

**Universidad Andina Simón Bolívar**

**Sede Ecuador**

**Área de Gestión**

Maestría Profesional en Gerencia de la Calidad e Innovación

**Propuesta de diseño de una guía de procesos para la pequeña minería  
en el Ecuador basada en los principios de la economía circular**

**Caso proyecto minero METALESA S.A.**

Esteban Francisco Hidalgo Bastidas

Tutora: Marcia Elena Almeida Guzmán

Quito, 2023

Trabajo almacenado en el Repositorio Institucional UASB-DIGITAL con licencia Creative Commons 4.0 Internacional

	<b>Reconocimiento de créditos de la obra</b> No comercial Sin obras derivadas	
---	---	---

Para usar esta obra, deben respetarse los términos de esta licencia



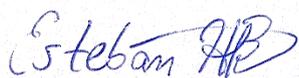
## Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Esteban Francisco Hidalgo Bastidas, autor del trabajo intitulado “Propuesta de diseño de una guía de procesos para la Pequeña Minería en el Ecuador basada en los principios de la Economía Circular. Caso proyecto minero METALESA S.A.”, mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Maestría Profesional en Gerencia de la Calidad e Innovación en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus Anexos en formato impreso y digital o electrónico.

3 de enero de 2023

Firma: \_\_\_\_\_





## Resumen

La actividad minera en el Ecuador actualmente se cataloga como una actividad extractivista que contamina y destruye el medio ambiente. Sin embargo, durante la época económica más dura para el país, provocada por la crisis de la pandemia de COVID-19, la minería formó parte de los sectores estratégicos productivos que se mantuvieron operando en el país. Contradicción que generó gran interés social, científico y académico por lo que, a través de la evidencia empírica, en esta investigación, se busca identificar los aportes y daños generados por la Pequeña Minería en los aspectos económicos, sociales y ambientales.

Este estudio analiza estos factores desde un proyecto minero en operación, el caso de METALESA S.A., identificando sus procesos y proponiendo mejoras, fundamentadas en los principios de economía circular, que contribuyan a su sostenibilidad y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 8 y 12, aportando a la reducción de la contaminación ambiental, generando un impacto económico y social positivo.

Las mejoras contenidas en esta propuesta se direccionan específicamente a procesos operativos y misionales de la organización, que coadyuven directamente sobre los costos y eficiencia de la operación minera.

Mediante una investigación cualitativa de tipo exploratorio, descriptivo y documental se recabó y analizó la información obtenida a través de fuentes bibliográficas primarias y secundarias que permitieron generar la propuesta de guía de procesos, basada en los principios de la economía circular, para este proyecto minero.

Concluyéndose que esta guía ayudará a las empresas de la pequeña minería a trabajar de manera más responsable y amigable a través de la obtención sostenible de recursos, extensión del ciclo de vida, la gestión de materias primas y el fin de la vida útil del producto.

Palabras clave: Pequeña minería, economía circular, sostenibilidad, Objetivos de Desarrollo Sostenible, ciclo de vida



A mis queridos padres Edwin y Lilyana, que desde la infancia me enseñaron a madrugar y trabajar duro por mis sueños, han sido luz y guía de mi vida, con su ternura y mano dura me supieron guiar en cada momento.

A mis hermanos Edwin y Juan Pablo, que me han demostrado que los sueños son alcanzables y, que no existe meta que no se pueda alcanzar si se trabaja con amor, pasión y perseverancia.

A Marcia Almeida G., por sus consejos, ayuda y empuje para culminar este reto académico y profesional.

A los integrantes del proyecto METALESA S.A. por su entera colaboración y paciencia durante la fase de campo.



## Tabla de contenidos

Figuras y tablas.....	13
Introducción.....	14
Capítulo primero: Marco referencial .....	17
1. Marco teórico.....	17
1.1. Definiendo la Economía Circular .....	17
1.2. Principios de la economía circular.....	19
1.3 Enfoque a procesos .....	20
1.4 Cadena de valor .....	22
1.5 Pequeña Minería .....	22
1.6 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	23
2. Marco normativo.....	26
2.1 Norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901 .....	26
2.2 Libro blanco de economía circular .....	27
2.3 Norma UNE 22480:2019 Sistema de gestión minero – mineralúrgica - metalúrgica sostenible .....	28
2.4 Norma ISO 14044:2006 Gestión ambiental – Evaluación del ciclo de vida – Requisitos y directrices.....	30
3. Marco Legal.....	32
3.1 Constitución de la República del Ecuador.....	32
3.2 Ley de Minería.....	32
3.3 Reglamento al Régimen Especial de Pequeña Minería .....	34
3.4 Ley de Economía Circular .....	35
Capítulo segundo: Identificación de la situación actual del proyecto minero METALESA S.A.....	37
1. Breve reseña histórica de la minería en el Ecuador .....	37

2. Contexto del proyecto minero METALESA S.A. ....	39
3. Metodología de investigación.....	49
4. Diagnóstico de la situación actual de la gestión por procesos en el proyecto METALESA S.A.....	49
4.1. Filosofía de la empresa .....	49
4.2. Diagnóstico y levantamiento de información .....	50
Capítulo tercero: Propuesta de una guía de procesos de economía circular en el proyecto minero METALESA S.A. ....	53
1. Mapa de Procesos actual del proyecto minero METALESA S.A. ....	53
2. Análisis del contexto interno y externo del proyecto METALESA S.A. ....	61
2.1 Análisis FODA del proyecto METALESA S.A. ....	61
2.1.1 Análisis de evaluación de diagnóstico mediante herramienta FODA .....	62
2.2 Análisis del macroentorno, herramienta PESTAL .....	64
2.2.1 Análisis del contexto con herramienta PESTAL .....	65
2.3 Análisis y discusión de la información de diagnóstico.....	67
3. Identificación y generación del mapa de procesos basado en la economía circular..	68
4. Caracterización de procesos misionales .....	73
5. Determinación y propuesta de indicadores.....	78
6. Mejora continua .....	81
Conclusiones.....	83
Obras citadas.....	86
Anexos: Determinación y propuesta de indicadores .....	89
Anexo 1: Indicador de producción anual.....	89
Anexo 2: Ventas netas anuales .....	90
Anexo 3: Ratio de inversión .....	91
Anexo 4: Inversión Geológica y minera .....	92
Anexo 5: Materias consumibles.....	93
Anexo 6: Valoración de la relación socioeconómica.....	94

Anexo 7: Registro de atención al ciudadano .....	95
Anexo 8: Plan de comunicación con el ciudadano .....	96
Anexo 9: Balance contable de influencia socioeconómica.....	97
Anexo 10: Servicios para el ciudadano.....	98
Anexo 11: Indicador de empleo.....	99
Anexo 12: Contratos de empleo local.....	100
Anexo 13: Capacitaciones al personal .....	101
Anexo 14: Índice de disminución de accidentes.....	102
Anexo 15: Disminución de accidentes con bajas.....	103
Anexo 16: Disminución de la gravedad de los accidentes.....	104
Anexo 17: Índice de incidentes.....	105
Anexo 18: Inversión ambiental.....	106
Anexo 19: Cuenta de consumo energético .....	107
Anexo 20: Cuenta de generación de gases de invernadero.....	108
Anexo 21: Emisión de gases NOx .....	109
Anexo 22: Reducción de emisiones de polvo.....	110
Anexo 23: Demanda de agua fresca .....	111
Anexo 24: Consumo de agua reciclada.....	112
Anexo 25: Consumo total de agua.....	113
Anexo 26: Demanda de superficie de suelo.....	114
Anexo 27: Inversión en planes ambientales .....	115
Anexo 28: Uso de sustancias peligrosas .....	116
Anexo 29: Cuenta de vertidos.....	117
Anexo 30: Cuenta de residuos sólidos.....	118
Anexo 31: Índice de reciclaje de residuos sólidos.....	119
Anexo 32: Uso de residuos externos.....	120
Anexo 33: Índice de reciclaje de residuos .....	121

