 de 2013 contribuyen a la conceptualización de la economía circular.⁵⁷ Además plantea los objetivos de minimizar la producción de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, con el fin de minimizar los riesgos en la salud humana y el medio ambiente, finalmente incentivar el aprovechamiento como una alternativa de empleo y como un sector económicamente viable.

Desde el año 2010, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece programas de responsabilidad extendida del productor que obliga a los productores e importadores de productos regulados, a asegurar su recolección en el mercado; es por ello por lo que es indispensable tener en cuenta la **Resolución 1457 de 2010**⁵⁸ por la cual se establecen los Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas como línea de acción de los flujos de materiales industriales.

Actualmente Colombia cuenta con la **Resolución 1256 de 2021**⁵⁹ que modifica la **Resolución 1207 de 2014**⁶⁰ expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones, en línea con lo establecido en la Estrategia Nacional de Economía Circular que contempla el reúso como una práctica para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos.

Por otra parte, la **Ley 1715 de 2014**⁶¹ promueve el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía renovable al sistema energético nacional.

57 Gobierno de la República de Colombia. (2019). Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C., Colombia. Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

58 RESOLUCIÓN 1457 de 2010. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Disponible en: <https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/resoluciones/resolucion-1457-de-2010.aspx>

59 RESOLUCIÓN 1256 de 2021. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://acmineria.com.co/normativa/resolucion-mads-1256-de-2021-reglamenta-el-uso-de-las-aguas-residuales/>

60 RESOLUCIÓN 1207 de 2014. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_1207_2014.htm

61 LEY 1715 DE 2014. Congreso de la República Colombia. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

De allí parten cuestiones y consideraciones para tener en cuenta lo estipulado en el **Decreto 1076 de 2015**⁶², Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible y a su vez lo marcado en la normatividad vigente relacionado con la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía.

A groso modo, es importante tener en cuenta como soporte legal nacional los Programas de Uso Eficiente y Ahorro de los recursos naturales; el **Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua PUEAA**⁶³, reglamentada mediante la **Ley 373 de 1997**, junto con la **Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico** en el 2010⁶⁴, buscan garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz mediante un horizonte de 12 años (2010- 2022). Igualmente, la **Resolución 41286 de 2016**⁶⁵, del MINMINAS por medio de la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2017 - 2022⁶⁶ para el desarrollo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía PROURE en la cual define los objetivos y metas indicativas de eficiencia energética, acciones y medidas sectoriales y estrategias base para el cumplimiento de metas al sistema energético nacional.

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) junto con otras entidades regulatorias y competentes expiden nuevos elementos para fortalecer el modelo de desarrollo económico, ambiental y social del país, entre ellos la **Política de Desarrollo Productivo a partir del CONPES 3866 de 2016**⁶⁷ que promueven la generación de encadenamientos y el fortalecimiento de cadenas de valor como uno de los factores generadores de la productividad enmarcados en 7 ejes, la Transferencia de conocimiento y tecnología, la Innovación y emprendimiento, el Capital humano, el Financiamiento, los Encadenamientos productivos, la Calidad y el Comercio exterior. No obstante, es con el **CONPES 3874 de 2016** que se expide la **Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos**, en

62 DECRETO 1076 DE 2015. Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

63 Corporación Autónoma Regional de Risaralda, (CARDER). (2010). Guía para la elaboración del programa de uso eficiente y ahorro del agua en la minería de metales preciosos y carbón PUEAA. Disponible en: https://issuu.com/carderrisaralda/docs/cartilla_pueaa_final

64 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010) Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 124 p. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>

65 Resolución 41286 de 2016. Ministerio de Minas y energía. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/documents/resolucion_41286_de_2016_proure.pdf

66 Arce, G. (2017). Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017-2022. Una Realidad y Oportunidad para Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero-Energética UPME

67 Consejo Nacional de Política Económica y Social. (CONPES). (2016) Política Nacional de Desarrollo Productivo. Departamento Nacional De Planeación. República de Colombia

la que se introduce el concepto de “avanzar en el cierre de ciclos” de manera oficial en el país.

Adicionalmente, es necesario contemplar en el marco normativo la **Resolución 1257 de 2021 por la cual modifica la resolución 0472 de 2017** expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyo alcance se reglamenta en la Gestión Integral de los Residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD), como uso circular de los flujos de materiales de construcción.

En el marco para el desarrollo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia, se lleva a cabo la Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia a partir del **CONPES 3918 de 2018**, que traza indicadores y metas encaminadas a consolidar un modelo de desarrollo sostenible para el país con un horizonte a 2030. De esta manera, genera una hoja de ruta para cada una de las metas establecidas, incluyendo indicadores, entidades responsables y los recursos requeridos para llevarlas a buen término hacia el desarrollo sostenible. Sin embargo, esta política no establece medios de implementación para el cumplimiento de las metas nacionales y, por lo tanto, la **Política de Crecimiento Verde** se hace necesaria para la definición de acciones estratégicas que permitan la consecución de un crecimiento económico, ambiental y social.⁶⁸

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) asociados a la economía circular son:

- ODS 6 – Agua limpia y saneamiento
- ODS 7 – Energía asequible y no contaminante
- ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico
- ODS 9 – Industria, Innovación e Infraestructura
- ODS 11 - Ciudades y comunidades sostenibles
- ODS 12 - Producción y consumo responsable
- ODS 13 - Acción por el clima
- ODS 14 - Vida submarina
- ODS 15 - Vida de ecosistemas terrestres
- ODS 17- Alianza para lograr los objetivos

68 Ministerio de Minas y Energía - Dirección de Minería Empresarial, 2021. Economía Circular en el sector minero colombiano “Una oportunidad para la productividad de la minería”. Bogotá D.C., Colombia

De acuerdo a lo anterior, el **CONPES 3934 de 2018** establece la **Política de Crecimiento Verde**⁶⁹, con el objetivo de impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima; así mismo define dentro de su plan de acción algunas estrategias hacia el fortalecimiento de los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y el consumo, así como la **Resolución 1407 de 2018**⁷⁰ de Responsabilidad extendida del productor para envases y empaques.

Además, se cuenta con la **Ley 1955 de 2019** mediante la cual se expide el **Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”**⁷¹, y que introduce con la Estrategia Nacional de Economía Circular nuevos elementos para fortalecer el modelo de desarrollo económico, ambiental y social del país al igual que los documentos CONPES que desarrollan aspectos importantes que hacen parte de esta filosofía.

En el año 2020, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, (ICONTEC), organismo nacional de normalización, según el Decreto 1595 de 2015, establece la **Guía Técnica Colombiana GTC 314 – 2020 “Marco para la implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones”**⁷², elaborada por el CTN 14: Gestión Ambiental y herramientas para el desarrollo sostenible y ratificada por el Consejo Directivo de 2020-11-25 y en la que se aterrizan los objetivos macro de aplicación desarrollados en varios CONPES, como por ejemplo la que se consigna en la de Crecimiento Verde.

Las autoridades ambientales (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales o Corporaciones Autónomas Regionales), realizan control y seguimiento al aprovechamiento sobre los recursos naturales renovables que se pretenden usar, aprovechar o afectar para el desarrollo de un proyecto, obra o actividad,

69 Consejo Nacional de Política Económica y Social. (CONPES). (2018). Política de Crecimiento Verde Departamento Nacional De Planeación. República de Colombia <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Pol%C3%ADtica%20CONPES%203934/CONPES%203934%20-%20Pol%C3%ADtica%20de%20Crecimiento%20Verde.pdf>

70 Resolución 1407 de 2018. Responsabilidad extendida del producto para envases y empaques. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <http://www.andi.com.co/Uploads/RES%201407%20DE%202018.pdf>

71 Departamento Nacional de Planeación. (2019) Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-Pacto-por-Colombia-pacto-por-la-equidad-2018-2022.pdf>

72 Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2020). GTC 314 Marco para la implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones (BS 8001-2017). CTN 14 –Gestión Ambiental y herramientas para el Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%209/2_Gu%C3%ADa_t%C3%A9cnica_colombiana_marco_principios_econom%C3%ADa_circular_ICONTEC.pdf

como parte de la aprobación y trazabilidad de los instrumentos ambientales requeridos u obtenidos por las empresas para cada uno de sus proyectos, dentro de la normatividad relacionada con proyectos del sector minero, se encuentra la **Resolución 2206 de 2016 – MADS**⁷³ que corresponde a los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de explotación de proyectos mineros y se toman otras determinaciones, así como la **Resolución 0447 de 2020**⁷⁴ que corresponde a los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para proyectos de explotación de pequeña minería.

Así mismo y según lo comentado por las Autoridades Ambientales con las cuales se han realizado mesas de trabajo, el aprovechamiento de materiales en el marco de la economía circular, corresponde a depósitos de estériles, los cuales se han realizado en el marco de autorizaciones temporales dando cumplimiento a lo establecido en la **Resolución 1561 de 2019**⁷⁵ por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de explotación de materiales de construcción, amparados en autorizaciones mineras temporales, relacionados al mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación de vías terciarias y para el programa Colombia Rural.

73 Resolución 2206 de 2016 – MADS. Que corresponde a los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://www.anla.gov.co/documentos/normativa/terminos_referencia/resolucion_2206_tr_mineria_2016.pdf

74 Resolución 0447 de 2020 –MADS. Que corresponde a los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/2020/06/Resolucion-N0000447-de-2020.pdf>

75 Resolución 1561 de 2019. Que corresponde a los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://www.anla.gov.co/eureka/normatividad/resoluciones/1302-resolucion-1561-de-2019-minambiente-terminos-de-referencia-para-la-elaboracion-de-eia-requeridos-para-el-tramite-de-la-licencia-ambiental-de-los-proyectos-para-el-programa-colombia-rural>



Figura 5. Línea de tiempo marco legal nacional relacionado con la economía circular en la actividad minera.

Fuente: ATG Ltda., 2021.

Tabla 1. Marco legal nacional relacionado con la economía circular en la actividad minera.

LEY, DECRETO O RESOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ARTICULADO	COMENTARIOS
<p>Constitución Política de Colombia</p>	<p>Norma de normas</p>	<p>Art. 79. Derecho a gozar de un ambiente sano Art. 80. El estado planificará el manejo y aprovechamiento de un ambiente sano Art. 334. La dirección de la economía estará a cargo del estado</p>	<p>Colombia como un Estado Social de derecho y garantista de los derechos no solo fundamentales individuales sino aquellos derechos colectivos, como el de garantizar un ambiente sano incluye todas aquellas acciones tendientes al cuidado y protección al medio ambiente, es por ello que en cumplimiento de estas disposiciones, se emiten leyes del orden nacional y acogen Convenios y Convenciones con entidades del orden internacional que permitan garantizar de manera efectiva dichos derechos, es decir, el simple hecho que la Constitución señale dicho derecho, ya estamos en la obligación de acatarlo y por intermedio de las autoridades legislativas proferir el desarrollo del mismo.</p> <p>Como pilar fundamental en las políticas de gobierno, se encuentra la política económica, que debe propender por una sostenibilidad que permita mejorar la calidad de vida de la población, garantizar oportunidades para el desarrollo laboral, industrial, social, administrar de forma eficiente los recursos naturales y buscar soluciones prácticas y avances tecnológicos que impacten positivamente en la comunidad y el medio ambiente.</p>
<p>Ley 685 de 2001</p>	<p>Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones</p>	<p>Art. 82. Delimitación y devolución de áreas Art. 83. Zonas de exploración adicional Art. 84. Programa de Trabajos y Obras Art. 85. y 204 Estudio de Impacto Ambiental Art. 93. Plantas de Transformación Art. 100. Registros de la producción Art. 101. Operaciones conjuntas Art. 106. Plantas y procesos de beneficio Art. 194. Sostenibilidad (ambiental) Art. 195. Inclusión de la gestión ambiental Art. 196. Ejecución inmediata (ambiental)</p>	<p>El Programa de Trabajos y Obras el instrumento fundamental en las labores mineras, establece el plan y diseño minero que llevará a cabo durante las etapas de construcción y montaje, explotación, cierre y abandono, transporte, beneficio y transformación.</p> <p>Se deberá observar las guías minero ambientales ya que le orientaran de manera conceptual y metodológica a la mejora en la gestión y desempeño en la actividad minera y en la gestión del medio ambiente Desde aquí se dan pautas para que a través de la colaboración empresarial ideen proyectos de sostenibilidad minera y ambiental, que se produzcan proyectos que beneficien a las comunidades aledañas</p>



LEY, DECRETO O RESOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ARTICULADO	COMENTARIOS
		Art. 203. Uso de recursos Art. 272. Manejo ambiental Art. 212. Estudios y licencias conjuntas Art. 272. Manejo ambiental	
Resolución 18-0861 del 20 de agosto de 2002	Guías Minero Ambientales de Exploración, Explotación y de Beneficio y Transformación	Aplicación y observancia de todo lo dispuesto en las guías	Para la evaluación de los impactos ambientales del componente aire, suelo, agua, paisaje, etc. se enuncian las actividades relacionadas al manejo del estéril sin ser explícitas en algunos casos, medidas de prevención, control y mitigación. es interesante como la guía aborda aspectos tales como la exploración, estableciendo como actividades inherentes en la gestión y manejo del material estéril conllevan intrínsecamente impactos ambientales que deben ser minimizados mediante una adecuada planificación, prevención, control y corrección, reduciendo su influencia sobre el medio natural, por lo cual la guía minero ambiental se convierte en un documento de obligatoria consulta y consideración para la gestión minero ambiental de cualquier proyecto minero desde su concepción y a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida, ya que permite aportar en la identificación, evaluación y manejo de impactos ambientales derivados de la gestión de estériles que pueden presentar diferentes implicaciones durante el desarrollo del proyecto minero.
Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (1997)	Ministerio del Medio Ambiente (actualmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)	Aplicación y observancia de las disposiciones	Este documento de política presenta una propuesta que contiene los elementos conceptuales para avanzar hacia la gestión integrada de residuos sólidos en Colombia incluyendo los peligrosos. Esta gestión integrada es el término aplicado a todas las actividades asociadas con el manejo de los diversos flujos de residuos dentro de la sociedad; y su meta básica es administrar los residuos de una forma que sea compatible con el medio ambiente y la salud pública.
Política de Producción más Limpia (1997)	Ministerio del Medio Ambiente (actualmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)	Aplicación y observancia de las disposiciones	Las políticas de control de la contaminación ambiental han cambiado sustancialmente desde finales de los 80, hacia nuevas tendencias preventivas que reformulan la pregunta ¿Qué hacemos con los

LEY, DECRETO O RESOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ARTICULADO	COMENTARIOS
			residuos?, por ¿Qué podemos hacer para no generar residuos? Sobre este replanteamiento surge el tema de producción limpia, que en la práctica no corresponde con su significado literal. Esta expresión indica realmente una producción ambientalmente más limpia, para generar un producto final más respetuoso con el medio ambiente, como resultado de un proceso que incorpora en cada una de las fases del ciclo de vida de los productos las mejores prácticas ambientales
Política de Parques Industriales Eco-eficientes (2000)	Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá	Aplicación y observancia de las disposiciones	Se busca mejorar la productividad de los recursos y el desempeño ambiental a través de la aplicación de enfoques de Parques Eco-Industriales. Se espera que los parques obtengan ahorros en costos operacionales, menor consumo de materiales, energía y agua, reducción en costos de disposición/tratamiento de residuos, emisiones y agua residual, aportando a su vez al cumplimiento de las regulaciones ambientales y sociales internacionales.
Resolución 1362 de 2007	Normativa sobre la responsabilidad extendida del productor en materia de la Gestión de los Residuos Peligrosos	Aplicación y observancia de las disposiciones	Por la cual se establece los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos y tiene como objetivo captura de información, con la finalidad de contar con información normalizada, homogénea y sistemática sobre la generación y manejo de residuos o desechos peligrosos originados por las diferentes actividades productivas y sectoriales del país.
Política de Producción y Consumo Sostenible (2010)	Ministerio del Medio Ambiente (actualmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)	Aplicación y observancia de las disposiciones	En este documento se actualizan e integran la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategias del Estado Colombiano que promueven y enlazan el mejoramiento ambiental y la transformación productiva a la competitividad empresarial. La Política de Producción y Consumo Sostenible se orienta a cambiar los patrones insostenibles de producción y consumo por parte de los diferentes actores de la sociedad nacional, lo que contribuirá a reducir la contaminación, conservar los recursos, favorecer la

LEY, DECRETO O RESOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ARTICULADO	COMENTARIOS
			integridad ambiental de los bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, como fuentes de la competitividad empresarial y de la calidad de vida.
Decreto 284 de 2018	Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE Ministerio del Medio Ambiente (actualmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)	Aplicación y observancia de las disposiciones	El objetivo de esta norma es regular todo lo referente a la gestión de los RAEE, control, seguimiento, partes obligadas, obligaciones de las partes, sistema de gestión y recolección, registro de información y las sanciones.
Resolución 1457 de 2010	Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas. Ministerio del Medio Ambiente (actualmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)	Aplicación y observancia de las disposiciones	Tiene como objeto esta norma regular establecer la obligación a los productores y comercializadores de llantas de formular, presentar e implementar el Sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas, igualmente señala las obligaciones de los actores, con el fin de llevar un control efectivo sobre la producción de este material, su reúso y reciclaje.
Resolución 1256 de 2021	Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Aplicación y observancia de las disposiciones	Busca regular de manera efectiva el trámite que se debe adelantar para la solicitud de uso de aguas residuales, derogando la Resolución 1207 de 2014.
Ley 1715 de 2014	Promueve el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía renovable al sistema energético nacional.	Aplicación y observancia de las disposiciones	Tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las Zonas No Interconectadas y en otros usos
Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Aplicación y observancia de las disposiciones	Consolida el ordenamiento jurídico en materia ambiental con el fin de afianzar la seguridad jurídica, por lo que es este decreto se encuentran todas las normas proferidas y que se mencionan en el presente documento.
Ley 373 de 1997	Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua PUEAA	Aplicación y observancia de las disposiciones	Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de

LEY, DECRETO O RESOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ARTICULADO	COMENTARIOS
			<p>agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales encargadas del manejo, protección y control del recurso hídrico en su respectiva jurisdicción, aprobarán la implantación y ejecución de dichos programas en coordinación con otras corporaciones autónomas que compartan las fuentes que abastecen los diferentes usos.</p>
<p>Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010)</p>		<p>Aplicación y observancia de las disposiciones</p>	<p>Esta política fue proyectada como el instrumento direccionador de la gestión integral del recurso, incluyendo las aguas subterráneas, establece los objetivos y estrategias del país para el uso y aprovechamiento eficiente del agua; el manejo del recurso por parte de autoridades y usuarios; los objetivos para la prevención de la contaminación hídrica, considerando la armonización de los aspectos sociales, económicos y ambientales; y el desarrollo de los respectivos instrumentos económicos y normativos.</p>
<p>Resolución 41286 de 2016</p>	<p>Por medio de la cual se prorroga el incentivo tributario para el desarrollo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía PROURE. Ministerio de Minas y Energía</p>	<p>Aplicación y observancia de las disposiciones</p>	<p>Se aplica el incentivo tributario a quienes usen elemento, equipos y maquinaria, destinados a proyectos, programas o actividades de reducción en el consumo de energía y/o eficiencia energética.</p>
<p>CONPES 3866 de 2016</p>	<p>Política de Desarrollo Productivo</p>	<p>Aplicación y observancia de las disposiciones</p>	<p>El objetivo de esta política es desarrollar instrumentos que apunten a resolver fallas de mercado, de gobierno o de articulación a nivel de la unidad productora, de los factores de producción o del entorno competitivo, para aumentar la productividad y la diversificación del aparato productivo colombiano hacia bienes y servicios más sofisticados.</p>
<p>CONPES 3874 de 2016</p>	<p>Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos</p>	<p>Aplicación y observancia de las disposiciones</p>	<p>La Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, busca a través de la gestión integral de residuos sólidos aportar a la</p>

LEY, DECRETO O RESOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ARTICULADO	COMENTARIOS
			transición de un modelo lineal hacia una economía circular donde, haciendo uso de la jerarquía en la gestión de los residuos, se prevenga la generación de residuos y se optimice el uso de los recursos para que los productos permanezcan el mayor tiempo posible en el ciclo económico y se aproveche al máximo su materia prima y potencial energético.
Resolución 1257 de 2021	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Modifica la resolución 0472 de 2017 expedida por el MADS.	Aplicación y observancia de las disposiciones	Establece las disposiciones para la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y aplica a todas las persona naturales y jurídicas que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de las obras civiles o de otras actividades conexas en el territorio nacional.
CONPES 3918 de 2018	Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia	Aplicación y observancia de las disposiciones	Este documento contiene la visión del país a 2030, un esquema de seguimiento con indicadores nacionales, metas cuantificables, responsabilidades institucionales y un ejercicio de priorización y regionalización, mediante un conjunto de “metas trazadoras” con la capacidad de impulsar avances en las demás metas de cada ODS. Incorpora también un plan de fortalecimiento estadístico y una estrategia territorial, buscando maximizar la apropiación y utilidad de los ODS, respetando la autonomía y prioridades definidas por los gobiernos territoriales. Por último, comprende una estrategia de interlocución y promoción de alianzas con actores no gubernamentales, con el objetivo de institucionalizar el diálogo y consolidar la Agenda 2030 como un propósito de país.
CONPES 3934 de 2018	Política de Crecimiento Verde	Aplicación y observancia de las disposiciones	Como objetivo principal está el de impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.
Resolución 1407 de 2018	Responsabilidad extendida del productor para envases y empaques.	Aplicación y observancia de las disposiciones	En línea con la política de gestión integral de manejo de residuos sólidos, esta ley tiene como objetivo reglamentar la gestión ambiental específicamente de residuos de envases, empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal, imponer la obligación a los

LEY, DECRETO O RESOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ARTICULADO	COMENTARIOS
			<p>productores la implementación del plan de gestión de residuos de con estas especificidades para que fomenten el aprovechamiento.</p>
<p>Guía Técnica Colombiana GTC 314 – 2020</p>	<p>Marco para la implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones</p>	<p>Aplicación y observancia de las disposiciones</p>	<p>La presente guía proporciona un marco y orientaciones para la implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones. Se tiene previsto que la guía se aplique en cualquier organización, independientemente de su ubicación, tamaño, sector y tipo.</p>
<p>Resolución 2206 de 2016 – MADS</p>	<p>Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de explotación de proyectos mineros</p>	<p>Aplicación y observancia de las disposiciones</p>	<p>En el capítulo 3, los TdR se refieren al Manejo y disposición de sobrantes donde la autoridad solicita presentar el análisis sobre la alternativa de disposición final seleccionada, justificando su elección y ventajas sobre las demás; caracterización geoquímica del yacimiento para establecer la posibilidad de generación de DAM, incluyendo pruebas estáticas y cinéticas para diferentes estados de meteorización; proponer las obras de manejo según los resultados de generación de DAM; descripción detallada del manejo para prevenir contaminación de acuíferos antes, durante y después de la disposición final de los estériles; volúmenes a disponer en cada sitio y la ruta que sigue el equipo minero para llegar; planos en planta y en perfil del botadero en sus diferentes etapas de ejecución hasta el diseño final; adecuación final y diseño paisajístico identificando el uso posterior.</p>
<p>Resolución 0447 de 2020</p>	<p>Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para proyectos de explotación de pequeña minería.</p>	<p>Aplicación y observancia de las disposiciones</p>	<p>Se presentan los aspectos a considerar para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de pequeña minería (es aquella que se realiza con herramientas e implementos simples de uso manual, accionados por la fuerza humana). Respecto al manejo y gestión del material estéril se solicita presentar las alternativas de disposición y manejo de este de manera general sin desarrollarlos detalladamente, por lo que es necesario incorporar en este tipo de documentos mayor profundidad desde el área minero-energética. Es claro que los términos de referencia son un documento relevante para buscar el desarrollo de proyectos de pequeña minería que incorporen sostenibilidad a través de la</p>



LEY, DECRETO O RESOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ARTICULADO	COMENTARIOS
			consecución del licenciamiento ambiental y mitigación de impactos asociados a la actividad minera.
Resolución 1561 de 2019	Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de explotación de materiales de construcción, amparados en autorizaciones mineras temporales, relacionados al mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación de vías terciarias y para el programa Colombia Rural.	Aplicación y observancia de las disposiciones	Pretende ser una herramienta que facilite y amplíe el proceso de la elaboración del estudio de impacto ambiental en el sector minero, debido a que en muchas ocasiones es necesaria información adicional indispensable, que no se encuentra solicitada en los términos de referencia anteriores.

Fuente: ATG Ltda., 2021.

7. ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR MINERO

7.1 SECTOR MINERO INTERNACIONAL

En esta sección se presenta un análisis de la información internacional más representativa sobre el marco general de la Economía Circular (EC) y sobre su desarrollo y aplicación en la actividad minera, así como el enunciado de algunos casos e iniciativas aplicadas a economía circular, en algunos países.

➤ Finlandia

Según Estadísticas oficiales de Finlandia (2015), la cantidad de relaves crece cada año a través de la producción de nuevos metales. En Finlandia, la cantidad de residuos de minería y canteras aumentó cerca de 70 millones de toneladas en el año 2013, lo que corresponde a casi el 70% de la cantidad total de residuos generados anualmente. Finlandia pertenece a los cinco primeros países de la Unión Europea en la cantidad de producción de residuos de minería y de explotación de canteras. Los residuos mineros podrían utilizarse como materia prima, recurso material como una de las posibles soluciones a los suministros restringidos de metales.

De acuerdo a la problemática anterior, la industria minera fue seleccionada como el contexto práctico de la investigación. La importancia de la industria de los metales y minera, el estado de la economía circular en el sector minero y la influencia de las instituciones sobre la industria minera se desarrollan a partir de los siguientes componentes:⁷⁶

- Requisitos de metales de una sociedad moderna
- Minería y metalurgia, desechos corrientes y secundarios
- Influencia institucional en la industria minera
- Estado de la economía circular en la industria minera

➤ India

En la India de 100 Mt de carbón, 4Mt se liberan a la atmósfera, lo que muestra que los subproductos de la combustión de carbón se han tratado en gran medida como materiales de desecho. Sin embargo, en el pasado reciente se ha

⁷⁶ Tesis de maestría. Economía Circular hacia la minería industrial. Tampere University. Finlandia, 2019

identificado, que, debido a presencia de elementos minerales básicos parecidos a los existentes en la corteza terrestre, los hacen excelentes para reemplazo de materiales naturales. De otra parte, pueden usarse como un sustituto del cemento Portland en la fabricación de techos, baldosas y como rellenos estructurales, placas de yeso, o como fertilizantes agrícolas y para mejoramiento del suelo, lo cual es un ejemplo de encadenamiento productivo y de modelo de economía circular.

En publicación de Elsevir Ltd., Jala y Goyal (India. 2004) enuncian que la combustión de carbón bituminoso y sub-bituminoso y lignito para generación de electricidad en plantas térmicas produce residuos sólidos, tal como cenizas volantes, cenizas de fondo, escoria de caldera y materiales desulfurados del gas de combustión, los cuales son conocidos comúnmente como subproductos de la combustión de carbón. Las cenizas volantes, resultado de la combustión del carbón a alta temperatura, se han considerado un residuo sólido problemático en todo el mundo. Se están evaluando muchas posibles aplicaciones beneficiosas de las cenizas volantes para minimizar el desperdicio, disminuir el costo de eliminación y proporcionar valor a productos añadidos. Los métodos convencionales de eliminación de cenizas volantes provocan la degradación de tierra cultivable y la contaminación del suelo. Sin embargo, las cenizas volantes son un mejorador útil que puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos problemáticos y es una fuente de macro y micronutrientes de plantas fácilmente disponibles.

➤ China

Zhaoa y otros (2012) reseñan que la implementación de la economía circular minera en China inició en los años 90's y en las últimas décadas se ha orientado desde la visión de disminución de las emisiones, el uso racional de recursos y energía, el reciclaje de residuos y la disposición adecuada de éstos y corresponde a un ciclo cerrado de flujo de material, bajo el modelo de: Recursos minerales, Productos y Recursos minerales renovables. Esta economía ecológica busca una “Producción óptima, consumo óptimo y desperdicio mínimo”, basada en el principio de las 3R: Reducir (método de entrada), Reusar (método de procedimiento) y Reciclar (método de salida).

La economía circular minera en los diferentes niveles del proyecto minero y su entorno se pueden describir en: Nivel de empresa minera o grupo de mineros (economía circular a nivel micro), Parque minero ecológico o área minera

ecológica (modo de simbiosis industrial) y Circulación social (forzar el cierre de la economía circular minera para los diferentes tipos de materiales y a diferentes escalas). Para lograr la implementación de la economía circular minera, es fundamental la elaboración de un modelo específico para el proyecto minero, teniendo en cuenta las particularidades de éste.

En la aplicación práctica, según los autores, se considera el establecimiento de un modelo de economía circular minera, que contempla los siguientes aspectos:⁷⁷

- Se debe iniciar con la elaboración de un modelo razonable para aumentar el nivel de energía circular dentro del proceso desarrollado por la industria minera.
- El modelo debe ser específico para el proyecto minero, teniendo en cuenta las particularidades de este (ubicación, comunidades aledañas, tipo de mineral, entorno natural, ambiental y social en el que se desarrolla el proyecto).
- Identificar claramente cada uno de los procesos, incluyendo flujos de materiales, recursos requeridos, tipo y cantidad de residuos generados, energía requerida y posibles pérdidas para cada una de las actividades del proceso.
- Determinar las oportunidades de mejora dentro del proceso en donde pueda ser aplicada la economía circular.
- Determinar el tipo de simbiosis industrial que podría desarrollarse en el entorno del proyecto

➤ **Australia**

En el trabajo de investigación en el Instituto de Minerales Sostenibles - Boletín Aus IMM de la Universidad de Queensland en Australia realizado por *A Golev* y *otros* en el 2016, han propuesto un marco que permite evaluar el desempeño de una explotación minera con respecto al flujo circular de minerales. Teniendo estas secciones: 1. El primero establece un conjunto de indicadores de flujo de material (IMF), como las pérdidas de minerales por residuos, 2. El segundo examina el ciclo de vida de la mina sobre una base más cualitativa. Distinguir estas dos dimensiones es relevante ya que puede haber más de un proyecto minero sobre una misma mina. Con esto, es también posible demostrar la mala gestión de residuos, el cierre prematuro y las estrategias extractivas

⁷⁷ Artículo de Investigación. Discussion on the Model of Mining Circular Economy. China, 2012.

ineficientes que pueden amplificar las pérdidas de minerales (ya sea de forma temporal o permanente) mediante la neutralización de recursos y los DAM. La identificación de prácticas y estrategias que anticipen el uso futuro de material más allá de la vida de un proyecto minero y / o contribuir a hacer proyectos mineros es económicamente viable a largo plazo y en consecuencia, ayudará a prevenir estos problemas.

➤ África

De otra parte, African Circular Economy Alliance y otros (2020) reseñan que La Alianza de Economía Circular de África ("ACEA" o "La Alianza") fue concebida en 2016 durante el Foro de Economía Mundial sobre África en Kigali y lanzado formalmente en Bonn en 2018.⁷⁸

Con base en lo anterior, se definen algunos beneficios y/o ventajas referentes a la economía circular en el sector minero que establece este documento:

- La economía circular, ofrece a las empresas mineras oportunidades para disminuir costos operativos y aumentar eficiencia mediante la optimización de recursos, dado que las empresas mineras lo buscan constantemente, para maximizar las ganancias.
- La economía circular, ayuda a las empresas mineras a responder al cambio global en la demanda de los consumidores hacia productos ecológicos y alejados del modelo económico lineal. Este cambio afectará en última instancia a los materiales que se utilizan en productos de consumo, incluidos los materiales suministrados por la industria minera.
- La economía circular, prepara a las empresas mineras para aceptar el cambio de estándares ambientales establecidos por Instituciones mineras globales como el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) adoptando la economía circular como parte de sus evaluaciones y marco de presentación de informes a través de Global Reporting Initiative (GRI) el cual junto con la Fundación Ellen MacArthur toman la iniciativa de crear estos tipos de reportes para documentar la circularidad de las empresas.

Alguna de las acciones claves discutidas en el informe, incluyen:

- Integrar la economía circular en las políticas mineras y el cumplimiento: los gobiernos integran la economía circular en las políticas mineras y articulan

⁷⁸ Informe de Investigación. Increasing Circularity in Africa's Mining Sector. African Circular Economy Alliance. 2020

la hoja de ruta de la industria hacia la circularidad. La hoja de ruta debe ser claro en lo que el gobierno prevé que se convierta la industria. Presentar las iniciativas de transparencia en las cadenas de valor y suministro podrían mejorar la trazabilidad, que es fundamental para reciclaje. Además, las empresas mineras pueden considerarse socios de los gobiernos en la configuración Política de economía circular en la industria.

- Crear incentivos regulatorios y monetarios: los gobiernos crean políticas que mantienen la minería como industrias responsables del daño ambiental que causan al medio ambiente, como responsabilidad ampliada del productor. Además de eso, los incentivos monetarios son importantes para apoyar a la industria durante la transición hacia la circularidad, para lo cual contemplan algunos recortes de impuestos, subsidios y políticas macroeconómicas amigables.
- Formalizar la minería artesanal y de pequeña escala: Aproximadamente el 80% de la minería artesanal y de pequeña escala son trabajadores informales, por lo tanto, la formalización es necesaria para asegurar la transición de la minería artesanal y de pequeña escala hacia la circularidad. La formalización de la minería artesanal y de pequeña escala aumentará los aspectos económicos, sociales y ambientales positivos.

➤ **Europa**

La Comisión Europea (2019) desarrolla orientaciones y promueve las mejores prácticas en materia de Planes de Gestión de Residuos Extractivos (EWMP por sus siglas en inglés). La guía que han elaborado es parte de un estudio perteneciente en particular a (a) la integración de Aspectos de Economía Circular en Planes de Gestión de Residuos Extractivos y (b) la Identificación de Mejores Prácticas en Planes de Gestión de Residuos Extractivos (EWMP) para aspectos relacionados con la Economía Circular. La optimización de la extracción y el procesamiento de minerales pueden ser logrados mediante el fortalecimiento del papel de los dos primeros pasos del ciclo de vida minero (exploración y diseño). La presente guía describe prácticas en el campo del reciclaje y valorización de residuos extractivos (uso potencial) que pueden ser aplicados a las primeras cinco fases básicas en un ciclo de vida minero (exploración, diseño,

construcción, extracción y procesamiento), y que tienen consecuencias directas en la generación y gestión de Residuos extractivos.⁷⁹

La siguiente lista no exhaustiva muestra ejemplos de aspectos que deberían ser considerados para establecer el contenido de la Evaluación de Riesgos a lo largo de las fases del ciclo de vida de una operación extractiva.

1. Fase de exploración: nivel de conocimiento
2. Selección de los métodos de minería más apropiados.
3. Diseño y programación del sitio: buena planificación y programación minera
4. Elección del equipo de minería
5. Planificación y optimización de procesos.
6. Revisión periódica de los flujos de materiales.
7. Planificación de la seguridad a largo plazo: criterios de seguridad operacional y minimización de impactos, hasta su cierre.

➤ Canadá

En el caso de América del Norte, específicamente en Canadá, Minerals and Metals (2020) expone que el consumo reducido de recursos es uno de los enfoques de la economía circular en la industria minera. Estas inversiones están siendo hechas para la implementación de soluciones circulares para ayudar a abordar los mayores desafíos del sector, como aumentar la eficiencia, proporcionar insumos más limpios, reducir residuos en la minería, la recuperación y reciclaje de minerales posconsumo y rieles. Para esto, las empresas emplean estrategias de eco diseño, como el desarrollo de equipos de extracción eléctricos, eco-insumos, químicos amigables y otras innovaciones tecnológicas. Otra estrategia utilizada para reducir el consumo de recursos es optimización de procesos de producción, como prolongar la vida útil de los productos y componentes. Otras prácticas en este sector buscan optimizar el uso de recursos a través de estrategias para dar nueva vida a los recursos.