Anexo 34: Índice de reducción de estériles ..... 122

## Figuras y Tablas

Figura 1. Elementos de un proceso.....	21
Figura 2. Máscara sol de oro .....	38
Figura 3. Diagrama de flujo general del Proyecto Minero METALESA S.A.....	40
Figura 4. Diagrama de Flujo de Obtención de Recursos Minerales .....	41
Figura 5. Diagrama de flujo de proceso de Minado .....	43
Figura 6. Diagrama de Flujo de proceso de Procesamiento de minerales .....	46
Figura 7. Diagrama de Flujo de proceso de Comercialización de minerales .....	48
Figura 8. Descripción del proyecto METALESA S.A, 2021 .....	49
Figura 9. Misión y visión de proyecto METALESA S.A., 2021 .....	50
Figura 10. Diagrama de flujo de procesos METALESA S.A .....	56
Figura 11. Mapa de procesos del Proyecto METALESA S.A. ....	60
Figura 12. Propuesta de Nuevo mapa de procesos METALESA S.A.....	69
Figura 13. Diagrama de Flujo de proceso circular METALESA S.A.....	72
Figura 14. Caracterización de procesos – Proceso de exploración.....	74
Tabla 1 Dimensiones de la Economía Circular .....	18
Tabla 2 .....	56
Tabla 3 Matriz de Análisis FODA.....	61
Tabla 4 Análisis de macroentorno – Herramienta PESTAL .....	65
Tabla 5 Matriz de análisis de gestión de riesgos y oportunidades .....	76
Tabla 6 Matriz de planificación y mejora continua (5W2H).....	77
Tabla 7 Criterios de gestión minera sostenible.....	81
Tabla 8 .....	82

## Introducción

La industria de la Pequeña Minería en el Ecuador se ha visto afectada en su imagen debido a la falta de control técnico-ambiental y a la contaminación generada por ciertas empresas y grupos de mineros, sin embargo se plantea como una actividad perteneciente a los sectores estratégicos para el desarrollo económico del Ecuador, posturas y acciones que han provocado fuertes diferencias entre grupos ambientalistas anti-mineros y comunidades de las poblaciones donde se encuentran asentados los proyectos mineros. (Salas Quelal 2020, 3)

Ante este problema, en esta investigación se propone el diseño de una guía de procesos para la Pequeña Minería en el Ecuador, basada en los seis principios fundamentales de la economía circular, tales como: obtención sostenible de recursos, simbiosis industrial, extensión del ciclo de vida del producto, gestión de materias primas el final de la vida útil del producto (Almeida-Guzmán y Díaz-Guevara 2020) así como en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como: El ODS 8 referido a “trabajo decente y crecimiento económico”, por cuanto, este objetivo se orienta hacia la creación de condiciones necesarias para generar empleo, mediante la eliminación del trabajo infantil y la protección de los derechos laborales, pretendiendo promover el crecimiento económico mediante la garantía de oportunidades y un trabajo decente para las personas (Foro Económico Mundial 2016, 45) y, el ODS 12 orientado a la concientización del consumo y producción sostenible.

Considerando además que, el sector minero constituye un importante agente de ordenamiento territorial, ya que los permisos para la explotación minera suelen abarcar mayor superficie que la huella directa de las actividades mineras (Foro Económico Mundial 2016, 70).

Por lo que, en esta investigación se analizó el caso particular del proyecto minero METALESA S.A. buscando identificar la situación actual de sus procesos, y plantear soluciones amigables con el medio ambiente con un impacto económico y social positivo.

Con estos antecedentes, se planteó la pregunta de investigación referida a si: ¿El proyecto minero METALESA S.A. cumple con procesos y criterios operativos que se relacionen con los principios de Economía Circular? con el objetivo de generar una propuesta de diseño de una guía de procesos operativos para la Pequeña Minería en el

Ecuador, en base a los principios de la Economía Circular, que permita trabajar de manera sostenible, además que esta guía sea aplicable a organizaciones similares.

Para la aplicación de los principios de la Economía Circular a los procesos operativos de la Pequeña Minería se plantea el enfoque desde el “Análisis del Ciclo de Vida”, de sus procesos y productos, considerando información de la norma ISO 14044:2006 -Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Requisitos y directrices.

Tomando en cuenta además la norma específica UNE 22480:2019 “Sistema de gestión minera – mineralúrgica - metalúrgica sostenible”, de donde se obtendrán las definiciones principales para realizar el diagnóstico de los procesos operativos del proyecto minero.

En el contexto de los principios de la economía circular se encuentran varios documentos con experiencias en Latinoamérica de actividades en el proceso minero. Así las empresas mineras en sus operaciones han implementado varios procesos que permiten precautelar los efectos de impacto negativo derivados del proceso extractivo de minerales, innovando en mecanismos que permiten minimizar el consumo de recursos hídricos y energéticos, también procesos de reutilización de los residuos generados durante la fase de cierre y abandono de la operación minera, logrando maximizar los beneficios económicos, ambientales y sociales. (Zamora E. y Hinojosa C. 2019, 4)

Considerando ciertas experiencias de estudios de procesos apegados a los principios de economía circular alrededor del mundo, en esta investigación se tomó principalmente estudios enfocados en la región de Latinoamérica por sus características políticas, económicas y geopolíticas específicas; además, algunos estudios realizados en Ecuador, que analizan la relación de la Pequeña Minería Industrial con los aspectos económicos y sociales de los poblados en donde se desarrollan los proyectos mineros.

Como se ha señalado, esta investigación pretende generar una guía de procesos para las empresas industriales de la Pequeña Minería en el Ecuador, que indique los primeros pasos que se requieren realizar para diseñar e implementar procesos que permitan cumplir objetivos de sostenibilidad (económico, social, ambiental), mediante la aplicación de la gestión por procesos y los principios de la economía circular, para lo cual se realizó un levantamiento de información primaria en el proyecto METALESA S.A. y se enfocó en la norma NTE INEN-AFNOR XP-X30 901 “Sistema de Gestión de Proyectos de Economía Circular”. La correlación del levantamiento técnico de procesos con el enfoque de sostenibilidad permite generar recomendaciones que ayuden a las empresas a implementar procesos sostenibles a la actividad y operación minera.

De la investigación bibliográfica, se concluye que, se han generado pocos documentos que relacionen los ODS con las actividades de empresas ecuatorianas, como uno de los principales tenemos el generado por UNACEM Ecuador, parte del Pacto Global Ecuador; el cual muestra las iniciativas que han ido implementando empresas ecuatorianas en busca del cumplimiento de los ODS.

Además, la legislación nacional minera y ambiental vigente está enfocada en temas técnicos de los procesos de extracción y remediación, pero no toma los conceptos de la economía circular, sin embargo, el 2 de julio de 2021 se publicó la “Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva”, que se posiciona como el primer paso para empezar a debatir, impulsar y adoptar temas de sostenibilidad desde la misma legislación nacional en las diferentes industrias.

Finalmente se debe recordar que, la situación actual en el planeta nos ubica en un escenario en el cual la explotación irracional de los recursos no renovables ha comprometido la disponibilidad de los mismos para el desarrollo de las actividades que dependen de estas materias primas. (Cerdá y Khalilova 2017).

## Capítulo primero

### Marco referencial

#### 1. Marco teórico

##### 1.1. Definiendo la Economía Circular

La economía circular nace como una respuesta de sostenibilidad al sistema económico lineal tradicional, en el cual los recursos se extraen, utilizan y luego se descartan como residuos. Este sistema económico busca reducir los residuos y la contaminación mediante procesos de -utilización, reutilización y reciclaje de los recursos, logrando mantener estos recursos en uso el mayor tiempo posible, ayudando a reducir el impacto ambiental, mejorando las relaciones sociales de las organizaciones y maximizando la eficiencia de los sistemas productivos, sus procesos y actividades. (Almeida-Guzmán y Díaz-Guevara 2020)

El clásico sistema lineal en el cual se desarrollan las etapas de extracción, procesamiento, utilización y eliminación; no es sostenible en un tiempo indefinido, además tomando en cuenta que, dentro del proceso, se generan residuos y desechos, que dentro de la nueva perspectiva se tornan en subproductos que pueden ser retornados al circuito productivo, en lugar de ser despreciados o destinados a su eliminación o confinamiento final en zonas aledañas. (Economistas sin fronteras 2020)

Este escenario conlleva a la necesidad de identificar puntos del proceso en donde se pueda generar el reciclaje o reutilización de subproductos, que permitan maximizar la eficiencia del proceso y la disminución de desperdicios. (Espaliat Canu 2017, 20)

Como menciona Espaliat Canu (2017), esta idea permite generar una economía más competitiva, sostenible en el tiempo y responsable con el ambiente, por lo cual la innovación resulta esencial para el progreso, bienestar en el desarrollo de la humanidad.

Idea que concuerda con Luis Jiménez, que dice que la Economía Circular es una solución innovadora al modelo económico clásico lineal, su principio fundamental es la creación de un sistema económico basado en la regeneración, que se sustenta en mantener los productos, insumos y materiales durante el mayor tiempo posible con su máximo nivel de utilidad. (Economistas sin fronteras 2020, 8)

En consecuencia, la economía circular se plantea como una respuesta de sostenibilidad al modelo lineal clásico. Se define como un modelo sistémico que fomenta la restauración y regeneración de materia prima y productos; manteniendo su valor, alargando el ciclo de vida del producto y de producción. Esta práctica genera beneficios ambientales, sociales y valor agregado a los procesos y organizaciones, garantizando la sostenibilidad de los recursos y el cuidado ambiental. (Almeida-Guzmán y Díaz-Guevara 2020, 41)

En Ecuador, este nuevo modelo económico sostenible llega a ser un paradigma importante que permite el aprovechamiento máximo de los recursos mediante procesos de reducción, reutilización, remanufactura, reparación, y reciclaje de residuos en procesos de producción industriales. ( EC; GIZ & MPCEIP 2021)

La norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901 (cita), acogida en Ecuador como una guía para llevar a cabo la gestión de proyectos de economía circular, “busca la preservación de los recursos naturales y que tiene como propósito contribuir simultáneamente a disminuir el impacto ambiental del desarrollo, aumentar la eficiencia del uso de recursos y mejorar el bienestar de las partes interesadas internas y externas”. Esto se articula en tres dimensiones del desarrollo sostenible (ambiental, económico y social)

La misma norma plantea ejemplos de aplicación de los objetivos de la economía circular en un proyecto en las dimensiones ambiental, económica y social.

Tabla 1  
**Dimensiones de la Economía Circular**

<b>DIMENSIONES</b>	<b>EJEMPLOS</b>
<b>Ambiental:</b> Disminuir el impacto ambiental	Preservar los recursos naturales Preservar los espacios naturales y salvaguardar la biodiversidad Reducir la emisión de contaminantes Reducir la emisión de gases de efecto invernadero Preservar la calidad del agua y de los suelos
<b>Económica:</b> Aumentar la eficacia en el uso de los recursos	Reducir los gastos operativos (ahorro de energía, disminución del uso de consumibles, reducción de residuos, etc.) Optimizar y compartir las inversiones Desarrollar una nueva actividad (ofrecer nuevos servicios, desarrollar su clientela, etc.) Asegurarse la disponibilidad de los insumos a largo plazo
<b>Social:</b> Mejorar el bienestar de las partes interesadas internas y externas	Generar alianzas Generar empleo local

	<p>Mejorar las condiciones de trabajo (Preservar la salud de las personas requeridas en la producción y creación de bienes y servicios)          Involucrar a los beneficiarios y consumidores          métodos responsables de producción y consumo</p>
--	--

Fuente y elaboración: NTE INEN-AFNOR XP X30-901 (2019, 9)

Analizando las dimensiones de aplicación que presenta la economía circular, descritas en la Tabla 1, se puede empezar a relacionarla con actividades llevadas a cabo por la Pequeña Minería, que con el enfoque correspondiente y el compromiso de los empresarios se podría aplicar de mejor manera, optimizando los recursos y promoviendo actividades sostenibles.

En conclusión, como indican Almeida Guzmán y Díaz Guevara (2020, 42), “El principio de la economía circular es la regeneración y restauración, permitiendo que los productos, componentes y materias primas mantengan su utilidad y valor máximo durante el mayor tiempo posible”.

## 1.2. Principios de la economía circular

**Abastecimiento sostenible:** “El abastecimiento u obtención sostenible implica tomar en cuenta los impactos ambientales y sociales del ciclo de producción de los recursos, sean estos renovables o no, necesarios para el proceso de producción de un bien o servicio”. (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2018, 8)

Este campo de acción puede afectar los procesos de extracción y explotación de recursos naturales, de adquisición de componentes necesarios en un proceso de producción de bienes o servicios o de reemplazo de materias primas no renovables por materiales renovables, o materias primas secundarias, o recicladas.

**Ecodiseño:** “Este se expresa en la integración sistemática de los aspectos ambientales desde el diseño y el desarrollo de productos (sistemas, bienes y servicios) teniendo como objetivo la reducción de los impactos ambientales negativos a lo largo de su ciclo de vida útil con un rendimiento equivalente o superior” (ISO 14006 2011, 9)

Este campo de acción puede afectar el "diseño de un producto, de un bien o de un servicio, que toma en cuenta sus efectos negativos sobre el medio ambiente durante su ciclo de vida, con el fin de reducirlos, esforzándose por preservar sus cualidades o su desempeño". (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2018, 9) Este campo afecta de igual manera los elementos relacionados con la ecoeficiencia, productos y procesos.

**Simbiosis Industrial:** “Se expresa en la asociación o la interrelación de diferentes fases de producción de varios procesos de fabricación de bienes o servicios específicos, buscando una gestión compartida de ciertas funciones, bienes, inventarios, flujos de materiales y de energía, con el fin de optimizarlos.” (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2018, 9)

La proximidad geográfica puede ser un elemento determinante de las interrelaciones o asociaciones para la implementación de la simbiosis industrial territorial o de la ecología industrial y territorial. Los procedimientos de ecología industrial y territorial son procedimientos voluntarios y colectivos, que reúnen a una diversidad de actores públicos o privados que buscan optimizar los recursos mientras favorecen el anclaje de las actividades y el empleo en los territorios. (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2018)

**Economía de la funcionalidad:** La economía de la funcionalidad se expresa en la valorización del uso en lugar de la posesión.

Este campo tiende a vender servicios desde la óptica de su desempeño en el uso, de efectos útiles o de los resultados a alcanzar en lugar de los propios productos.

**Consumo Responsable:** El consumo responsable se manifiesta al considerar los impactos económicos, sociales y ambientales en el momento de la compra y al usar un bien o un servicio.

Incluye también la evolución del comportamiento de compra (por ejemplo, compras de productos de segunda mano o de productos remanufacturados) y patrones de consumo (consumo colaborativo, compras conjuntas, economía compartida).

**Extensión del ciclo de vida o de la vida útil:** La extensión de la vida útil se expresa al poner a disposición un producto o servicio en condiciones que permitan prolongar su vida útil con respecto a otro producto o servicio equivalente, mientras garantiza la conservación del desempeño inicial o claramente especificado.

Incluye las acciones implementadas que garantizan la disponibilidad de los componentes, el modularidad de los productos que facilitan su desempeño, las actualizaciones, el mantenimiento, la reutilización, la reparabilidad y su conformidad. También incluye las modalidades organizacionales que permiten su implementación.

**Gestión eficaz de materiales al final de su vida útil:**

La gestión eficaz de los materiales o productos al final de su vida útil se manifiesta en la transformación, incluyendo el reciclaje, de los residuos posteriores al consumo, en sustancias, materiales o productos con el fin de satisfacer su función inicial o para otros fines.

Este campo incluye todas las técnicas de transformación de los residuos después de la recolección, con el objetivo de reintroducirlos en su totalidad o parcialmente en un ciclo de producción, incluyendo los desechos orgánicos. Se incluyen también los productos asociados con servicios. (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2018, 11)

Estos principios y definiciones concuerdan con los indicados en la Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva, misma que entró en vigencia en Julio de 2021. Esta Ley exhorta a la industria ecuatoriana a cambiar los procesos industriales y empresariales para generar industrias y productos sostenibles que no contaminen el ambiente a corto ni a largo plazo.

### 1.3 Enfoque a procesos

Como indica la ISO 9000 (2015, 9) “un proceso es un conjunto de actividades inter- relacionadas que utilizan entradas o insumos, para proporcionar un resultado previsto o salida, es decir un producto o servicio”. Los procesos de una organización están

interconectados e interrelacionados entre sí, lo cual permite que la salida o producto de un proceso sea la entrada o el insumo del siguiente. (NTE INEN-ISO 9000:2015 2016)

Un proceso se define como: un conjunto de actividades con relaciones sistémicas, las cuales utilizan y transforman insumos o elementos de entrada en resultados, productos o servicios. Entonces, los procesos se conforman por entradas, salidas, recursos y controles. (EC, Norma técnica prestación de servicios y administración por procesos 2016)

En base a la NTE-INEN ISO 9001 (2016, ix) en la figura siguiente se describen los elementos de un proceso.