Igualmente, la Asociación de Minería de Canadá (MAC) hacia la minería sostenible (TSM), ha desarrollado un programa obligatorio para Compañías aliadas de la asociación, diseñadas para impulsar mejoras en las operaciones mineras y cierre de mina.

⁷⁹ Informe de investigación. Elaboración de un Documento de Orientación sobre Mejores Prácticas en los Planes de Gestión de Residuos Extractivos. Consultoría e Ingeniería de Eco Eficiencia Ltd. en Colaboración Con Wefalck, Pöyry Finland Oy, Botond Kertész & CRS Ingeniería. 2019

Ahora, es importante repasar la visión de América Latina sobre EC en la actividad minera, lo cual se trata a continuación.

➤ **Brasil**

Ribeiro-Duthie (Brasil, 2017) expone que la Economía Circular (EC) contempla el uso de recursos y productos en circuitos cerrados para mantenerlos en uso el mayor tiempo posible. Es una propuesta conceptual y práctica que tiene como objetivo reducir el impacto medioambiental y al mismo tiempo aportar beneficios económicos, contribuyendo a la innovación, el desarrollo y la creación de trabajo. El modelo tradicional no considera la finitud de los recursos naturales. El modelo circular los integra y propone rescatarlos en un sistema productivo regenerativo donde el valor de los productos, los materiales y recursos vuelven al ciclo productivo, aunque en otras cadenas.

La autora del artículo de investigación establece que la situación de Brasil en el mercado de minerales podría ofrecer vías para desarrollo de la EC en el país y al mismo tiempo, entender cómo otros países dependen de minerales con potencial de circularidad, lo que podría dar pistas sobre inversiones y esfuerzos directos. Enuncia algunas tecnologías desarrolladas, así:⁸⁰

Tecnologías ya desarrolladas en el CETEM (Centro de Tecnología Mineral) aplicable a un contexto de EC.

- Producción de arena y Brita (filtros de agua) de escombros de Construcción civil
- Bioextracción de Metales Ni y Cu de trozos de Equipos electrónicos
- Tecnologías de Deshidratación y Reutilización de agua en procesamiento mineral y beneficio de mineral de níquel y bauxita
- Uso de Residuos de Rocas ornamentales como fertilizante para la agricultura de piñones y ricino, que son Materias primas de biodiesel
- Biohidrometalurgia para extracción de metales en fase acuosa y tratamiento de efluentes
- Proyectos piloto a escala semi-industrial
- Aplicación de residuos de mármol a polipropileno para crear más plástico resistente, proyecto utilizado para la creación de prótesis craneales para niños discapacitados.

⁸⁰ Presentación del artículo de investigación. La Economía Circular y el Papel de la Minería. Brasil, 2017

De igual manera, se han identificado varias consideraciones, entre otras:

- Existen prácticas mineras que permitirían dialogar con la EC en las distintas etapas de su proceso de producción:
 - Exploración o prospección de minerales: de manera proactiva en la cuantificación de otros minerales / metales de interés económico más allá del objetivo inicialmente motivador.
 - Minería de minerales: uso económico de los residuos mineros como insumo para otras actividades productivas.
 - Procesamiento de minerales: uso de relaves finales en otras actividades productivas.
- Se percibe que es posible la aplicación de Tecnología Mineral para el uso de productos finales, que se originaron a partir de insumos mineros para su uso en cadenas de producción u otros, reduciendo el impacto en la extracción de minerales crudos (primario). Estos resultados van más allá de la reutilización ya practicada de residuos de procesos de la industria minera; y reutilización y recirculación de agua.
- La rigidez de ubicación del depósito no siempre permite la explotación de recursos minados, mediante simbiosis industrial.
- Los principios de la EC también se aplican a la recuperación, reacondicionamiento y reutilización de equipo, o su uso por otra empresa en una etapa tecnológica menos avanzado.
- Relevante para considerar los efectos de incentivo / tributación para acelerar la EC, como ocurre en la UE y China.

Segura-Salazar y Tavares (2018), señalan que una revisión exhaustiva de artículos académicos publicados sobre el tema durante los últimos 25 años, llevan a construir una mejor definición de sostenibilidad para el sector minero, que aquí se ha propuesto desde una perspectiva más del punto de vista holístico.

Según los autores, la innovación tecnológica se convierte en un requisito para hacer las operaciones más sostenibles, de modo que los costos reales de producción sean competitivos en el mercado, los residuos mineros se reduzcan y sea eficiente el uso de recursos, así como el aumento de la recuperación de minerales valiosos, además de reducciones en costos e impactos de infraestructura. Por otro lado, existe un gran potencial para incorporar innovaciones en las operaciones de explotación y procesamiento desde la etapa

de diseño conceptual del proyecto minero. Como tal, los conceptos de reciclaje también se pueden adoptar en este nivel: para residuos de roca y relaves, y posiblemente con el objetivo de la recuperación de residuos industriales y urbanos, como Residuos de construcción y demolición (CDW): para mitigar los impactos ambientales a mayor escala y generar beneficios sociales adicionales, sobre la base de la ecología industrial y los principios de economía circular. También existe un enorme potencial para la mejora de eco eficiencia en toda la operación.

➤ Chile

La Revista Nueva Minería y Energía de Chile (2020), define la Economía Circular como una nueva forma de abordar los problemas de una manera económicamente viable, además de establecer nuevas dinámicas sociales y técnicas que conducirán a una producción y consumo responsables, es un sistema que conserva y optimiza el uso de recursos utilizados en cada proceso y cada etapa de vida del material.

En Chile uno de los más recientes avances en la materia, es la creación del Centro Tecnológico de Economía Circular en la Región de Tarapacá, es el primer centro de economía circular en Sudamérica, con el objetivo principal de transformar a la macro zona norte (MZN) en un referente de economía circular en el país y el mundo, con el fin de diversificar la matriz productiva y de comercio de esta zona, enfocado en industrias muy concretas de la zona como minería de recursos estratégicos para un futuro bajo en Carbono (cobre y litio), energías renovables y almacenamiento de energía.

Al respecto, desde Fundación Terram afirman que la estrategia circular, presenta distintos problemas de implementación, ya que, por una parte, el reprocesamiento de depósitos mineros no cuenta con una normativa específica en Chile que lo regule, causando una serie de dificultades, ambigüedades y disparidades de criterios para su ejecución. Por otra, parte se abren dudas sobre el tratamiento ambiental de los nuevos desechos que se generarían en este proceso, más aún si éstos son tóxicos y/o peligrosos, considerando que eventualmente se reprocesarían elementos que provienen de relaves inactivos o abandonados.

Es por ello, el llamado a incorporar estos aspectos referentes en el tratamiento sectorial de economía circular es urgente, pero, al mismo tiempo, debe ser

prioridad que se tomen medidas efectivas para dar respuesta a la histórica deuda socio ambiental del sector relacionado con Pasivos Ambientales Mineros.

Teniendo en cuenta las reflexiones de diferentes expertos, la estrategia circular que promueve la cartera de minería apunta a la transformación de un pasivo minero en un recurso (activo), fomentando de este modo la extracción de valor de los depósitos de relaves, con base en la “Política de Relaves” la cual detalla que se pretende realizar modificaciones a cuerpos legales y normativos con el objetivo de permitir reutilización de estos depósitos, avanzar en investigación y desarrollo de técnicas de reprocesamiento y nuevos usos de relaves, y, por último, en establecer incentivos ya sean tributarios, por ejemplo, que faciliten su implementación.

Para este caso, se hace una revisión más detallada de las estrategias, acciones e indicadores orientada hacia la producción sostenible en la actividad minera, con el fin de aplicarlas hacia el desarrollo de líneas estratégicas para construcción de lineamientos técnicos de economía circular en la actividad minera en Colombia.

En el estudio de Estrada (2012), donde se analiza la factibilidad técnica y económica de recuperar oro y plata desde el depósito de relaves de Minera Meridian Ltda., Faena El Peñón, localizado en el desierto de Atacama, al norte de Chile, en acuerdo con el Superintendente de Metalurgia de la Planta se seleccionaron algunas pruebas metalúrgicas al mineral para determinar la relación, como: Lavado del Mineral de relaves para determinar el porcentaje de oro y plata impregnados en el mismo, Molienda del Mineral de relaves a distintas granulometrías para determinar la influencia de esta en la recuperación de mineral valioso, cianuración del mineral de relaves a distintos tiempos para determinar su influencia en la recuperación de oro y plata y Concentración por Flotación para determinar el porcentaje de mineral valioso que es recuperado en el concentrado. El proceso productivo sería el mismo que se utiliza actualmente para recuperar oro y plata desde el mineral nuevo procedente de la mina, con la diferencia que este comenzará en la etapa de remolienda del mineral eliminando la etapa de chancado y sustituyendo la de molienda. Este tipo de estudios se pueden tomar como ejemplos de que, si es factible hacer recuperación de minerales a buena escala en depósitos de relaves, lo cual podría aplicar en nuestro territorio.

➤ Perú

Kishimoto (2021), al analizar el rol del sector minero como impulsor de la economía circular en Perú, afirma que la importancia de la economía circular no solo ha residido en evitar las consecuencias de una explotación irracional, sino también en aprovechar las ventajas que este modelo otorga a las actividades mineras o extractivas. Entre ellos:

- Beneficios medioambientales: cuando una empresa extractiva comienza a aprovechar un yacimiento es para hacerlo durante años e incluso décadas, por ello salvaguarda el medio del que obtiene los recursos naturales.
- Rentabilidad económica: el aprovechamiento de todos los recursos aumenta la eficiencia de la empresa, lo que antes podría haber sido un deshecho o residuo, ahora adquiere valor de consumo.
- Dialogo con la sociedad: la ciudadanía es cada vez más consciente de que necesita al sector minero para impulsar el desarrollo, progreso y bienestar. Por otro lado, las empresas mineras tienen la responsabilidad de respetar el entorno donde operan y son conscientes de que necesitan la aceptación de la población para desarrollar su actividad económica. Por ello la minería que fundamentalmente propicia la economía circular, logra mejorar su relación con la comunidad y obtener “licencia social” para operar.

En conclusión, el autor afirma, que la actividad minera toma mayor relevancia y liderazgo como principal generador de divisas del país en la reactivación y recuperación de la economía nacional, dando oportunidades para transformar el actual modelo económico con una estrategia que contagia este crecimiento sostenible a los demás sectores económicos con los principios de economía circular.

Con el avance y evolución de la economía del reciclaje surge el desarrollo de la economía circular, en el cual se invoca a implantar una economía con el principio de “cerrar y abrir ciclos de vida” de los productos, produciendo bienes y servicios que a la vez reduzcan el consumo, los desechos y desperdicio de materias primas principalmente el agua y la energía, reafirmando la sustentabilidad y sostenibilidad de las actividades cotidianas. En el caso del modelo de negocios del sector minero peruano, según el artículo, la economía circular se ha venido

aplicando, aunque sin darle dicho nombre, dado que hay cada vez más técnicas eficientes, productivas y que reducen el impacto ambiental.

En su tesis de posgrado, Mendiola (2019) al estudiar alternativas de usos para los residuos de minería en Perú (neumáticos de caucho, relaves, desmontes, residuos sólidos, etc.) estima que uno de éstas es aprovechándolo como materia prima para otras industrias, fomentando la creación de negocios paralelos que permiten brindar una responsabilidad social efectiva con población circundante sin impacto negativo al negocio minero central.

Es de resaltar también la afirmación que establece el autor: la minería puede aplicar un modelo de economía circular en su proceso productivo a través de la herramienta de innovación y se podría aplicar en su mayor problema a la gestión de residuos.

Con el fin de llevar a cabo el desarrollo de la investigación tuvo en cuenta los siguientes aspectos relevantes:

- La aplicación de economías circulares en minería permitiendo el reciclaje y reutilización de neumáticos de caucho para que se generen incentivos económicos.
- La evaluación económica de proyectos mineros implementando inversiones innovadoras para economías circulares.
- La aplicación de economías circulares y generación de comercios alternos como responsabilidad social empresarial.

7.1.1 Casos aplicados de la economía circular en el sector minero internacional

Después de revisar la bibliografía, se identificaron algunos casos aplicados a la economía circular en el sector minero internacional. A continuación, se hace una breve descripción.

Tabla 2. Casos aplicados a la economía circular en el sector minero internacional.

País	Empresa	Tipo de material y/o recurso aprovechable	Iniciativas desarrolladas / Casos aplicados a EC
Estados Unidos	Rio Tinto Plc	Litio	Metal ultraligero utilizado para fabricar baterías de vehículos eléctricos, a partir de roca estéril en una mina de boratos que controla en California (EEUU), donde se extraía un grupo de minerales utilizados para fabricar jabones, cosméticos y otros bienes de consumo, durante casi un siglo en el desierto de Mojave, a unas 120 millas (195 km) al norte de Los Ángeles. Eso ha dejado más de 90 años de roca estéril, conocida en la industria como relaves. Rio Tinto dijo a fines de 2019 que había comenzado a sondear los relaves en busca de oro y que había descubierto litio en una concentración más alta que los proyectos rivales en desarrollo en los Estados Unidos. ⁸¹
Australia	Vista Gold Corporation - Mt Todd	Recuperación del Oro	El proyecto minero instaló una clasificadora XRT de TOMRA, incrementando la recuperación de oro. Por su parte, la clasificación basada en sensores ha demostrado que reduce el consumo energético casi a la mitad, con el consecuente ahorro de emisiones de CO2. También logra que la huella de carbono global de la actividad sea menor, y reduce el material sin valor comercial. La clasificación TOMRA de minerales basada en sensores puede contribuir positivamente a las prácticas propias de la economía circular en la mina mediante una gestión proactiva de vertederos de residuos mineros y la ampliación de la vida útil de la actividad. Esta tecnología recupera minerales con valor comercial de depósitos o vertederos de residuos no valorizables, y rentabiliza residuos marginales, hecho que se suma al importante impacto que tiene en la sostenibilidad y la rentabilidad de la mina. ⁸²
Bolivia	Diferentes explotaciones mineras de complejos sulfurados en zonas semiáridas	Pb-Ag-Zn A cielo abierto	La separación selectiva de los desmontes generados en la explotación a cielo abierto en base pruebas geoquímicas estáticas (determinaron el valor del Potencial Neto de Neutralización y la relación del Potencial Neutro sobre el Potencial Ácido). Desulfurización de las colas del proceso de flotación que permitió obtener los concentrados de Pb-Ag y Zn-Ag, por medio de concentración en espirales. Uso del producto no sulfurado de la concentración en espirales como cobertura seca, previa etapa de deslame, en el cierre ambiental tanto del sitio de disposición de relaves y de los desmontes; además de su uso para la conformación del "top soil artificial", mezclando con el compost generado a partir del proceso de compostaje de la materia orgánica de los residuos del comedor del campamento minero y de los lodos del proceso de tratamiento de las aguas residuales tratadas. Uso de las aguas residuales tratadas para la etapa de flotación de minerales al objeto de disminuir el consumo de las aguas subterráneas o superficiales requeridas para el proceso.

⁸¹ Recuperado del documento economía circular en el sector minero colombiano “una oportunidad para la productividad de la minería”. MinMinas 2021

⁸² Recuperado del documento economía circular en el sector minero colombiano “una oportunidad para la productividad de la minería”. MinMinas 2021

País	Empresa	Tipo de material y/o recurso aprovechable	Iniciativas desarrolladas / Casos aplicados a EC
			Producción de cobertura vegetal autóctona en invernaderos con colas del proceso de desulfurización, enriquecidos con materia orgánica y nutrientes procedentes del proceso de compostaje. ⁸³
Brasil	Votorantim	Yacimiento minero tipo MVT (Mississippi Valley Type) - relaves	Depósito epigenético compuesto por carbonatos con predominancia de esfalerita, galena y sulfuros que corresponden al 27% del total de yacimientos polimetálicos de plomo y zinc en el mundo. Ésta empresa minera hizo de su relave un producto comercializable desarrollado en su planta concentradora con potenciales usos en el sector agrario mediante la neutralización de suelos ácidos (corrector de suelos) maximizando sus ingresos no sólo por la venta de concentrados o refinados sino también por los subproductos generados desde el relave y desmonte con el objetivo de minimizar el impacto de la propia operación minera en concordancia con una política corporativa ambientalmente sostenible. ⁸⁴
Brasil		Yacimiento minero tipo MVT	La unidad minera logró la comercialización integral de sus relaves como un producto de piedra caliza que asociado al Zinc genera mayores beneficios a los agricultores de aquellas zonas de Brasil con predominancia en suelos ácidos. Tras desarrollar estudios y caracterizar su producto, evidenciaron que se contaba con un contenido del 26% de calcio como CaO, el 16% de magnesio como MgO un porcentaje de calizas superior al 90% y un contenido de Zinc aproximadamente del 0.3%; siendo apropiado para su uso como enmienda agrícola. Finalmente, tras la aprobación por parte de la entidad correspondiente esta empresa procedió a vender su relave bajo el nombre comercial de Zincal 200 que cumpliendo con las cantidades máximas de metales pesados bajo una estricta fiscalización de la entidad supervisora ambiental se autorizó su comercialización libre como una enmienda de suelos agrícolas. ⁸⁵
Chile	Codelco Andina	Neumáticos de camiones mineros	La empresa tomó la decisión de que reciclará neumáticos de sus camiones mineros. Esto tras ejecutar un plan piloto que permitió el retiro de 58 neumáticos de camiones de extracción que estaban en desuso. El plan piloto consideró el pretratamiento de los neumáticos para disminuir su tamaño y luego ingresen en reactores. Esto permite que pasen por un proceso de conversión térmica, fomentando el modelo de economía circular, con el fin de obtener productos fundamentales que son Fuel Oil, acero y carbón black. ⁸⁶
Chile	Minera Meridian Ltda. Faena El Peñón	Depósito de relaves	Minera Meridian, Faena El Peñón pertenece desde el año 2006 al grupo Yamana Gold, produce Metal Doré a través de la extracción de oro y plata desde minerales por el método Merrill-Crowe. La planta de beneficio de “El Peñón” está diseñada para el tratamiento de 4400 toneladas de mineral por día, que es alimentada desde una combinación de minerales provenientes de minas a rajo abierto y

⁸³ [Revista de Medio Ambiente y Minería](#). Artículo de Investigación Universidad Técnica de Oruro – Bolivia. 2019

⁸⁴ Recuperado del documento economía circular en el sector minero colombiano “una oportunidad para la productividad de la minería”. MinMinas 2021

⁸⁵ Trabajo de investigación. Aplicación de economías circulares en Minería. Universidad Católica del Perú., 2019.

⁸⁶ Recuperado de <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/codelco-andina-reciclar-los-neumaticos-de-sus-camiones-mineros/>

País	Empresa	Tipo de material y/o recurso aprovechable	Iniciativas desarrolladas / Casos aplicados a EC
			subterráneo. El proceso productivo fue el mismo que se utiliza actualmente para recuperar oro y plata desde el mineral nuevo procedente de la mina, con la diferencia que este comenzará en la etapa de remolienda del mineral eliminando la etapa de chancado y sustituyendo la de molienda. ⁸⁷
Perú	Fabrica productora de adoquines	Relaves mineros	Se determinó la viabilidad de la puesta en marcha de una fábrica productora de adoquines en la ciudad de Arequipa, usando como materia prima fundamental los relaves mineros, reemplazando así al clásico cemento Portland; con el fin de dar una solución ante el mal estado de las vías urbanas en la provincia, ofertando al mercado un producto alternativo al adoquín convencional de cemento Portland. ⁸⁸
Perú	Mina Polimetálica - Ex Unidad Minera Mercedes 3.	Relaves Mineros	Se estudió la viabilidad de utilizar los relaves polimetálicos de la unidad minera que ya está en etapa de desmantelamiento y abandono, la cual es una de las 892 unidades que actualmente son pasivos ambientales mineros, todo esto con el fin de presentar una solución para el aprovechamiento de los relaves mineros como insumo para la fabricación de unidades de albañilería (bloques de concreto estructural, ladrillos) que podría desarrollarse en las zonas aledañas a Pasivos Ambientales Mineros (PAMs) para los próximos años.

Fuente: ATG Ltda., 2021.

⁸⁷ Proyecto de investigación. Diseño de procesos para recuperar oro y plata desde el depósito de relaves de minera Meridian Ltda. Universidad Católica de Valparaíso. Chile 2012

⁸⁸ Proyecto de inversión para la producción y comercialización de adoquines ecoamigables hechos a partir de residuos mineros en la provincia de Arequipa. Universidad Católica San Pablo. Perú., 2017

7.2 SECTOR MINERO NACIONAL

Colombia es el primer país de América Latina en implementar una estrategia de economía circular, en donde las empresas juegan un papel fundamental, ejecutando nuevos modelos de negocio que a través de la innovación aprovechan al máximo los recursos y permiten que los residuos de unos puedan ser insumos para otros, sistema conocido como el cierre de ciclos de materiales. Así mismo se espera que Colombia en el año 2030 sea líder en Latinoamérica en la implementación de este nuevo modelo.⁸⁹

A partir de la recolección de información primaria y secundaria, en esta sección se realiza un análisis detallado de la misma y se hace la consolidación de varios casos más relevantes aplicados a la economía circular a nivel nacional, de acuerdo con iniciativas desarrolladas, implementadas o en proyecto y formalización respecto a la actividad minera.

7.2.1 Iniciativas desarrolladas: Línea base

Aunque particularmente en el sector minero no están aún formalizados los procesos de economía circular en la actividad minera, es importante resaltar que en el año 2019, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, establecen la principal herramienta para la implementación de la economía circular en Colombia, en el documento *Estrategia Nacional de Economía Circular “Cierre de ciclos materiales innovación, tecnología, colaboración y nuevos modelos de negocio”*.

El desarrollo de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) involucró un proceso de concertación entre diversos actores del sector público y privado, academia y sociedad civil, relacionados con la transformación de los sistemas productivos. Así mismo contó con la participación de distintos ministerios acompañados por el Departamento Nacional de Planeación DNP y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE.

Cabe destacar que dentro de la Estrategia Nacional de Economía Circular surge el Plan de acción sobre flujo de materiales industriales y productos de consumo masivo, en el cual se contempla como línea de acción priorizada el flujo de las llantas, por tal motivo se formuló en el presente año la “Guía de Manejo

⁸⁹ Gobierno de la República de Colombia, 2019. Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C., Colombia. Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Ambiental del flujo de llantas en la industria minera”⁹⁰, el cual es un instrumento técnico, facilitador, de carácter voluntario, para las llantas de vehículo minero usadas con diámetro superior a 24 pulgadas, exclusivamente. Con ella se responde a la necesidad de contar con un marco de referencia aplicable al manejo en las operaciones mineras de las llantas de vehículo minero usadas que cumplen con estas características y a alternativas de aprovechamiento de éstas, en el ámbito de los modelos de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), (2019).

De acuerdo con lo anterior, cobra importancia la metodología empleada en cada documento consultado, que permite armonizar los lineamientos de política a partir de iniciativas desarrolladas relacionadas con economía circular en el sector minero colombiano.

➤ UPME - UIS

Es así como la Unidad de Planeación Minero Energética- UPME y la Universidad Industrial de Santander- UIS en el año 2018, celebraron el Contrato Interadministrativo 049 cuyo alcance fue ‘Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular’, el cual surgió con el fin de evaluar una mayor utilidad en el aprovechamiento y reutilización de los minerales y metales, enmarcados en el modelo de economía circular.

Dentro de los residuos evaluados en el estudio de la UPME-UIS, se encuentran las cenizas de carbón (producto del proceso de combustión del carbón mineral para generación de vapor de uso industrial y energía eléctrica) y los relaves (normalmente están constituidos por mezclas de roca molida, agua, minerales de ganga y algunos metales pesados como cobre, plomo, mercurio y arsénico).

De igual manera, para que el uso de las cenizas volantes sea rentable, estas deben transportarse a lugares no tan lejanos debido a que los costos de transporte pueden afectar económicamente el proceso de reutilización. Adicionalmente se recomienda que, para promover la reutilización de estas cenizas volantes, las entidades gubernamentales deberían emitir políticas

⁹⁰ Guía de manejo ambiental del flujo de llantas en la industria minera enfoque de economía circular. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021 Disponible en: https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/2021/08/GUI%CC%81A_MANEJO_AMBIENTAL_LLANTAS_INDUSTRIA_MINERA_1.pdf

preferenciales que fomenten su reciclaje, ya sea mediante disminución de impuestos u otro alivio económico que permita la reducción de estos residuos en el mundo⁹¹.

Para el caso de los relaves, se presentan diversas aplicaciones con aprovechamiento parcial como es el caso de la extracción de estos metales preciosos ya sea por métodos hidrometalúrgicos, pirometalúrgicos o biometalúrgicos. Y el caso de una utilización total o mayor, se encuentra el sector construcción y su aplicación en la fabricación de ladrillos y cerámicos. Dentro del mismo sector minero actualmente se usan como retrolenados de minas para minimizar su disposición final. Estas posibles aplicaciones representan una opción viable para valorizar este residuo y minimizar la contaminación ambiental por las grandes cantidades de relaves que se producen año tras año y los pasivos que se tienen actualmente sin ningún tipo de valorización⁹².

Desde la economía circular, se pretende estimular el aprovechamiento de relaves estériles y mineros o aprovechamiento de material lavado procesado, presentado un porcentaje viable para su debida recuperación y aprovechamiento, como respuesta a las consecuencias de pasivos ambientales, producto de cierres de faena de las minas⁹³.

➤ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC

Desde la línea académica, la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC junto con el Instituto para la Investigación e Innovación en Ciencia y Tecnología de Materiales INCITEMA, elaboró en el año 2018 un documento de investigación denominado “Caracterización, beneficio y usos potenciales de minerales estratégicos del departamento de Boyacá”; donde describen los análisis, metodologías y resultados de la investigación sobre los minerales del departamento de Boyacá, a partir esencialmente de dos fases: 1. Describir las principales y distintas técnicas de caracterización que fueron necesarias para determinar y reconocer la génesis, naturaleza y propiedades fisicoquímicas de los minerales estratégicos y de esta manera, mediante su

⁹¹ UPME- UIS. Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular, contrato interadministrativo CI-049-2018, 2018.

⁹² UPME- UIS. Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular, contrato interadministrativo CI-049-2018, 2018.

⁹³ UPME- UIS. Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular, contrato interadministrativo CI-049-2018, 2018.

estudio y desarrollo de diversas metodologías, determinar un potencial uso a cada especie mineralógica y 2. Desarrollo de una metodología, que consiste en un modelo de planeación estratégica basado en SIG (Sistemas de Información Geográfica), que tiene en cuenta aspectos bióticos, abióticos, socioeconómicos y la misma naturaleza de los minerales que están en un territorio específico para hacer una minería responsable con el ambiente, con la población y viable socioeconómicamente.⁹⁴

➤ Universidad Santo Tomás de Villavencio

Por otra parte, la Universidad Santo Tomás de Villavencio, elaboró una tesis de grado en el año 2019 denominada “Elaboración de unidades de mampostería perforada de concreto utilizando relaves provenientes de la minería de agregados”, en donde sus autoras analizan el uso de relaves provenientes de la minería de agregados de la planta Zafiro, ubicada en la ciudad de Villavencio – Meta, especializada en la extracción y producción de materiales de construcción, para la elaboración de unidades de mampostería perforada de concreto como reemplazo porcentual del cemento, evaluando el comportamiento físico de 4 diseños de mezcla con diferentes porcentajes de reemplazo (10%, 20%, 30% y 50%), sometidas a ensayos físicos, químicos y mecánicos en distintas edades de curado.

El proyecto consta de 4 fases metodológicas que contemplan inicialmente la etapa 1 de caracterización física (contenido de humedad, granulometría, peso específico) y química (fluorescencia de rayos X al relave); la etapa 2 de diseño de mezclas y elaboración de bloque; la etapa 3 correspondiente al análisis del comportamiento mecánico de las mezclas con reemplazo por medio de ensayos de resistencia a la compresión y absorción de agua, y por último la etapa 4 que corresponde a un análisis comparativo de costos de producción vs propiedades mecánicas de las unidades de mampostería, así como la definición del porcentaje de ahorro que representa cada reemplazo de cemento por relave en el costo total del bloque.

Finalmente, los ladrillos a partir de arcilla han sido utilizados por años como materiales de construcción, sin embargo, su fabricación requiere grandes consumos de energía para su cocción a altas temperaturas y además de ello generan emisiones de gases contaminantes al ambiente. Con el objetivo de

⁹⁴ Vera-López, E.; López-Díaz, A.; Pineda-Triana, Y.; Useda-Rodríguez, O. A.; Peña-Rodríguez, G.; Lozano-Gómez, L. F.; Ardila-Barragán, M. A. y Daza-Leguizamón, O. J. (2018). Caracterización, beneficio y usos potenciales de minerales estratégicos del departamento de Boyacá. Tunja: Editorial UPTC.

evitar el uso excesivo de recursos no renovables, generar valor agregado y mitigar la contaminación ambiental, se ha estudiado el uso de relaves en área de la construcción. De acuerdo con lo descrito anteriormente, se ha generado un interés en desarrollar tecnologías que permitan obtener ladrillos con un desempeño mejorado, reduciendo el impacto ambiental y generando valor a materias primas.⁹⁵

Por otra parte, se tiene en cuenta el intercambio de información primaria de varias empresas y actores mineros, a nivel nacional de tal manera que se extrae información más relevante acerca de las iniciativas desarrolladas y formalizaciones de economía circular en el sector minero colombiano, como se demuestra en la **Figura 6**.



Figura 6. Iniciativas desarrolladas de economía circular a partir de información recolectada por empresas mineras.

Fuente: ATG Ltda., 2021.

De igual manera, dentro de los casos aplicados hacia la economía circular que soportan las iniciativas desarrolladas particularmente para cada proyecto minero, se tienen en cuenta los siguientes casos que hasta el momento se han venido desarrollando a lo largo del proyecto, pero que sin embargo estos procesos en

⁹⁵ Recuperado del documento “economía circular en el sector minero colombiano “una oportunidad para la productividad de la minería”. MinMinas 2021

muchas empresas, no está documentado como tal como un proceso de economía circular internamente ya que se presentan ciertas barreras, impedimentos y restricciones para el desarrollo de éstos.

- **SUMICOL S.A.** empresa dedicada a la explotación y suministro de minerales procesados para la industria, tiene en el municipio de El Carmen, Antioquia, su planta de procesamiento de mineral desde donde se ha obtenido por décadas cantidades de relaves que han sido depositados en lugares diseñados apropiadamente y algunos minerales que se manejan dentro de las minas permiten que el agua pueda ser reutilizada de diferentes formas, con el fin de tener mayor aprovechamiento de este recurso. Conforme con esto, los relaves están compuestos de gran porcentaje de caolín que podrá ser potencialmente utilizado en la fabricación de cemento blanco, con lo cual se generaría un negocio potencial, aplicando los fundamentos de la economía circular.
- **DRUMMOND LTD.** empresa dedicada a la exploración, explotación y exportación de carbón, dentro de su modelo de economía circular, el mineral tiene un proceso de beneficio y transformación, así como la recuperación y reutilización del suelo y el reusó de las aguas residuales tratadas, entre otros.
- **UNIMINAS S.A.S.** empresa con una alta experiencia en el sector minero explotando carbón a gran escala, se están desarrollando dos tesis de las cuales el objetivo general es la fabricación de bloques para la construcción a partir del material estéril como materia prima, igualmente la empresa cuenta con una planta de reciclaje donde se llevan diferentes residuos generados por la empresa para su posterior aprovechamiento.
- **CEMENTOS ARGOS.** Además de tener implementada una línea de acción de economía circular dentro de sus operaciones, la empresa investiga y trabaja en la optimización de procesos, el desarrollo de nuevos productos y servicios, la generación de nuevos modelos de negocio, el fortalecimiento de la cadena de valor y el desarrollo de las comunidades de su área de influencia. Además, cuenta con uno de los mecanismos de gestión y líneas de acción definidos dentro de la estrategia de economía circular de los cuales las entidades del estado facilitan la transformación hacia la economía circular, en este caso los subproductos que se generan a partir del proceso del cemento.

- **FUNDACIÓN SAN ANTONIO:** proyecto minero que explotan gravas y arenas, se encuentra en la etapa de cierre, sin embargo, dentro de sus procesos aplicados a la economía circular particularmente el material estéril es aprovechado para reconformación morfológica del terreno dentro del proyecto.
- **MIRAFLORES COMPAÑÍA MINERA S.A.S.** realiza la exploración de un depósito del mineral de oro localizado en el municipio de Quinchía, Caldas; aplicando los fundamentos de la economía circular el proyecto está realizando pruebas de resistencia y calidad para la fabricación de ladrillos las cuales han arrojado que estos pueden ser catalogados óptimos con porcentaje de uso de lodos en la mezcla del 30%. Actualmente los lodos una vez son deshidratados se llevan a disposición final ya que no arrojan características de peligrosidad según análisis de laboratorio. En relación con el uso de agua en el proceso se cuenta con ciclos cerrados, en donde el agua es recirculada y se realiza uso de agua lluvias tanto en plataformas como en el área de corte de núcleos. Se contempla en el componente energético el uso de paneles solares
- **MINERA LAS BRISAS DE COLOMBIA S.A.S.** la compañía realizó el cambio de mineral de asbesto crisotilo al silicato de magnesio, el cual se empezó a usar como materia prima y una gran oportunidad de negocio. Dentro de los procesos productivos del mineral de silicato de magnesio se definen 3 etapas: en la primera se utilizan como fertilizante en un 60% exportación y un 40% en el mercado nacional. Como segunda etapa se utilizan como filtros catalizadores para el mejoramiento de aguas residuales de la producción de petróleo y por último como producción de moldes cerámicos que se fabrican para la empresa Oil and Gas.
- **GRAN COLOMBIA GOLD.** compañía minera que explota mineral de oro en los títulos mineros de Reconocimiento de Propiedad Privada (RPP) localizados en los municipios de Segovia y Remedios. Como oportunidad de negocio, el proyecto minero a cielo abierto le suministra los estériles generados en la mina al constructor de una vía nacional 4G que comunica el Rio Magdalena con el Rio Cauca en Antioquia. Mientras que en la mina subterránea se aprovecha el material estéril en el relleno dentro de la mina para ganar en términos de sostenimiento garantizando la estabilidad del macizo rocoso

- **CEMEX COLOMBIA S.A.** además de tener implementada una estrategia de sostenibilidad en la cual incluye como área de enfoque la economía circular, plantea que todas las operaciones cuenten con directrices y/o lineamientos que definen la política del modelo basura cero del país, incluido la generación de estériles dándole un uso circular a los flujos de materiales en sus procesos productivos.
- **MINEROS S.A.** cuenta con un Centro de Economía Circular, el cual se gestionan todos los residuos que se generan producto del desarrollo de las operaciones y del campamento minero. Por otro lado, a partir del 2020 – 2021, nacen unos retos importantes dentro de la implementación de modelo de Economía Circular en el proyecto, el cual se acoge a los lineamientos del modelo basura cero del país:
 - Incremento de aprovechamiento de residuos sólidos hasta en un 35% (promedio histórico 21.3%)
 - Disminución en disposición de RESPEL hasta en un 25%
 - Incremento en vida útil de vaso para depósito de residuos sólidos ordinarios
 - Generación de valor compartido – fortalecimiento de organizaciones locales para aprovechamiento de material

El Centro de Economía Circular surge a través de un modelo que propende el desarrollo de estrategias que permiten visualizar una gestión eficiente de los residuos del proyecto. Adicionalmente, bajo acciones efectivas se busca recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño y reciclado.

➤ **Departamento Nacional de Planeación DNP**

Desde el punto de vista institucional, actualmente el Departamento Nacional de Planeación DNP, está trabajando en el desarrollo del documento CONPES en transición energética, lo cual hay una línea de acción específica para el componente minero, pero que también está alineada con otros componentes como hidrocarburos, energía, entre otros.