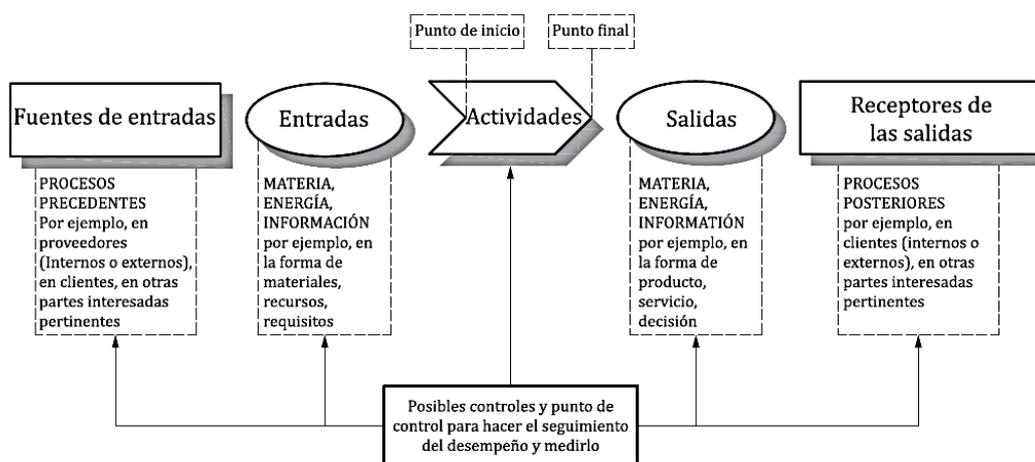


Figura 1. Elementos de un proceso  
Fuente: ISO 9001 (2016, ix)

Estos procesos en las organizaciones se encuentran clasificados y ordenados según su relevancia y aporte a la cadena de valor, la estructura en donde se ordenan se denomina mapa de procesos o arquitectura de procesos. Según su contenido un mapa de procesos se puede clasificar en tres grandes grupos:

**Procesos estratégicos o gobernantes:** Son aquellos que proporcionan directrices, políticas y planes estratégicos para el funcionamiento de la organización, por lo general se colocan en la parte superior del esquema de mapa de procesos.

**Procesos misionales o sustantivos:** Son aquellos destinados a llevar a cabo las actividades que permitan ejecutar efectivamente la misión, objetivos estratégicos y políticas de la organización, estos cumplen con cumplir con el giro del negocio.

**Procesos de apoyo o adjetivos:** son aquellos que facilitan y permiten el desarrollo de las actividades que integran los procesos misionales o sustantivos. (EC, Norma técnica prestación de servicios y administración por procesos 2016, 7)

### **1.4 Cadena de valor**

Se define como: “el conjunto de procesos involucrados en la entrega de valor a los usuarios”. Describe de forma lógica el proceso de desarrollo de una organización, en la cual se busca añadir en cada eslabón de la cadena un concepto que genere valor al producto final. (EC, Norma técnica prestación de servicios y administración por procesos 2016, 19).

Dentro de la clasificación del mapa de procesos la cadena de valor se define como el proceso ordenado y secuencial de actividades misionales de la organización, que permiten transformar uno o varios elementos de entrada en uno o varios productos o elementos de salida, en donde cada proceso es un eslabón que aporta valor al producto final.

La Norma técnica nacional de la economía circular nos indica que: “la cadena de valor es una secuencia completa de actividades o partes que proporcionan o reciben valor en forma de productos o servicios.”

Con lo cual se puede concluir que la cadena de valor es el proceso que transforma una entrada o insumo en producto, dentro del cual cada actividad agrega valor a este producto, para tener un producto final que cumpla con las características de diseño y los estándares de calidad. Esta cadena se compone por los procesos gobernantes de la organización. (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2018)

### **1.5 Pequeña Minería**

Las empresas industriales, dedicadas a la extracción de los recursos minerales son consideradas como fuentes económicas importantes para los países y regiones en donde se desarrollan actividades de minería, las fases de la actividad minera son:

1. Prospección: en la cual se realiza un reconocimiento primario del terreno, como resultado obtiene prospectos o zonas de interés geológico.

2. Etapa de exploración inicial: en esta etapa se reduce la superficie de la zona de investigación y señala los lugares aptos para iniciar la perforación con recuperación de testigos de roca.

3. Exploración avanzada: Mediante el análisis de los testigos de roca obtenidos se califica el cuerpo mineral de manera cualitativa y cuantitativa.

4. Factibilidad: Una vez que se conoce el cuerpo mineral, se realiza el análisis y cálculo técnico-económico para decidir si la extracción de este mineral es rentable para la escala de la organización.

5. Desarrollo de mina y cierre: Se refiere a la operación de extracción racional del mineral, que inicia después de la construcción de accesos, campamento, planta de procesamiento, infraestructura de apoyo. Una vez extraído el cuerpo mineral se realiza el abandono de mina y la rehabilitación del lugar y sus alrededores.

Las etapas antes mencionadas se cumplen conforme va avanzando la investigación del cuerpo mineral en el subsuelo, si sus características compensan su extracción y permite recibir una utilidad económica. Estadísticamente, uno de cada diez proyectos en etapa de exploración, llegan a convertirse en un yacimiento mineral económicamente apto para ser explotado, esta es la principal razón para considerar a la inversión minera como una inversión de alto riesgo. (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez 2016).

## **1.6 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**

La Cumbre para el Desarrollo Sostenible, se realizó en la Sede de las Naciones Unidas en el año 2015, en la cual los jefes de Estado y de Gobierno, celebraron el septuagésimo aniversario de la ONU, en la cual se discutió y se aprobó la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”.

Este documento sustituye a la Declaración del Milenio y los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que se mantuvo vigente entre el año 2000 y 2015. La Agenda 2030 se concibe como una guía que busca el desarrollo prospero de las personas y el planeta, a su vez, promueve la paz planetaria dentro del concepto de libertad. La medida de esta libertad se muestra con el propósito de: erradicar la pobreza, luchar contra la inequidad, desigualdad e injusticia, y enfrentar al cambio climático, permitiendo el acceso a los derechos humanos a todas las personas.

El documento nombrado como: “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, posee 17 objetivos y 169 metas, que tienen la finalidad de continuar con los Objetivos de Desarrollo del Milenio, logrando un carácter integrado que engloba las tres dimensiones fundamentales de economía circular: económica, social y ambiental.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son:

ODS 1: Fin de la pobreza

ODS 2: Hambre cero

ODS 3: Salud y Bienestar

ODS 4: Educación de calidad

ODS 5: Igualdad de género

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 10: Reducción de las desigualdades

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

ODS 12: Producción y consumo responsables

ODS 13: Acción por el clima

ODS 14: Vida submarina

ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres

ODS 16: Paz. Justicia e instituciones sólidas

ODS 17: Alianzas para lograr objetivos (Foro Económico Mundial 2016, 3)

De los ODS numerados, se analizará a mayor profundidad los ODS 8, 9, 12 que para este caso son los que más pueden cumplir con los requisitos y características de la pequeña minería.

### **ODS 7: Energía asequible y no contaminante**

“Asegurar el acceso a una energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos.” Este objetivo se relaciona con la transición hacia una economía baja en carbono y la mitigación del cambio climático.

La energía es un elemento clave para el desarrollo sostenible, la reducción de la pobreza y el aumento de la calidad de vida. Sin embargo, millones de personas en todo el mundo aún no tienen acceso a una energía segura, confiable y asequible. La energía sostenible también es importante para reducir la huella de carbono y mitigar el cambio climático, ya que la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero provienen de la quema de combustibles fósiles.

Para alcanzar el ODS 7, es necesario invertir en tecnologías de energía renovable y eficiencia energética, mejorar el acceso a la energía para las personas que aún no la tienen y fomentar políticas y prácticas que promuevan la transición hacia una economía baja en carbono. (Foro Económico Mundial 2016)

**ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico**

“Promover un crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, empleo pleno e igualitario y una economía productiva”. Este objetivo se enfoca en mejorar las condiciones económicas para las personas, especialmente las más vulnerables, mediante el fomento del empleo, el desarrollo económico y la inclusión financiera. Para cumplir este objetivo se requiere fomentar políticas económicas y sociales de los sectores público y privado, dirigidas a impulsar las inversiones, para lograr un crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible. De esta manera lograr el aumento del empleo pleno y productivo el cual se incluya a jóvenes y mujeres, que puedan gozar de condiciones laborales éticas y justas. (Foro Económico Mundial 2016)

**ODS 9: Industria, innovación e infraestructura sostenible**

Este objetivo se enfoca en desarrollar una economía sostenible y resiliente mediante el fortalecimiento de la infraestructura, la innovación y la industria. Para cumplir con este objetivo es necesario, contar con infraestructura sostenible de transporte, comunicaciones, agua, saneamiento y servicios públicos. Estos servicios básicos son fundamentales para mejorar la capacidad de resiliencia de las comunidades, para adaptarse y resistir en casos de desastre. Fomentar la investigación y desarrollo de tecnologías sostenibles que estén al alcance de todos, mediante la transferencia de conocimientos. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2015)

**ODS 12: Producción y consumo responsables**

Este objetivo busca garantizar el consumo y producción sostenible de recursos. Un análisis estadístico de las Naciones Unidas indica que un tercio (1/3) de los alimentos producidos al año en el planeta (1300 millones de toneladas), equivalente a 1 billón de dólares, culmina su vida útil descomponiéndose en basureros o dañándose durante el proceso de cosecha y transporte antes de llegar al mercado. Este objetivo busca reducir la huella de carbono y la generación de desperdicios mediante políticas y programas de reciclaje, reutilización y reducción de residuos. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2015)

### **ODS 13: Acción climática**

Este objetivo tiene como propósito mitigar el impacto negativo del cambio climático en el planeta, proteger la biodiversidad y mejorar la resiliencia de las comunidades más vulnerables a los desastres naturales. Establece la necesidad de tomar medidas urgentes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, promover la adopción de energías renovables y mejorar la eficiencia energética. También destaca la importancia de sensibilizar y educar a la población sobre los impactos del cambio climático y la necesidad de reducir nuestra huella de carbono.

Para lograr este objetivo, la economía circular puede ser una herramienta muy valiosa. La transición hacia un modelo circular, en el que se minimice el uso de recursos y se maximice la reutilización, reciclaje y regeneración de materiales, puede reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la economía circular puede contribuir a la generación de empleo y el crecimiento económico sostenible, al mismo tiempo que se protege el medio ambiente. (Foro Económico Mundial 2016)

### **ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres**

El ODS 15 busca proteger y restaurar los ecosistemas terrestres a través de la gestión sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación, la restauración de tierras degradadas y la protección de la biodiversidad. Esto incluye la conservación de especies en peligro de extinción, la gestión de hábitats naturales y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

Además, promueve la cooperación internacional en la gestión de los recursos naturales, la transferencia de tecnologías sostenibles y el fortalecimiento de capacidades. Se trata de un objetivo fundamental para el desarrollo sostenible, ya que la salud de los ecosistemas terrestres es esencial para el bienestar humano y el futuro del planeta. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2015)

## **2. Marco normativo**

### **2.1 Norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901**

En el año 2018 el Ecuador, mediante su instituto de normalización INEN adopta la el primer estándar de economía circular, convirtiéndose en una Norma Técnica Ecuatoriana– “Sistemas de gestión de proyectos de economía circular – Requisito y directrices”.

Esta norma se desarrolla y adapta a las necesidades de la economía del Ecuador, después de un proceso de análisis de varios informes internacionales que describen el sistema económico actual con el modelo de “producir, consumir, desechar” conduce al agotamiento de los recursos naturales. (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2018)

Bajo este contexto, se exhorta a desarrollar modelos de producción económicos sostenibles considerando los campos de acción de la economía circular: abastecimiento sostenible, simbiosis industrial, ecodiseño, consumo responsable, extensión de la vida útil, gestión eficaz de los residuos; logrando acercar a las organizaciones hacia el proceso de “economía circular”.

## **2.2 Libro blanco de economía circular**

La economía circular se crea como un concepto disruptivo que plantea procesos de regeneración y restauración de los ecosistemas, mediante un cambio estratégico de la producción y consumo, minimizando la generación de desperdicios y reprocesos desde el diseño del producto (ecodiseño), hasta el final de su vida útil (reciclaje). (Economistas sin fronteras 2020)

La Constitución de la República del Ecuador en el año 2008, emitió el medio propicio para iniciar la transición de las organizaciones públicas y privadas hacia una economía circular, la cual garantiza el derecho a vivir en un ambiente sano hasta el cierre del ciclo vital de la humanidad y los seres vivos.

A continuación, en el mes de agosto del 2019, empresas ecuatorianas firmaron el Pacto Nacional por la Economía Circular, impulsado por el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP). El Pacto surgió como un acuerdo para la transformación del modelo de desarrollo económico clásico – lineal, hacia un modelo circular, pacto en el cual participaron 160 líderes y dirigentes, cabe mencionar que actualmente este Pacto cuenta con más de 330 adherentes.

El documento se fundamenta en nueve ejes de acción:

- i) aprovechamiento e industrialización de residuos;
- ii) ecodiseño;

- iii) vinculación con la academia;
- iv) producción limpia;
- v) infraestructura sostenible y resiliente;
- vi) educación;
- vii) negocios sustentables;
- viii) sustitución progresiva de plásticos de un solo uso;
- ix) generación de indicadores.

El Pacto Nacional por la Economía Circular genera el documento donde recoge las obligaciones, cifras, estadísticas, metodologías y responsabilidades para las diferentes organizaciones ubicadas en el territorio nacional. El Documento emitido se denomina: “Libro Blanco de la Economía Circular de Ecuador”, el cual plantea 3 principios fundamentales:

- Eliminar residuos desde el diseño
- Mantener productos y materiales en uso
- Regenerar sistemas naturales ( EC; GIZ & MPCEIP 2021, 21)

### **2.3 Norma UNE 22480:2019 Sistema de gestión minero – mineralúrgica - metalúrgica sostenible**

1. Una norma de gestión minero- mineralurgia – metalúrgica sostenible proporciona mecanismos y políticas para fomentar, en las organizaciones que desempeñan su actividad en la industria de extracción y concentración de minerales, un comportamiento responsable.
2. Durante los últimos años han aumentado el número de organizaciones que adquirieron consciencia de la necesidad de una planificación estratégica de sus procesos, integrando en sus actividades los criterios fundamentados en el desarrollo sostenible – medioambientales, sociales y económicos-, logrando el acercamiento de sus objetivos misionales al bienestar del entorno en el que se desenvuelven.
3. Esta norma describe los requisitos específicos, necesarios para implementar un sistema de gestión minero – mineralúrgica – metalúrgica sostenible, considerándose como una herramienta que facilita el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad. Para la aplicación de esta norma en la organización se debe analizar la norma UNE 22470:2019, que incluye los indicadores y

parámetros que se pueden aplicar en la evaluación de los procesos operativos de la organización minera.

4. En concordancia con los otros sistemas de gestión, este sistema se basa en el ciclo de mejora continua DEMING: Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA), por lo cual, es apto para integrarlo con otros sistemas de gestión que la organización disponga.

El concepto del ciclo de mejora PHVA, es un proceso utilizado por las empresas para lograr mayor eficiencia y eficacia en sus procesos, en síntesis, una mejora continua. Aplicando los siguientes pasos a cada elemento del sistema de gestión:

— Planificar: En este paso se establece los objetivos del sistema de gestión y sus procesos, y se define los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados con las características definidas por el cliente y las políticas de la organización, también se debe identificar y abordar los riesgos y las oportunidades;

— Hacer: ejecutar lo planificado;

— Verificar: la organización debe realizar la medición y el seguimiento de los procesos, los productos y servicios resultantes respecto a las políticas, los objetivos, los requerimientos y las actividades planificadas, todos estos resultados se deben informar a las partes interesadas del sistema de gestión;

— Actuar: En esta etapa del proceso de mejora se toma las acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario.