Por otra parte, la Secretaría de Minas de Antioquia ha venido trabajando en la parte de seguimiento técnico y jurídico en diferentes proyectos mineros: en Bello

con el proceso de arenas y arcillas como uso alternativo, en Tejares con residuos de Amaga para la fabricación de tejas, en el proyecto de Buriticá en el tema de relaves como retrolenados. Igualmente están trabajando de la mano con el Centro de Información Minero Ambiental del SENA, en el seguimiento de unas pruebas piloto con material estéril encaminado hacia la recuperación de suelos degradados.

De igual manera, la Gobernación de Antioquia, a través de la Secretaría de Desarrollo Económico, están trabajando en convenio con Socia Bpo S.A.S en formulación de proyectos piloto de sobre unos corredores de posible economía circular, lo cual se empezó a trabajar en los calcáneos en el magdalena medio y en el oriente en una franja donde están ubicadas todas las cementeras, igualmente se están formulando proyectos piloto acerca de las llantas de los camiones mineros.

➤ **CORNARE**

Dentro de las experiencias que CORNARE ha desarrollado, la mayoría de proyectos mineros a los que les hacen seguimiento técnico y jurídico aprovechan el material estéril para construcción de vías dentro del mismo proyecto y algunas construcciones de soporte y apoyo que se generan dentro del título. Mientras que CORANTIOQUIA dentro de sus funciones de evaluación y seguimiento estimula al empresario minero para que innove procesos de economía circular dentro de sus procesos.

Un caso particular es el proyecto minero Antioquia Gold, el cual generan un alto contenido de relaves, tienen presas de relaves muy grandes, por este motivo para CORNARE los relaves es considerado como un material estéril, contando con una diferencia y es que hasta el momento no se le ha encontrado un uso y aprovechamiento adecuado, lo cual se puede convertir en un pasivo ambiental impactante, la entidad ambiental hace el acompañamiento a la empresa para la investigación acerca de cómo se le podría dar un uso a ese material para su mejor aprovechamiento.

➤ **Servicio Geológico Colombiano SGC**

En la actualidad el Servicio Geológico Colombiano SGC, ha venido ejecutando actualmente 11 proyectos uno de los cuales está en frente del proyecto el grupo de geología médica, el cual se está abordando en una primera fase un plan de

trabajo para pasivos ambientales mineros donde el objetivo es generar conocimiento que pueda contribuir al reaprovechamiento o a la reutilización de los residuos mineros (estériles, relaves). Se ha abordado el tema de pasivos ambientales en el año actual, para contribuir con el aprovechamiento y reutilización de residuos mineros y están trabajando para concretar la zona piloto de influencia hacia el desarrollo del proyecto. Uno de los temas que están estudiando actualmente es sobre la extracción a partir de residuos mineros y el otro tema es sobre elementos mayores que pueden ser considerados de importancia en ciertas mineralizaciones, como el aluminio.

➤ **MADS**

Por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, viene trabajando en la actualización de los términos de referencia para la elaboración del EIA en proyectos de explotación minera, en la cual se piensa incluir algunos tópicos referentes a economía circular, por ejemplo: definir todas las actividades mineras que requiera la elaboración del EIA mas que todo en mediana y gran minería con el fin de identificar un diagrama de flujo de proceso completo y detallado que permita identificar entradas y salidas, y que la autoridad ambiental tenga mayor información al respecto. Se actualizó el capítulo de la caracterización geoquímica en los TR del EIA por la importancia de la gestión y manejo de estériles, de tal manera que pudiera tener mucho más análisis para los proyectos que entran en etapa de operación. Afirman como estrategia de economía circular, tener en cuenta dentro de los flujos, la donación del material estéril para rehabilitación de canteras. Se trabajó sobre todo en el componente del cierre minero, en geoquímica, geotecnia, y en el componente socio económico.

Respecto a la formalización de economía circular, el Ministerio desde el año pasado ha venido trabajando de la mano con el ICONTEC, definiendo y estructurando normas técnicas con materiales que son un poco más sencillos de trabajar como son los residuos de construcción y demolición de pétreos, lo cual se hizo mediante el comité de concretos, cemento y morteros del ICONTEC y Minambiente, en donde se empezó a trabajar en 2 normas técnicas: una para caracterización de materiales pétreos reciclados y otra para los ensayos de laboratorio, mediante una identificación de normas internacionales publicadas para acogerlas al contexto colombiano.

➤ Universidad Nacional de Colombia

El grupo de materiales de la Universidad Nacional de Colombia, actualmente está trabajando en tratar de valorizar los residuos que se generan de la minería aluvial, en el caso de los residuos de tierras raras que se generan en proyectos mineros, lo cual no se habían caracterizado, y se presentan muchos minerales de interés, uno de ellos el mineral más prometedor por su valorización económica que puede tener es la monacita, la principal mena de tierras raras, así mismo de este mineral se pueden derivar muchas cosas pero se debe tener en cuenta un aspecto, y es que depende del tipo de mineral y el tipo de extracción que se vaya a hacer, cielo abierto, aluvial o subterránea.

7.2.2 Mejores técnicas y tecnologías disponibles

Al invertir en técnicas y tecnologías nuevas, las compañías mineras pueden aplicar nuevas estrategias de extracción de materias primas naturales de forma que sean eficientes desde el punto de vista energético y que fomente la conservación de recursos naturales. La instalación de maquinaria de clasificación de minerales en fases tempranas del proceso minero permite aumentar la productividad gracias a su gran eficiencia.⁹⁶

En esta sección se presenta un análisis de la información general más representativa sobre la revisión de mejores técnicas y tecnologías disponibles asociado a la reducción, reutilización y reciclaje de materiales, entre otros; en el marco general de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), su desarrollo y aplicación en la actividad minera.

En el contexto nacional, la guía de manejo ambiental del flujo de llantas usadas en la industria minera presentan los modelos y mejores técnicas disponibles para el sector: modelos de valorización de residuos (en los que los subproductos de llantas son empleados en aplicaciones similares) y modelos circulares (aquellos que emplean las llantas usadas en aplicaciones diferentes), así como las mejores prácticas disponibles para el sector: modelos para extender la vida útil (rediseño de productos y procesos), modelos de productos y servicios (servicios que son ofrecidos para compartir productos entre usuarios) y modelos de plataforma (uso

⁹⁶ Recuperado del documento “economía circular en el sector minero colombiano “una oportunidad para la productividad de la minería”. MinMinas 2021

de tecnología de información y datos para optimizar sistemas).⁹⁷ El caso práctico se incluye dentro de una de las Líneas Estratégicas en el Desarrollo de Modelos de Negocio Circular, mencionado anteriormente.

Igualmente, en el marco general de la ENEC se tiene señalado dentro del plan de acción de flujo de materiales industriales y productos de consumo masivo el desarrollo de estudios técnicos que permitan la identificación de materiales plásticos provenientes de los RAEE con retardantes de llama bromados, con el fin de establecer las mejores técnicas disponibles (MTD) y mejores prácticas ambientales (MPA) para el aprovechamiento seguro de estos residuos plásticos.⁹⁸

De igual manera, en Colombia uno de los proyectos más destacados actualmente que incluye mejores técnicas y prácticas sostenibles es de la empresa Minera Las Brisas de Colombia SAS, cuyo alcance fue pasar de producir crisotilo a producir silicato de magnesio, talco y materiales de construcción, en una mina que durante más 50 años ha sido el sustento económico más importante del municipio de Campamento, en el Norte de Antioquia.

Es la primera mina de reconversión que se establece en Colombia y por eso se considera la primera mina de economía verde y economía circular, pues serán aprovechados los desechos de la producción minera que se venía desarrollando anteriormente, para una nueva producción de minerales para la industria de fertilizantes y como materia prima de otras importantes industrias.

Según indicó el secretario de Minas de Antioquia, Jorge Jaramillo Pereira en el reporte informativo de ifm noticias.com : “Este contrato de concesión por 30 años con minera Las Brisas significa para la región, posibilidad de empleo para aproximadamente 500 personas en un momento trascendental para el departamento como es la reactivación económica, que además apunta a los objetivos que nos hemos propuesto del desarrollo de la ecominería, aquí es el aprovechamiento de una explotación que se hizo durante 50 o 60 años y que quedaron unas colas ricas en silicato de magnesio, 37% de magnesio y 44% de silicio, de ahí que la verdadera mina estaba en las colas, ese aprovechamiento

⁹⁷ Guía de manejo ambiental del flujo de llantas en la industria minera. Enfoque de economía circular / Zafra Prieto, Angélica. Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana coord.: Ramírez, Carlos Jairo ---- Bogotá D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021.

⁹⁸ Gobierno de la República de Colombia, 2019. Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C., Colombia. Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

nos lleva a que sea la primera mina de economía circular en Colombia y este modelo lo vamos a impulsar desde Antioquia y lo estamos apoyando no solo por el tema económico, sino por el tema de sustentabilidad y lo que significa en la parte social, empresarial, técnica y ambiental”.⁹⁹

Es importante reconocer que, a nivel internacional, se incluyen más tecnologías y técnicas sostenibles como equipos, maquinaria actual en el mercado asociadas a la reducción, reutilización y reciclaje de materiales, entre otros; adaptando e involucrando procesos operativos en el marco de la economía circular en el sector minero. A continuación, se hace una breve descripción de algunas técnicas y tecnologías disponibles a nivel internacional.

Tabla 3. Técnicas y tecnologías disponibles a nivel internacional.

País	Empresa	Iniciativas desarrolladas: Línea Base	Mejores técnicas y tecnologías disponibles
Perú	SKF	Remanufactura - Repotenciar Rodamientos	Reconoce la importancia de promocionar e implementar la Economía Circular en las industrias y con ello poder reducir la cantidad de desechos. Para las empresas mineras el servicio de Remanufactura de rodamientos es una de las estrategias clave para lograr una economía circular, reducir, reutilizar y reciclar el material. Repotenciar rodamientos a una especificación nueva o superior, esto puede incluir el montaje de sensores y el suministro de otras mejoras, como lubricación integrada. La producción de un rodamiento nuevo requiere que la materia prima pase por muchos procesos, como por ejemplo el tratamiento térmico y el mecanizado. Estos procesos generan residuos (remoción de material y chatarra), utilizan energía y diferentes materiales indirectos, todo esto tiene un impacto en el medio ambiente. Con la remanufactura se evita mucho de esto, ya que se necesitan muchos menos procesos en comparación y se consume hasta un 90% menos de energía que la fabricación de uno nuevo. ¹⁰⁰
Perú	SKF	Remanufactura de maquinaria	Potenciar el servicio de remanufactura de rodamientos industriales para el sector minero. SKF asegura que se puede utilizar hasta 90% menos de energía en la remanufactura de su maquinaria, indica que la remanufactura de rodamientos ahorra hasta 60% de costos en los gastos por maquinaria, se aprovecha en darle una vida útil más larga y rentable a los activos. Busca contribuir a impulsar la economía circular y la optimización de costos. ¹⁰¹

⁹⁹ Recuperado de <https://ifmnoticias.com/minera-las-brisas-firma-contrato-con-la-gobernacion-para-cambiar-del-crisolito-a-silicato-de-magnesio-en-campamento/>

¹⁰⁰ Recuperado de <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/corredor-minero-del-sur-redujo-mas-de-534-toneladas-de-co2-con-la-remanufactura/>

¹⁰¹ Recuperado de <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/remanufactura-de-maquinaria-tendencia-en-mineria>

País	Empresa	Iniciativas desarrolladas: Línea Base	Mejores técnicas y tecnologías disponibles
Chile	Michelin - Enviro	Construcción planta de reciclaje de neumáticos mineros	<p>Desarrollo una tecnología licenciada para recuperar negro de humo, aceite, acero y gas de llantas al final de su vida útil. La tecnología de Enviro permitirá recuperar prácticamente todo lo que hay en un neumático, dando origen a nuevas llantas, cintas transportadoras y productos antivibratorios para la minería. Solo 10% no se reutilizará directamente, pero servirá para generar energía en la planta.</p> <p>La planta de reciclaje de nueva generación apoyará la economía circular con procesos de reciclaje innovadores.</p> <p>Las llantas de desecho se recolectarán directamente de las instalaciones de los grandes proyectos mineros de Chile cliente potenciados y comprometidos con todos los procesos mineros ambientales, estas llantas se transportarán a la planta para ser cortadas y recicladas.¹⁰²</p>
Chile	Caterpillar	Programas CAT REMAN (productos remanufacturados y reconstruidos)	<p>Reparar y restaurar maquinaria pesada para minería, es el compromiso de Caterpillar con el desarrollo sostenible y su experiencia con las tecnologías y los procesos de remanufactura garantizan un futuro excepcional para Cat Reman.</p> <p>El programa de remanufactura se basa en un sistema de intercambio, donde los clientes devuelven unos componentes usados a cambio de nuestros productos remanufacturados. Las piezas Cat Reman ofrecen la calidad y precisión de las piezas Cat nuevas a un costo menor. Las piezas Cat se remanufacturan según estrictos estándares de calidad, ofrecen el mismo rendimiento que las piezas nuevas, tienen una vida útil prolongada y confiable, y cuentan con la misma garantía que las piezas Cat nuevas.¹⁰³</p>
Australia	Vista Gold Corporation	Instalación de una maquinaria clasificadora XRT de TOMRA	<p>El proyecto minero instaló una clasificadora XRT de TOMRA, incrementando la recuperación de oro. Por su parte, la clasificación basada en sensores ha demostrado que reduce el consumo energético casi a la mitad, con el consecuente ahorro de emisiones de CO₂. También logra que la huella de carbono global de la actividad sea menor, y reduce el material sin valor comercial.</p> <p>La clasificación TOMRA de minerales basada en sensores puede contribuir positivamente a las prácticas propias de la economía circular en la mina mediante una gestión proactiva de vertederos de residuos mineros y la ampliación de la vida útil de la actividad.</p> <p>Esta tecnología recupera minerales con valor comercial de depósitos o vertederos de residuos no valorizables, y rentabiliza residuos marginales, hecho que se suma al importante impacto que tiene en la sostenibilidad y la rentabilidad de la mina.¹⁰⁴</p>
Estados Unidos	Mina Pinto Valley (Arizona)	Reutilización de los depósitos de estériles de cobre, respuesta a	<p>Jetti Resources, empresa fundada en 2014 con sede en Boulder (Colorado), ha desarrollado una tecnología catalítica que permite la extracción de cobre a partir de sulfuros primarios de baja ley -con contenidos de metal muy inferiores al 1%- como la calcopirita, la mena</p>

¹⁰² Recuperado de <https://www.comunicarseweb.com/noticia/michelin-construye-en-chile-su-primera-planta-de-reciclaje-de-neumaticos-en-el-mundo>

¹⁰³ Recuperado de <https://www.caterpillar.com/es/company/sustainability/remanufacturing.html>

¹⁰⁴ Recuperado del documento economía circular en el sector minero colombiano “una oportunidad para la productividad de la minería”. MinMinas 2021

País	Empresa	Iniciativas desarrolladas: Línea Base	Mejores técnicas y tecnologías disponibles
		los déficits de suministro de cobre	<p>mineral de cobre más abundante del mundo, al interrumpir el enlace metal-sulfuro del mineral.</p> <p>El nuevo proceso se puede acoplar a las plantas existentes y aumentar la producción entre un 20% y un 100%, dependiendo del tipo de operación. Esta tecnología podría ayudar a prolongar la vida útil de las minas existentes y a convertir en activos valiosos los depósitos de residuos, al tiempo que permitiría a los nuevos proyectos procesar mineral de menor calidad desde el principio.</p> <p>La empresa instaló su primera planta comercial el año pasado en la mina Pinto Valley (Arizona) dirigida por Capstone Mining Corp. Capstone afirma que, al procesar millones de toneladas de roca estéril, espera producir alrededor de 160 millones de toneladas adicionales de cobre, con un valor de más de 1.600 millones de dólares con los precios actuales, en las próximas dos décadas.¹⁰⁵</p>
Estados Unidos	Rio Tinto	Construcción de una planta que recuperará teluro como subproducto del proceso de refinado de cobre	<p>La nueva planta producirá aproximadamente 20 toneladas anuales de teluro, un mineral considerado como crítico, extrayéndolo de los flujos de residuos. La planta tendrá capacidad para producir aproximadamente 20 toneladas de teluro al año.</p> <p>El principal uso del teluro es como componente esencial del teluro de cadmio, un semiconductor utilizado para fabricar paneles solares fotovoltaicos de película fina, un uso que crece cada vez más debido a la incorporación de energías renovables en países como China o India. Además, el teluro se utiliza como aditivo en aleaciones de cobre, plomo y acero para mejorar la eficiencia de las máquinas, sobre todo en los productos termoeléctricos. Unidos, los campos solares fotovoltaico y termoeléctrico representan más de dos tercios del uso mundial de telurio.¹⁰⁶</p>
Internacional		Tecnosoles, una alternativa para la recuperación de suelos degradados	<p>Los tecnosoles son una buena técnica para la recuperación de suelos degradados. (Favorecen la reducción de los costes de gestión de residuos, minimizando gastos energéticos y de almacenamiento, Producen un incremento del aprovechamiento de nutrientes existentes en estos residuos, incorporándolos a la cadena trófica, No producen nuevos residuos como las otras técnicas de gestión de suelos).</p> <p>La utilización de tecnosoles para la rehabilitación de zonas degradadas ha mostrado eficacia en suelos afectados por actividades mineras.</p> <p>El estudio de los tecnosoles está en constante actualización y se han conseguido aplicar a la recuperación de otros recursos naturales como el agua (tratamiento de aguas residuales y sistemas acuáticos eutrofizados).</p> <p>Su utilización abre posibilidades para estabilizar taludes, frenar la erosión y mejorar el paisaje. Es un campo donde queda mucho por descubrir.¹⁰⁷</p>

Fuente: ATG Ltda., 2021.

¹⁰⁵ Recuperado de <https://mineriacircular.com/noticias/reutilizacion-de-depositos-de-esteriles-de-cobre/>

¹⁰⁶ Recuperado de <https://mineriacircular.com/noticias/nueva-planta-de-extraccion-de-teluro/>

¹⁰⁷ Recuperado de <https://mineriacircular.com/noticias/tecnosoles-una-alternativa-para-la-recuperacion-de-suelos-degradados/>

7.2.3 Modelo de negocios circulares para minerales analizados

La transformación de la economía lineal hacia la economía circular implica un proceso de cambio y ajuste del paradigma productivo y de consumo de empresas e individuos. Los ajustes requieren diversos niveles de transformación e innovación que van desde la valoración de residuos, el cierre de ciclo de materiales, la extensión de la vida útil de productos y partes, el cambio de productos por servicios, e innovaciones de gestión de datos a través de herramientas digitales que permiten optimizar el uso de materiales. Cada una de estas tipologías de innovación para la economía circular, representan modelos de negocios con cadenas de valor diferentes¹⁰⁸.

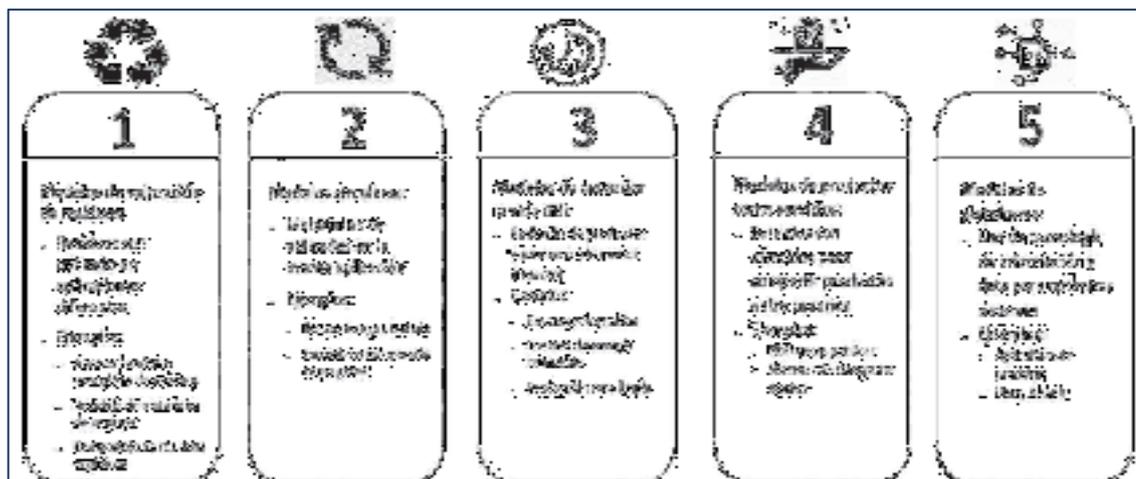


Figura 7. Tipologías de iniciativas innovadoras de la economía circular.
 Fuente: Estrategia nacional de economía circular, 2019.

El proyecto minero debe conocer diferentes modelos de economía circular y determinar cuál de ellos le conviene más de acuerdo con el cambio que quiera generar. Los modelos se describen a continuación.

- **Valoración de residuos:** la primera tipología de iniciativas introduce el modelo de valoración de residuos. El material que es desechado por un usuario es utilizado como materia prima por otro (Park, Díaz-Posada, & Mejía-Dugand, 2018¹⁰⁹). Esta tipología de iniciativas incluye tecnología para reciclaje, aprovechamiento y tratamiento de recursos, que involucra sistemas

108 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, Estrategia nacional de economía circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C. [Colombia].

109 Park, J., Díaz-Posada, N., & Mejía-Dugand, S. (2018). En Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging economy: the end-of-life tire management in Colombia. J.Clean. Prod. 189 (págs. 754–762.). Bogotá D.C.

de recolección y separación en la fuente, limpieza y procesamiento de materiales reciclados y su comercialización hacia nuevas aplicaciones, así como el aprovechamiento energético de residuos¹¹⁰.

- **Modelos circulares:** la segunda tipología de iniciativas de modelos circulares, procura la reutilización de productos y materiales para el cierre de su ciclo. El material es reutilizado en su misma aplicación o en un nuevo uso (Park, Díaz-Posada, & Mejía-Dugand, 2018¹¹¹). El desarrollo de estos modelos circulares requiere una caracterización de la calidad y volúmenes de los subproductos, adicional al desarrollo tecnológico para el procesamiento de materiales que facilite el reúso¹¹².
- **Modelos de extender la vida útil:** una tercera tipología de iniciativas involucra el ecodiseño de productos, envases y empaques que permite extender la vida útil de los materiales, reducir su uso e incorporar materiales recuperados en nuevos productos (Park, Díaz-Posada, & Mejía-Dugand, 2018¹¹³). El ecodiseño representa una tecnología para rediseñar productos existentes para que estos reduzcan su impacto ambiental y mejoren su eficiencia¹¹⁴.
- **Modelos de productos como servicios:** una cuarta tipología presenta el cambio de sistemas de productos por servicios. Es una visión completamente diferente que cambia las costumbres de consumo y producción. El reemplazo de productos individuales por sistemas colectivos de suscripción (Park, Díaz-Posada, & Mejía-Dugand, 2018¹¹⁵). El cambio de sistema de productos por un

110 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, Estrategia nacional de economía circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C. [Colombia].

111 Park, J., Díaz-Posada, N., & Mejía-Dugand, S. (2018). En Challenges in implementing the ex- tended producer responsibility in an emerging economy: the end-of-life tire management in Colombia. J.Clean. Prod. 189 (págs. 754–762.). Bogotá D.C

112 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, Estrategia nacional de economía circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C. [Colombia].

113 Park, J., Díaz-Posada, N., & Mejía-Dugand, S. (2018). En Challenges in implementing the ex- tended producer responsibility in an emerging economy: the end-of-life tire management in Colombia. J.Clean. Prod. 189 (págs. 754–762.). Bogotá D.C

114 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, Estrategia nacional de economía circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C. [Colombia].

115 Park, J., Díaz-Posada, N., & Mejía-Dugand, S. (2018). En Challenges in implementing the ex- tended producer responsibility in an emerging economy: the end-of-life tire management in Colombia. J.Clean. Prod. 189 (págs. 754–762.). Bogotá D.C

servicio impacta la cultura de consumidores y transforma las cadenas de valor utilizando menos recursos¹¹⁶.

- **Modelos de plataforma:** una quinta tipología considera las herramientas digitales que facilitan la identificación y dimensionamiento en tiempo real de cuáles y cómo son los flujos de materiales, agua, energía y desechos en la economía, cuáles son las vías más efectivas de recuperación, y cuáles son los procesos que más aportan valor¹¹⁷.

Los modelos de negocio circular se pueden clasificar en dos grandes grupos: mejores tecnologías disponibles y mejores prácticas ambientales para el sector; en el primer grupo se encuentran los modelos de valorización de residuos y modelos circulares y en el segundo los modelos para extender la vida útil, productos como servicios y modelos de plataforma.

Los principales modelos de negocio, aplicables tanto a estériles y/o relaves generados en la operación minera como en los procesos de beneficio y transformación, son:

- a) Valorización de residuos
- b) Modelos circulares

Una gestión responsable del proyecto minero en relación con la aplicación de la economía circular es la guía para analizar, utilizar, disponer los estériles y/o relaves de una manera ordenada acorde a sus características con el fin de separarlos. De la misma manera con la optimización del procesamiento en la separación para el aprovechamiento de subproductos o minerales secundarios. En ambos casos, para su posterior aprovechamiento, cuando la innovación y tecnología así lo permita.

La economía circular trae consigo el aprovechamiento de las ventajas que el modelo ofrece tales como el cuidado del medio ambiente donde se desarrolla el proyecto minero. Esto puede enlazarse con las partes interesadas, en un diálogo que permita una comunicación clara sobre las actividades que el proyecto ejecuta, en relación con disminución de residuos, disminución de la huella del

¹¹⁶ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, Estrategia nacional de economía circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C. [Colombia].

¹¹⁷ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, Estrategia nacional de economía circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C. [Colombia].

proyecto o aplicación de tecnologías innovadoras que permitan una explotación más limpia. Todo lo anterior debe ir en línea con la rentabilidad y en ese sentido, el aprovechamiento y/o uso eficiente de los recursos (minerales o no) va en línea con las condiciones económicas favorables para el proyecto minero.

7.2.3.1 Paso a paso para identificar y desarrollar estrategias y oportunidades de economía circular

A continuación, se presentan los pasos a seguir hacia la economía circular en las empresas, desarrollado por el Centro Nacional de Economía más limpia - Colombia Productiva, que puede servir de referencia para que en un proyecto minero se puedan identificar y desarrollar estrategias y oportunidades de economía circular y percibir sus beneficios.

- a. Entender las tendencias y el papel del proyecto en la economía circular
- b. Identificar oportunidades de economía circular que agreguen valor a su negocio
- c. Priorizar oportunidades de economía circular para el proyecto
- d. Establecer un plan de acción para implementar las oportunidades identificadas
- e. Monitorear el progreso respecto a la estrategia y metas de su plan de acción



Figura 8. 5 pasos hacia la economía circular en las empresas.

**Fuente: Guía Empresarial “Economía circular una forma diferente de hacer negocios sostenibles”
Centro Nacional de Economía más limpia – Colombia Productiva.**

Para implementar la economía circular en el proyecto se deben llevar a cabo los cinco pasos anteriores y plantearse las siguientes preguntas en cada uno de los pasos:

Paso 1. Generar posibles oportunidades de economía circular para el proyecto

- ¿Cuáles son las oportunidades de economía circular en el sector?
- ¿Qué papel juega el proyecto para aplicar la economía circular?

Paso 2. Estrategias de economía circular y oportunidades de interés para el proyecto

- ¿Cuáles son los puntos críticos del proceso desde el punto de vista de la economía circular?
- ¿Cuál es la estrategia de economía circular para agregar valor al negocio?

Paso 3. Mapa de oportunidades de economía circular identificadas

- ¿Cuáles oportunidades de economía circular son estratégicas para el proyecto?
- Teniendo en cuenta nivel de circularidad, nivel de relacionamiento, factibilidad de implementación e impactos sobre la sostenibilidad.

Paso 4. Hoja de ruta para implementar la economía circular en el proyecto

- ¿Cómo implementar las oportunidades identificadas? – Se desarrolla una ficha de oportunidades donde se indiquen principales actividades por ejecutar, requerimientos técnicos y tecnológicos e impactos financieros y ambientales esperados.

Paso 5. Plan de monitoreo y seguimiento con métricas circulares establecidos

- ¿Cómo medir el progreso del proyecto en la ejecución de estrategias de economía circular? – Propone establecer indicadores financieros, ambientales, sociales y comerciales.

7.2.3.2 ¿Cómo financiar negocios circulares en Colombia?

El Gobierno Nacional cuenta con diversos programas que permiten acceder a recursos económicos los cuales se podrían usar para implementar negocios circulares. A continuación, se describen algunos de ellos.

7.2.3.2.1 INNPULSA COLOMBIA (<https://innpulsacolombia.com/>)

Agencia de emprendimiento e innovación del Gobierno Nacional, que, junto al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, acompaña la aceleración de emprendimientos de alto potencial y a los procesos innovadores y de financiación que permiten escalar a las empresas del país para generar más desarrollo económico, equidad y oportunidades para todos los colombianos.

¿Qué hace iNNpulsa?

El propósito es que los emprendedores aceleren sus emprendimientos y que los empresarios implementen procesos innovadores que permitan escalar sus negocios. Esto se hace a través de programas especializados con el objetivo de integrar, invertir e inspirar el ecosistema de emprendimiento e innovación en todas las regiones de Colombia.

¿Quiénes pueden acceder a iNNpulsa?

iNNpulsa Colombia diseña programas y herramientas destinadas a atender segmentos específicos del ecosistema de emprendimiento e innovación, específicamente el comprendido entre emprendimientos de etapa temprana y empresas con potencial de crecimiento, iNNpulsa Colombia no diseña herramientas o programas destinados a etapas semilla o de ideación, etapa para la cual existen otras entidades a nivel nacional.

De manera general los requerimientos para participar en las convocatorias son:

- Contar con un diferencial respecto al sector al cual pertenece.
- Cumplir con los requerimientos específicos adicionales de las convocatorias a explorar.
- Ser mayor de edad.
- Ser ciudadano colombiano.
- Para algunos casos, se requiere que el beneficiario esté legalmente constituido (emprendimientos o empresas).
- Estar radicados en Colombia.
- En algunos casos se debe contar con una validación mínima del mercado (ventas mínimas).

¿Cómo puede ayudar iNNpulsa Colombia?

iNNpulsa Colombia cuenta con un diverso portafolio de herramientas y programas destinados a brindar distintos tipos de apoyos dirigidos a acelerar emprendedores y escalar empresarios colombianos.

Estos programas o convocatorias cuentan con características distintas de propósito, objetivo y perfil de beneficiarios por lo que es importante que cada una de ellas sea explorada detalladamente por usuarios interesados, para esto se deben dirigir a la página de iNNpulsa Colombia (www.innpulsacolombia.com) y consultar la sección denominada “Convocatorias”.

También existen algunos programas continuos como ALDEA, destinado a brindar apoyos a emprendedores a nivel nacional. Para conocer más de éste, deben ingresar a www.aldeainnpulsa.com

Adicionalmente, iNNpulsa Colombia realiza eventos y capacitaciones gratuitas en todo el territorio nacional que son anunciadas a través de redes sociales y página web.

¿Cómo se puede contactar a iNNpulsa para recibir atención?

iNNpulsa Colombia cuenta con distintos canales de contacto para atender consultas, inquietudes o comentarios:

Línea telefónica:

En Bogotá +57 (1) 743-7939 y para el resto del país 01 8000 180098

Correo de contacto: info@innpulsacolombia.com

Atención presencial en las instalaciones en Bogotá: Calle 28 No. 13 A15 Piso 37, en el horario comprendido entre 8:30 a.m. y 4:30 p.m.

Redes sociales oficiales:

Facebook: iNNpulsa Colombia

Twitter: @iNNpulsaCol

Instagram: @iNNpulsaCol

LinkedIn: iNNpulsa Colombia

7.2.3.2.2 Fondo de ciencia, tecnología e innovación - FCTel del sistema general de regalías-SGR (https://minciencias.gov.co/ocad_fctei/fondo-fctei-sgr/ques)

El Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación tiene como objetivo incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general, incluidos proyectos relacionados con biotecnología y tecnologías de información y comunicaciones, contribuyendo al progreso social, al dinamismo económico, al crecimiento sostenible y una mayor prosperidad para toda la población. (Art. 29, Ley 1530 de 2012).

El artículo 361 de la Constitución Política de Colombia, la Ley 1530 de 2012 y la Ley 1923 de 2018, reglamentan el FCTel, asignándole el 10% de los ingresos del Sistema General de Regalías.

¿Cuáles proyectos son susceptibles de ser financiados por el FCTel del SGR?

La ley 1530 de 2012 en su artículo 4 estableció que la Comisión Rectora del Sistema General de Regalías (SGR), es el órgano encargado de dictar, mediante acuerdos, las regulaciones de carácter administrativo orientadas a asegurar el adecuado funcionamiento del Sistema.

Por otra parte, el numeral 1 del artículo 5 de la Ley 1530 de 2012 señala que la Comisión Rectora es la encargada de definir las directrices generales, procesos, lineamientos, metodologías y criterios para el funcionamiento del SGR.

De acuerdo con lo anterior, la Comisión Rectora del SGR expidió el Acuerdo 045 de 2017, el cual establece en el artículo 4.3.1.2. los proyectos de inversión en los cuales se pueden invertir los recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del SGR de conformidad con lo señalado en la Guía Sectorial de Programas y Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/Acuerdo%2045%20del%2014%20noviembre%202017.pdf> (Hoja 44).

En el numeral 6 se establece lo siguiente para el sector minero:

“...Proyectos de minería y energía responsable en especial los que tengan por objeto la exploración de alternativas de extracción y aprovechamiento de los recursos naturales no renovables, buscando que sean más sostenibles ambiental y socialmente, y construyendo cadenas de valor agregado. También se podrá invertir en investigación e implementación de nuevas alternativas o técnicas de extracción, beneficio y transformación de los minerales estratégicos definidos por el Ministerio de Minas y Energía y el ordenamiento minero, así como en la seguridad de las explotaciones mineras con énfasis en labores subterráneas procurando que sean competitivas y responsables con el entorno social y ambiental; así como proyectos de promoción de eficiencia energética por parte de los usuarios del servicio público de energía eléctrica y proyectos de generación de energía con promoción de fuentes de energía renovables y/o no convencionales, siempre y cuando estos proyectos o actividades se encuentren enmarcadas en el objeto del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación, en los términos del artículo 29 de la Ley 1530 de 2012..”

Así mismo el numeral 7 establece:

“...Proyectos de desarrollo e Innovación Industrial y Empresarial que propendan por el mejoramiento de los negocios existentes o el desarrollo de nuevos negocios, al igual que la investigación con fines comerciales. Así mismo como los lineamientos establecidos en el documento Conpes 3582 de 2009- Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación...”

Canales de atención al ciudadano

Atención Presencial

Servicio de Atención al Ciudadano, está ubicado en la Avenida Calle 26 # 57 – 83, Torre 8 Piso 2, en la ciudad de Bogotá – Colombia, en donde el ciudadano es atendido personalmente, se le brinda información acerca del portafolio de servicios a cargo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, además puede tramitar las peticiones, quejas, reclamos, solicitudes y sugerencias. Horario de atención, de lunes a jueves, de 8:00 am a 5:00 pm, y viernes de 7:00 am a 4:00pm, en jornada continua.

Atención Telefónica

A través del conmutador (57)1 625 8480 se accede a la comunicación con las extensiones de los funcionarios y colaboradores de la entidad. Horario de

atención, de lunes a jueves, de 8:00 am a 5:00 pm, y viernes de 7:00 am a 4:00pm, en jornada continua.

Por la línea nacional gratuita 018000914446 o marcando a la línea local de Bogotá (57)1 625 8480 ext. 2081, se puede comunicar con el grupo de atención al ciudadano, para solicitar información general, sobre las convocatorias y trámites. Horario de atención, de lunes a jueves, de 8:00 am a 5:00 pm, y viernes de 7:00 am a 4:00pm, en jornada continua.

Atención Virtual

En la página web: www.minciencias.gov.co, se publica información institucional, convocatorias, noticias recientes e históricas, productos y servicios, contratación, normatividad, foros, preguntas frecuentes, glosario y se accede a formatos y formularios, entre otros servicios.