5. La adopción de un sistema de gestión es una decisión estratégica para la organización, que permite iniciar un proceso de mejora continua en su desempeño global y proporciona bases sólidas para las iniciativas y el desarrollo sostenible, para la aplicación de estas normas como requisito esencial se requiere: el enfoque a procesos, que permite a la organización planificar sus procesos y las interacciones entre estos. (NTE INEN-ISO 9000:2015 2016)
6. Así mismo, el enfoque a procesos se incorpora el ciclo de mejora continua PHVA que consiste en Planificar – Hacer – Verificar – Actuar y el pensamiento basado en riesgos, los cuales permiten a la organización asegurar que sus procesos cuenten con recursos y se ejecuten de manera adecuada, además que se identifiquen las oportunidades de mejora y se actúe en base a estas.

## **2.4 Norma UNE 22470:2019 Sistema de gestión minero – mineralúrgica - metalúrgica sostenible – Indicadores**

Para realizar la evaluación de sostenibilidad del proceso minero basada en la norma UNE 22480:2019, se emite esta norma que contiene los indicadores que permitan medir las acciones de sostenibilidad tomadas por la organización. Esta norma divide los indicadores en 3 grandes grupos conforme las dimensiones de la sostenibilidad: económica, social y ambiental, en cada uno de estos los indicadores específicos que determinan los índices de cumplimiento, inversión, reducción etc. Lo cual permite a la organización mejorar su desempeño ambiental y social, reducir los riesgos de accidentes laborales y optimizar los procesos productivos, promoviendo así la sostenibilidad y la responsabilidad social.

## **2.5 Norma ISO 14044:2006 Gestión ambiental – Evaluación del ciclo de vida – Requisitos y directrices**

La conciencia de protección ambiental y responsabilidad social ha tenido un crecimiento máximo en las organizaciones durante los últimos años, lo que ha llevado realizar un análisis profundo acerca de los posibles impactos que pueden provocar la manufactura y prestación de productos y servicios, para lo cual se han desarrollado y mejorado ciertos métodos para comprender y tratar estos impactos. (ISO 14044 2006) Uno de estos métodos es el análisis del ciclo de vida (ACV), entiéndase como “ciclo de vida” a los procesos consecutivos de un sistema del producto, desde la adquisición de insumos y materias primas, la elección de los proveedores o su obtención de recursos naturales, hasta la disposición final de los residuos que pueda generarse durante la elaboración del producto. (ISO 14044 2006, 2)

Un análisis del ciclo de vida consiste en identificar los aspectos ambientales y analizar los posibles impactos ambientales que cada una de las actividades del proceso de adquisición de materia prima, producción, utilización, tratamiento final, reciclaje y disposición final de un producto pueden generar sobre el medio y ecosistema en donde se desarrollan. (ISO 14044 2006)

Como indica la norma ISO 14044:2006 la realización de un estudio de Análisis del Ciclo de Vida consta de 4 fases:

- a) Fase de definición del objetivo y el alcance: Durante esta fase se define los límites del sistema y el nivel de detalle requerido, en dependencia del tema y el uso que se le va a dar al estudio.
- b) Fase de análisis de inventario del ciclo de vida (ICV): Es la segunda fase del ACV, consiste en tabular los datos de entrada / salida del sistema en estudio.
- c) Fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV): Esta fase proporciona información adicional para ayudar a medir y evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida (ICV) de un sistema del producto, para comprender mejor su importancia ambiental.
- d) Fase de interpretación: Es la fase final del ACV, en el cual se resumen y discuten los resultados, como base para las conclusiones y recomendaciones, posterior a este se toman las decisiones de acuerdo al objetivo definido.

El análisis del ciclo de vida es un método de gestión ambiental, que generalmente no considera los asuntos económicos o sociales de un producto, sin embargo, el enfoque del ciclo de vida se puede aplicar a estos aspectos. (ISO 14044 2006)

## **2.6 Norma ISO 22301:2019 Seguridad y resiliencia – Sistemas de gestión de continuidad del negocio – Requisitos y directrices**

La norma ISO 22301 es un estándar internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de continuidad del negocio (SGCN). Este estándar proporciona un marco para ayudar a las organizaciones a mantener y mejorar la capacidad de operar durante situaciones de interrupción, como desastres naturales, o situaciones de emergencia.

La aplicación de la norma ISO 22301 en una implica la identificación y evaluación de los riesgos que podrían afectar la continuidad del negocio y la implementación de medidas de prevención y preparación. Esto podría incluir la implementación de planes de contingencia, la identificación y selección de sitios alternativos de operación, la capacitación del personal en situaciones de emergencia, la realización de simulaciones de situaciones de crisis, la evaluación del desempeño del sistema de gestión y la mejora continua del mismo.

La implementación del SGCN basado en la norma ISO 22301 en una organización dedicada a la minería puede ayudar a proteger la seguridad y el bienestar de los

trabajadores, reducir los riesgos operativos y financieros y mejorar la reputación y la confianza de los clientes y la sociedad en general. (ISO 22301 2019)

### **3. Marco Legal**

#### **3.1 Constitución de la República del Ecuador**

La Constitución de la Republica del Ecuador en su Art. 1 señala: “Los recursos naturales no renovables del territorio del Estado pertenecen a su patrimonio inalienable, irrenunciable e imprescriptible” (EC, Constitución de la República del Ecuador 2006, 2).

Por lo cual se indica que aunque la propiedad privada pertenezca al área superficial, los recursos del subsuelo son propiedad del Estado, el mismo que es el responsable de la redistribución de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir.

En el Art. 317 se refiere a la Gestión de los recursos naturales no renovables. - “Los recursos naturales no renovables pertenecen al patrimonio inalienable e imprescriptible del Estado”.

Así como, en el Art. 408 indica: “Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta a la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas”

#### **3.2 Ley de Minería**

El aprovechamiento de los recursos minerales está basado en estrategias de sostenibilidad, que prioriza a la fiscalización, regulación, control, prevención de la contaminación y exige la remediación ambiental, participación social y la consulta ciudadana. (EC, Ley de Minería del Ecuador 2011, Art. 16)

La Ley de Minería define a la minería metálica por su capacidad de producción en tres grupos: régimen especial de minería artesanal, régimen de pequeña minería, mediana y gran minería catalogadas como minería industrial. Las obligaciones económicas y fiscales que tiene la minería está: el pago anual de patentes de conservación, que se calcula por cada hectárea minera concesionada. (EC, Ley de Minería del Ecuador 2011, Art. 34)

Se establecen regalías a la explotación de minerales, es decir, que “el Estado participará en los beneficios del aprovechamiento de estos recursos en un monto no menor a los del concesionario que los explota”. (EC, Ley de Minería del Ecuador 2011, Art. 93)

Los mineros artesanales no tienen estas obligaciones debido a que su actividad es considerada de sustento y se la realiza por trabajo individual y/o familiar (EC, Ley de Minería del Ecuador 2011, Art. 134)

El sector minero, específicamente la pequeña y gran minería, han tomado mayor importancia en la economía del Ecuador, por este motivo la administración del Estado y la Asamblea Nacional han puesto mayor interés en mejorar, clarificar y emitir los lineamientos y reglas que rigen en la Ley de Minería publicada en el año 2011, con el principal interés de optimizar la productividad del sector minero y fomentar la inversión extranjera minera en el territorio nacional; minimizar el impacto ambiental y mejorar el impacto social positivo en las actividades mineras; con ello aportar para el desarrollo de tecnología y la transferencia de conocimiento.

La investigación y búsqueda de los recursos mineros en las etapas de exploración y explotación deben estar fundamentadas en estrategias de sostenibilidad ambiental, que permita el control, la fiscalización la regulación y la prevención de la contaminación ambiental, y promueva la participación social y la veeduría ciudadana (Ley de Minería del Ecuador, 2011, Art. 16).

Hasta la actualidad, por las características propias de los minerales metálicos, en el país se han desarrollado principalmente proyectos en esta clase de minerales como oro, plata, cobre; proyectos que se enmarcan dentro del régimen de minería artesanal que no representan un beneficio para el Estado; y de pequeña minería, sin embargo, existen depósitos minerales en etapas de prospección y exploración que representan un gran potencial para desarrollar la minería de mediana y gran escala. (EC, Ministerio de Minería 2016)

En la región amazónica la actividad minera artesanal o de subsistencia, convive con actividades de pequeña minería de la cordillera de El Cóndor, y en los distritos mineros de la zona de Ponce Enríquez, como La Fortuna y San Gerardo, la minería artesanal pierde espacio frente a la expansión y crecimiento de la pequeña minería empresarial. “La pequeña minería, está caracterizada por el desarrollo de sociedades de pequeños mineros o grupos de empresarios mineros, que invierten lograr mecanizar la operación para la extracción, procesamiento y transporte de materiales”. (Sandoval Moreano, y otros 2002)

De acuerdo con el artículo 47 del Reglamento de Actividades Mineras (2018), elaborado por el Ministerio de Ambiente indica: “los titulares mineros deberán presentar a la Autoridad Ambiental competente para su aceptación, informes de monitoreo y seguimiento a las medidas ambientales del plan de manejo ambiental aprobado, de acuerdo con la siguiente periodicidad:”

a) Pequeña Minería:

- Exploración: el plazo mínimo anual para la presentación del informe ambiental de cumplimiento, solo en el caso de no estar encontrarse realizando perforaciones de prueba o reconocimiento; semestralmente en caso de que las perforaciones estén contempladas.
- Exploración y explotación simultánea: en caso de estar realizando labores simultáneas deberá presentar el informe semestralmente.

b) Mediana y Gran Minería:

- Exploración inicial: el concesionario debe presentar mínimo un informe anual en caso de no contemplar perforaciones reconocimiento, mínimo semestral si contempla realizar perforaciones.
- Exploración avanzada: deberá presentar mínimo un informe semestral.
- Para los titulares mineros que se encuentren realizando actividades de explotación, beneficio, fundición y refinación: el concesionario debe presentar informes trimestrales.
- Cierre: informes de cierre, abandono y rehabilitación de manera trimestral.

### **3.3 Reglamento al Régimen Especial de Pequeña Minería**

Como indica el Reglamento al Régimen Especial de Pequeña Minería en su Art. 3: “Las actividades de pequeña minería, se encuentran orientadas a fomentar procesos de desarrollo sustentable, innovando en alternativas para generar oportunidades laborales en áreas afectadas por la pobreza económica, capaces de generar interrelaciones y sinergia productiva a partir de la activación de las economías locales en los sectores, como medio para acceder al Buen Vivir”.

El Régimen Especial de Pequeña Minería y Minería Artesanal, el cual indica en su Art. 11: “por las características propias y particulares de la Pequeña Minería se podrá realizar la exploración y explotación de manera simultánea, en el territorio nacional”.

Debido a las características especiales de la pequeña minería en su Art. 31, se exhorta al Ministerio sectorial a promover mecanismos de desarrollo de encadenamientos productivos, comercio justo y certificaciones socio-ambientales, siendo así, la actividad en esta escala, el medio propicio para el nacimiento de este tipo de encadenamiento y sinergia productiva.

### **3.4 Ley de Economía Circular**

La presente Ley se expide en el mes de Julio de 2021 y busca plantear las obligaciones y responsabilidades de las entidades, organizaciones públicas y privadas dentro del contexto de sostenibilidad, de tal manera que les permita definir procesos, establecer criterios y mecanismos orientados a implementar los principios de la economía circular: ecodiseño, producción y consumo sostenible, disminución de generación de residuos, promover la gestión integral de residuos y políticas públicas para el financiamiento de la economía circular inclusiva, como mecanismos de bienestar económico, creación de empleo y desarrollo sostenible. (EC, Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva 2021)

Esta Ley plantea como objetivos principales: Establecer mecanismos de transición para el paso de una economía clásica-lineal a una economía sostenible, circular e inclusiva; definiendo sus etapas, responsabilidades, sistemas de gestión, instituciones y políticas públicas y financiamiento, cabe recalcar que la Ley de Economía Circular Inclusiva reconoce y da la importancia justa a los recicladores, como base de la economía circular y punto de partida como generadores de desarrollo económico y empleo en condiciones de dignidad, equidad e inclusión. (EC, Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva 2021)



## Capítulo segundo

### Identificación de la situación actual del proyecto minero METALESA S.A.

#### 1. Breve reseña histórica de la minería en el Ecuador

En el actual territorio ecuatoriano se han encontrado hallazgos durante el periodo precerámico (10.000 a.C. – 3.500 a.C.) de actividades de extracción de minerales no metálicos realizado por grupos humanos ubicados en campamentos temporales, adjudicados a las culturas El Inga, Chobsi y Cubilán, ubicados en lo que ahora sería la provincia de Pichincha y Azuay respectivamente. (Pino, Enciclopedia del Ecuador s.f.)

El principal vestigio de las actividades durante este periodo se localizó en el flanco Nororiental del extinto volcán Ilaló, a orillas del río Inga, en donde se encontraron herramientas como puntas de flecha, proyectiles, cuchillos, raspadores; elaboradas en obsidiana, basalto, feldespato. En la década de los setenta se realizaron excavaciones en la hacienda del Inga Bajo, en donde se extrajeron aproximadamente 80.000 artefactos de este tipo. (Pino s.f.)

Durante el Periodo Formativo (3.500 a.C. – 300 a.C.); durante este período se desarrollan actividades de alfarería y trabajo artesanal en conchas, piedra, hueso y actividad textil, respecto a la actividad minera se caracteriza por la utilización de minerales no metálicos y materiales de construcción, al final de este período se integra la extracción de oro aluvial, vetas y filones superficiales. Oscar Efraín Reyes, historiador de este período indica “la cultura Tolita es la que por primera vez en la historia de la humanidad trabajó en platino, metal precioso se comienza a utilizar en Europa apenas en el siglo XVIII” (Pino, Enciclopedia del Ecuador s.f.)

Período de Desarrollo Regional (300 a.C. – 800 d.C.), la metalurgia y el trabajo de los metales aparece consolidada hacia el inicio de los primeros cacicazgos en este Período, el sistema ideológico y cultural en busca de sus dioses desarrolla la metalurgia como vehículo de expresión política de poder, como materia prima se contaba con metales como el oro, plata, platino y posteriormente el cobre, que se encontraba naturalmente en yacimientos de tipo sedimentario, en placeres y orillas de ríos. (Pino, Enciclopedia del Ecuador s.f.)

La pieza de arte más representativa de este período es la máscara de oro, icono del Banco Central del Ecuador, para la cual se utiliza técnicas de laminado, recortado y repujado de metales.



Figura 2. Máscara sol de oro  
Fuente: Historia del Ecuador, SALVAT 1981

La extracción de minerales se realiza en el actual territorio ecuatoriano desde el tiempo de los Incas, específicamente en la zona de Nambija. (León Peñafiel 2015) En donde, para realizar la rotura de las rocas se utilizaba una técnica que consistía en incendiar la roca con madera y una vez que estaba caliente, realizar un enfriamiento de forma violenta, con este cambio brusco de temperatura la roca se dilata y contrae rápidamente provocando el rompimiento de la misma. Además de este proceso se estudia procesos muy avanzados de metalurgia y manejo de los metales y aleaciones para elaborar joyas y adornos de oro, plata y cobre.

## 2. Contexto del proyecto minero METALESA S.A.

METALESA S.A. es un proyecto de extracción de minerales metálicos ubicado en el cantón Ponce Enríquez, provincia del Azuay. El proyecto se inicia en el año 2017 y empieza la etapa de inversión, hasta ahora, cuando el proyecto cuenta con instalaciones de mina, procesamiento y logística establecidos.

Los requisitos legales necesarios para establecer un proyecto en Pequeña Minería en el territorio ecuatoriano son los siguientes:

1. Resolución de otorgamiento de la concesión para explotación de minerales
2. Licencia Ambiental, otorgada por el MAATE
3. Certificado de no afectación del recurso hídrico, emitido por SENAGUA
4. Declaración juramentada de no afectar a infraestructura pública ni privada (EC, Ley de Minería del Ecuador 2011)

Actualmente el proyecto cuenta con alrededor de 300 colaboradores de operación tanto en mina, planta y servicios auxiliares como alimentación, seguridad, aseo y un total de 20 técnicos como administradores, ingenieros, contabilidad, laboratorio, tanto el personal operativo como técnico cumplen con jornadas de trabajo de 22/8 por lo cual el proyecto cumple con las necesidades de alimentación y vivienda de su personal.

METALESA S.A. realiza sus actividades bajo el cuidado ambiental que consta en su Plan de Manejo Ambiental, aprobado por los entes de control y el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, a pesar de aquello no cuenta con un Sistema de Gestión Ambiental que permita evaluar el funcionamiento del Plan de Manejo Ambiental e identificar procesos de mejora.