Correo electrónico

atencionalciudadano@minciencias.gov.co, es otro canal dispuesto al servicio del ciudadano para requerir información general, sobre convocatorias y presentar peticiones, quejas, reclamos, sugerencias y felicitaciones.

7.2.3.2.3 Portal INNOVAMOS (<https://www.innovamos.gov.co/>)

El portal INNOVAMOS tiene como objetivo principal el funcionar como medio de difusión conectando al ciudadano con las convocatorias relacionadas con ciencia, tecnología e innovación (CTI) que son publicadas por diferentes entidades estatales. Esto se encuentra apoyado por el siguiente marco normativo:

Decreto 1651 de 2019. Artículo 2.1.8.4.3

El DNP implementará de forma gradual y progresiva el Portal www.innovamos.gov.co, para garantizar la interacción entre actores del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación y, en coordinación con estos, realizar la gestión, monitoreo, seguimiento y evaluación de los instrumentos de política.

PND. Pacto V por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación

El Gobierno nacional debe usar el Portal de Innovación como único centro de información de aplicación y consulta de la oferta de apoyo público para la CTI, para que el ciudadano tenga fácil acceso a la oferta institucional y, a la vez, se obtenga trazabilidad de las convocatorias.

7.2.3.2.4 Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - Programa de beneficios tributarios

(https://minciencias.gov.co/viceministerios/conocimiento/direccion_transferencia/beneficios-tributarios/cuales-son)

Beneficios tributarios por inversión en proyectos de ciencia, tecnología e innovación para micro, pequeñas, medianas y grandes empresas.

Beneficios Tributarios por Inversión

Se otorga a las empresas que ejecutan proyectos de ciencia, tecnología e innovación, en alianza con un actor reconocido por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, teniendo en cuenta los criterios y condiciones definidos por el Consejo Nacional de Beneficios Tributarios mediante acuerdos y el Documento de Tipología de Proyectos de carácter científico, tecnológico o de innovación. Los beneficios tributarios son los siguientes:

- a. Deducción y descuento tributario por inversiones en proyectos de ciencia, tecnología e innovación:** las inversiones que se realicen en investigación, desarrollo tecnológico e innovación, serán deducibles en el periodo gravable en que se realicen, siempre y cuando dichas inversiones cumplan con los criterios y condiciones definidos por el Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en ciencia, tecnología e innovación – CNBT-. Dichas inversiones tendrán derecho de igual manera, a descontar de su impuesto de renta a cargo el 25% del valor invertido en el periodo gravable en que se realizó la inversión, siempre y cuando no supere el 25% del impuesto a pagar. En caso de excedentes o descuentos tributarios sin utilizar, el contribuyente podrá trasladarlos a las siguientes cuatro declaraciones de renta, según lo establecido en el artículo 258 del estatuto tributario.
- b. Crédito Fiscal por inversiones en proyectos de ciencia, tecnología e innovación:** las inversiones que realicen las Micro, Pequeñas y Medianas empresas en proyectos calificados como de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, de acuerdo con los criterios y condiciones definidas por el Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación -CNBT, podrán acceder a un crédito fiscal por un valor del 50% de la inversión realizada y certificada por el CNBT aplicable para la compensación de impuestos nacionales.

En los casos que las micro, pequeñas y medianas empresas cuenten con créditos fiscales vigentes superiores a mil UVT (1000 UVT) por inversiones en proyectos calificados como de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, podrán solicitar Títulos de Devolución de Impuestos -TIDIS por el valor del crédito fiscal, que son libremente comercializables.

Beneficios Tributarios por Vinculación de capital humano de alto nivel en las empresas

La remuneración correspondiente a la vinculación de personal con título de doctorado en las empresas, que se realice con posterioridad al 25 de mayo de 2019, siempre y cuando se cumplan con los criterios y condiciones definidos por el CNBT para tal fin y su vinculación esté asociada al desarrollo de actividades de I+D+i, podrán acceder al beneficio tributario de deducción y descuento del 25% de la remuneración efectivamente pagada al personal con título de doctorado, o en caso de las Mipymes, podrán acceder al mecanismo del crédito fiscal por el 50% del valor de la remuneración del personal con título de doctorado.

Ingresos No Constitutivos de renta y/o Ganancia Ocasional

Este beneficio tributario, se otorga al personal que desarrolla actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación en el marco de un proyecto calificado bajo las condiciones del Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación - CNBT, permitiendo a los investigadores, descontar de los ingresos que constituyen su base gravable, el valor de los honorarios recibidos por estas labores.

Este beneficio tributario es aplicable de igual manera, a los recursos que reciba el contribuyente para ser destinados al desarrollo de proyectos calificados como de carácter científico, tecnológico o de innovación, según criterios y condiciones definidas por el Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación.

7.2.3.2.5 Bancóldex (<https://www.bancoldex.com/>)

Banco de alto nivel que promueve el crecimiento empresarial y el comercio exterior de Colombia.

¿Cómo solicitar un Crédito Bancóldex?

- **El empresario** revisa cuál de las líneas de crédito Bancóldex es la que más se acomoda a sus necesidades de liquidez. Con esta información, solicita el crédito ante su entidad financiera.
- **La entidad financiera,** realiza una evaluación técnica y financiera de la solicitud de crédito y si cumple los criterios de evaluación de riesgo, la entidad solicita el recurso a Bancóldex.
- **Bancóldex** recibe la solicitud de la entidad financiera, verifica la disponibilidad de recursos en la línea de crédito y el cumplimiento de los requerimientos para acceder a la misma; y desembolsa a la entidad financiera.

¿Dónde se puede obtener información de los productos y servicios de Bancóldex?

Bancóldex cuenta con los siguientes canales de atención e información:

Línea de atención y servicio al cliente

Línea de Servicio al Cliente Multicontacto Bancóldex: Teléfono en Bogotá 7420281, Línea nacional gratuita 018000180710

Buzón Contáctenos

Escribiendo al correo electrónico contactenos@bancoldex.com se podrán realizar todas las solicitudes de información que requiera de los productos y servicios de Bancóldex.

Oficinas de Representación

A través de los funcionarios Bancóldex que hacen parte de la fuerza comercial y oficinas de representación del banco que se encuentran en diferentes ciudades del país, se podrá obtener información de los productos y servicios. Esta se encuentra ubicada en la parte superior de la página web, en Canales de Atención.

Página Web

Además de encontrar información de Bancóldex, sus productos y servicios, allí se podrá contactar a través de las opción Contáctenos o por medio del chat. Estos están ubicados en la parte superior de la página web o en el link de canales de atención.

Redes Sociales

En las plataformas digitales como Facebook, Twitter, Instagram, Canal de Youtube Bancóldex o LinkedIn encontrará información de los productos y servicios de Bancóldex. Los pueden ubicar en la parte superior de la página web en canales de atención.

7.2.3.2.6 Colombia productiva (<https://www.colombiaproductiva.com/>)

Programa desarrollado para impulsar al sector empresarial con el fin de producir más, con mejor calidad y mayor valor agregado. Las acciones de la organización están alineadas a las directrices de la actual Política de Desarrollo Productivo (Conpes 3866), cuyo objetivo es aumentar la productividad y la diversificación del aparato productivo colombiano hacia bienes y servicios más diversificados y sofisticados.

¿Qué beneficios tiene una empresa al recibir el apoyo Colombia Productiva?

- Entre los impactos, el más evidente es aumento de su rentabilidad y reducción de sobrecostos.
- Las empresas que mejoran sus procesos productivos están en capacidad de producir más, en menor tiempo, con menos costos y obtener mayores ventas.
- Otras empresas han logrado certificar sus productos y servicios internacionalmente, que le abre puertas a un mayor número de mercados para exportar.
- También han incorporado herramientas digitales para mejorar y acelerar sus procesos tanto productivos como de servicio al cliente y mercadeo.

¿Dónde se puede obtener información?

Colombia productiva cuenta con los siguientes canales de atención e información:

Línea de atención

Línea en Bogotá 7491000. Línea nacional gratuita 018000124211

Oficinas

Cl. 28 #13 a-15, piso 37, Bogotá

Lunes a viernes de 8:30 a.m. a 5:00 p.m.

A continuación, se presenta la tabla resumen con la información relevante de los programas y estrategias de financiación.

Tabla 4. Estrategias de financiación de la economía circular

Nombre	Descripción	Líneas de Contacto
<p>INNPULSA COLOMBIA</p>	<p>Agencia de emprendimiento e innovación del Gobierno Nacional, que, junto al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, acompaña la aceleración de emprendimientos de alto potencial y a los procesos innovadores y de financiación que permiten escalar a las empresas del país para generar más desarrollo económico, equidad y oportunidades para todos los colombianos.</p>	<p>Página web https://innpulsacolombia.com/</p> <p>Línea telefónica En Bogotá +57 (1) 743-7939 y para el resto del país 01 8000 180098</p> <p>Correo de contacto info@innpulsacolombia.com</p> <p>Atención presencial en las instalaciones en Bogotá Calle 28 No. 13 A15 Piso 37, en el horario comprendido entre 8:30 a.m. y 4:30 p.m.</p> <p>Redes sociales oficiales Facebook: iNNpulsa Colombia Twitter: @iNNpulsaCol Instagram: @iNNpulsaCol LinkediN: iNNpulsa Colombia</p>
<p>Fondo de ciencia, tecnología e innovación - FCTel del sistema general de regalías-SGR</p>	<p>El Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación tiene como objetivo incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general, incluidos proyectos relacionados con biotecnología y tecnologías de información y comunicaciones, contribuyendo al progreso social, al dinamismo económico, al crecimiento sostenible y una mayor prosperidad para toda la población. (Art. 29, Ley 1530 de 2012).</p>	<p>Página web https://minciencias.gov.co/ocad_fctei/fondo-fctei-sgr/que-es</p> <p>Atención Presencial Servicio de Atención al Ciudadano, está ubicado en la Avenida Calle 26 # 57 – 83, Torre 8 Piso 2, en la ciudad de Bogotá – Colombia</p> <p>Atención Telefónica A través del conmutador (57)1 625 8480 se accede a la comunicación con las extensiones de los funcionarios y colaboradores de la entidad. Horario de atención, de lunes a jueves, de 8:00 am a 5:00 pm, y viernes de 7:00 am a 4:00pm, en jornada continua.</p> <p>Correo electrónico atencionalciudadano@minciencias.gov.co , es otro canal dispuesto al servicio del ciudadano para requerir información</p>

Nombre	Descripción	Líneas de Contacto
		general, sobre convocatorias y presentar peticiones, quejas, reclamos, sugerencias y felicitaciones.
Portal INNOVAMOS	El portal INNOVAMOS tiene como objetivo principal el funcionar como medio de difusión conectando al ciudadano con las convocatorias relacionadas con ciencia, tecnología e innovación (CTI) que son publicadas por diferentes entidades estatales.	<p align="center">Página web https://www.innovamos.gov.co/</p>
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - Programa de beneficios tributarios	Beneficios tributarios por inversión en proyectos de ciencia, tecnología e innovación para micro, pequeñas, medianas y grandes empresas. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Beneficios Tributarios por Inversión ▪ Beneficios Tributarios por Vinculación de capital humano de alto nivel en las empresas ▪ Ingresos No Constitutivos de renta y/o Ganancia Ocasional 	<p align="center">Página web (https://minciencias.gov.co/viceministerios/conocimiento/direccion_transferencia/beneficios-tributarios/cuales-son)</p>
Bancóldex	Banco de alto nivel que promueve el crecimiento empresarial y el comercio exterior de Colombia.	<p align="center">Página web https://www.bancoldex.com/</p> <p>Línea de atención y servicio al cliente Línea de Servicio al Cliente Multicontacto Bancóldex: Teléfono en Bogotá 7420281, Línea nacional gratuita 018000180710</p> <p align="center">Buzón Contáctenos Escribiendo al correo electrónico contactenos@bancoldex.com</p> <p align="center">Redes Sociales En las plataformas digitales como Facebook, Twitter, Instagram, Canal de Youtube Bancóldex o LinkedIn encontrará información de los productos y servicios de Bancóldex.</p> <p>Los pueden ubicar en la parte superior de la página web en canales de atención.</p>
Colombia productiva	Programa desarrollado para impulsar al sector empresarial con el fin de producir más, con mejor calidad y mayor valor agregado. Las acciones de la organización	<p align="center">Página web https://www.colombiaproductiva.com/</p> <p align="center">Línea de atención</p>

Nombre	Descripción	Líneas de Contacto
	están alineadas a las directrices de la actual Política de Desarrollo Productivo (Conpes 3866), cuyo objetivo es aumentar la productividad y la diversificación del aparato productivo colombiano hacia bienes y servicios más diversificados y sofisticados.	Línea en Bogotá 7491000. Línea nacional gratuita 018000124211 Oficinas Cl. 28 #13 a-15, piso 37, Bogotá Lunes a viernes de 8:30 a.m. a 5:00 p.m.

Fuente: ATG Ltda., 2021.

7.2.3.3 Simbiosis industrial

➤ Europa

En Simbiosis Industrial: Aprovechar la Economía Circular (2014), la simbiosis industrial es el uso que hace una empresa o sector de los subproductos (entre los que se incluyen la energía, el agua, la logística y los materiales) de otros. En una economía desarrollada, en la que existen numerosas actividades industriales, se generan muy diversos subproductos y los usos que pueden hacerse de los mismos es igualmente diverso.

Es aquí donde entran en juego los programas de simbiosis industrial estructurada. Dichos programas actúan en cierto modo como intermediarios para crear colaboraciones innovadoras entre empresas, encontrar nuevos modos de usar los recursos y, por consiguiente, aumentar ingresos, reduciendo al mismo tiempo los residuos y costos asociados.

Para FISSAC (Fostering Industrial Symbiosis for a Sustainable Resource Intensive Industry), la simbiosis industrial es una forma de intermediación para reunir a las empresas en colaboraciones innovadoras, encontrando maneras de usar los residuos de uno como materia prima para otro.

La palabra «simbiosis» suele asociarse con relaciones en la naturaleza, donde dos o más especies intercambian materiales, energía o información de una manera mutuamente beneficiosa.

Una cooperación local o más amplia en simbiosis industrial puede reducir la necesidad de materias primas vírgenes y el depósito de residuos, cerrando así el circuito del material, una característica fundamental de la economía circular y un motor para el crecimiento verde y soluciones eco-innovadoras. También puede reducir emisiones y uso de energía y crear nuevos flujos de ingresos.

Según el artículo, para hacer que la simbiosis industrial sea una realidad comercial extendida, es necesario hacer más para gestionar el flujo de materiales de desecho de diferentes sectores e industrias, y aún queda mucho por entender sobre:

- Impactos ambientales y sociales
- Armonización de tecnologías, procesos, políticas
- Compromiso de la sociedad civil con una economía circular a nivel de la UE
- Información sobre recursos de residuos
- Tecnologías de tratamiento de residuos
- Modelos de negocio y coordinación entre actores de la cadena de valor

En la actualidad, reseña el artículo, Europa cuenta con algunas redes de apoyo para la simbiosis industrial en la UE y asociaciones europeas de innovación, como programas nacionales (por ejemplo, NISP (Reino Unido)), iniciativas regionales (por ejemplo, Cleantech Östergötland (Suecia)) e iniciativas locales (por ejemplo, Kalundborg en Dinamarca).

Según la circular de la Comisión Europea, Simbiosis Industrial: Aprovechar la Economía Circular (2014), el Reino Unido ha sido uno de los primeros países en adoptar la simbiosis industrial. El Programa de simbiosis industrial nacional del Reino Unido fue creado por International Synergies Limited, una empresa que es también uno de los principales artífices de la Asociación de Simbiosis Industrial Europea (EUR-ISA), cuya inauguración oficial tuvo lugar en noviembre de 2013.

EUR-ISA se creó con el objetivo de respaldar la aplicación de simbiosis industrial en toda Europa. Ofrece también un punto de contacto único entre la Comisión Europea y los múltiples proyectos de simbiosis industrial existentes en diferentes Estados miembros, lo que fue respaldada como un mecanismo para reducir el carbono, preservar los recursos críticos y proteger la sostenibilidad empresarial.

El artículo señala que los programas de simbiosis industrial en los que participan los miembros de EUR-ISA se basan en asociaciones público-privadas, modestas inversiones públicas que permiten contratar a intermediarios expertos del sector privado para colaborar con la industria. La disponibilidad de inversión pública reduce dos de los mayores obstáculos a los que se enfrentan las empresas a la hora de involucrarse en la simbiosis industrial: el tiempo y el dinero.

La inversión en mediadores expertos asegura igualmente la identificación de oportunidades innovadoras y sostenibles para el uso de los recursos, con el máximo ascenso posible de materiales residuales en la cadena de valores. Estos mediadores actúan también como miembros independientes de confianza que guían a las empresas desde la idea inicial hasta la puesta en práctica. Los hechos indican que sin esta mediación no sería posible identificar, y mucho menos aprovechar, la mayor parte de las oportunidades, debido principalmente a que las empresas no se pueden permitir dedicar tiempo a investigar oportunidades, y puede que carezcan de los conocimientos concretos para hacerlas realidad.

Según la circular, el Programa de Simbiosis Industrial Nacional (NISP, por sus siglas en inglés) alcanzó su punto más álgido en el Reino Unido, momento en el que trabajaba activamente con 15000 negocios, en su mayoría pymes o microempresas, uno de los segmentos de la industria con el que es difícil de colaborar en este ámbito, dadas todas las presiones a las que está sometido. Gracias a esta extensa red, el NISP identificó y cerró con éxito miles de sinergias, reduciendo colectivamente las emisiones de dióxido de carbono de Inglaterra en 42 millones de toneladas y reorientando más de 48 millones de toneladas de «recursos desperdiciados» de los vertederos. Casi el 20 % de las sinergias del NISP incluyeron algún tipo de innovación, muchas consiguieron hacer llegar al mercado nuevos proyectos de investigación y desarrollo en tiempo récord a causa del tirón de la demanda del programa en ecoinnovación. También fue responsable de la creación de más de 10.000 empleos.

El NISP del Reino Unido es el ejemplo más exitoso de simbiosis industrial, ya que ha logrado un compromiso a gran escala con la industria y unos resultados importantes, que se han auditado independientemente. Pero ha sido una de las muchas bajas producidas ante los recortes realizados para reducir el déficit presupuestario y se ha topado además con algunos de los dogmas departamentales del gobierno del Reino Unido, «*si la industria se beneficia, entonces la industria debe pagar*».

➤ **Corea**

A continuación, se menciona la experiencia en Corea. Según Park Jun Mo y Otros (2015) el concepto de parques ecoindustriales (EIP) se originó como ecosistemas industriales que optimizan los flujos de recursos, mediante la

reutilización de materiales de desecho, de un proceso como materia prima para otro proceso. El uso colectivo y compartido de recursos entre industrias coubicadas se denominó simbiosis industrial, la cual se ha adoptado en muchas iniciativas y políticas públicas en todo el mundo como una forma de reducir los impactos ambientales de la producción industrial aglomerada.

Ante la necesidad de transformar la base industrial en EIP a escala nacional, el gobierno coreano hizo un deliberado y consciente esfuerzo para desarrollar la simbiosis industrial. Para hacer el Programa exitoso, el desarrollo del plan comenzó con un exhaustivo estudio de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA) en complejos industriales coreanos. Basado en ese análisis FODA, Corea desarrolló su propio enfoque para el desarrollo de la simbiosis, con resultados que permitieron definir factores contextuales y mostrar cómo esos resultados se reflejaron en el enfoque general, el plan maestro, sitios piloto, estructura organizativa y estrategias para el desarrollo de proyectos del programa.

Los autores resaltan que el análisis FODA mostró que los países aglomerados y base industrial diversa, parecía proporcionar amplias oportunidades para la simbiosis industrial. La proximidad entre las industrias podía reducir los costos de transporte y transacción para la simbiosis industrial y la diversidad en la composición industrial podían proporcionar mayores oportunidades para la coincidencia de entradas y salidas. Tal entorno técnicamente propicio sentó las bases para la visión de establecer una red nacional de EIP, donde existe cierto nivel de capacidad normativa e institucional para promoverlo debido a su política existente y productos innovadores para el desarrollo de conglomerados industriales sostenibles. Como objetivo de mejorar la integración entre sus programas existentes y su estructura institucional, el gobierno estableció un plan de apoyo financiero en forma de fondos de investigación.

Por otro lado, una de las principales debilidades encontradas en el análisis FODA fue falta de experiencia y conciencia empresarial sobre simbiosis industrial. Para cerrar esa brecha, el programa EIP coreano estableció centros regionales para proporcionar servicios de consultoría sobre, por ejemplo, simbiosis industrial y los detalles técnicos necesarios para realizar un estudio de viabilidad.

De acuerdo con los autores, las estrategias para el desarrollo de proyectos de simbiosis industrial, comienza con la formulación de ideas de proyectos, que a menudo se realiza por parte de los centros regionales de EIP (de arriba hacia

abajo), pero también planteados por actores locales, como universidades, institutos de investigación o empresas participantes (de abajo hacia arriba). Las ideas se desarrollan en propuestas de proyectos para la investigación de viabilidad, que luego se presentan y evalúan por el comité de evaluación del proyecto. Para identificar proyectos de simbiosis industrial, los centros regionales de EIP utilizaron tres estrategias: 1) construcción de una base de datos de recursos, 2) organización de foros, y 3) nombramiento de coordinadores. Los centros regionales de EIP crean bases de datos centrales, no sólo para los recursos materiales, sino también para la organización, recursos humanos y de infraestructura disponibles en su región por realizar encuestas y compilar estadísticas ambientales de organizaciones gubernamentales y de investigación y datos de informes del proyecto de forma regular.

Por lo tanto, según los autores, la característica clave del enfoque de EIP coreano es la combinación de enfoques de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. Los fondos no solo proporcionan fondos de investigación para movilizar empresas, sino también brindan apoyo durante todo el desarrollo y seguimiento del proyecto para seleccionar proyectos factibles de bajo costo y mantener resultados competitivos. Además, cualquier estrategia, experiencia o conocimiento, se puede compartir de manera más eficaz a través de conferencias, talleres y programas de capacitación.

Durante su primera fase, el enfoque de EIP coreano comenzó a generar resultados tangibles de simbiosis industrial en los sitios de los cinco proyectos piloto, que tienen condiciones locales muy diferentes. Esto implica que podría ser el primer enfoque general para el desarrollo simbiosis industrial en cualquier lugar.

➤ **Colombia**

Para el caso colombiano Ríos Paola y otra (2021) señalan algunos factores que impulsan o son limitantes para el desarrollo de la Simbiosis Industrial (SI), que amerita tener en cuenta para su análisis e implementación.

Dentro de los factores que impulsan la Simbiosis Industrial (SI), se mencionan:

- La importancia de empresas que actúan como “anclas”. Estas empresas ancla, son empresas grandes, que tienen la habilidad de atraer otras empresas, en especial a sus proveedores para que en conjunto desarrollen una red de simbiosis industrial. Esto es posible gracias a los

grandes flujos de materiales y energía que ocurren en presencia de empresas grandes del sector industrial, a mayor cantidad de flujos hay mayor oportunidad para que otras empresas se unan a la red.

- Otros factores que se encontraron son: el contexto social, económico y político de cada país, así como la existencia de políticas públicas o legislación que propicie la SI.
- También, en algunos casos la proximidad geográfica puede facilitar el desarrollo de la SI.
- Dentro de los aspectos sociales se encuentra que ambientes de confianza y de conciencia ambiental facilitan el desarrollo de la SI.
- Igualmente, la intervención de centros de investigación y desarrollo, de universidad y de entidades nacionales y regionales que promuevan las sinergias, favorecen la SI.
- Los factores económicos que potenciarían la SI es la identificación de los ahorros generados gracias al manejo de residuos, cuando aparecen nuevas oportunidades de negocio y cuando hay reducciones en los costos operacionales.

Frente a los obstáculos para el desarrollo de la SI que más se mencionan son:

- La reticencia de las empresas a crear estas redes ya sea por falta de conocimiento sobre la SI y sus beneficios o falta de conocimiento de las empresas que potencialmente pueden recibir o proveer los residuos.
- Además, la incertidumbre y la falta de confianza también juega un papel importante ya que algunas empresas no están dispuestas a compartir abiertamente su información sobre sus procesos de producción y los residuos que generan, igualmente no tienen garantías de que ser parte de la red les resulte rentable.
- Los aspectos tecnológicos también pueden jugar un papel importante, por ejemplo, la falta de tecnologías confiables para recuperar los materiales puede representar una barrera.
- Dentro de los aspectos económicos se puede encontrar que en contextos con beneficios económicos bajos o poco claros o con bajos costos asociados a la disposición de residuos se dificulta el desarrollo de la SI.

Dentro de los Programas de promoción y consolidación de la simbiosis industrial en Colombia, las autoras reseñan que en el marco de las acciones de política pública que buscan fomentar la simbiosis industrial, se han creado en los últimos años alianzas público-privadas. Dos de las estrategias más relevantes para la

implementación de la simbiosis industrial en el país son el Programa Global de Parques Eco-Industriales de la ONUDI y el Programa RedES-CAR. En ambos casos se ha empleado el aprendizaje colectivo y el soporte técnico para la instauración o el fortalecimiento de redes de simbiosis industrial en Colombia.

A continuación, las autoras describen las características principales de cada una de las estrategias.

En los últimos 30 años la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) ha venido promoviendo la incorporación del uso eficiente de los recursos y de producción más limpia en las industrias y parques industriales en países en desarrollo. En el caso de Colombia, desde el 2015 junto con el Centro Nacional de Producción más Limpia (CNPML) la organización seleccionó dos parques industriales, el Parque industrial de Malambo S.A. a las afueras de Barranquilla y la Ciudadela Industrial Sabaneta a las afueras de Medellín para la implementación del programa piloto del uso eficiente de los recursos y la producción más limpia (RECP, por sus siglas en inglés).

Recientemente se adicionaron otros dos parques industriales al Programa Global de Parques Eco-Industriales: la Zona Franca del Cauca, cerca de Cali, y la Zona Franca de Occidente cerca de Bogotá. El proyecto tiene como objetivo que los parques industriales alcancen estándares de desempeño ambiental, social y económico que les permita transformarse y posicionarse como Parques Eco-Industriales. En primera instancia se realizan diagnósticos de producción más limpia y eficiencia de recursos en los parques piloto y sus empresas residentes, considerando los indicadores del modelo PEI. La organización internacional proporciona asistencia técnica a los participantes, apoyando el fortalecimiento de capacidades y la identificación de oportunidades de mejora a nivel de parque y empresa que les permitan mejorar su desempeño individual y posteriormente implementar esquemas de simbiosis industrial con empresas vecinas.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) junto con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo como socios implementadores del Programa Global de Parques Industriales ofrecen respaldo técnico a estos pilotos, que están siendo financiados por el Programa de Cooperación Económica y Desarrollo de la Embajada de Suiza (SECO). La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) también acompaña este proceso facilitando la interlocución con el sector privado. En un taller desarrollado por la ONUDI cada

uno de estos actores identificó desafíos y factores de éxito para la implementación de los PEI en Colombia.

Según reseñan las autoras, frente a los desafíos, la ANDI y el MADS indicaron que podrían presentarse dificultades para replicar este modelo en otros contextos. Estas dos entidades recalcaron algunas barreras que se podrían encontrar en el sector privado como la falta de confianza entre las empresas y el bajo compromiso por parte del sector industrial. Con respecto a las oportunidades de éxito la ANDI indicó que la creación de incentivos tributarios y un sistema de coordinación podrían favorecer el proceso. Los demás actores también identificaron que son necesarias actividades de promoción, fortalecimiento de intercambios de información, generación de oportunidades de negocio, entre otras.

De otra parte, RedES-CAR, la estrategia de Red de Empresas Sostenibles de la CAR (RedES-CAR) inició en el 2013. Esta es una estrategia liderada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y por la Universidad de los Andes. Las autoras señalan que el programa RedES-CAR inició con el propósito de “fortalecer el desempeño productivo de pequeñas y medianas empresas en cadenas de suministro”. Su creación fue una respuesta a lo consignado en la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible de 2010 y a la necesidad de la autoridad ambiental de mejorar el comportamiento ambiental de las pequeñas y medianas empresas (PYMES), donde se destaca:

- La operación del programa inicia con la búsqueda de empresas ancla a quienes se les motiva a participar y que a su vez inviten a sus PYMES proveedoras a ser parte de programas de disseminación de producción más limpia y de SI.
- La siguiente fase se compone de talleres que les permite a las empresas diseñar proyectos de producción más limpia y de simbiosis industrial. Los talleres culminan con la presentación de los proyectos finales.
- La implementación de los proyectos es verificada seis meses después.
- Actualmente, el programa cuenta con cuatro rutas de cambio: producción más limpia, SI, gestión integral del agua y el reconocimiento ambiental CAR a empresas sostenibles (RACES).

Además, RedES-CAR se ha encargado de involucrar otros sectores de la academia en el proceso, ya que ha capacitado a universidades con el propósito de convertirlas en centros de servicios que tienen la función de difundir la

metodología del programa y que también están en capacidad de proporcionar apoyo a las empresas en el desarrollo de sus proyectos de economía circular.

Las autoras resaltan que el éxito de RedES-CAR está basado en el trabajo conjunto de instituciones públicas, privadas y de la academia, gracias al programa se ha creado una alianza entre estos tres sectores, la cual ha permitido la participación de diferentes actores que logran alinear sus intereses e incrementar los beneficios obtenidos. El rol de la academia es particularmente importante ya que funciona como puente entre el sector público y el sector privado, y mediante los talleres y el acompañamiento en la formulación de proyectos de las empresas se logra entablar la confianza entre estos tres grupos. La mayoría de las empresas ancla pertenecen a la industria de alimentos y bebidas, seguidos por asociaciones de productores industriales o agrícolas.

Desde 2019 se diseñó en el país la Estrategia Nacional de Economía Circular. Dentro de esta estrategia se promueve la simbiosis industrial y de manera similar a lo establecido en la Política de 2010, se emplean a las cadenas de valor o suministro sostenibles y los parques industriales ecoeficientes como vehículos para la promoción de actividades de simbiosis industrial. La Estrategia, según las autoras, contempla dentro de sus mecanismos de gestión de la economía circular incentivos para empresas y emprendimientos que incluyen capacitación, acompañamiento técnico y beneficios tributarios para aquellas empresas que elaboren proyectos de economía circular como la SI. Igualmente, otro mecanismo donde se menciona explícitamente la SI es en el de “comunicación y cultura ciudadana”, allí se busca sensibilizar a los sectores productivos para que transiten a la sostenibilidad y competitividad, mediante la adopción de SI.

Es de anotar que documentación sobre experiencias de Simbiosis Industrial que involucre el sector minero no es de fácil disponibilidad, lo que ocurre igualmente en el país. Los emprendimientos sobre el tema son adelantados de manera particular y autónoma por algunas empresas mineras, cuyas experiencias no se encuentran generalmente documentadas para su consulta.

En las reuniones con empresas mineras, se pudo evidenciar que la empresa Sumicol S.A. es un claro ejemplo de la implementación de Simbiosis Industrial, dado que cuenta con diferentes procesos de transformación de minerales no metálicos con los cuales se realizan mezclas dando valor agregado a éstos. Las mezclas se usan en partes o moldes en bruto para la conformación de piezas en las industrias de fabricación de cerámica y vidrio como línea de negocio,

principalmente a Corona. De acuerdo con el modelo Basura Cero propuesto para el sector minero, algunos minerales que se manejan dentro de las minas permiten que el agua pueda ser reutilizada de diferentes formas, con el fin de tener mayor aprovechamiento de este recurso. CORNARE es la encargada de ejecutar todas las actividades de seguimiento y control a los procesos de aprovechamiento de recursos naturales.

8. LINEAMIENTOS PARA LOS PROCESOS RELACIONADOS CON ECONOMÍA CIRCULAR MINERA

Se elaboraron un total de dieciséis (16) Lineamientos formulados para las Líneas Estratégicas definidas, ver **Tabla 5**. En cada Lineamiento se desarrollan, los Componentes, Alcances e información necesaria para su aplicación.

Tabla 5. Líneas estrategias y número de lineamientos.

Línea Estratégica	Numero de Lineamientos
Generación de circularidad en la etapa de exploración	3
Generación de circularidad en la etapa de construcción y montaje	2
Potencial generación de circularidad en la etapa de explotación	5
Potencial generación de circularidad en la etapa de cierre y post cierre	3
Desarrollo de modelos de negocio circular	2
Seguimiento y monitoreo	1

Fuente: ATG Ltda., 2021.

8.1 LÍNEA ESTRATÉGICA POTENCIAL GENERACIÓN DE CIRCULARIDAD EN LA ETAPA DE EXPLORACIÓN

Reúne las acciones a desarrollar durante las actividades de Exploración para optimizar el aprovechamiento de recursos minerales y una mejor planeación de la operación minera, teniendo en cuenta el Estándar Colombiano de Recursos y Reservas Minerales y la Guía Técnica Colombia GTC314 de ICONTEC. Además, constituye una herramienta fundamental para identificar procesos productivos genéricos y conocer de manera preliminar los posibles flujos de Energía, Agua, Residuos, Recurso Humano y demás asociados al proceso.

LINEAMIENTO 1: Elaborar diagrama preliminar de circularidad

Componente 1: Definición preliminar de entradas y salidas en la exploración

I. Alcance

Determinar las potenciales oportunidades de circularidad durante la exploración.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

Listado de actividades a ejecutar en la exploración, incluyendo las actividades de apoyo.

IV. ¿Cómo elaborar el diagrama de potencialidad?

- a) Determinar para la etapa de exploración, las actividades a generar y las entradas y salidas en términos de flujos de Energía, Agua, Residuos, Recurso Humano y demás asociados al proceso.

A continuación, se presenta un ejemplo de flujos aplicables a las principales actividades ejecutadas durante la exploración y que se deben precisar en cada caso con mayor caracterización.

Actividad	Entradas	Salidas
Perforación	Equipos (taladros): combustible, lubricantes, repuestos Insumos: agua, energía Recurso humano: elementos de protección, alimentos y bebidas	Ripio Corazonado Agua residual Lodos Residuos orgánicos aprovechables, no aprovechables y residuos peligrosos
Apiques Trincheras Túneles exploratorios	Equipos (Excavadora) Insumos y materiales (pico y pala, madera) Recurso humano: elementos de protección, alimentos y bebidas	Material estéril Agua residual Residuos orgánicos aprovechables, no aprovechables y residuos peligrosos

V. Acciones jurídicas

Es importante disponer desde la etapa de exploración de un diagrama de circularidad, que busque la aplicación efectiva al momento de dar manejo a los residuos, materiales sobrantes y a los diferentes flujos producidos durante esta etapa. Para el efecto se deberá tener en cuenta *el Estándar Colombiano de Recursos y Reservas Minerales* y, de otra parte, la planeación como herramienta de gestión, contemplada actualmente en la Guía Técnica Colombia GTC-314 de ICONTEC, permitirá al sector minero acogerlo para su aplicación.

LINEAMIENTO 2: Definir y caracterizar el depósito mineral

Componente 1: Caracterización de la roca y del mineral

I. Alcance

Determinar las características físicas y mineralógicas de las rocas y minerales presentes.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

- Tipo de roca
- Tipo de mineral
- Mineralización y alteraciones
- Análisis mineralógico

IV. ¿Cómo y para qué determinar las características físicas y mineralógicas?

- Procedimiento de muestreo:** en las áreas o zonas a explorar se debe recoger de manera selectiva el material, estableciendo un orden de muestreo espacialmente representativo de los diferentes tipos de roca a intervenir.
- Manejo selectivo del material:** toma de muestras provenientes de las rocas encajantes o de los respaldos. Recolección de muestras en núcleos, afloramientos, túneles exploratorios.
- Mineralización:** determinar mediante análisis físico, la litología, todo tipo de mineralización y las alteraciones presentes en la roca estéril.
- Análisis mineralógico:** análisis petrográfico, mediante secciones delgadas, con el fin de determinar minerales presentes.

Relevancia para la EC: Determinar minerales de posible utilización posterior (Reúso).

V. Acciones jurídicas

Es desde la misma etapa de exploración que se propone caracterizar el mineral, sus características mineralógicas y otras, con el fin no solo de determinar si es un mineral económicamente explotable y comercializable, sino también con el fin de determinar si los minerales adheridos o adyacentes a éste, pueden ser igualmente económicamente explotables, pero ya desde el punto de vista de otra opción comercial o negocio de economía circular. Lo anterior, en aplicación al artículo 61 de la Ley 685 de 2001, que establece los minerales que comprenden la concesión que serán además de los comprendidos en el contrato, los que se hallen en liga íntima o asociados o se obtengan como subproducto de la explotación.

LINEAMIENTO 2: Definir y caracterizar el depósito mineral

Componente 2: Caracterización geoquímica de los materiales

I. Alcance

Determinar las condiciones geoquímicas de las rocas presentes.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

- Tipos de rocas
- Potencial de acidez
- Potencial de neutralización
- Elementos contaminantes

IV. ¿Cómo y para qué definir las condiciones geoquímicas?

- a) **Procedimiento de muestreo:** en las áreas o zonas a explorar se debe recoger de manera selectiva el material, estableciendo un orden de muestreo espacialmente representativo de los diferentes tipos de suelo y roca a intervenir.
- b) **Manejo selectivo del material:** toma de muestras provenientes de las rocas encajantes o de los respaldos e intervalos litológicos. Recolección de muestras en núcleos, afloramientos, túneles exploratorios.
- c) **Análisis:** determinar concentración de sulfuros y minerales y potencial de acidez y neutralización, detallando los elementos traza presentes y los elementos contaminantes, como As, Cd, Hg, Zn, entre otros.

Relevancia para la EC: determinar minerales de uso posterior (Reúso) y modelar aquellos elementos químicos que son de interés ambiental para su efecto futuro.

V. Acciones jurídicas

Es desde la misma etapa de exploración que se propone la caracterización geoquímica de las rocas presentes, el mineral, con el fin no solo de determinar si es un mineral económicamente explotable y comercializable, sino también con el fin de determinar si los minerales adheridos o adyacentes a este pueden ser igualmente económicamente explotables pero ya desde el punto de vista de otra opción comercial o negocio de economía circular, lo anterior, en aplicación al artículo 61 de la Ley 685 de 2001. De igual manera, establecer el manejo de los elementos traza y de los elementos contaminantes que podrían generar afectación, para lo cual se deberá dar aplicación a los términos del Programa de Trabajos y Obras como a lo establecido en los términos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

LINEAMIENTO 3: Realizar la planeación y diseño, que contemple las entradas y salidas de los procesos a desarrollar en las siguientes etapas

Componente 1: Definición del diseño del método de explotación más apropiado

I. Alcance

Determinar según el método de explotación las actividades genéricas que podrían ejecutarse durante la operación minera.

II. Etapas del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

- Tipo de mineral
- Geometría general de la explotación
- Profundidad
- Recursos minerales
- Calidad del mineral

IV. ¿Cómo determinar el método de explotación?

- a) Mayor aprovechamiento de recursos, aplicando el Estándar Colombiano de Recursos y Reservas Minerales.
- b) Determinar el sistema y el método de explotación del proyecto minero, según clasificación de UPME (2015).
- c) Descripción del método o secuencia de la explotación, en cielo abierto, en minería subterránea, por dragado o por extracción en lecho aluvial (métodos manuales o dársenas)
- d) Diseño geométrico de la explotación y descripción de las operaciones unitarias

Relevancia para la EC: obtener mayor aprovechamiento del recurso mineral, determinar y cuantificar posible reducción de pérdidas de mineral.

V. Acciones jurídicas

La correcta caracterización del depósito mineral y la rigurosa planeación del diseño minero, permiten elegir de manera correcta el método de explotación que va a redundar en eficiencia al momento de dar manejo y gestión al estéril a producir, acciones que se ven reflejadas en los instrumentos tanto técnico como ambiental en aplicación de la Ley 685 de 2001 y las Guías Minero ambientales acogidas mediante Resolución 180861 y normas concordantes, las cuales son las normas que regulan lo pertinente al Programa de Trabajos y Obras – PTO y el Estudio de Impacto Ambiental -EIA para llegar a la aprobación de un instrumento ambiental, así mismo las normas o políticas del orden nacional que permitan la aplicación de negocios circulares como la Guía Técnica Colombiana GTC 314 del ICONTEC.

LINEAMIENTO 3: Realizar la planeación y diseño, que contemple las entradas y salidas de los procesos a desarrollar en las siguientes etapas

Componente 2: Selección y definición del sitio

I. Alcance

Determinar las áreas a intervenir para extracción, centros de acopio y obras, y los sectores sin intervención.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

- Tipos de roca y mineral
- Zonas de mineralización y alteraciones
- Recursos aprovechables
- Calidad del recurso mineral
- Zonas de elementos contaminantes

IV. ¿Cómo determinar los sitios adecuados?

- Sitio de extracción y centros de acopio:** planificación y diseño de área de extracción y centros de acopio, estableciendo método de disposición del material, la secuencia de llenado y los volúmenes de material a depositar y distribución del material.
- Sitios para obras:** planeación y diseño de obras y disposición de capa vegetal, que no lleve a la afectación de recursos minerales.
- Sitio de sectores sin intervenir:** determinar la presencia de cuerpo mineralizado. Se debe disponer de información sobre coordenadas, nivel, recursos, mineralizaciones, densidad, leyes.

Relevancia para la EC: reúso para posible explotación a futuro y reducción en la esterilización de recursos minerales.

V. Acciones jurídicas

La ley 685 de 2001 determinó desde el artículo 82 al 84 la delimitación de las áreas que se van a intervenir con los trabajos y obras de explotación y las obras que son necesarias, para el acopio, transporte, transformación y beneficio y ambientales, señalando de vital importancia los cálculos de reservas, la ubicación, igual que la producción esperada, donde se permite la retención de áreas siempre y cuando se informe a la autoridad minera, áreas que podrán ser exploradas y posteriormente incluirlas como áreas de explotación solicitando la modificación al PTO y a la Licencia Ambiental.

Finalmente, el artículo 84 señala los elementos y documentos que debe contener el PTO que se presentará una vez venza el término de la etapa de exploración, documentos donde se indica cómo se desarrolla el proyecto minero, donde en éste

es factible incluir las acciones tendientes al manejo y gestión del estéril el cual debe ser concordante con la que se presentará a la autoridad ambiental en el Estudio de Impacto Ambiental.

LINEAMIENTO 3: Realizar la planeación y diseño, que contemple las entradas y salidas de los procesos a desarrollar en las siguientes etapas

Componente 3: Planificación del proceso de extracción del mineral y material no aprovechable

I. Alcance

Establecer los planes de manejo eficiente de los recursos minerales y material no aprovechable.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

- Cantidad y tipo de mineral a extraer
- Cantidad y tipo de material a excavar, que se utilizaría en construcción
- Cantidad y tipo de material a excavar, que se utilizaría en llenado
- Cantidad y tipo de tierras o suelos a remover y almacenar
- Cantidad de residuos a recuperar o reutilizar
- Cantidad y tipo de material secundario

IV. ¿Cómo establecer los planes de manejo?

- a) **Planificación de la extracción:** se tendrá en cuenta el sistema de explotación, con clasificación y manejo selectivo del mineral a extraer, del material estéril y de los suelos a disponer.

b) Distribución del material: se debe hacer una planeación rigurosa de la distribución de material estéril y suelos, para su uso, así como del potencial material secundario que podría ser comercializado.

Relevancia para la EC: reducción de pérdidas del mineral y clasificación de los minerales y del material estéril para posterior reúso.

V. Acciones jurídicas

La ley 685 de 2001 determinó desde el artículo 82 al 84 la delimitación de las áreas que se van a intervenir con los trabajos y obras de explotación y las obras que son necesarias, para el acopio, transporte, transformación y beneficio y ambientales, señalando de vital importancia los cálculos de reservas, la ubicación, igual que la producción esperada, donde se permite la retención de áreas siempre y cuando se informe a la autoridad minera, áreas que podrán ser exploradas y posteriormente incluirlas como áreas de explotación solicitando la modificación al PTO y a la Licencia Ambiental.

Finalmente, el artículo 84 señala los elementos y documentos que debe contener el PTO que se presentará una vez venza el término de la etapa de exploración, documentos donde se indica cómo se desarrolla el proyecto minero, donde en éste es factible incluir las acciones tendientes al manejo y gestión del estéril el cual debe ser concordante con la que se presentará a la autoridad ambiental en el Estudio de Impacto Ambiental.

LINEAMIENTO 3: Realizar la planeación y diseño, que contemple las entradas y salidas de los procesos a desarrollar en las siguientes etapas

Componente 4: Planeación de los procesos de beneficio y/o transformación

I. Alcance

Establecer planes para la optimización de la planta de procesamiento, maximizando su eficiencia.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

- Tipo de mineral
- Mineralización y alteraciones
- Granulometría
- Modelo metalúrgico

IV. ¿Cómo determinar los planes de optimización de la planta de procesamiento?

- Planeación del sitio:** se debe seleccionar de manera adecuada la localización de las plantas de beneficio y/o transformación del mineral y de las áreas destinadas para el acopio de materiales.
- Planeación de la operación:** proceso eficiente en la operación del beneficio o transformación de minerales, que incluye separación y el manejo de estériles y ganga.
- Procesamiento:** identificación del tipo de subproductos a obtener dentro del proceso de beneficio o transformación.

Relevancia para la EC: reducción de pérdidas del mineral, potencial uso de subproductos para comercializar y estimativo de posible reúso de agua y energía.

V. Acciones jurídicas

El artículo 93 de la Ley 685 de 2001 autoriza las plantas de transformación si éstas fueren indispensables, estas plantas son de vital importancia en el proceso de aplicar negocios circulares, dado que durante el procesamiento resulta un producto diferente no identificable con el mineral en su estado natural, llevará a iniciar estudios, para determinar que usos podrían darse y aprovechar económicamente el material para beneficiar bien sea desde lo interno o a la comunidad circundante en aplicación de la economía circular. Cabe resaltar que es posible desde los

instrumentos técnico y ambiental determinar que opciones de manejo y gestión se dará al estéril o material producto de la explotación de mineral principal o concesionado.

LINEAMIENTO 3: Realizar la planeación y diseño, que contemple las entradas y salidas de los procesos a desarrollar en las siguientes etapas

Componente 5: Planeación comercial

I. Alcance

Establecer las posibilidades comerciales de material secundario y/o de subproductos.

II. Etapas del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

- Tipo de mineral
- Cantidad y tipo de mineral secundario
- Cantidad y tipo de posibles subproductos
- Análisis mineralógico

IV. ¿Cómo determinar las posibilidades comerciales?

- a) Estimación de potencial mineral secundario a obtener dentro de la operación minera.
- b) Estimación de posibles subproductos a obtener dentro del proceso de beneficio y/o transformación.
- c) Identificación de posibles modelos de negocio para minerales no objeto de interés inicial, estimando el tipo y cantidad de mineral secundario y/o subproductos a requerirse en el mercado.

V. Acciones jurídicas

Respecto a la comercialización de minerales, solo podrá realizarse si estos han sido contemplados dentro de los minerales objeto de la concesión para finalmente ser extraídos y que hayan sido declaradas las regalías, además cumplir con las aprobaciones de los instrumentos minero y ambiental para ser incluidos en el listado de RUCOM sin embargo, la propuesta de solución estaría en la planeación y diseño del proyecto para cuando se presente el PTO y EIA a las autoridades, documentos en los que estén contemplados aquellos minerales que no son económicamente explotables o minerales secundarios o subproductos, pero con propiedades de ser tenidos en cuenta en negocios de economía circular, puedan ser aprobados con dichos instrumentos y tener viabilidad para una eventual comercialización.

LINEAMIENTO 3: Realizar la planeación y diseño, que contemple las entradas y salidas de los procesos a desarrollar en las siguientes etapas

Componente 6: Identificación de procesos genéricos de apoyo y/o facilidades para el desarrollo de las actividades del proyecto minero

I. Alcance

Determinar las actividades de apoyo que se podrían realizar de manera paralela a las actividades de la operación minera.

II. Etapas del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

- Procesos operativos genéricos para realizar
- Listado de actividades y recursos requeridos

IV. ¿Cómo determinar las actividades de apoyo que serían desarrolladas?

Según las condiciones específicas del proyecto, tales como ubicación, facilidades de acceso, suministros e insumos en el entorno, disponibilidad de recursos tales como energía, agua, disposición de residuos convencionales, especiales y/o peligrosos se deben planear las posibles actividades que se realizarían dentro del proyecto.

V. Los procesos o acciones a tener en cuenta:

- Compostaje
- Reciclaje de residuos
- Reducción de plásticos y envases de un solo uso
- Paneles solares-Energías renovables

- Recirculación de agua y reúso de agua residual tratada para riego de vías

VI. Acciones jurídicas

Los permisos de concesión de aguas para reúso de agua residual tratada se encuentran regulados en la **Resolución 1207 de 2014**¹¹⁸ del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dicha resolución señala las disposiciones que se deben tener en cuenta al momento de solicitar un permiso para llevar a cabo dicha actividad; en desarrollo del presente documento, se emitió la **Resolución 1256 de 2021**¹¹⁹ que modifica la **Resolución 1207 de 2014** expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones ampliando los conceptos sobre el uso y reúso del agua, la recirculación, en línea con lo establecido en la Estrategia Nacional de Economía Circular que contempla el reúso como una práctica para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos.

Para la aplicación de esta regulación será necesario hacer inversiones adicionales debido a que este tipo de actividades requiere altos costos en profesionales con conocimiento especializado, plantas, maquinaria y equipos tecnológicos.

Por lo anterior, para los mineros que tengan disposición de adelantar proyectos que redunden en la sostenibilidad del sector minero, es importante que el Estado fortalezca y dé a conocer la reglamentación sobre el acceso a subsidios, créditos bancarios para inversión, convenios interadministrativos, etc., que faciliten su implementación en los territorios y apoyar este tipo de emprendimientos relacionados con el desarrollo de proyectos para el uso del agua residual tratada.

118 RESOLUCIÓN 1207 de 2014. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_1207_2014.htm

119 RESOLUCIÓN 1256 de 2021. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://acmineria.com.co/normativa/resolucion-mads-1256-de-2021-reglamenta-el-uso-de-las-aguas-residuales/>

LINEAMIENTO 3: Realizar la planeación y diseño, que contemple las entradas y salidas de los procesos a desarrollar en las siguientes etapas

Componente 7: Definición del diagrama de circularidad para toda la operación minera y cierre y post cierre

I. Alcance

Determinar los procesos con mayor oportunidad de circularidad.

II. Etapas del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
X			

III. Información requerida

- Listado de actividades productivas patrón
- Listado de actividades de apoyo genéricas

IV. ¿Cómo elaborar el diagrama de potencialidad?

Determinar para cada una de las etapas del ciclo minero, las actividades a generar y las entradas y salidas en términos de flujos de Energía, Agua, Residuos, Recurso Humano y demás asociados al proceso.

V. Acciones jurídicas

Una correcta planeación en la etapa de cierre y post cierre en la que se identifiquen las entradas y salidas en término de flujos de residuos, energía, agua, recurso humano, permitirá su apropiado manejo y gestión de residuos y en las siguientes etapas. La planeación como herramienta de gestión en términos ambientales se encuentra contemplada actualmente en la Guía Técnica Colombia GTC-314 de ICONTEC y que permite al sector minero acogerlo para su aplicación.

8.2 LÍNEA ESTRATÉGICA POTENCIAL GENERACIÓN DE CIRCULARIDAD EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Reúne las acciones a desarrollar durante las actividades de Construcción y Montaje; constituye una herramienta fundamental para identificar actividades a desarrollar y conocer los posibles flujos de Energía, Agua, Residuos, Recurso Humano y demás asociados al proceso y sirve de base para la programación y desarrollo de las futuras etapas.

LINEAMIENTO 1: Ejecutar el plan de obras para el proyecto

Componente 1: Implementación del plan de obras y clasificación del material de manera diferenciada

I. Alcance

Acopio y manejo eficiente de estériles, materia orgánica y sobrantes para garantizar su posterior uso.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
	X		

III. Información requerida

- Tipo y volumen de roca excavada
- Mineralización del material extraído
- Tipo y volumen de capa vegetal
- Elementos contaminantes de interés

IV. ¿Cómo realizar el manejo eficiente de materiales?

- a) **Planificación de las excavaciones:** en las obras de excavación u otros procesos de movimiento de tierras se debe establecer un orden de operación

y coordinar posteriormente su depósito, ya sea de carácter temporal o permanente.

- b) **Manejo selectivo del material:** separación del material, haciendo un manejo selectivo del mismo previo a su depósito, mediante la clasificación de los materiales y los volúmenes de estéril y capa vegetal a remover, determinando la presencia de elementos contaminantes.
- c) **Realización de Obras:** ejecutar las instalaciones mineras y auxiliares del proyecto y determinar los recursos requeridos, relacionados con suministro de agua y energía, manejo de aguas residuales, disposición de residuos convencionales y residuos peligrosos.

Relevancia para la EC: definir el adecuado manejo de los materiales para las etapas siguientes, estableciendo inicialmente un uso posterior.

V. Acciones jurídicas

Una vez aprobado el Programa de Trabajos y Obras por parte de la autoridad minera se debe implementar su ejecución desde la etapa de construcción y montaje, en dicho documento se debieron incluir los aspectos relevantes sobre los valores, volúmenes de minerales y cantidad de producción no solo del mineral sino también del estéril generado producto de la extracción tal como lo señala el artículo 84 de la Ley 685 de 2001 y los determinan las Guías Minero Ambientales, que serán las normas bajo las cuales se rigen para adelantar trámites que afecten este instrumento y la licencia ambiental. Una vez determinada la ejecución del PTO se debe implementar el diseño para el acopio del mineral y del estéril para que puedan ser medibles y determinar el uso que se le dará, no solo en las siguientes etapas sino también en proyectos externos que redunden en negocios circulares, que igualmente fueron señalados en el PTO y EIA para su aprobación teniendo en cuenta las normas.

LINEAMIENTO 2: Realizar inventario de estériles, de materia orgánica y sobrantes al finalizar la etapa

Componente 1: Caracterización detallada para determinar su adecuada gestión en las siguientes etapas del ciclo minero

I. Alcance

Establecer según su tipo, volumen y características las posibilidades de implementación de medidas de Economía Circular (Reducir- Reusar- Reciclar).

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y Montaje	Explotación	Cierre y post cierre
	X		

III. Información requerida

- Tipo y volumen de material estéril
- Tipo y volumen de materia orgánica
- Tipo y cantidad de sobrantes
- Tipo y cantidad de residuos de la actividad constructiva
- Tipo y cantidad de residuos peligrosos y no peligrosos

IV. ¿Cómo determinar el inventario y la caracterización para una adecuada gestión?

- Sitio de extracción y centros de acopio:** planificación y diseño de área de extracción y centros de acopio, estableciendo método de disposición del material, la secuencia de llenado y los volúmenes de material a depositar y distribución del material.
- Sitios para obras:** planeación y diseño de obras y disposición de capa vegetal, que no lleve a la afectación de recursos minerales.
- Sitio de sectores sin intervenir:** determinar la presencia de cuerpo mineralizado. Se debe disponer de información sobre coordenadas, nivel, recursos, mineralizaciones, densidad, leyes.

Relevancia para la EC: reúso para posible explotación a futuro y reducción en la esterilización de recursos minerales.

A continuación, se listan a manera de guía las principales actividades en las que pueden implementarse estrategias de economía circular relacionadas con el proceso de excavación y construcción.

Actividad	Posibilidad de implementación de RRR
Excavación y movimiento de tierra	SI (Reúso). El producto de excavación y movimiento de tierra debe ser conservado, tratado para el reúso en labores de restauración y control de erosión.
Voladura	SI (Reducción). Diseño eficiente de la voladura para reducir el consumo de explosivos- Uso eficiente de recursos.
Cargue de mineral y estériles	SI (Reducción). Se puede evaluar la posibilidad de uso de otro tipo de energías (diferentes a combustibles fósiles) p.ej. energía eléctrica con el fin de reducir las emisiones de gases.
Disposición temporal o final de estériles	SI (Reducción- Reúso- Reciclaje). Reducir la disposición de estériles a través de la posibilidad de su reúso en la disposición en sitios de reconfiguración geomorfológica y/o de reciclaje como materia prima en otro proceso productivo.
Construcción de instalaciones mineras y auxiliares	<p>SI (Reducción- Reúso- Reciclaje)</p> <p>Desarrollo de campañas para el ahorro y uso eficiente de agua y energía. (Reducción)</p> <p>Uso de energías renovables no convencionales. (Reducción)</p> <p>Programas de gestión integral de residuos sólidos (orgánicos, convencionales, peligrosos, especiales). (Reducción- Reúso- Reciclaje)</p> <p>Campañas para reducción en el consumo de empaques y envases de un solo uso. (Reducción)</p>

V. Acciones jurídicas

La normatividad ambiental permite el desarrollo de las actividades descritas anteriormente, sin embargo, respecto a la disposición final del estéril no está contemplado en la normativa de manera expresa lo que lleva a la aplicación de otras normas, bien sea por vacío de la misma o remisión directa de ésta. Otra opción será la de señalar en el Estudio de Impacto Ambiental las posibles gestiones sobre economía circular, para que la autoridad ambiental sea quien apruebe a través del instrumento ambiental su aplicación y desde el punto de vista minero, es recomendable que el planeamiento minero, es decir, en el Programa de Trabajos y Obras se establezcan igualmente que tipo de proyectos



de carácter ambiental se contemplan para la disposición de dichos estériles, con el fin de obtener un pronunciamiento técnico y jurídico que permita dar avance en la aplicación del modelo de economía circular sin tropiezos y las autoridades estén en línea con sus pronunciamientos.

8.3 LÍNEA ESTRATÉGICA POTENCIAL GENERACIÓN DE CIRCULARIDAD EN LA ETAPA DE EXPLOTACIÓN

Reúne las acciones a desarrollar durante las labores asociadas a la etapa de Explotación; constituye una herramienta fundamental para identificar e implementar las medidas que permitan reducir, reusar y/o reciclar los recursos y/o residuos y para determinar posibles modelos de negocio circular en el proyecto.

LINEAMIENTO 1: Ejecutar el planeamiento minero (optimización de la explotación del mineral- reducción de pérdidas)

Componente 1: Operación y desarrollo eficiente de la etapa de explotación

I. Alcance

Realizar la explotación de acuerdo con lo que se determinó en el planeamiento minero, en donde se optimice la extracción del mineral y la reducción de pérdidas.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
		X	

III. Información requerida

Datos estadísticos relacionados con ciclos, tiempos y movimientos, consumos de energía, uso de recursos, compra de insumos, requerimientos de talento humano, movimiento de materiales (cantidad de materiales extraídos tanto de mineral como de estériles). Los datos estadísticos tanto técnicos de la operación como económicos (costo de la explotación minera).

IV. ¿Cómo se optimiza el proceso de explotación?

- a) Se deben recopilar en formatos adaptados para el tipo de operación datos tales como tiempos, movimientos, distancias, recursos utilizados, costo de los recursos, entre otros, los cuales una vez consolidados y estudiados, permiten identificar las posibilidades de la optimización del proceso minero tradicional frente a la tecnología e innovación disponible en el mercado y a

las acciones que deban implementarse para reducir la tasa de pérdida de minerales. De esta manera, se puede ajustar el planeamiento minero con base en las actividades de explotación que inician o que ya se están ejecutando en el tiempo.

- b) Se debe realizar un programa permanente de muestreo y análisis mineralógico y geoquímico tanto del material extraído como de los estériles, para identificar características que puedan ser determinantes para usos futuros de éstos. Para el caso de los depósitos de estériles se deben registrar entre otros datos: el método de disposición del material, edad del depósito, volúmenes y secuencia de llenado, así como algunas observaciones que se consideren pertinentes para conocer las características del depósito y de los materiales.

V. Acciones jurídicas

El Código de Minas, los términos de referencia y las guías minero-ambientales expedidas por las autoridades minera y ambiental, así como las normas expedidas en la última década sobre el manejo de residuos para el aprovechamiento económico de los mismos. Los instrumentos técnico y ambiental aprobados, determinan el planeamiento minero en el que se incluyeron todas las actividades señaladas con el fin de ejecutarlas sin limitantes, entre ellas conocer previamente la disposición frente al estéril generado y cuáles serán los usos que se darán, bien sea internamente o en beneficio de la comunidad aledaña, todos desde un punto de vista de economía circular, con opciones de negocios circulares que generen no solo a la industria minera sino también aportes desde lo social, ambiental y económico a las regiones.

LINEAMIENTO 2: Identificar todos los procesos desarrollados en la etapa de explotación y determinar los flujos de entradas y salidas en cada uno (metabolismo industrial)

Componente 1: Identificación y descripción de actividades de extracción

I. Alcance

Determinar de manera detallada los flujos de materiales, energía, agua, recurso humano y demás asociados a cada actividad de extracción.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
		X	

III. Información requerida

Planeamiento minero con el fin de listar las actividades de extracción de acuerdo con el proyecto minero y el método de explotación elegido.

IV. ¿Cómo se determinan las actividades conexas a la extracción?

Para el proceso de extracción es pertinente analizar cada una de las actividades desarrolladas e identificar los posibles cambios que podrían implementarse relacionados con la economía circular. Se deben determinar claramente los recursos que se utilizarán en cada una de las actividades de explotación (maquinaria y equipos), infraestructura de soporte minero (vías), insumos (elementos de voladura) y determinar si en cada actividad o proceso de la extracción es posible racionalizar el uso de los recursos requeridos.

A continuación, se listan a manera de guía las principales actividades relacionadas con el proceso de extracción, en donde podrían desarrollarse acciones para implementar la economía circular.

a) Fases de minería a Cielo Abierto: aplica a materiales de construcción, metálicos (hierro, cobre, plomo, zinc, níquel), carbón, bauxitas, rocas fosfóricas, minerales industriales, minerales radioactivos.

Operación Unitaria	Equipos que pueden ser utilizados	Actividades
Preparación	Buldócer Mototraillas	Remoción de vegetación Remoción de capa vegetal Remoción de estériles
Arranque	Forma directa – mecánica (Excavadora, Pala frontal, buldócer) o con voladura que requiere un perforador (en caso de necesitar fragmentar los materiales, previo al cargue)	Remoción de estéril Explotación de mineral
Cargue	Cargador Excavadora Draga	Cargue del mineral de interés Cargue del estéril
Transporte	Banda transportadora Volquetas rígidas Volquetas articuladas	Transporte de mineral de interés Transporte de estéril
Acopio	Volquetas rígidas Volquetas articuladas que descargan el material para uso, venta, beneficio, transformación.	Almacenamiento en pila Almacenamiento en silos
Disposición de estériles en escombreras o botaderos	Volquetas rígidas Volquetas articuladas que descargan el estéril para disposición temporal o definitiva Buldócer Compactador	Disposición de estéril

b) Fases de minería subterránea: aplica para carbón, metálicos, metales preciosos.

Operación Unitaria	Equipos que pueden ser utilizados	Actividades
Preparación	Perforador Jumbos de perforación Vagonetas Rozadoras Herramientas menores	Labores principales: subniveles, diagonales, tambores, perforación, voladura, cargue, transporte, entibado (sostenimiento) Prolongación de instalaciones: tuberías, rieles, ventilación Transporte de suministros: cables o manual
Arranque	Pico y pala Martillos (neumáticos)	Arranque Cargue y transporte dentro del tajo

Operación Unitaria	Equipos que pueden ser utilizados	Actividades
	Perforador Rozadora Maderas (entibación) Palancas (entibación) Material de relleno (entibación)	Entibación (sostenimiento)
Almacenamiento, cargue y transporte en galerías principales	Compuertas Tolvas Alimentadores Rastrillos Vagonetas Malacates Trenes Banda transportadora Volquetas	Remoción, cargue y transporte de material de interés Remoción, cargue y transporte de estéril
Almacenamiento fuera de la mina y transporte externo	Almacenamiento en pila Descargue en volquetas Cargue del material con cargador Almacenamiento en silos por bandas transportadoras o por tolvas y luego descargue directo a camiones o trenes	Remoción, cargue y transporte de material de interés Remoción, cargue y transporte de estéril

c) Material de Arrastre o aluviones (aplica para materiales de construcción, metales preciosos (oro, plata, platino), metales no preciosos (estaño) y piedras preciosas y semipreciosas: este tipo de minería se puede hacer por dos vías, dependiendo del estado del material a extraer: por método hidráulico o por medio de dragado.

Operación unitaria	Equipos que pueden ser utilizados	Actividades
Hidráulica	Equipo que surta agua a presión al depósito. Depende de la disponibilidad de agua	Fragmentación del material de interés
Dragado	Draga. Su uso depende de la disponibilidad de agua	Extracción de cargue del mineral de interés

V. Acciones jurídicas

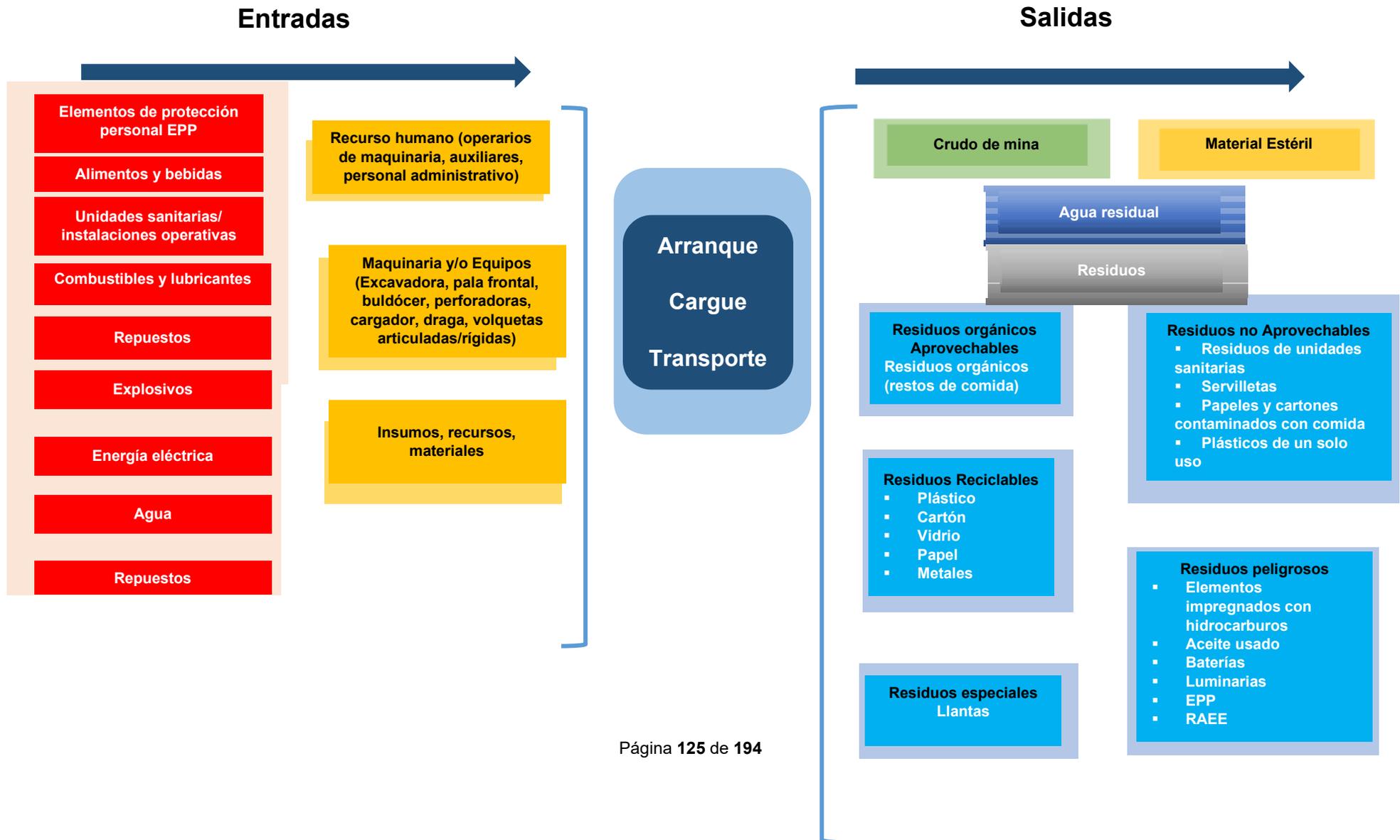
Todas las actividades están contempladas dentro del planeamiento minero y deben ser llevadas a cabo cumpliendo los estándares técnicos adoptados y aprobados en su Programa de Trabajos y Obras, igualmente cumpliendo con lo señalado en la

Licencia Ambiental. Cabe recordar que desde el momento de la exploración y hasta el diseño del planeamiento minero, se debe tener caracterizado y clasificado no solo el mineral sino también el estéril producido por la actividad extractiva, con el fin de llevar a cabo los usos determinados en los instrumentos técnico y ambiental, para hacer más eficiente la clasificación de salidas y entradas.

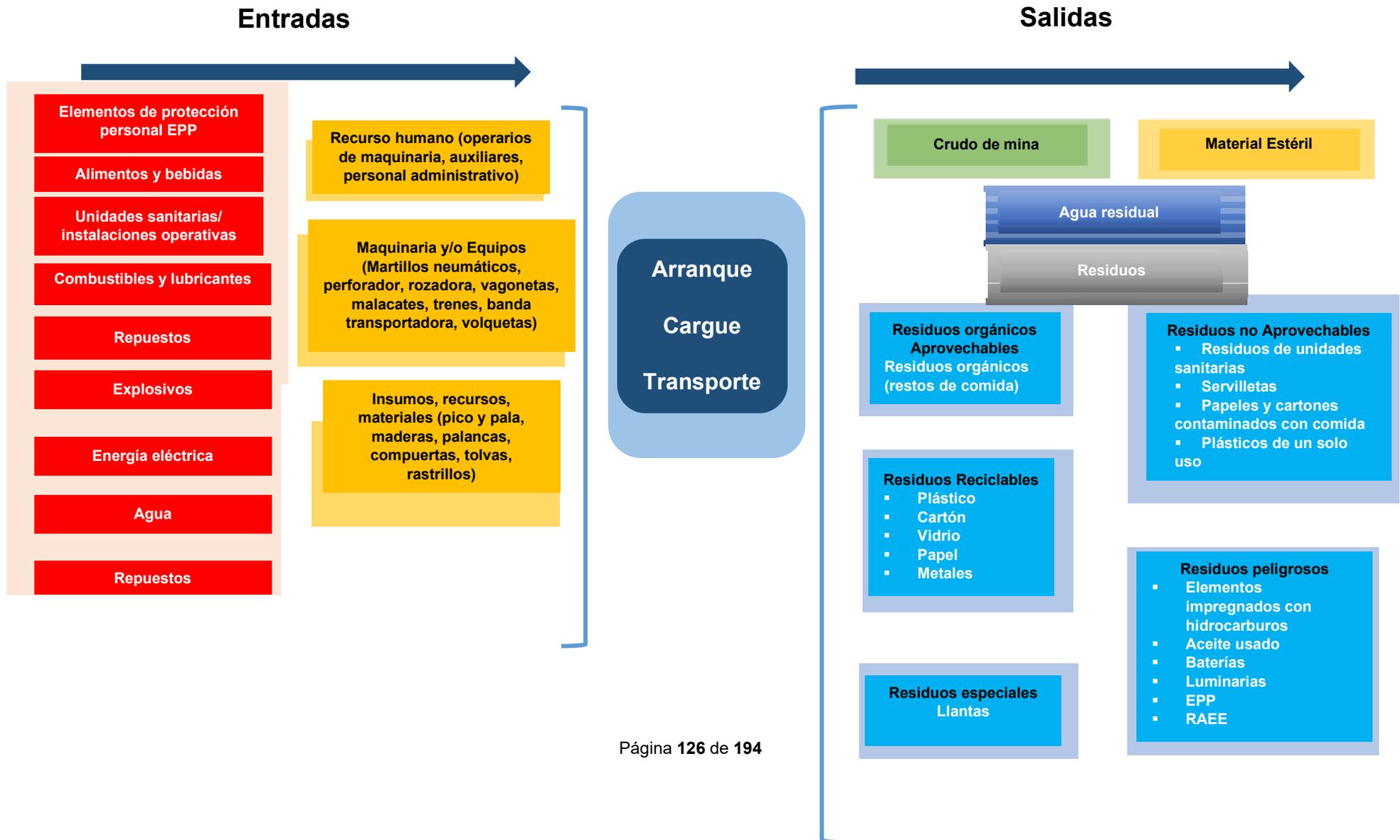
VI. Desarrollo estudio de caso

A continuación, se presentan ejemplos de flujos aplicables a las principales actividades ejecutadas durante la extracción para cada uno de los tres métodos de explotación. Es muy importante que se realice la caracterización con el mayor detalle posible, para así identificar de manera más concisa los flujos de las entradas y salidas.

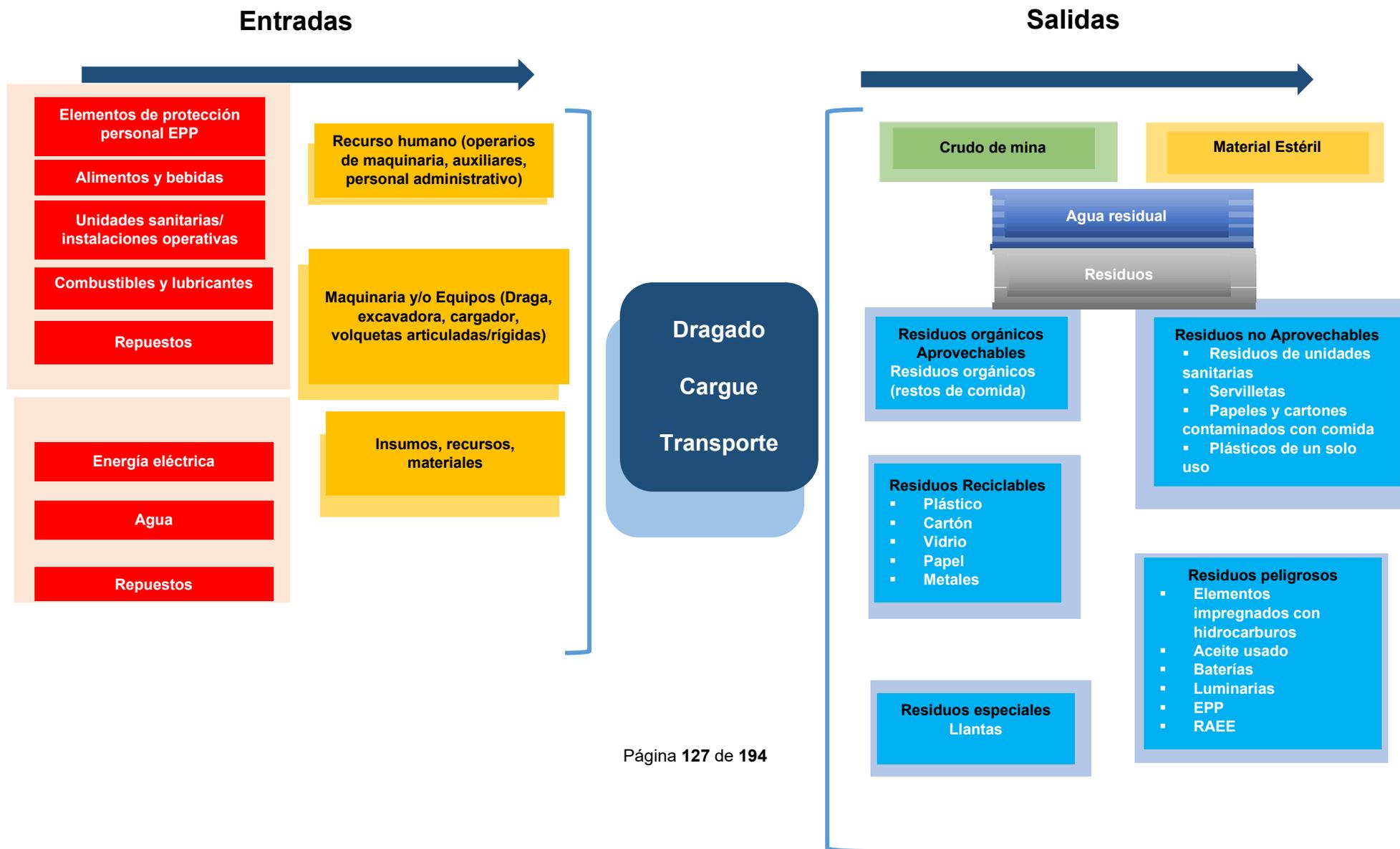
MINERÍA A CIELO ABIERTO



MINERÍA SUBTERRÁNEA



MATERIAL DE ARRASTRE



LINEAMIENTO 2: Identificar todos los procesos desarrollados en la etapa de explotación y determinar los flujos de entradas y salidas en cada uno (metabolismo industrial)

Componente 2: Identificación y descripción de actividades de beneficio y/o transformación

I. Alcance

Determinar de manera detallada los flujos de materiales, energía, agua, recurso humano y demás asociados a cada actividad de beneficio y/o transformación desarrollada.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
		X	

III. Información requerida

- Planeamiento minero
- Descripción de operaciones unitarias para el procesamiento del mineral (trituración, lavado, filtración, separación, magnética, concentración por gravedad, lixiviación, flotación, refinación, fundición, entre otras)
- Consumo de reactivos e insumos en cada fase del beneficio y transformación (sustancias químicas), cantidad de material procesado y cantidad de mineral recuperado.

IV. ¿Cómo se determinan las actividades conexas al beneficio y/o transformación?

Para el proceso de beneficio y/o transformación es pertinente analizar cada una de las actividades desarrolladas e identificar los posibles cambios relacionados con la

economía circular que podrían implementarse. Se deben determinar claramente los recursos que se utilizarán en cada una de las actividades a desarrollar.

A continuación, se listan a manera de guía las principales actividades relacionadas con el proceso de beneficio y/o transformación, en donde podrían desarrollarse acciones para implementar la economía circular.

a) Actividades proceso de beneficio

Fases tipo de proceso de beneficio: aplica para todos los grupos de minerales según la clasificación de la Minería a pequeña, mediana y gran escala en etapa de explotación (Decreto 1666 de 2016 por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, relacionado con la clasificación minera)

- Carbón
- Materiales de construcción
- Metálicos
- No metálicos
- Metales preciosos (Ag, Au, Pt)
- Piedras preciosas y semipreciosas

No siempre es necesario ejecutar todas las operaciones que se describen a continuación (primeras dos o tres para materiales de construcción, carbón (no coquizable), no metálicos) y las siguientes para metálicos, metales preciosos.

Operación Unitaria	Equipos que pueden ser utilizados	Actividades
Lavado	Zarandas vibratorias	El agua a presión disgrega los materiales y la zaranda separa los materiales (gruesos y finos)
Conminución	Para trituración: Trituradora (primaria, secundaria, terciaria) Para molienda: Molinos de pistones, rotatorios	Golpear o friccionar el material donde se encuentra el mineral de interés para reducirlo de tamaño. Llevarlo a un tamaño que permita manejarlo en la siguiente operación unitaria.
Homogenización	Silos para homogenizar el material aprovechando la gravedad. Se puede hacer en seco o en húmedo	Distribuir los materiales triturados o molidos con mecanismos de alimentación, permitiendo una granulometría uniforme.

Operación Unitaria	Equipos que pueden ser utilizados	Actividades
Clasificación	En fluido: hidrociclones, norias, tornillo sinfín.	Las partículas en un fluido adquieren una velocidad porque se someten a una fuerza exterior, haciendo que los finos se separen de los gruesos.
	En mallas: zarandas con mallas finas	En mallas, someter los materiales a vibración para su clasificación por tamaño.
Concentración	Un diseño industrial que permita hacer el proceso de concentración de acuerdo con las variables a controlar: pH, tiempo de permanencia de la pulpa para lograr el objetivo, tipo y cantidad de reactivo, densidad de la pulpa, temperatura, calidad de agua.	Aprovechando las propiedades de los minerales (densidad, flotabilidad, magnetismo) se hace una concentración del mineral de interés, liberándolo del material estéril.

b) Actividades proceso de transformación

Fases tipo de proceso de transformación: aplica para metálicos, carbón (coquizable), caliza para Clinker, metales preciosos.

Operación Unitaria	Equipos que pueden ser utilizados	Actividades
Hidrometalurgia	Diseño industrial en laboratorio	Se puede hacer por: <ul style="list-style-type: none"> • Método de Lixiviación: autoclave, percolación, agitación • Agente lixivante: (cianuro, bacterias) • Método de recuperación: con zinc, con carbón activado
Pirometalurgia	Diseño industrial en laboratorio	Se puede hacer por: <ul style="list-style-type: none"> Tostación Calcinación Coquización Fundición Cocción Secado Refinación Purificación Clarificación Precipitación Amalgamación Aglomeración Fundición Refinado Clinkerización Coquización

V. Acciones jurídicas

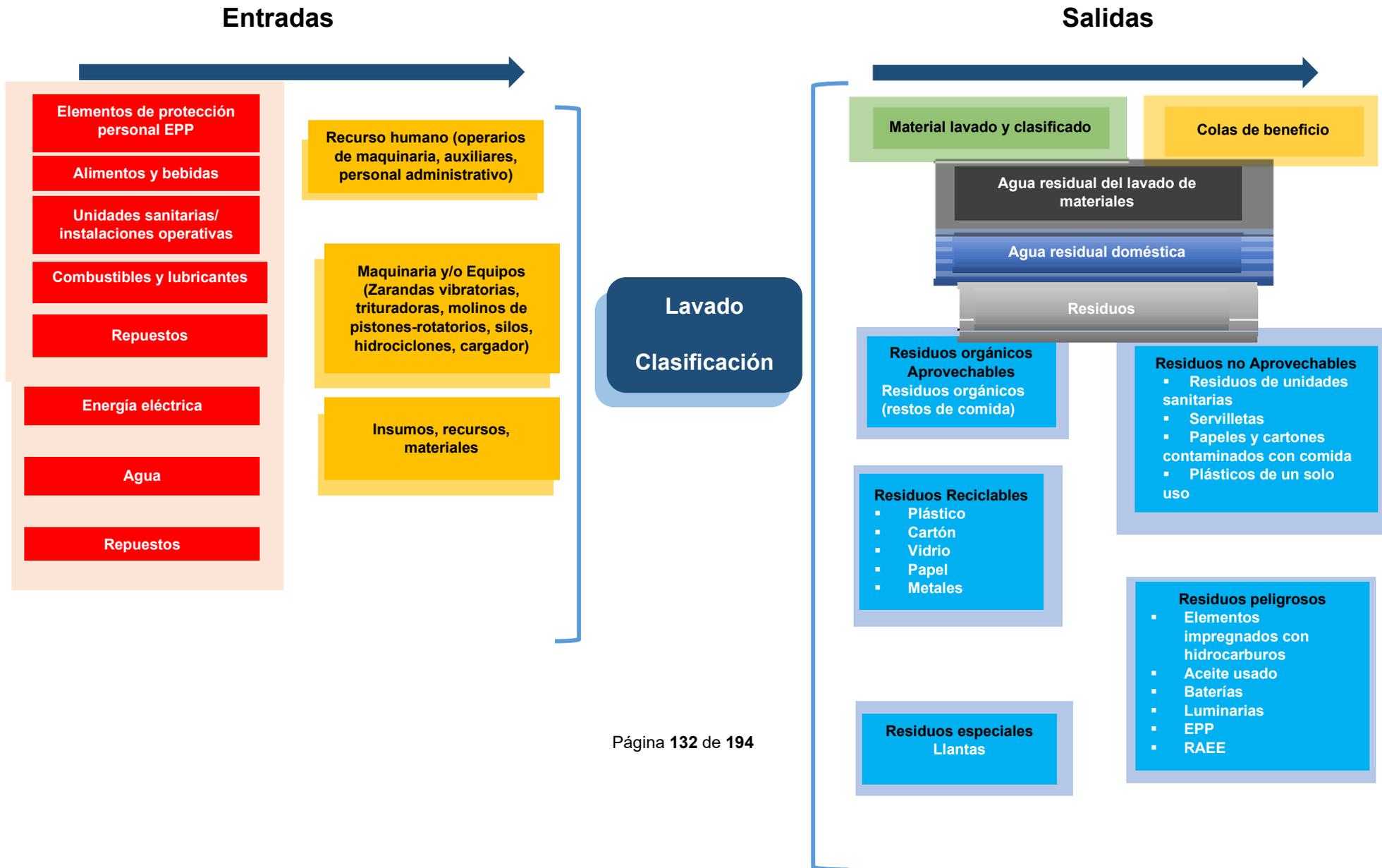
En la etapa de explotación es donde se concentra principalmente la actividad minera, por ende donde se generan la mayor cantidad de residuos y estériles, es en este momento igualmente en que se busca ejecutar los diagramas de circularidad diseñados en etapas previas, teniendo claro que y como se gestionarán, bajo que modelo de negocio circular se iniciará, acogiendo entonces las normas aplicables a cada caso con el fin de contribuir con la efectiva racionalización y sostenibilidad tanto económica, como social y ambiental.

Una vez el mineral se encuentra en la planta de transformación, se han separado los minerales de los subproductos, si fácilmente se caracterizan se clasificarán para su reúso o reciclado. Si es desde la minería como un subproducto pero se encuentra que puede ser económicamente explotable, la Ley 685 de 2001 en su artículo 62 permite iniciar los trámites para ser incluido como un mineral y correrá la suerte del mineral inicialmente concesionado; si la propuesta de negocio es de los negocios circulares se dará aplicación a las normas ambientales que se determinará de acuerdo al tipo de residuo; ejemplo: Resolución 472 de 2017 modificada por la Resolución 1257 de 2021 para el manejo y aprovechamiento de residuos de construcción, o buscar alternativas de simbiosis industrial con títulos contiguos como por ejemplo para mejorar la eficiencia en el uso de aguas residuales tratadas se deberá observar lo señalado en la Resolución 1207 de 2014 modificada por la Resolución 1256 de 2021.

VI. Desarrollo estudio de caso

A continuación, se presenta un ejemplo de un flujo aplicable para las actividades ejecutadas durante el beneficio y la transformación. Es muy importante que se realice la caracterización con el mayor detalle posible, para así identificar de manera más concisa los flujos de las entradas y salidas.

BENEFICIO



TRANSFORMACIÓN



LINEAMIENTO 3: Determinar los procesos susceptibles de implementación de prácticas para Reducir, Reusar y/o Reciclar

Componente 1: Definición de las actividades en donde se pueden implementar prácticas para Reducir, Reusar y/o Reciclar (RRR)

I. Alcance

Implementar medidas para reducir, reusar y/o reciclar los recursos y/o residuos.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
		X	

III. Información requerida

Caracterización de las actividades desarrolladas para cada proceso definiendo las entradas y salidas de cada una de ellas.

IV. ¿Cómo se identifican los procesos en la etapa de explotación que son susceptibles para implementar prácticas de RRR?

Se debe someter cada actividad a un análisis detallado de mano de obra, insumos, materiales, recursos, maquinaria, equipos y materias primas a utilizar, que permita estudiar la posibilidad de cambios tanto en actividades como en tecnología y/o en consumo de recursos que conduzcan a la disminución tanto de pérdidas como en la generación de residuos, así como en un impacto positivo frente a la rentabilidad de la actividad minera. Se deben cuantificar en términos económicos las ventajas que se pueden obtener con las mejoras en el proceso bien sea por cambio de tecnología y/o implementación de mejores prácticas, determinando además el tiempo en el cual se cumplirían las metas y en el caso de la nueva tecnología el tiempo en el que se pagaría.

A continuación, se listan a manera de guía las principales actividades en las que pueden implementarse estrategias de economía circular relacionadas con el proceso de extracción.

a) Actividades proceso de extracción

Actividad		Posibilidad de implementación de RRR
Desmante y descapote		SI (Reúso). El producto de desmante y descapote debe ser conservado, tratado para el reúso en la etapa de cierre del proyecto, en labores de restauración, siembra de especies para evitar erosión y disminuir impacto paisajístico.
Perforación		SI (Reúso). Los elementos de desgaste como brocas de perforación pueden ser reusados a través de técnicas de afilamiento. SI (Reducción). Se pueden utilizar elementos refrigerantes y lubricantes amigables con el medio ambiente o de bajo impacto ambiental (reducción de contaminación)
Voladura		SI (Reducción). Diseño eficiente de la voladura para reducir el consumo de explosivos- Uso eficiente de recursos.
Cargue de mineral y estériles		SI (Reducción). Se puede evaluar la posibilidad de uso de otro tipo de energías (diferentes a combustibles fósiles) p.ej. energía eléctrica a través de paneles solares con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero-GEI120: <ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de carbono (CO₂) • Metano (CH₄) • Óxido nitroso (N₂O)
Transporte de mineral y estériles		SI (Reducción). Se puede a través de implementación de tecnología y el uso de elementos que eviten el tránsito de maquinaria que genera emisiones, p. ej. transportar el mineral y el estéril a través de bandas que trabajen con energía eléctrica.
Entrega de mineral al proceso de beneficio		SI (Reducción). A través de uso de tecnologías innovadoras, p. ej. generar la entrega por medio de mecanismos que eviten el uso de combustibles fósiles y se haga por medio de montajes que funcionen con energías renovables no convencionales ¹²¹ .
Disposición temporal o final de estériles		SI (Reducción- Reúso- Reciclaje). Reducir la disposición de estériles a través de la posibilidad de su reúso en la disposición en sitios de reconfiguración geomorfológica que vayan en línea con el plan de cierre y/o de reciclaje como materia prima en otro proceso productivo.
Actividades de soporte a la explotación	Laboratorio	SI (Reciclaje). Gestión de residuos generados del análisis de los minerales provenientes de la mina y/o molinos y pruebas metalúrgicas (p.ej. escorias para hacer concretos de las obras civiles al interior de la mina)

120 <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>, consultada el 16-11-21.

121 Ley 1715 de mayo 13 de 2014. <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/22602-11506.pdf> consultada el 16-11-21.

Actividad		Posibilidad de implementación de RRR
	Red eléctrica	SI (Reciclaje). Gestión de residuos generados al momento de cambio de elementos de la red eléctrica tales como RAEE (p.ej. transformadores, bancos de condensadores)
	Red de bombeo	SI (Reúso). Gestión de residuos generados al momento de cambio de elementos de la red de bombeo (p.ej. bombas, motores, tuberías)
	Red de aire comprimido - ventilación	SI (Reúso). Gestión de residuos generados al momento de cambio de elementos de la red de aire comprimido (p.ej. ventiladores, motores, tuberías)
	Sostenimiento	SI (Reúso- Reciclaje). Gestión de residuos generados al momento de cambio de elementos de sostenimiento (arcos de acero, pernos, mallas, perfiles, madera en el caso del sostenimiento con puertas)
Actividades de apoyo Funcionamiento de instalaciones administrativas Taller de mantenimiento- Acopio de combustibles y lubricantes Casino Campamento		SI (Reducción- Reúso- Reciclaje) Desarrollo de campañas para el ahorro y uso eficiente de agua y energía. (Reducción) Uso de energías renovables no convencionales. (Reducción) Programas de gestión integral de residuos sólidos (orgánicos, convencionales, peligrosos, especiales). (Reducción- Reúso- Reciclaje) Evaluar la posibilidad de valorización energética de residuos- <u>Combustibles derivados de residuos (CDR)</u> . Este aprovechamiento hace referencia al uso de tecnologías para la generación de energía en forma de calor, electricidad o combustibles alternativos como biogás, a partir del tratamiento térmico o biológico de residuos ¹²² . (Reciclaje) Campañas para reducción en el consumo de empaques y envases de un solo uso. (Reducción) Programas de postconsumo: baterías plomo ácido, pilas y/o acumuladores, llantas usadas, bombillas, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), envases y empaques. (Reúso, Reciclaje) Gestión integral de aceites usados. (Reducción- Reúso- Reciclaje)

A continuación, se listan a manera de guía las principales actividades en las que pueden implementarse estrategias de economía circular relacionadas con los procesos de beneficio y transformación.

¹²² https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1339/5/Productos%201%2C2%20y%203_V2.pdf

b) Actividades proceso de beneficio

Actividad	Posibilidad de implementación de RRR
Lavado	SI (Reúso). Gestión para la reutilización del agua del proceso.
	SI (Reúso). Gestión de lodos del proceso de lavado para su reutilización en el cierre del proyecto (relleno).
Conminución	SI (Reúso). Gestión de los materiales que de acuerdo con su granulometría no pueden continuar en el proceso de beneficio, para su posterior uso en labores relacionadas con el plan de cierre (relleno).
Homogenización	SI (Reúso). Gestión de materiales que de acuerdo con la granulometría y diseño de los procesos siguientes en beneficio y comercialización deben descartarse (p.ej. uso en el relleno, disposición de estériles en escombrera – botadero para ejecutar el plan de cierre).
Clasificación	SI (Reúso). Gestión de materiales que de acuerdo con la granulometría y diseño de los procesos siguientes en beneficio y comercialización deben descartarse (p.ej. uso en el relleno, disposición de estériles en escombrera – botadero para ejecutar el plan de cierre).
Concentración	SI (Reúso). Gestión de los materiales que por sus características físicas no son concentrados (p.ej. uso en el relleno, disposición de estériles en escombrera – botadero para ejecutar el plan de cierre).

c) Actividades proceso de transformación

Actividad	Posibilidad de implementación de RRR
Hidrometalurgia	SI (Reúso). Gestión para la reutilización del agua del proceso.
	SI (Reúso). Gestión de sólidos generados para reincorporarlos en el proceso.
Pirometalurgia	SI (Reúso). Gestión de lodos generados que pueden reincorporarse en el proceso.
	SI (Reciclar). Posible gestión de recuperación de otro tipo de minerales asociados en pequeña escala.

V. Listado de medidas de RRR

A continuación, se realiza un listado general de las posibles medidas de reducción, reúso y reciclaje que se pueden implementar en la etapa de explotación, indicando el tipo de flujo al cual pertenece.

Tipo de medida	Descripción	Tipo de flujo
Reducción	Reducción de pérdidas de mineral	Flujo de residuos
	Mejoras en la eficiencia del proceso productivo	Flujo de energía/ residuos/agua
	Mejoras tecnológicas dentro del proceso	Flujo de energía/ residuos/agua
Reúso	Aprovechamiento de minerales de los estériles	Flujo de residuos
	Uso de desmote y descapote para reconfiguración morfológica	Flujo de residuos
	Uso de capa orgánica (tierra negra) para reconfiguración morfológica	Flujo de residuos
	Uso de estériles para vías	Flujo de residuos
	Uso de estériles como material de relleno en labores subterráneas abandonadas	Flujo de residuos
	Uso de estériles para Reconfiguración morfológica	Flujo de residuos
	Uso de agua recirculada para el riego de vías	Flujo de agua
	Reúso de agua residual tratada	Flujo de agua
	Recirculación de agua para lavado de material	Flujo de agua
	Compostaje de residuos orgánicos	Flujo de residuos
	Uso de suelos	Flujo de residuos
Reciclaje	Reciclaje de residuos convencionales (plástico, papel, cartón)	Flujo de residuos
	Reciclaje de residuos del proyecto minero (llantas usadas, chatarra de hierro)	Flujo de residuos
	Residuos de minerales en estériles / botaderos/ ZODMES/ presas de relave/ colas de beneficio como materia prima para otros procesos	Flujo de residuos
	Uso de estériles como materiales de construcción (baldosas, ladrillos, estuco para fachaletas)	Flujo de residuos

VI. Mejores prácticas

La Comisión Europea (2019) desarrolla orientaciones y promueve las mejores prácticas en materia de Planes de Gestión de Residuos Extractivos (EWMP por sus siglas en inglés), en el marco de su gestión ha definido las siguientes prácticas que se centran en la gestión de recursos aplicada en el sector extractivo que puede desempeñar un papel central en la economía circular y que tienen relevancia y aplicabilidad en el contexto colombiano.

▪ **Mejor práctica 1: Rompimiento eficaz de rocas**

El aflojamiento de la roca se realiza tradicionalmente mediante excavadoras mecánicas o mediante perforación y voladura. Una selección óptima de revestimientos de pared mecanizados y de máquinas mineras depende de las condiciones geológicas y geotécnicas esperadas, lo que lleva a una extracción más específica y, como consecuencia, a la producción eficiente y la reducción de residuos. El mismo principio se aplica a la estrategia y técnica de voladura.

▪ **Mejor práctica 2: Transporte eficiente**

La red de acceso y transporte de la mina y la elección de un equipo de transporte adecuado y la técnica es un problema de optimización multidimensional que debe tenerse en cuenta en la fase de diseño. Optimizando el camino (subterráneo o de superficie transporte, utilizando camiones o cintas transportadoras) por lo general conduce a uso eficiente de la energía, menos perturbación del entorno y en algunos casos reduce la cantidad de roca a excavar.

▪ **Mejor práctica 3: Clasificación efectiva de minerales y procesamiento selectivo de minerales**

La separación de las fracciones de procesamiento maximiza la eficiencia del beneficio y puede, en algunos casos, reducir la nocividad de los residuos extractivos producidos. Una mejor separación in situ del mineral de los desechos de extracción significa ocasionalmente la prevención de generación de desechos y mejor gestión de residuos extractivos.

▪ **Mejor práctica 4: Uso efectivo de materiales excavados**

a) Relleno de huecos de excavación con material excavado.

La devolución de materiales extraídos en huecos de excavación se presenta como la mejor práctica ya que contribuye a la prevención y / o reducción de la generación de residuos extractivos.

b) Minerales de construcción como materiales comercializables a partir de desechos de extracción

La sobrecarga y la roca estéril pueden recuperarse para la producción de agregados y dar lugar a una reducción de los volúmenes de residuos extractivos.

- **Mejor práctica 5: Gestión eficaz de la capa superficial del suelo**

Volver a colocar la capa superior del suelo después del cierre del proyecto, si esto no es factible, reutilizar la capa superior del suelo en otro lugar (por ejemplo, con fines de jardinería y revegetación) fortalece la aplicación de los principios de la Economía Circular.

- **Mejor práctica 6: Planificación y gestión de la eliminación para más adelante recuperación**

Residuos de escaso valor originalmente, se someten a procesos de recuperación en para obtener productos totalmente calificados.

VII. Acciones jurídicas

Se ha limitado el reúso y reciclaje de estériles en procesos internos al proyecto minero porque no hay norma expresa desde el derecho minero ni del derecho ambiental que permita hacerlo externamente, sin embargo, en los últimos años y de acuerdo a las necesidades para mitigar los impactos ambientales, las necesidades del mercado en el sector minero y otros, sociales y económicas, se viene buscando modificar la normativa en pro de cumplir con los compromisos ambientales a nivel nacional e internacional para garantizar a la población no solo un ambiente sano sino sostenibilidad económica y social. El sector minero como un renglón importante de la industria no es ajeno a lo dicho anteriormente, es por ello que busca alternativas que permitan gestionar de manera eficiente los materiales o residuos generados en toda la actividad (igualmente el estéril procedente de las labores de la extracción minera), por disposición de las guías minero ambientales acogidas mediante Resolución 180861 de 2001 y de acuerdo a lo aprobado en el instrumento ambiental y técnico, es posible señalar cual será el destino que se dará a los estériles, así mismo observar las estrategias y políticas señaladas en los Conpes, el Plan Nacional de Desarrollo Ley 1955 de 2019; otra opción es que el titular puede proponer en su EIA dentro del plan de contingencia el uso que se dará a los residuos, entre ellos reciclarlos para colaborar con otros proyectos aledaños al título, no necesariamente mineros, siempre y cuando se tenga bien caracterizado el estéril para el uso que se pretende dar.

Los permisos de concesión de aguas para reúso de agua residual tratada se encuentran regulados en la Resolución No. 1207 de 2014 del Ministerio de

Ambiente y Desarrollo Sostenible, dicha resolución señala las disposiciones que se deben tener en cuenta al momento de solicitar un permiso para llevar a cabo dicha actividad, en desarrollo del presente documento, se emitió la Resolución 1256 de 2021 que modifica la Resolución 1207 de 2014 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones ampliando los conceptos sobre el uso y reúso del agua, la recirculación, en línea con lo establecido en la Estrategia Nacional de Economía Circular que contempla el reúso como una práctica para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos.

LINEAMIENTO 4: Caracterizar los sobrantes de la operación minera

Componente 1: Caracterización detallada de los estériles y/o relaves

I. Alcance

Definir usos dentro del proceso o para aprovechamiento total o parcial (reúso/reciclaje) en posibles modelos de negocio circular.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y abandono
		X	

III. Información requerida

- Revisión del planeamiento minero desarrollado
- Ubicación y descripción detallada de zonas de disposición de materiales
- Tipo de material dispuesto

IV. ¿Cómo se deben caracterizar los estériles y/o relaves?

- a) Realizar la caracterización mineralógica y geoquímica de los estériles y/o relaves con el fin de conocer si existe la posibilidad de aprovecharlos económicamente a partir de su procesamiento.
- b) Desarrollo de un programa de muestreo y análisis físico, químico y mineralógico del material estéril y/o relave depositado en el proyecto. Las pruebas pueden ser: tamaño de partícula, química por óxidos, difracción por rayos X. De esta manera se puede determinar su aprovechamiento, definiendo su rentabilidad.
- c) Para el caso de los depósitos de estériles se deben conocer entre otros datos: el método de disposición del material, edad del depósito, volúmenes y secuencia de llenado, así como algunas observaciones que se consideren pertinentes para conocer las características del depósito y de los materiales.

V. Acciones jurídicas

Respecto a la caracterización del sobrante es una acción que se encuentra definida desde el momento de la planeación, sin embargo, en la etapa de explotación pueden surgir nuevos subproductos que deban ser caracterizados con el fin de determinar su uso, proceso que se realizará cuando llegue a la transformación y beneficio del mineral, acciones estas que están determinadas en los instrumentos técnico y ambiental. Como se ha venido señalando, en cumplimiento de las disposiciones de la Ley 685 de 2001, las Guías minero ambientales señalan que se debe tener una escombrera para disponer del mineral y el estéril, igualmente un lugar en el que se dispongan los residuos productos de toda la actividad minera, será desde allí que se clasifiquen con el fin de determinar su finalidad, algunos irán a la planta de transformación y otros estarán dispuestos para su reúso, reciclaje y reutilización bien sea para proyectos internos como reconformación morfológica y retrolenados y otros para usos externos en procesos de negocios circulares. Como apoyo normativo está el Decreto 1651 de 2019 el cual reglamenta el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación que tiene como objetivo de fortalecer el desarrollo productivo y económico del país y mejorar el bienestar de la población; el Plan Nacional de Desarrollo Ley 1955 de 2019 en el que se contemplan nuevos elementos para fortalecer los modelos de desarrollo económico, social y ambiental; los Conpes 3866 de 2016, 3918 y 3934 de 2018 en los que se brindan elementos importantes para el desarrollo productivo, implementar objetivos para el desarrollo sostenible e implementar instrumentos para optimizar el uso de los recursos naturales y energía en la producción y el consumo.

LINEAMIENTO 4: Caracterizar los sobrantes de la operación minera

Componente 2: Caracterización detallada de otros sobrantes

I. Alcance

Identificar y cuantificar los sobrantes (salidas de agua, energía y/o materiales) para determinar posibles modelos de negocio para su reúso y/o reciclaje.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y abandono
		X	

III. Información requerida

- Listado detallado de sobrantes (flujos de agua, energía y/o materiales)

IV. ¿Cómo se deben caracterizar los sobrantes?

Flujos de agua:

- a) Realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los flujos de agua para conocer la calidad de esta¹²³.
- b) Realizar análisis para determinar características de peligrosidad del agua.
- c) Determinar volumen y/o caudal generado, variaciones en el tiempo y tipo de almacenamiento.
- d) Determinar el cumplimiento de los criterios de calidad si se contempla la posibilidad de reúso de agua residual tratada¹²⁴.

Flujos de materiales-residuos:

- a) Determinar volumen generado y tipo de almacenamiento
- b) Determinación de las características de los residuos, identificando sus contenidos y propiedades

123 Decreto 1076 de 2015. Decreto único reglamentario del sector ambiente. Capítulo 3. Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos. Sección 7. Reglamentación de vertimientos. Sección 9. Disposiciones transitorias.

124 RESOLUCIÓN 1256 de 2021. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://acmineria.com.co/normativa/resolucion-mads-1256-de-2021-reglamenta-el-uso-de-las-aguas-residuales/>

- c) Identificar las fuentes, cantidades y variaciones en el tiempo, lo mismo que observar la calidad de los residuos generados.
- d) Realizar análisis de peligrosidad a los residuos (la calidad de peligroso es conferida a un residuo o desecho que exhiba características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas y radiactivas¹²⁵).

Flujos de energía:

- a) Realizar la caracterización energética del proceso (cualitativa y cuantitativa)
- b) Elaboración de gráficos de consumo y producción en el tiempo para determinar la variación del consumo de energía en paralelo con la producción obtenida durante un periodo de tiempo.
- c) Identificar y establecer los índices de eficiencia y plantear metas de reducción de pérdidas en el consumo de energía.

V. Acciones jurídicas

La caracterización de otros sobrantes como el agua, energía y residuos (papel, plástico, llantas, maquinaria, aceites, etc.) es una acción que desde el mismo diseño del Programa de Trabajo y Obras está establecido; y en la etapa explotación se pone en operación la ejecución de dicho documento. Una buena caracterización permite el aprovechamiento eficiente de los residuos bien sea para reúso, para reciclaje o reutilizarlos interna o externamente, acciones que están respaldadas por las normas ambientales como la Resolución 41286 de 2016 del Ministerio de Minas y Energía que implementa el programa del uso racional y eficiente de la energía y la aplicación de incentivos tributarios para ese uso eficiente. La Resolución 1207 de 2014, modificada por la Resolución 1256 de 2021 regula lo referente al uso de aguas residuales tratadas, estableciendo el procedimiento y requisitos para dicho uso; en cuanto a la gestión y manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos se encuentra regulada en el Decreto 284 de 2018 y otras normas concordantes.

¹²⁵ Decreto 4741 de 2005. "Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral"

LINEAMIENTO 5: Evaluar la potencialidad de uso de zonas no intervenidas para un posible aprovechamiento de minerales aún no explotados

Componente 1: Definición de potencial aprovechamiento de mineral en zonas no intervenidas

I. Alcance

Actualizar la viabilidad técnica, económica, social y/o ambiental para posible aprovechamiento de nuevos minerales o de aquellos aún no explotados.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y abandono
		X	

III. Información requerida

Prospección y exploración de acuerdo con el Estándar Colombiano de Recursos y Reservas – ECRR.

IV. ¿Cómo definir el potencial aprovechamiento en zonas no intervenidas?

El proyecto minero debe contar con información suficiente y detallada bajo la cual puede concluir que existen minerales o nuevos minerales dentro del área otorgada para explotar (título minero). La información relacionada con resultados de exploración, recursos y reservas minerales debe estar respaldada por personal competente que haya ejecutado muestreos y técnicas analíticas pertinentes para el área analizada, así como resultados de geoquímica de superficies y muestras físicas; resultados de levantamiento geofísico de superficie y subsuelo y perforaciones, excavaciones y trabajos subterráneos. También se incluye el análisis de los afloramientos mineralizados.

V. Acciones jurídicas

El artículo 82 de la Ley 685 de 2001 establece sobre la delimitación y devolución de áreas, que al finalizar el período de exploración se deberá presentar la delimitación definitiva de la zona del área contratada que va a quedar vinculada a los trabajos y obras de explotación, más las obras estrictamente necesarias para el beneficio, transporte interno, servicios de apoyo y obras de carácter ambiental para lo cual se deberán tener en cuenta los valores, ubicación y cálculo de las reservas existentes al igual que la producción esperada indicados en el Plan de Trabajos y Obras de explotación elaborado de acuerdo con el artículo 84 de este Código. Con oportunidad de esta delimitación, el concesionario estará obligado a devolver, en lotes contiguos o discontinuos, las partes del área que no serán ocupadas por los trabajos y obras mencionados. El área retenida deberá estar constituida por una extensión continua. En todo caso, no se permitirá retener áreas en el contrato de concesión que no sean económicamente explotables. Ahora bien, si existen zonas que puedan ser intervenidas para la exploración técnica, se podrá solicitar su retención por el término de dos (2) años; si posteriormente, se decide ponerlas en explotación, se debe adelantar los trámites de modificación de los instrumentos técnico y ambiental.

8.4 LÍNEA ESTRATÉGICA POTENCIAL GENERACIÓN DE CIRCULARIDAD EN LA ETAPA DE CIERRE Y POST CIERRE

Reúne las acciones a desarrollar durante las labores asociadas a la etapa de Cierre y Post cierre, constituye una herramienta fundamental para identificar e implementar la Economía Circular en las fases finales proyecto minero.

LINEAMIENTO 1: Identificar las actividades a desarrollarse durante la etapa de cierre y post cierre del proyecto estableciendo los flujos de entrada y salida

Componente 1: Identificación y descripción de actividades de cierre y post cierre del proyecto

I. Alcance

Determinar de manera detallada los flujos de materiales, energía, agua, recurso humano y demás asociados a cada actividad de cierre y post cierre del proyecto minero.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
			X

III. Información requerida

Plan de Cierre del proyecto minero

IV. ¿Cómo determinar las actividades que serían desarrolladas en la etapa de cierre y post cierre del proyecto minero?

A partir de lo establecido en el Plan de Cierre de la Mina, se deberá realizar un listado de las actividades generales y específicas a ejecutarse durante la etapa del cierre y post cierre del proyecto minero, tales como:

Actividad	Actividad Especifica
Desmantelamiento de instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desarme y retiro de equipos, maquinarias. ▪ Desarme y retiro de Instalaciones de apoyo (estructuras, edificios, oficinas, campamentos). ▪ Demolición de estructuras ▪ Desarme y retiro de sistemas y líneas eléctricas.
Manejo y disposición final de residuos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Retiro, manejo y disposición final de residuos ordinarios ▪ Retiro, manejo y disposición de elementos o sustancias peligrosas, tales como: productos químicos, explosivos, combustibles, aceites, recipientes y envases de almacenamientos de hidrocarburos y sustancias químicas. ▪ Cierre de áreas de almacenamiento de residuos ordinarios y peligrosos,
Adecuaciones y/o construcción de obras complementarias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construcción de zanjas interceptoras y canales para el manejo de aguas superficiales. ▪ Adecuación de sistemas de drenaje ▪ Construcción de obras de protección al pie del talud
Reconformación, readecuación, rehabilitación y recuperación de las áreas intervenidas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rehabilitación del suelo ▪ Adecuación paisajística ▪ Reforestación ▪ Revegetalización
Estabilización de áreas y estructuras	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corregir o modificar pendientes de taludes ▪ Protección de estructuras remanentes tales como presas de relaves y escombreras ▪ Realización de gaviones ▪ Perfilamiento y compactación de los muros de contención ▪ Compactación de bermas de coronamiento
Mantenimiento y monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantenimiento y monitoreo de depósitos de relaves y escombreras ▪ Monitoreo de estabilidad de suelos ▪ Monitoreo de procesos de rehabilitación y reforestación ▪ Monitoreo de cuerpos de agua superficiales y subterráneos

V. Acciones jurídicas

Todas las actividades están contempladas en los instrumentos técnico y ambiental aprobados por las autoridades, sin embargo, aquellas que no hayan sido incluidas, pero se requiere iniciar, se solicitarán ante las autoridades competentes invocando las normas aplicables, para que sean modificados el Programa de Trabajos y Obras y la Licencia Ambiental según sea el caso, sin embargo, en el caso de la etapa de cierre y post cierre pueden presentarse cambios por ejemplo en el uso del suelo o en la disposición de los residuos para uso externo. En algunos de los casos debe observarse lo dispuesto en la Ley 685 de 2001, los términos de referencia, y las guías minero ambientales.

LINEAMIENTO 1: Identificar las actividades a desarrollarse durante la etapa de cierre y post cierre del proyecto estableciendo los flujos de entrada y salida

Componente 2: Identificación de los recursos utilizados y residuos generados en el desarrollo de las actividades de cierre y post cierre del proyecto

I. Alcance

Determinar los recursos (humano, financiero, técnicos) y residuos generados en las actividades desarrolladas durante la etapa de cierre y post cierre del proyecto minero.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
			X

III. Información requerida

Listado de actividades generales y específicas a ejecutarse durante la etapa de cierre y post cierre del proyecto minero

IV. Acciones jurídicas

En la ejecución del plan de cierre que fue aprobado desde el Programa de Trabajos y Obras o modificado de acuerdo con las necesidades del área, se identifican las actividades descritas anteriormente esto con el fin de posteriormente llevar a cabo los procesos determinantes para que haya un adecuado cierre de la(s) mina(s).

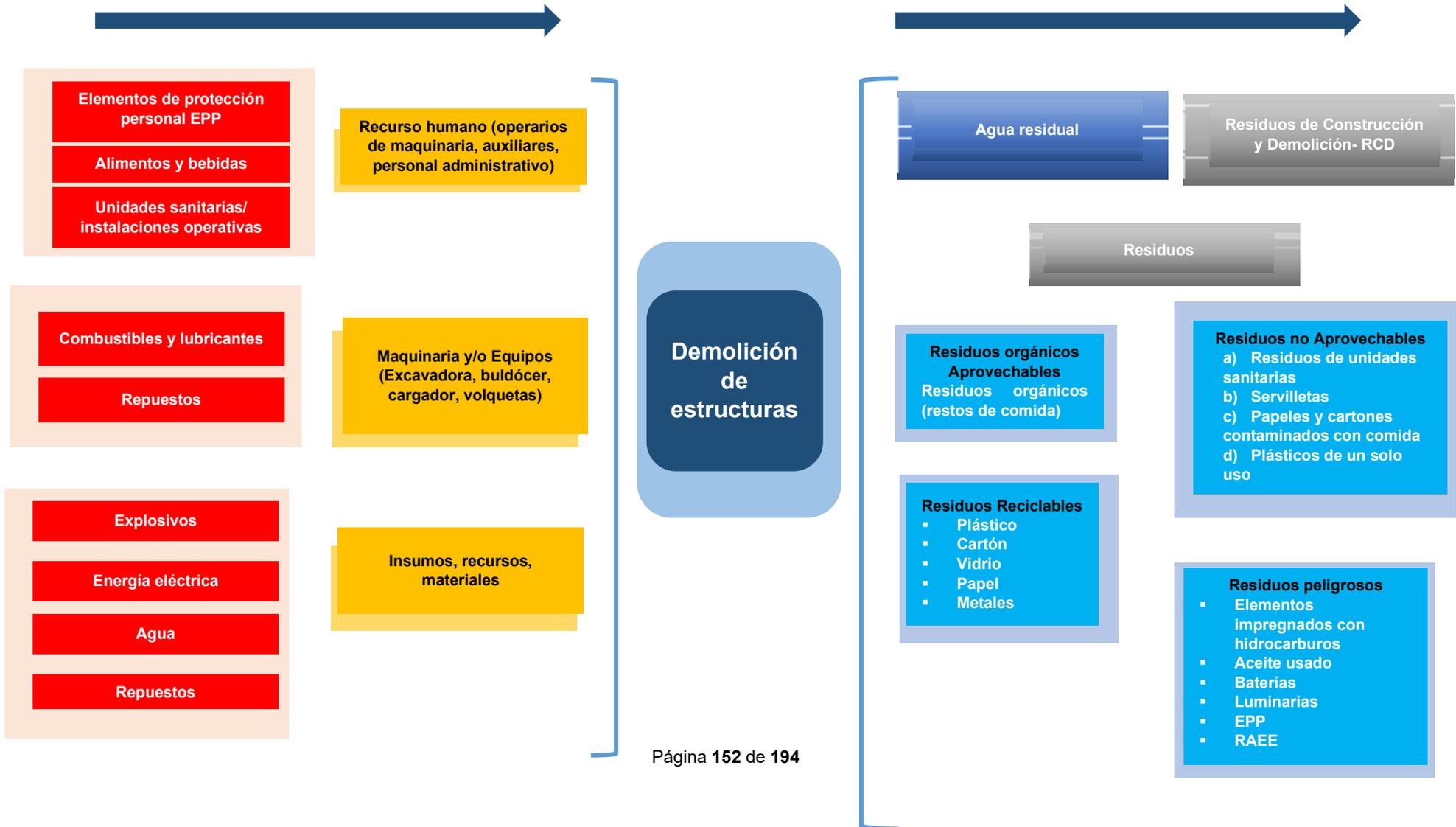
V. ¿Cómo determinar los materiales y recursos utilizados y residuos generados en la etapa de cierre y post cierre del proyecto minero?

- a) Para cada una de las actividades generales y específicas de la etapa de cierre y post cierre del proyecto minero se deben determinar las entradas y salidas respecto al flujo de recursos necesarios para su ejecución y residuos generados.

A continuación, se presentan un ejemplo de un flujo aplicable a una de las actividades específicas ejecutadas en la etapa de Cierre y Post Cierre. Es muy importante que se realice la caracterización con el mayor detalle posible, para así identificar de manera más concisa los flujos de las entradas y salidas.

ENTRADAS

SALIDAS



LINEAMIENTO 2: Identificar recursos y residuos con potencial de reutilización y/o reciclaje en la etapa de cierre y post cierre

Componente 1: Estimación de recursos y residuos provenientes de actividades desarrolladas en la etapa de cierre y post cierre

I. Alcance

Determinar los recursos y residuos provenientes de las actividades de cierre y post cierre del proyecto minero con potencialidad de circularidad mediante su reutilización y/o reciclaje.

II. Etapas del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
			X

III. Información requerida

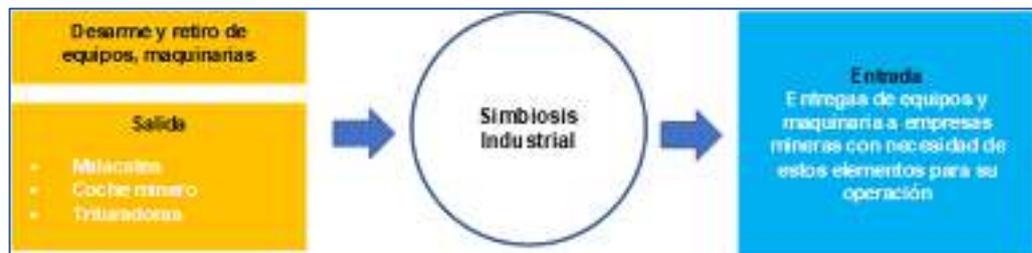
Flujos de recursos y residuos de las actividades de la etapa de cierre y post cierre del proyecto minero.

IV. ¿Cómo determinar los recursos y residuos con potencial de circularidad generados en las actividades de cierre y post cierre del proyecto minero?

- a) Desarrollar un inventario de las salidas de los flujos elaborados para las actividades de cierre y post cierre del proyecto minero.
- b) Identificar de los recursos y residuos definidos como salidas en las actividades generales y específicas de la etapa de cierre y post cierre, cuáles pueden ser reutilizados como entradas para el desarrollo de actividades de esta misma etapa del proyecto minero.



- c) Identificar los recursos y residuos con potencial de ser incorporados en procesos de simbiosis industrial



- d) Identificar los residuos que pueden ser reciclados tales como cartón, plástico, chatarra.

V. Acciones jurídicas

Los diagramas de circularidad diseñados previamente ayudan en esta etapa para la clasificación de los residuos y los correspondientes usos, usos que de acuerdo con la ley se podrán aplicar en el sector minero para el aprovechamiento eficiente con el fin de aportar en los aspectos económicos de la industria, aportar en el bienestar social de la población y el desarrollo sostenible.

LINEAMIENTO 2: Identificar recursos y residuos con potencial de reutilización y/o reciclaje en la etapa de cierre y post cierre

Componente 2: Estimación de recursos y residuos generados en etapas previas al cierre y post cierre

I. Alcance

Determinar los recursos y residuos disponibles generados en etapas previas al cierre y post cierre del proyecto minero con potencialidad de circularidad mediante su reutilización en la etapa de cierre y post cierre del proyecto minero.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
			X

III. Información requerida

Flujos de recursos y materiales de las actividades de etapas previas al cierre y post cierre del proyecto minero.

IV. ¿Cómo determinar los recursos y materiales con potencial de circularidad generados en las actividades de etapas previas al cierre y post cierre del proyecto minero?

- a) Desarrollar un inventario de los recursos y residuos disponibles identificados como salidas en los flujos elaborados para las actividades de las etapas previas al cierre y post cierre del proyecto minero. A continuación, se presentan algunos ejemplos.

Etapa Ciclo de Vida Proyecto Minero	Recursos y Residuos
Exploración	<ul style="list-style-type: none"> • Lodos
Construcción y Montaje	<ul style="list-style-type: none"> • Material de descapote (suelo, capa vegetal)
Explotación	<ul style="list-style-type: none"> • Relaves • Estéril • Llantas usadas de vehículos y maquinaria • Banco de semillas provenientes de viveros construidos en el proyecto minero • Elementos de Protección Personal

- b) Identificar que recursos, residuos y materiales disponibles de etapas previas al cierre y post cierre pueden ser utilizados como entradas para la ejecución de esta etapa del proyecto minero



V. Acciones jurídicas

La utilización de los estériles generados en etapa de explotación para el retrollenado en la reconfiguración morfológica y geomorfológica, retrollenado para cierres de minas, son actividades de reuso más comunes en la etapa de cierre y por lo general está determinado en el instrumento ambiental, sin embargo, las normas ambientales señalan posibles usos que pueden darse a los residuos mineros; si bien la norma no es expresa da la posibilidad que en el sector minero y con el fin de mitigar los impactos ambientales se puedan aplicar para usos externos y en negocios circulares, por ejemplo la Resolución 0472 de 2017 modificada por la Resolución 1257 de 2021 expedidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la cual se reglamenta la gestión integral de residuos de construcción y demolición y su aprovechamiento.

LINEAMIENTO 2: Identificar recursos y residuos con potencial de reutilización y/o reciclaje en la etapa de cierre y post cierre

Componente 3: Caracterización de los residuos disponibles en la etapa de cierre y post cierre con potencial de circularidad

I. Alcance

Identificar las características de los de los residuos disponibles en la etapa de cierre y post cierre para establecer su potencial de reutilización y/o reciclaje en oportunidades de circularidad.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
			X

III. Información requerida

- Inventario de residuos disponibles para el desarrollo de procesos circulares en la etapa de cierre y post cierre.
- Caracterizaciones previas realizadas a lo largo del proyecto minero.

IV. ¿Como realizar la caracterización de los residuos y materiales disponibles en la etapa de cierre y post cierre con potencial de circularidad?

- a) Teniendo el inventario de los residuos disponibles en la etapa de cierre y post cierre se deben establecer cuáles de éstos cuentan con caracterizaciones previas y si estas cumplen con la información necesaria para su utilización en las oportunidades de circularidad identificadas.
- b) Para realizar estos procesos de caracterización se debe contemplar la posibilidad de realizar investigación a través de alianzas colaborativas con empresas del sector, academia o institucionalidad en búsqueda de establecer alternativas de aprovechamiento de los residuos generados en resultantes en la etapa de cierre y post cierre del proyecto minero.

V. Acciones jurídicas

Si bien existen residuos minerales que vienen de etapas previas y que ya se encuentran caracterizados y listos para su disposición final, en la etapa de cierre se pueden generar otros residuos que igualmente deben ser caracterizados para conocer el destino que se les dará, para ello se cuenta con el apoyo de instituciones académicas y convenios interinstitucionales donde se permite hacer investigación con el fin de obtener alternativas en el aprovechamiento de los residuos para negocios circulares, atendiendo la legislación que regula los aspectos tendientes a desarrollo sostenible, productividad e innovación.

LINEAMIENTO 2: Identificar recursos y residuos con potencial de reutilización y/o reciclaje en la etapa de cierre y post cierre

Componente 4: Caracterización del mineral recuperable y aprovechable de presas de relaves y escombreras

I. Alcance

Identificar la posibilidad de recuperar mineral almacenado en las presas de relaves y escombreras con potencial de aprovechamiento.

II. Etapas del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
			X

III. Información requerida

- Caracterización de los relaves y material estéril almacenados en presas de relaves y escombreras.
- Volumen de relaves y material estéril almacenados en presas de relaves y escombreras.
- Recursos técnicos disponibles.

IV. ¿Como determinar mineral recuperable y aprovechable de presas de relaves y escombreras?

- a) A partir de la caracterización de los relaves y material estéril almacenado en las presas de relaves y escombreras, es posible identificar la composición de estos residuos mineros, teniendo la posibilidad de determinar qué minerales tienen potencial de recuperación y/o aprovechamiento.
- b) El mineral recuperable puede corresponder al otorgado por la autoridad minera, el cual no fue extraído de manera eficiente por razones técnicas o por la tecnología disponible al momento de desarrollar los procesos de beneficio, también esta recuperación de mineral puede enfocarse a minerales asociados presentes en los relaves y material estéril que por

sus características puede representar una oportunidad de aprovechamiento.

V. Acciones jurídicas

Los relaves se definen como un desecho de los procesos de beneficio y transformación del mineral que dependiendo de sus características físicas y químicas deben someterse a diferentes tratamientos para su transporte y posterior disposición en presas o depósitos, sin embargo, actualmente, estos desechos ya están siendo considerados materia prima para ser usados como subproductos a través de alternativas de economía circular, simbiosis industriales, generación de nuevas materias primas bien para generar negocios circulares o ser usados internamente para retrolleado de labores subterráneas y producción de algunos productos como postes, bloques, cementos, etc.

LINEAMIENTO 3: Establecer alternativas de aprovechamiento de la infraestructura y uso de las áreas del proyecto minero, en la etapa de post cierre

Componente 1: Identificación de aprovechamiento y uso

I. Alcance

Determinar limitantes y oportunidades para el aprovechamiento de la infraestructura y uso de las áreas del proyecto minero, en la etapa de post cierre.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y post cierre
			X

III. Información requerida

- Propiedad del(os) predio(s) en donde se desarrolló el proyecto minero.
- Instrumentos de Desarrollo Territorial a nivel Municipal, Departamental y Nacional (Plan de Desarrollo Municipal-PDM, Plan Distrital de Desarrollo-PDD, Plan Nacional de Desarrollo-PND, entre otros)
- Instrumentos de Ordenación Territorial a nivel Municipal, Departamental y Nacional (Plan de Ordenamiento Territorial-POT, Plan Básico de Ordenamiento Territorial-PBOT, Esquemas de Ordenamiento Territorial-EOT, entre otros)
- Estado de la infraestructura disponible

IV. ¿Como identificar las limitantes y oportunidades para el aprovechamiento de la infraestructura y uso de las áreas del proyecto minero?

- a) En muchos casos no se podrá realizar uso del área ya que los predios no son propiedad del titular u operador del proyecto y estos se encuentran bajo la figura de servidumbre. Por lo cual el propietario tiene la potestad de decisión sobre estos al finalizar el proyecto minero.
- b) Si se tiene viabilidad para la utilización de las áreas se debe establecer el tipo de uso designado para el área según lo estipulado en los instrumentos

de desarrollo y ordenación territorial. Esto permitirá determinar que posibles usos y limitantes al momento de formular las alternativas de manejo del área en la etapa de post cierre, por ejemplo: recreación, conservación, ganadería.

- c) Para la utilización de la infraestructura disponible en la etapa de post cierre se debe establecer sus condiciones y pertinencia según la oportunidad de aprovechamiento identificada.
- d) Se debe establecer de ser posible la oportunidad de incorporar a la comunidad del área de influencia del proyecto en los procesos de aprovechamiento de la infraestructura y áreas de desarrollo del proyecto minero.

V. Acciones jurídicas

Respecto a la posesión de los predios para el uso en la etapa de cierre y post cierre es muy común que se presente que la propiedad del predio no es del titular, por lo que los residuos deberán ser utilizados solo para uso interno en retrolenado y reconfiguración morfológica y geomorfológica, se debe tener en cuenta que los usos que el propietario va a dar al suelo y lo señalado en el instrumento ambiental que por lo general será uso forestal, agricultura o ganadería, para este momento es importante que la caracterización y clasificación del residuo este completamente definida con el fin de determinar cómo y dónde utilizará los mismos.

Los instrumentos de desarrollo territorial son aquellos por los cuales se determinará el aprovechamiento y protección del uso del suelo del territorio nacional ya sea urbano o rural y será a partir de dichos instrumentos que se puede determinar qué uso se dará al suelo.

Cuando la propiedad del predio está en cabeza del titular minero, éste podrá disponer de él teniendo en cuenta igualmente los planes de desarrollo territorial y lo señalado en el instrumento ambiental con el fin de mejorar el entorno con la creación de parques solares, ecoparques que contribuyan al desarrollo de la región y sus comunidades.

8.5 LÍNEA ESTRATÉGICA DESARROLLO DE MODELOS DE NEGOCIO CIRCULAR

Reúne las acciones a desarrollar para la construcción de una propuesta de valor de negocio circular para los estériles y/o relaves y para otros sobrantes (salidas de agua, energía y/o materiales) generados en las etapas del ciclo de vida del proyecto minero.

LINEAMIENTO 1: Determinar posibles modelos de negocio a implementar

Componente 1: Identificación y selección de modelos de negocio para los estériles y/o relaves

I. Alcance

Construir una propuesta de valor de negocio circular para los estériles y/o relaves en el proyecto minero.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y abandono
X	X	X	X

III. Información requerida

- Caracterización mineralógica y geoquímica de los estériles y/o relaves
- Características del depósito y de los materiales.
- Recursos del proyecto minero (humano, técnico, financiero)
- Restricciones técnicas, legales, ambientales, económicas y sociales
- Mercado disponible

IV. ¿Cómo seleccionar los posibles modelos de negocio para estériles y/o relaves?

Identificar las limitantes y puntos críticos para el posible desarrollo de modelos de negocio

- a) El recurso humano, técnico y financiero disponible en el proyecto minero puede ser un limitante para el desarrollo de modelos de negocio circular,

por ejemplo, algunos negocios requieren de aplicaciones tecnológicas para su desarrollo lo que **implica inversión económica** y contar con **personal capacitado** lo que no todos los proyectos mineros pueden implementar.

- b) Para del desarrollo de modelos de negocio circular se deben tener en cuenta las restricciones de carácter técnico, legal, ambiental, económicas y sociales. Por ejemplo, en algunos casos la comercialización de materiales diferentes al mineral otorgado en el proyecto minero implica modificaciones al instrumento ambiental y/o minero representando una **limitante de carácter legal**.
- c) En muchas ocasiones se tiene potencialidad para el desarrollo de modelos de negocio circular pero un **limitante es el mercado disponible**. Por ejemplo, la ubicación del proyecto minero restringe el mercado para la comercialización de materiales con potencialidad de reutilización generados.

Analizar los modelos de negocio circular con potencial de desarrollo en el proyecto minero

- a) A partir del conocimiento de los estériles y/o relaves y del mercado disponible para estos, se podrán plantear la posibilidad de desarrollo modelos de negocio circular principalmente: **valoración de residuos y reutilización de productos y materiales para el cierre de su ciclo**.
- b) Los modelos de negocio circular con potencial de desarrollo se contrastarán con las limitantes y puntos críticos determinados, con el fin de establecer su alcance. Por ejemplo, si se plantea la comercialización del material estéril dentro de un modelo de valoración de residuos, se deben tener en cuenta las características y volumen del mineral, capacidad técnica para su procesamiento según los requerimientos del negocio, restricciones legales para su comercialización, necesidades del cliente, entre otros.
- c) Para el desarrollo de modelos de negocio circular en muchas ocasiones se deberán Implementar desarrollos tecnológicos para el procesamiento de los materiales que facilite el reúso, se identificarán escenarios para generar simbiosis industrial; involucrar sistemas de recolección y separación en la fuente, limpieza y procesamiento de materiales reciclados y su comercialización.

Principales modelos de negocio aplicables a los estériles y/o relaves

- a) **Valorización de residuos:** los modelos de valorización de residuos incluyen tecnología para el reciclaje, el aprovechamiento y tratamiento, lo que involucra sistemas de recolección y separación en la fuente, limpieza y procesamiento de materiales reciclados y su comercialización hacia nuevas aplicaciones¹²⁶.
- b) **Modelos circulares:** los modelos circulares de residuos procuran la reutilización de productos y materiales para el cierre de su ciclo. El material es reutilizado en su misma aplicación o en un nuevo uso¹²⁷.

¿Cómo plantear negocios circulares para estériles y/o relaves?

La empresa minera con base en un sondeo comercial debe tener claridad sobre la posibilidad de obtener recursos económicos a través de la demanda que existe y la oferta o volumen de material estéril y/o relave con potencial aprovechamiento que puede ofrecerse desde el proyecto minero. El modelo de negocio debe estar construido sobre bases realistas que permitan materializarlo. Es posible que existan minerales en los estériles que puedan aprovecharse económicamente, pero la tecnología a utilizar para su aprovechamiento y la demanda no necesariamente compensan el proyecto. Por tal motivo, es necesario aquí conformar equipos multidisciplinarios para lograr cerrar el modelo de negocio propuesto. Desde la parte técnica minera, ambiental, social y hasta la parte financiera.

En los proyectos mineros los estériles y/o relaves pueden convertirse en un elemento que adquiere un valor económico (**valorización de residuos**). Lo anterior a través de la investigación y sinergia con otros procesos que puedan aprovechar los recursos para favorecer otro tipo de economías, éstos pueden ser analizados desde la mineralogía con el fin de identificar y cuantificar minerales que pueden ser extraídos, dependiendo de su concentración y cantidad, así como identificar la posibilidad de generación de drenaje (ácido o básico) y tomar las medidas pertinentes para evitarlo y/o controlarlo.

126 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, Estrategia nacional de economía circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C. [Colombia].

127 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, Estrategia nacional de economía circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C. [Colombia].

Los estériles generados en el proyecto pueden ser usados en labores de reconformación, vitales para el cierre del proyecto y la finalización adecuada del ciclo minero (**modelos circulares**), permitiendo dejar las áreas intervenidas aptas para otro tipo de actividad económica o que provean de servicios ambientales a las comunidades del área de influencia. Es el caso del agua en reservorios o zonas restauradas para establecimiento de actividades agrícolas, pecuarias, forestales, turísticas, entre otras

V. Acciones jurídicas

Siempre que exista la posibilidad de comercialización de un mineral que no ha sido concesionado habrá que solicitar la modificación de los instrumentos técnicos y ambientales, si estos resultaren ser subproductos del mineral principal, solo se solicitarán ser incluidos en la concesión con el fin de considerarse económicamente explotable no solo como mineral directamente, sino como materia prima para otros productos como elaboración de bloques, postes, cemento, lozas, etc. Todas las actividades tendientes al aprovechamiento del residuo minero deben ser contempladas en los instrumentos técnico y minero en observancia de las normas ambientales, comerciales y políticas públicas y económicas que permitan iniciar otras actividades industriales encaminadas a negocios circulares que redundarán en el desarrollo sostenible de la región y el país. Las disposiciones legales aplicables para dar viabilidad a los negocios circulares están contenidas en la Constitución Política como norma de normas, en los artículo 79 y 80 señala el derecho del que goza toda persona a un ambiente sano y donde el Estado garantiza la planificación y aprovechamiento de los recursos naturales, la Ley 685 de 2001 y la Ley 99 de 1993 modificatorias y concordantes que dan las herramientas jurídicas para llevar a cabo procesos tendientes a una minería eficiente con el compromiso de impactar el medio ambiente de manera mínima.

VI. Desarrollo estudio de caso

Recuperación de oro y plata desde el depósito de relaves de Minera Meridian Ltda., Faena El Peñón, localizado en el desierto de Atacama, al norte de Chile.

Se seleccionaron algunas pruebas metalúrgicas al mineral para determinar la relación tales como:

- Lavado del Mineral de relaves

- Molienda del Mineral de relaves a distintas granulometrías para determinar la influencia de esta en la recuperación de mineral valioso
- Cianuración del mineral de relaves a distintos tiempos para determinar su influencia en la recuperación de oro y plata
- Concentración por flotación para determinar el porcentaje de mineral valioso que es recuperado en el concentrado.

El proceso productivo sería el mismo que se utiliza actualmente para recuperar oro y plata desde el mineral nuevo procedente de la mina, con la diferencia que este comenzará en la etapa de remolienda del mineral eliminando la etapa de chancado y sustituyendo la de molienda. Este tipo de estudios se pueden tomar como ejemplos de que, si es factible hacer recuperación de minerales a buena escala en los depósitos de relaves, lo cual podría aplicar en nuestro territorio.

LINEAMIENTO 1: Determinación de posibles modelos de negocio a implementar

Componente 2: Identificación y selección de modelos de negocio para otros sobrantes

I. Alcance

Desarrollar los modelos de negocio circulares para otros sobrantes (salidas de agua, energía y/o materiales) generados en las etapas del ciclo de vida del proyecto minero.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y abandono
X	X	X	X

III. Información requerida

- Caracterización de los flujos de agua (calidad, volumen, entre otras)
- Caracterización de los flujos de materiales-residuos (volumen, peligrosidad, frecuencia de generación, entre otras)
- Caracterización de los flujos de energía (gráficos de consumo y producción, índices de eficiencia, pérdidas en el consumo de energía, entre otras)

- Recursos del proyecto minero (humano, técnico, financiero)
- Restricciones técnicas, legales, ambientales, económicas y sociales
- Mercado disponible

IV. ¿Cómo seleccionar los posibles modelos de negocio?

En el año 2020, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, (ICONTEC), organismo nacional de normalización, según el Decreto 1595 de 2015, establece la *Guía Técnica Colombiana GTC 314 – 2020 “Marco para la implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones”*, elaborada por el CTN 14: Gestión Ambiental y herramientas para el desarrollo sostenible y ratificada por el Consejo Directivo de 2020-11-25.

La *GTC 314 – 2020* tiene por objeto ayudar a las organizaciones y los individuos a considerar e implementar prácticas más circulares y sostenibles dentro de sus negocios, ya sea a través de la mejora de las formas de trabajo, proporcionando más productos y servicios circulares, o rediseñando todo su modelo de negocio y su propuesta de valor.

Por lo tanto, y respondiendo a la inquietud de cómo aplicar los principios de la economía circular para crear valor directo e indirecto como resultado de la innovación en los procesos, productos o servicios o en los modelos de negocio, la *GTC 314 – 2020* presenta un marco flexible de ocho etapas como alternativas de solución para que las organizaciones implementen los principios de la economía circular en forma práctica.

- **Etapa 1. Establecimiento del Marco:** las organizaciones deberían determinar la pertinencia de la economía circular para sus negocios e identificar por dónde empezar. Para ello, se deberían llevar a cabo las siguientes acciones: a) Evaluar la situación actual y la relevancia de la economía circular, b) Mapeo de partes interesadas y, c) Generar conciencia y entusiasmo.
- **Etapa 2. Definición del Alcance:** al considerar una visión, un plan estratégico y una dirección para la actividad de la economía circular, las organizaciones deberían examinar cuidadosamente qué es posible y/o necesario en el contexto de la economía circular. Para ello, se deberían llevar a cabo las siguientes acciones: a) Identificar los sistemas que se van a explorar e influenciar, b) Comprender la visión actual de la

organización y cómo la economía circular podría apoyar o socavar la entrega de su propuesta de valor a largo plazo, c) Acordar la visión y la estrategia de alto nivel.

- **Etapa 3. Generación de Ideas:** las organizaciones deberían elaborar una lista de ideas/opciones para abordar los problemas y oportunidades identificados en la etapa 2 y darles prioridad de acuerdo con el contexto de su visión de la economía circular, su plan estratégico y sus objetivos. Para ello, se deberían llevar a cabo las siguientes acciones: a) Definir los objetivos y aclarar los resúmenes/temas para la exploración, b) Identificar la lista de ideas/opciones y priorizarlas en consecuencia.
- **Etapa 4. Factibilidad:** las organizaciones deberían evaluar la viabilidad del progreso de sus ideas/opciones prioritarias identificadas en la Etapa 3. Para ello, se deben llevar a cabo las siguientes acciones: a) Definir y emprender la evaluación de la factibilidad, b) Revisar y/o conformar ideas/opciones.
- **Etapa 5. Proyecto Empresarial:** las organizaciones deberían desarrollar un proyecto empresarial a fin de asegurar los recursos necesarios para poner a prueba nuevas ideas/opciones y luego aplicarlas, ampliarlas y ponerlas en marcha. Para ello, se deberían llevar a cabo las siguientes acciones: a) Desarrollar un proyecto empresarial detallado.
- **Etapa 6. Creación de Pruebas Piloto y Prototipos:** las organizaciones deberían experimentar con ideas/opciones a pequeña escala para determinar su viabilidad práctica. Para ello, se deberían llevar a cabo las siguientes acciones: a) Establecer propiedad y gobernanza, b) Desarrollar un plan para las pruebas piloto, la creación de prototipos o el desarrollo, c) Conducir y revisar la prueba piloto/el prototipo.
- **Etapa 7. Entrega e Implementación:** las organizaciones deberían ampliar/desplegar la adopción e integración de enfoques comprobados para la transición a un modo de operación más circular y sostenible. Para ello, se deberían llevar a cabo las siguientes acciones: a) Elaborar y ejecutar el plan de entrega y su aplicación, b) Mecanismos para medir el progreso a lo largo del tiempo.

- **Etapa 8. Realizar Seguimiento, Revisión e Informes:** las organizaciones deberían hacer un seguimiento del desempeño para asegurar el éxito constante y la mejora continua y transformadora. Para ello, se deberían llevar a cabo las siguientes acciones: a) Seguimiento y medición, b) Informe del avance y c) Mejora continua.

En términos de modelos de negocio, estos comprenden un sistema elegido por la organización de decisiones y actividades interconectadas e interdependientes, que determina la forma en que crea, entrega y captura el valor a corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, la innovación del modelo de negocio para la economía circular va más allá de los avances en los procesos y/o productos o servicios.

Por lo tanto, las siguientes áreas temáticas generales pueden ayudar a las organizaciones a identificar esos impedimentos tanto las de riesgos como de oportunidades que podrían afectar la consecución de sus objetivos de economía circular a partir de un grupo básico de cuestiones y consideraciones adicionales que las organizaciones podrían experimentar:

- **Económica:** los sistemas económicos existentes no siempre están bien diseñados para permitir enfoques más circulares para hacer negocios, desde la forma en que funcionan los seguros y los impuestos, pasando por los enfoques de contabilidad empresarial, la fijación de precios de los daños ambientales, los criterios para el rendimiento de las inversiones, hasta la forma en que las organizaciones reconocen y comunican los beneficios.
- **Técnica:** las iniciativas de circularidad a menudo pueden implicar el rediseño de productos y servicios, la aplicación/adopción de nuevas tecnologías, el uso de materiales alternativos/reúso de materiales existentes y los consiguientes impactos que estos cambios tienen en sistemas más amplios.
- **Política y Reglamentación:** en general, la reglamentación existente se ha desarrollado y desplegado en el contexto de una economía lineal. Como tal, las normas (por ejemplo, la forma en que se gestionan los artículos desechados, la manera en que colaboran las organizaciones o la forma en que se financian las empresas) no siempre apoyan la economía circular.

- **Comportamental:** el cambio de cultura es difícil dentro de una organización, y mucho menos en su cadena de valor, en su sector o en la sociedad en general. La cultura organizacional imperante podría no ser particularmente favorable a la adopción de un enfoque más circular de los negocios.
- **Organizacional:** los acuerdos de gestión y gobernanza que existen dentro de las organizaciones y entre ellas, también pueden permitir o impedir la transición a un modo de operación más circular y sostenible.

Principalmente la *GTC 314 – 2020* establece la línea base para la toma de decisiones acerca de la implementación y ejecución del nuevo modelo de economía circular en las organizaciones, a partir de iniciativas desarrolladas, estrategias y/o directrices que llevan a orientar las mismas de todo tipo y tamaño, a nivel global los pasos que pueden emprender para pasar a un modo de operación más circular y sostenible.

V. Acciones jurídicas

En cuanto a negocios circulares en materia de otros sobrantes como papel, vidrio, cartón, aparatos eléctricos y electrónicos, EPP generados durante el proyecto minero, si existe normativa expresa para aplicación de economía circular y diseños de negocios circulares como por ejemplo el Decreto 284 de 2018 que señala la gestión integral de los RAEE, Resolución 668 de 2016 que regula el uso racional de bolsas plásticas y la Ley 1955 de 2019 Plan Nacional de Desarrollo que introduce la estrategia nacional de economía circular con la que se busca fortalecer el modelo de desarrollo económico, ambiental y social.

Energía: el excedente de energía fue definido en la Ley 1715 de 2014 y permite la cogeneración y la eventual venta de energía lo que redundaría en la mitigación del impacto ambiental y el uso eficiente de este recurso, igualmente señala esta norma la generación de fuentes no convencionales de energías no renovables. En cuanto al programa del uso racional y eficiente de la energía fue acogido por la Resolución 180919 de 2010 prorrogada por la Resolución 41286 de 2016.

Agua: la Ley 373 de 1997 estableció el programa para el uso eficiente y ahorro de agua y en su artículo 5º indica el reuso obligatorio del agua, sea de origen subterráneo, superficial o lluvias. Para cualquier actividad que genere afluentes

líquidos, la Resolución 1207 de 2014 modificada por la Resolución 1257 de 2021 establece las líneas para mejorar la eficiencia en el uso de aguas residuales tratadas.

VI. Desarrollo estudio de caso

Guía de Manejo Ambiental del Flujo de Llantas en la Industria Minera Enfoque de Economía Circular

Marco de referencia aplicable al manejo interno de las llantas en la industria minera con diámetro superior a 24 pulgadas y sus alternativas de aprovechamiento en el ámbito de los modelos de la Estrategia Nacional de Economía Circular.

Los modelos de negocio circular planteados para el manejo de llantas de la industria minera se clasifican en dos grandes grupos: mejores tecnologías disponibles (modelos de valorización de residuos y modelos circulares) y mejores prácticas ambientales para el sector (modelos para extender la vida útil, productos como servicios y modelos de plataforma).

a) Mejores tecnologías disponibles

A continuación, se describen los modelos de valorización a desarrollar con las llantas usadas con diámetro superior a 24 pulgadas generadas en la industria minera.

Modelos de valorización de residuos

- **Trituración mecánica:** la recuperación del material troceado o granulado después de haber sido tratado mecánicamente para reducir su tamaño en forma granulada (conocido como TDA: (Tire-Derived Aggregate) se usa para canchas deportivas, parques infantiles, productos de caucho moldeado y como cobertura de superficies. Es también común el uso en formulaciones con asfalto, lo cual puede aumentar la vida útil del camino, carretera o autopista, así como una reducción considerable de ruido.
- **Pirólisis:** es la descomposición térmica del caucho en ausencia de oxígeno, que lo descompone químicamente en gasóleo, gas y negro de humo (Convenio de Basilea, 2011). Existen varias plantas de pirólisis en el país, ubicadas en Yopal, Funza, Manizales, Mosquera y Cali.

Modelos circulares

- **Uso en minería:** utilización de las llantas usadas en los fondos o bases de botaderos de material estéril y retrollenado como mecanismo de protección de taludes, tal y como se autoriza en el párrafo del artículo 23 de la Resolución 1326 de 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017) para los rellenos sanitarios¹²⁸. Dado que los botaderos y retrollenados de estéril, al igual que los rellenos sanitarios tienen como propósito la disposición de materiales, conforme a diseños específicos definidos a partir de las condiciones de permeabilidad y plasticidad del suelo y la estabilidad geotécnica del botadero, se considera que es viable su utilización para la protección de taludes¹²⁹.

Manejo de las llantas usadas con diámetro superior a 24 pulgadas generadas por la industria minera como sustituto de material estéril en la conformación de botaderos o retrollenados conforme a los diseños de estabilidad y geotecnia, lo cual además, bajo la visión de largo plazo de una operación minera, al momento del cierre de mina permite disminuir el déficit de estéril para el retrollenado al aumentar la cantidad de material disponible para el llenado de los tajos mineros; así mismo, minimiza la huella de carbono por la reducción de los costos energéticos asociados a las etapas logísticas de corte, triturado, transporte terrestre a las plantas de cogeneración o pirólisis ubicadas en zonas alejadas de los sitios de generación¹³⁰.

- **Uso en ingeniería:** este modelo envuelve aplicaciones en ingeniería civil tales como terraplenes, barreras de protección, parachoques, relleno de muros, aislamiento de caminos, drenajes de campos, humedales y como mecanismo para el control de la erosión y la escorrentía de aguas pluviales.
- **Reencauche técnico:** proceso mediante el cual se reemplaza la banda de rodamiento o el caucho de los costados de las llantas usadas con el objeto de prolongar su vida útil (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

¹²⁸ PARÁGRAFO. La utilización de llantas usadas para protección de taludes y fondos en los rellenos sanitarios no se considera disposición final.

¹²⁹ Guía de manejo ambiental del flujo de llantas en la industria minera enfoque de economía circular. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021

¹³⁰ Guía de manejo ambiental del flujo de llantas en la industria minera enfoque de economía circular. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021

b) Mejores prácticas ambientales para el sector

Modelos para extender la vida útil

- Selección adecuada de la llanta
- Factores operativos que influyen en la vida útil de las llantas
- Acopio de llantas nuevas
- Verificación de presión de inflado
- Reparación de llantas para operaciones fuera de carretera
- Manejo de llantas usadas, al interior de las instalaciones mineras

Modelos de productos como servicios

No existen antecedentes de la comercialización del servicio para el uso de llantas con rin superior a 24”, así como de vehículos de este tipo.

Modelos de plataforma

Para las llantas para uso en operaciones mineras, con rin superior a 24”, son conocidos el sistema de control de presión de llantas TPMS (siglas en inglés de Tyre Pressure Monitoring System) y sistemas de monitoreo de desempeño de la llanta.

LINEAMIENTO 2: Establecer potencial desarrollo de Simbiosis Industrial (SI)

Componente 1: Identificación y selección de intercambios entre empresas mediante Simbiosis Industrial

I. Alcance

Evaluar y seleccionar posibles intercambios entre empresas mediante la implementación de Simbiosis Industrial, teniendo en cuenta el contexto social, ambiental y económico en donde se desarrolla el proyecto.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y abandono
X	X	X	X

III. Información requerida

- Recursos del proyecto minero (humano, técnico, financiero)
- Características del entorno (ubicación, contexto ambiental, social y económico en donde se desarrolla el proyecto)
- Proximidad geográfica con otras industrias que puede facilitar el desarrollo de la Simbiosis Industrial.
- Identificación de posibles proyectos de Simbiosis Industrial
- Oportunidades de negocio
- Mercado disponible

IV. ¿Cómo seleccionar los posibles intercambios mediante Simbiosis Industrial?

Para el caso colombiano Ríos Paola y otra (2021) señalan, que según Chertow et al. (2008), se pueden distinguir tres tipos de intercambios entre empresas mediante la simbiosis industrial.

- El primero y uno de los que más se habla es el intercambio de subproductos, en el cual las empresas utilizan materiales desechados y desperdicios como materia prima.

- El segundo, es el uso compartido de servicios públicos y de infraestructura. Por ejemplo, las empresas pueden gestionar y usar conjuntamente recursos como el vapor, la electricidad y el agua.
- El tercer tipo es la prestación conjunta de servicios que no están directamente relacionados con el negocio de la empresa como por ejemplo servicios de seguridad o de limpieza.

Y a renglón seguido señalan que los tipos de intercambios de la simbiosis industrial también se pueden clasificar de acuerdo con la ubicación de las empresas, donde Chertow (2000) propone cuatro tipos de intercambios, así:

- El primero es dentro de una instalación, organización o empresa. Estos tipos de intercambios tienen lugar dentro de la misma empresa en lugar de ocurrir con agentes externos.
- El segundo tipo es entre empresas que están ubicadas en un Parque Eco-Industrial (PEI) definido, en este caso pueden ocurrir todos los tipos de intercambios, ya sea de materiales, energía, agua o servicios.
- En el tercer tipo se encuentra el intercambio entre empresas locales que no comparten la misma ubicación. Lo que facilita el intercambio en este caso no es la contigüidad de las empresas, sino su cercanía, y de esta manera se pueden aprovechar materiales, residuos y fuentes de agua o energía.
- El último tipo es entre empresas que están ubicadas en una región más amplia. Este tipo de intercambio depende de las conexiones entre empresas en lugar de su ubicación. La ventaja es que se pueden expandir los beneficios de la simbiosis industrial a una comunidad económica regional y potencialmente la identificación de intercambios que se pueden llevar a cabo incrementemente considerablemente.

V. Acciones jurídicas

La Ley 685 de 2001 en Capítulo XI de las Operaciones conjuntas en el artículo 101 permite la integración de áreas y señala que: *“las áreas correspondientes a varios títulos pertenecientes a uno o varios beneficiarios para un mismo mineral, fueren contiguas o vecinas, se podrán incluir en un programa único de exploración y explotación para realizar en dichas áreas sus obras y labores, simultánea o alternativamente, con objetivos y metas de producción unificados, integrándolas en un solo contrato. Con este propósito, los interesados deberán presentar a la autoridad minera el mencionado programa conjunto para su aprobación y del cual serán solidariamente responsables.*

En las áreas vecinas o aledañas al nuevo contrato de concesión, donde estuvieren en trámite solicitudes de concesión o mineros informales por legalizar, si hubiese consenso, se podrán integrar estas aéreas al mismo contrato de concesión.

Cuando en el programa único de exploración y explotación sólo queden comprometidas partes de las áreas correspondientes a los interesados, será opcional para estos unificar tales áreas en un solo contrato o conservar vigentes los contratos originales”.

Le es permitido al titular desde la integración de áreas iniciar actividades de simbiosis minera, el hecho de integrar dos o más áreas hace que se dé una mayor eficiencia en la utilización de recursos naturales (agua), energía, infraestructura, personal y que se generen menos residuos, lo que impacta positivamente en el cuidado del medio ambiente.

8.6 LÍNEA ESTRATÉGICA SEGUIMIENTO Y MONITOREO

Reúne las acciones a desarrollar para el establecimiento de indicadores de seguimiento y monitoreo que permitan medir el progreso y evaluar el impacto social, ambiental y económico de la implementación de la Economía Circular en el proyecto minero.

LINEAMIENTO 1: Diseñar y ejecutar un programa de monitoreo y seguimiento a la implementación de la Economía Circular

Componente 1: Definición de indicadores para la medición y mejora continua

I. Alcance

Obtener datos cuantitativos y cualitativos para determinar el impacto ambiental, social y económico del proyecto enmarcado en la Economía Circular.

II. Etapa del ciclo minero

Exploración	Construcción y montaje	Explotación	Cierre y abandono
X	X	X	X

III. Información requerida

Información proveniente de la materialización de los procesos anexos en relación con la Economía Circular que permitan confirmar si el modelo de negocio y/o las acciones implementadas cumplen con los objetivos planteados desde el ámbito ambiental, social y económico.

IV. ¿Cómo se hace el seguimiento a la implementación de la Economía Circular en el proyecto minero?

La información obtenida del modelo de negocio implementado debe generar datos veraces que garanticen el adecuado seguimiento, medición y mejora continua. Los datos pueden ser recopilados con formatos establecidos que arrojen la información de valor. Asimismo, la aplicación de tecnologías innovadoras permite que los datos o información requerida se capture en tiempo real (Internet of Things -IoT), logrando hacer análisis y los ajustes necesarios

para la mejora continua del proceso, tendiente a potenciar el modelo de Economía Circular.

Los principales objetivos de realizar el seguimiento son:

- Medir el nivel de cumplimiento de los objetivos planteados.
- Conocer el valor generado a la organización en las dimensiones económicas, ambientales y sociales.
- Identificar el nivel de avance y progreso hacia modelos de negocio circulares.
- Propender por la mejora continua de los sistemas de producto o servicio.

Para conocer el nivel de avance hacia modelos de negocio circulares, que a su vez les permita a las organizaciones alinear las iniciativas en torno a la economía circular con la estrategia empresarial, se toma como referencia la ruta trazada por Foretica (2019) en su informe “La medición de la economía circular”, la cual se plantea sobre una secuencia de tres preguntas que facilitarán el proceso de medición¹³¹.

a) ¿Qué medir?

Es preciso conocer y definir el alcance en el que una organización puede contribuir con la transición de un modelo lineal hacia uno circular, ya sea en la optimización de un producto/servicio o un proceso interno de la organización, o en términos económicos o de alcance distrital, regional o nacional, que cuentan con diferentes maneras de medir e interpretar los datos¹³².

Para el proyecto minero, la medición se puede enfocar en **métricas de eficiencia operacional** (medida de los principales flujos físicos de entrada y salida en la organización, incluyendo su cadena de valor. Ejemplo: toneladas de materias primas, volumen de agua, toneladas de residuos, etc.)¹³³ y en **métricas de desempeño** circular (medida del potencial circular de la organización que considera sus propias operaciones y las de su cadena de valor)¹³⁴.

¹³¹ Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular. Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C.,2020.

¹³² Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular. Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C.,2020.

¹³³ Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular. Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C.,2020.

¹³⁴ Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular. Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C.,2020.

Los datos relacionados con los flujos de entrada y salida se deben identificar desde la fase de Exploración del proyecto y a lo largo de todas las etapas del ciclo minero, lo cual permite establecer la línea base sobre la cual se pueden plantear los indicadores de seguimiento del estado de mejora en relación con la implementación de las acciones enmarcadas en la Economía Circular y/o en los modelos de negocio implementados.

b) ¿Cómo medir?

Actualmente existen marcos, herramientas y estándares que les facilitan a las organizaciones medir el avance de la transición hacia modelos de negocio circulares con diferentes enfoques, por sectores económicos, materiales, fases de la cadena de valor, madurez de la organización entre otros. Con base en los cinco modelos de negocio circulares presentados, se recomiendan algunos indicadores que puede tener en cuenta para el seguimiento del proyecto¹³⁵.



Figura 9. Indicadores guía por modelo circular.

Fuente: Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular. Secretaría Distrital de Ambiente - Bogotá D.C.,2020.

Para mayor comprensión, los modelos de negocio de la figura anterior son:

Valoración de residuos: recuperación de productos

Modelos circulares: suministros circulares

¹³⁵ Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular. Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C.,2020.

Modelos de extender la vida útil: prolongación de la vida útil del producto
Modelos de productos como servicios: pago por servicios
Modelos de plataforma: uso compartido de plataformas

A continuación, se listan algunos marcos empresariales de medición existentes en el mundo, que pueden servir de guía para la definición de indicadores dentro del proyecto minero.

Tabla 6. Marcos de referencia de indicadores.

Marco de indicadores	Hipervínculo
Indicadores de circularidad de la fundación Ellen MacArthur	https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/recursos/practical-measurements-tools
Métricas circulares de WBCSD	https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Metrics-Measurement/Resources/Landscape-analysis
GTC 314 ICONTEC Marco para la implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones	https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%209/2_Gu%C3%ADa_t%C3%A9cnica_colombiana_marco_principios_econom%C3%ADa_circular_ICONTEC.pdf

Fuente: Adaptado de Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular. Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C., 2020.

c) ¿Para qué medir?

En la evaluación del proceso se busca comparar el punto de partida (línea base) con la situación que se ha alcanzado a través de la implementación de las acciones enmarcadas en la Economía Circular y/o en los modelos de negocio implementados. Con esto, se espera establecer si la intervención que se ha venido realizando va en concordancia con la estrategia planteada y si los resultados obtenidos son los esperados.

A continuación, se presentan los criterios más importantes para tener en cuenta en la definición y lectura de los indicadores para el proceso de evaluación¹³⁶:

- **Pertinencia:** se refiere a si el proyecto en economía circular planteado está alineado con las prioridades/fines de las organizaciones y aliados implicados en este.
- **Eficiencia:** se trata de establecer de qué manera se usan los recursos y medios disponibles para alcanzar los objetivos propuestos.
- **Impacto:** hace referencia a los efectos previstos o imprevistos, tanto positivos y negativos, que han surgido en el desarrollo del proyecto.

¹³⁶ Guía Distrital para la transición hacia modelos de negocio circular. Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C., 2020.

- **Viabilidad:** se refiere a la capacidad de permanencia en el tiempo de los efectos positivos provocados.

Dentro de las herramientas de seguimiento se destacan las encuestas, listas de chequeo, mediciones directas, análisis documental, análisis costo/beneficio, la observación, entre otras.

Es importante que el proyecto mida y monitoree el progreso para asegurar el éxito de las oportunidades de Economía Circular identificadas y que hacen parte de la estrategia de la empresa. Para esto se propone establecer indicadores de desempeño acordes a la naturaleza de la empresa y las oportunidades de circularidad identificadas, de modo que permitan medir los avances y generar un plan de monitoreo y seguimiento con metas para estos indicadores. A continuación, se presentan algunos indicadores que podrían ser considerados¹³⁷.

d) Indicadores sugeridos¹³⁸

Financieros:

- % Ventas negocios circulares (VNC) con respecto a las ventas totales (V) [$\$VNC/\V]
- Productividad de materias primas (MP) [$\$V/\text{Vol. MP}$]
- Productividad del agua [$\$V/\text{m}^3$ consumidos]
- Productividad energética [$\$V/\text{Kwh}$ consumidos]
- Productividad de la tierra [$\$V/\text{Ha}$]
- Intensidad de materias primas [Vol. MP/ $\$V$]
- Intensidad del agua [m^3 consumidos / $\$V$]
- Intensidad energética [KWh consumidos / $\$V$]
- Costos de materias primas [$\%\$MP/\V]
- Costos de gestión y disposición de residuos ordinarios y especiales (GIR) [$\$GIR/\V]
- Costos de gestión y disposición de residuos peligrosos (RESPEL) y [$\$RESPEL/\V]
- Costos de gestión y disposición de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEES) y [$\%\$RAEES/\V]

¹³⁷ Guía Empresarial “Economía circular una forma diferente de hacer negocios sostenibles”. Centro Nacional de Economía más limpia – Colombia Productiva

¹³⁸ Guía Empresarial “Economía circular una forma diferente de hacer negocios sostenibles”. Centro Nacional de Economía más limpia – Colombia Productiva

- Aumento eficiencia operativa - ROI ambiental [VNC+Ahorros en costos de MP + Beneficios Tributarios/ Inversiones Ambiental]

Ambientales:

- Índice de consumo de materia prima [Vol. Consumido/Vol. producción]
- Índice de consumo de agua [Vol. Consumido/Vol. Producción]
- Índice de consumo energético [KWh consumidos /Vol. Producción]
- % Consumo de energías alternativas [(kWh Energía Renovable+ kWh coprocesamiento)/kWh totales de energía]
- % recirculación de agua [m³ tratados y recirculados/ m³ totales de agua consumida]
- m3 Vertimientos
- Tasa generación de residuos (Vol. Residuos/ Vol. Producción)
- Tasa generación de RESPEL (Vol Respel/Vol. Producción)
- Tasa generación RAEES (Vol. RAEES/Vol. Producción)
- %Reciclaje [Vol. Residuos Reciclados / Vol. Residuos generados]
- Emisiones de CO2 [Kg CO₂ equivalente/ Vol. Producción]

Sociales:

- Nuevos empleos generados directos e indirectos [#]
- Actores locales articulados [#]
- Horas de trabajo voluntarias en trabajos locales [Hrs]
- Clientes atraídos [#]
- Líneas sociales lanzadas [#]

Comerciales:

- % productos circulares en el portafolio [#referencias circulares ofertadas/#referencias totales ofertadas]
- Venta de bienes refabricados [\$ Refabricados/\$V]

V. Acciones jurídicas

Dentro de la estrategia del negocio minero se encuentra la de gestión del riesgo, la cual permite al minero incorporar a su planeamiento minero todas las herramientas físicas y tecnológicas que le permitan hacer control y seguimiento, no solo cuando se explota el mineral sino también cuando adelanta actividades de negocios circulares, toda vez que lo que no es medible no puede ser controlado ni gestionado. Actualmente se cuenta con la Guía Técnica Colombiana 314 del ICONTEC, en la que se establece el marco para la

implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones, que debe ser acogida por el sector minero para su aplicación en temas de gestión.

9. RECOMENDACIONES

Es bien sabido que la minería crea un volumen considerable de desechos (roca estéril, sobrecarga, emisiones, relaves, agua tratamiento de lodos y agua de mina). Sin embargo, Hay una variedad de aspectos de circularidad que se puede perseguir dentro de las operaciones mineras. Es importante que las asociaciones mineras nacionales adelanten orientación y desarrollen programas para ayudar a que sus miembros cumplan con altos estándares y comparten las mejores prácticas y donde se incluya la verificación externa de desempeño.

Varios gobiernos están comenzando a crear políticas, leyes y reglamentos para promover el desarrollo de una economía más circular. Desde 2019 se diseñó en el país la Estrategia Nacional de Economía Circular, donde se emplean a las cadenas de valor o suministros sostenibles y los parques industriales ecoeficientes como vehículos para su promoción. La Estrategia, contempla dentro de sus mecanismos de gestión de la economía circular, incentivos para empresas y emprendimientos que incluyen capacitación, acompañamiento técnico y beneficios tributarios para aquellas empresas que elaboren proyectos de economía circular. Es importante enfatizarlo para el sector minero.

También se hace indispensable que la institucionalidad consolide la información estadística que se recolecte sobre los proyectos de Economía Circular en el sector minero, para que, de este modo, se pueda no sólo hacer un seguimiento, sino una evaluación que muestre si se han alcanzado las metas propuestas. Allí no solo deben integrarse seguimientos a indicadores económicos y ambientales, sino también sociales y específicamente en términos de empleo y condiciones laborales.

Finalmente, se recomienda que se promueva el acompañamiento y promoción de la Simbiosis Industrial por parte de los gobiernos locales, autoridades ambientales, y asociaciones de empresarios en general. Lo anterior, permitirá trabajar en conjunto con los sectores productivos y la comunidad para desarrollar estrategias de simbiosis industrial, que no sólo significaría mejorar en el desarrollo económico regional sino también generar mejoras en cuanto a la calidad de vida, condiciones laborales y bienestar de las personas locales.

Generar mayor difusión de la información por parte de los entes territoriales, departamentales y a nivel nacional respecto a toda las posibles formas de acceder al sector bancario, a entidades académicas e investigación toda vez que

para iniciar negocios que redunden en la aplicación de la economía circular requiere de costos adicionales para plantas, maquinaria y equipos tecnológicos, lo que impide al pequeño y mediano minero desarrollar proyectos en otras líneas productivas, así mismo es necesario de profesionales calificados y especializados y mano de obra para iniciar este a industrias diferentes a la del sector minero.

10. CONCLUSIONES

Las líneas estratégicas, definidas en este documento, sobre la potencial generación de circularidad en las etapas del ciclo minero, reúne las acciones a desarrollar durante las actividades de cada una de estas etapas y constituyen una herramienta fundamental para identificar procesos productivos genéricos y conocer de manera preliminar los posibles flujos de Energía, Agua, Residuos, Recurso Humano y demás asociados al proceso.

Los lineamientos descritos permiten que desde la etapa de exploración se disponga de un diagrama de circularidad para todo el ciclo minero y se cuente con elementos necesarios para la planificación y diseño de acciones que contemplen las entradas y salidas de los procesos a desarrollar en las siguientes etapas.

Dentro de los Lineamientos, se listan a manera de guía las principales actividades en las que pueden implementarse estrategias de economía circular relacionadas con el proceso de excavación y construcción, así como en la etapa de explotación, cierre y postcierre, lo cual sirve de referencia para su implementación.

A través de modelos de negocio más innovadores se podría contribuir a crear una cadena de valor económico a partir de residuos mineros junto con la regulación que promueve una mayor utilización de los recursos. Para impulsar un cambio en la gestión de residuos mineros, se plantean algunos lineamientos de modelos de negocios que determinan factores tanto económicos, técnicos, ambientales y sociales, que contribuyen a impulsar procesos de economía circular.

Los lineamientos expuestos fijan pautas para adelantar acciones hacia la Economía Circular. No obstante, se requiere identificar indicadores y, finalmente, contar con opciones de política para mejorar la circularidad en la industria minera, donde se contemple entre otras la reducción de la huella ambiental, una economía circular donde los residuos mineros se transforman en productos útiles y adaptación sistémica al cambio climático.

Actualmente el marco normativo existente en Colombia no se encuentra enfocado exclusivamente a la gestión y manejo del estéril minero; sin embargo, la legislación que aborda la temática ha sido elaborada desde el sector minero y ambiental, presentando de manera general el tema sin ahondar particularmente

en éste. En el desarrollo del presente proyecto a través de la interacción con las empresas mineras, actores del sector, revisión normativa y bibliográfica se ha logrado identificar la necesidad de desarrollar un marco normativo que permita suplir vacíos legales que limitan o dificultan el desarrollo de alternativas encaminadas a la gestión sobre todo del estéril minero a través de su aprovechamiento efectivo encaminada a la economía circular. Si bien no existen normas expresas para el manejo y gestión de estériles tendientes a aplicar economía circular, si se ha proferido normas que pueden ser aplicadas en cumplimiento de las disposiciones constitucionales para garantizar el ambiente sano, la sostenibilidad y la productividad económica y; de acuerdo con los compromisos del gobierno con los ciudadanos y a nivel internacional para mitigar los impactos negativos al medio ambiente.

Cabe resaltar que la comunidad en general tanto nacional como internacional ha puesto todo su interés en generar alternativas normativas y soluciones legales que permitan dar salida a la problemática que se viene presentando desde hace tiempo respecto a cambio climático y la generación de altas cantidades de CO2 y emisiones de gases, así como también la generación de materiales y residuos contaminantes, es por ello que desde el sector minero en cabeza del Ministerio de Minas y Energía se vienen adelantando actividades tendientes a crear instrumentos que permitan dar alternativas para la gestión de estériles y residuos (sobrantes) en minería, señalando que normas pueden ser aplicables para el desarrollo y aplicación de negocios circulares que sería el fin mismo de este proyecto.

11. BIBLIOGRAFÍA

African circular economy alliance, konrad adenauer and dalberg (2020). Increasing Circularity in Africa’s Mining Sector.

Alberruche del Campo, E., Arranz-González, J. C., Rodríguez-Pacheco, R., Vadillo-Fernández, L., Rodríguez-Gómez, V., & Fernández-Naranjo, F. J. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos de Instalaciones de Residuos de Industrias Extractivas Cerradas o Abandonadas; Instituto Geológico y Minero de España-Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: Madrid, Spain,

BORREGAARD, N. Análisis de cuatro aspectos ligados al desarrollo de la actividad: Valorización económica de los impactos ambientales en la minería chilena. En: Ambiente y Desarrollo. Vol. 17. 2001. p. 50-58. Disponible en: https://www.academia.edu/23663486/Borraagaard?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page

Bellenfant, G, Guezennec, AG, Bodenan, F, D’Hugues, P & Cassard, D 2013, 'Reprocessing of mining waste: combining environmental management and metal recovery?', in M Tibbett, AB Fourie & C Digby (eds), Mine Closure 2013: Proceedings of the Eighth International Seminar on Mine Closure, Australian Centre for Geomechanics, Cornwall, pp. 571-582, https://doi.org/10.36487/ACG_rep/1352_48_Bellenfant

Bustamante, P. Maya, O. Romero T. (2021). Informe economía circular sector minero colombiano. Colombia.

Cerón Cerón, A. M., & Gutiérrez Arango, C. (2019). Elaboración de unidades de mampostería perforada de concreto utilizando relaves provenientes de la minería de agregados. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/18152>

Comber, N., Federico, M. V., & Moriena, N. (2013). *Basura Cero en Buenos Aires* (Doctoral dissertation, Universidad Argentina de la Empresa). Disponible en: <https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/3935/Comber.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Comisión Europea, (CE) Finance Expert Group, (2020). Categorisation System for the Circular Economy. DOI: 10.2777/172128

Comisión Europea - Eco Efficiency Consulting and Engineering Ltd. (2019) Development of a guidance document on best practices in the Extractive Waste Management Plans.

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (CONPES). (2016) Política Nacional de Desarrollo Productivo. Departamento Nacional De Planeación. República de Colombia

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (CONPES). (2018). Política de Crecimiento Verde Departamento Nacional De Planeación. República de Colombia <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Pol%C3%ADtica%20CONPES%203934/CONPES%203934%20-%20Pol%C3%ADtica%20de%20Crecimiento%20Verde.pdf>

Consultoría e Ingeniería de Eco Eficiencia Ltd. en Colaboración Con Wefalck, Pöyry Finland Oy, Botond Kertész & CRS Ingeniería. (2019). Circular economy action. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f18472f8-36aa-11e9-8d04-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-87989698>

Corporación Autónoma Regional de Risaralda, (CARDER). (2010). Guía para la elaboración del programa de uso eficiente y ahorro del agua en la minería de metales preciosos y carbón PUEAA. Disponible en: https://issuu.com/carderrisaralda/docs/cartilla_pueaa_final

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). Economía Circular- Primer reporte 2020 <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/economia-circular/presentacion-economia-circular-1-reporte.pdf>

Decreto Supremo N. ° 248. (2007). Reglamento para la aprobación de proyectos de diseños, construcción, operación, y cierre de los depósitos de relaves. Ministerio de Minería Chile. Disponible en: https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/01/DS248_Reglamento_DepositosRelave.pdf

Decreto 1077 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.”

RR Donnelley, (2010). scotland’s zero waste plan. Nature Scotland - Scottish Government. Disponible en: <https://www.gov.scot/binaries/content/documents/govscot/publications/strategy-plan/2010/06/scotlands-zero-waste-plan/documents/00458945-pdf/00458945-pdf/govscot%3Adocument/00458945.pdf>

Estrategia nacional de economía circular : Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio Industria y Turismo., Coord.: Saer, Alex José ; González, L

<http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf> 637176135049017259.pdf

Fundación Ellen Macarthur (2020). Financiamiento de la Economía Circular. Disponible en: <https://emf.thirdlight.com/link/j1bvra4lsefh-xf7zvp/@/folder/1#id=1>

Gobierno de la República de Colombia. (2020) Activando la economía circular en tiempos de cambio. INNpuls Colombia. Disponible en: https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%204/1_Articulacion_economia_circular_tiempos_de_cambio.pdf

Gobierno de la República de Colombia. (2019). Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C., Colombia. Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Golev, A; Lebre, E, Corder, G. 2016). The contribution of mining to the emerging circular economy. Principal Research Fellow, Sustainable Minerals Institute, the University of Queensland. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316636920_The_contribution_of_mining_to_the_emerging_circular_economy

Kishimoto, F. (2021). El sector minero y su rol como impulsor de la economía circular en el Perú. Perú.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, (ICONTEC). (2020). GTC 314 Marco para la Implementación de los Principios de la Economía Circular en Las Organizaciones (BS 8001-2017). Disponible en: <https://tienda.icontec.org/sectores/servicios-organizacion-de-la-empresa-gestion-y-calidad-administracion-transporte-sociologia/organizacion-y-gestion-administrativa-sistemas-de-gestion/organizacion-y-gestion-administrativa-en-general.html>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2020). GTC 314 Marco para la implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones (BS 8001-2017). CTN 14 –Gestión Ambiental y herramientas para el Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%209/2_Gu%C3%ADa_t%C3%A9cnica_colombiana_marco_principios_econom%C3%ADa_circular_ICONTEC.pdf

Jarvis, A. P., Alakangas, L., Azzie, B., Lindahl, L., Loredó, J., Madai, F., ... & Wolkersdorfer, C. (2012, May). Developments and challenges in the management of

mining wastes and waters in Europe. In 9th International Conference on Acid Rock Drainage, Ottawa, Canada (p. 203). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262535889_Developments_and_Challenges_in_the_Management_of_Mining_Wastes_and_Waters_in_Europe

Lehmann, L. (2019). Economía circular el cambio cultural: de la gestión de residuos a la gestión de recursos. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: prosa y Poesia Amerian Editores, 2019. Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2955>

Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, (CEID), la Fundación Konrad Adenauer (KAS) y Basura Cero. Global. (2019). Memorias XII Congreso Internacional de Medio Ambiente. Economía Circular una herramienta para el desarrollo de los ODS. Disponible en: <https://www.basuraceroglobal.com/wp-content/uploads/2020/08/Memorias-XII-Congreso-Internacional-de-Medio-Ambiente-2020.pdf>

Ministerio de Minas y Energía - Dirección de Minería Empresarial, 2021. Economía Circular en el sector minero colombiano “Una oportunidad para la productividad de la minería”. Bogotá D.C., Colombia

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2008). Guía empresarial: Economía circular. Disponible en: <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-capacita/publicaciones/transversales/guia-empresarial-de-economia-circular/200310-cartilla-economia-circular>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010) Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 124 p. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>

Naciones Unidas (2014). Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) 2012, Marco Central. Comisión Europea. Disponibilidad en: <https://cepal.org/sites/default/files/document/files/scae-prologo.pdf>

Ortiz, J. S. (2019). Modelos empresariales de economía circular en pymes de Cali. Universidad Icesi. Disponible en: http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/84703

ONU Programa para el Medio Ambiente. (2020). Economía Circular resiliente e inclusiva para reconstruir mejor y más verde. Disponible en:

https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32922/Ekonomi%CC%81a%20Circular_ALC.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Pauliuk, S. (2017) Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. Resources, Conservation and Recycling. Volume 129, February 2018, Pages 81-92. Alemania. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.019>

Park, J. M., Park, J. Y., & Park, H. S. (2016). A review of the National Eco-Industrial Park Development Program in Korea: Progress and achievements in the first phase, 2005–2010. Journal of cleaner production, 114, 33-44. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615012160>

RESOLUCIÓN 1207 De 2014. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_1207_2014.htm

Resolución 1407 de 2018. Responsabilidad extendida del producto para envases y empaques. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <http://www.andi.com.co/Uploads/RES%201407%20DE%202018.pdf>

RESOLUCIÓN 1457 de 2010. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Disponible en: <https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/resoluciones/resolucion-1457-de-2010.aspx>

Resolución 41286 de 2016. Ministerio de Minas y energía. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/documents/resolucion_41286_de_2016_proure.pdf

Resolución 40599, 2015. Glosario Técnico Minero. Ministerio de Minas y Energía. Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/res_40599_15_glosario_tecnico_minero.pdf

Ribeiro Duthie, Ana Cristina. (2017). Economía Circular y el papel de la minería. Presentación – ResearchGate.

Schröder, P., Albaladejo, M., Ribas, P., MacEwen, M., & Tilkanen, J. (2020). The circular economy in Latin America and the Caribbean: opportunities for building resilience. Chatham House Research Paper. https://catedrarses.com.do/dnn4less.net/Portals/0/OpenContent/Files/468/The_circular_economy_in_Latin_America_and_the_Caribbean_compressed.pdf

Soberón, L. (2020). Aplicación de economías circulares en minería (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica del Perú-. MINERALS AND METALS, CIRCULAR ECONOMY GLOBAL SECTOR BEST PRACTICES SERIES. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/16891>

Sudha J. Goyal, D. (2004) Fly ash as a soil ameliorant for improving crop production—a review. Department of Biotechnology and Environmental Sciences, Thapar Institute of Engineering and Technology, Deemed University, 6 Patiala 147 004, Punjab, India

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME- UIS). (2018). Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular, contrato interadministrativo CI-049-2018.