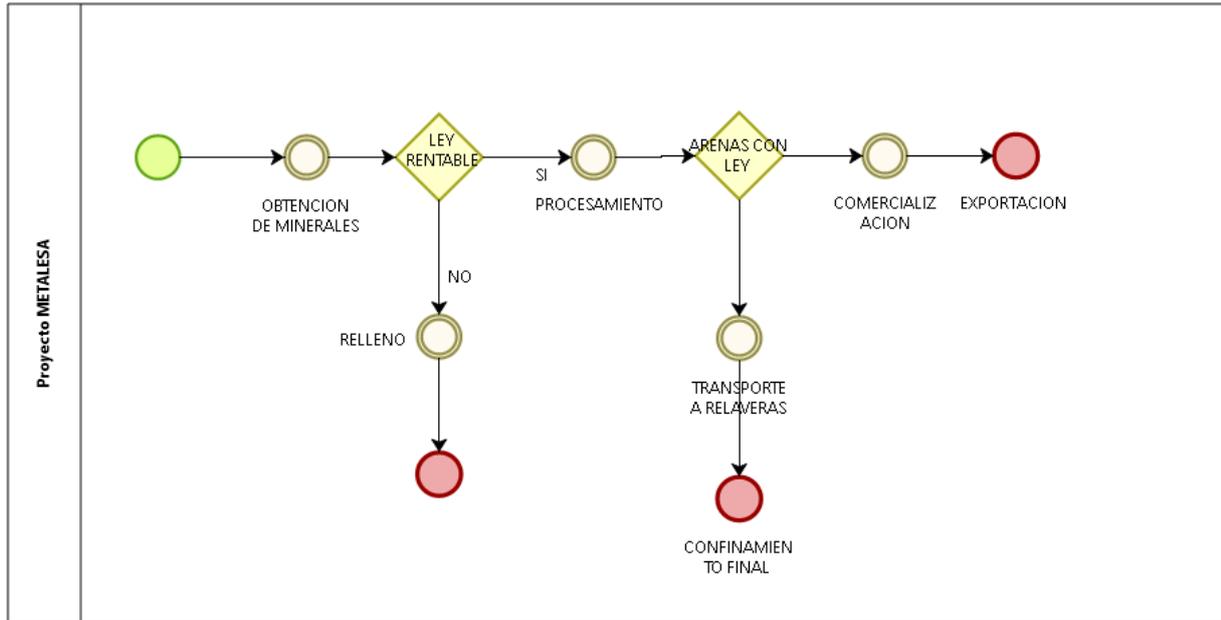
En el tema de seguridad ocupacional, el proyecto cuenta con un Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado por el Ministerio del Trabajo con el cual gestionan la seguridad y bienestar de su personal operativo y técnico.

En el año 2020 el proyecto realiza el acercamiento con la gente de “Mirador”, que es la población más cercana al proyecto minero, sin embargo, el trabajo en conjunto con esta población no cuenta con una planificación establecida.

El proyecto ha definido su Misión y Visión, sin embargo, no ha realizado un estudio de contexto que incluya a las cuestiones internas y externas, identifique fortalezas, debilidades, oportunidades, amenazas de la organización, así como un análisis de su macroentorno referido a aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales (análisis PESTEL)

El proyecto cumple con varias actividades dentro del proceso operacional: extracción y procesamiento de minerales, las cuales se describen en el diagrama de flujo que se muestra a continuación, en la Figura 3.

Figura 3. Diagrama de flujo general del Proyecto Minero METALESA S.A



Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

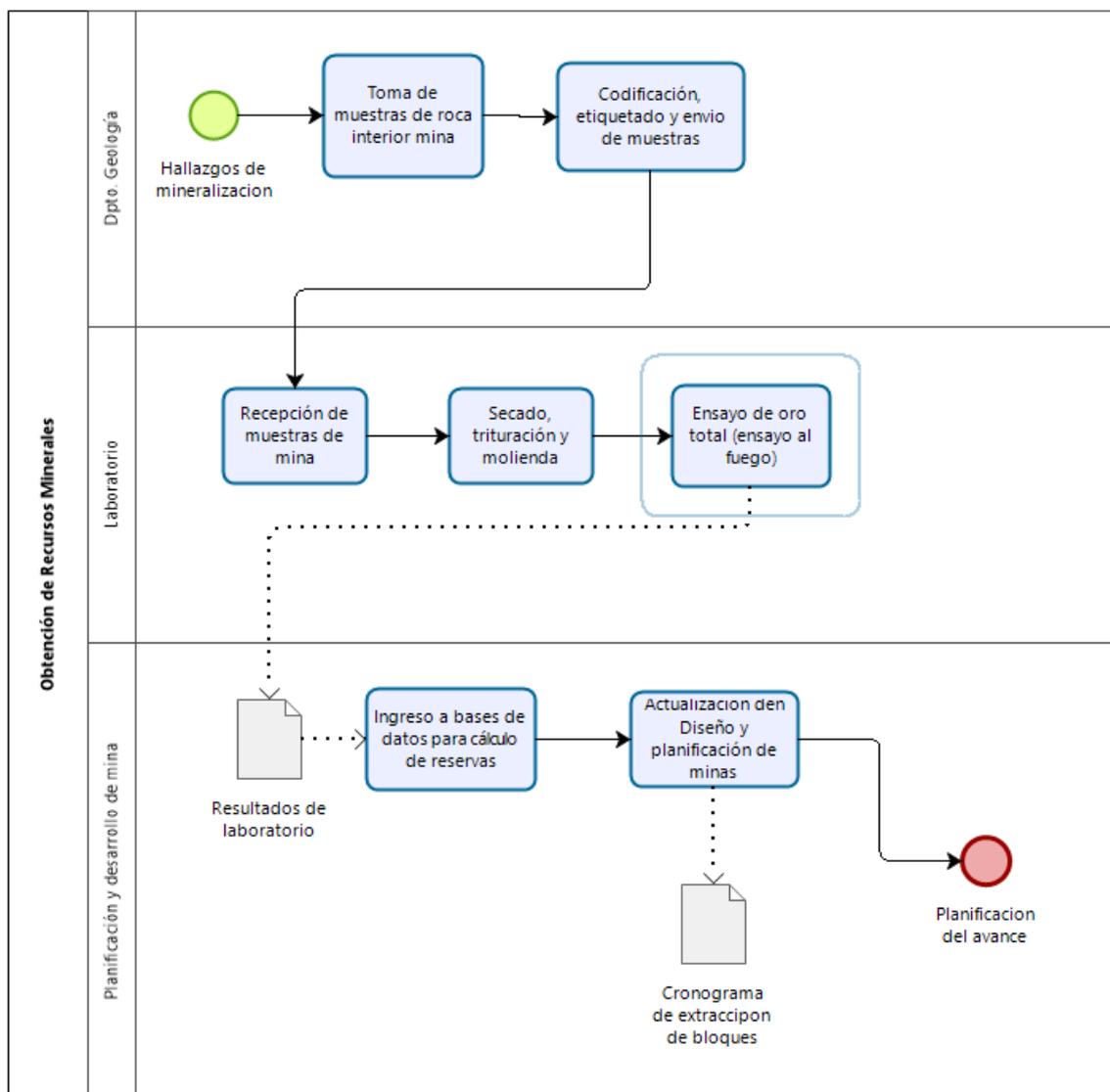
Fuente: Entrevistas al personal del proyecto METALESA S.A (2021)

**Obtención de recursos minerales:** Una vez localizado el cuerpo mineral que contiene valores rentables de minerales aprovechables: oro, plata, cobre se procede a realizar su exploración – explotación simultánea, mediante las actividades diagramadas en la Figura 4.

Las mismas que consisten en tomar muestras de roca de los frentes de explotación de la mina subterránea para realizar un análisis de laboratorio, en donde como resultado se obtiene la cantidad del mineral de interés: oro, plata, cobre; que existe en ese frente de la mina.

Posteriormente con esta información se alimenta las bases de datos y planos de la mina, información que permite elaborar una planificación de minado a corto y mediano plazo.

Figura 4. Diagrama de Flujo de Obtención de Recursos Minerales



Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Fuente: Entrevistas al personal del proyecto METALESA S.A.

## Exploración

Este proceso consiste en la búsqueda de las dimensiones del cuerpo mineral, que permita el tiempo de vida útil del proyecto minero; se realiza mediante estudios geofísicos, perforaciones, apertura de galerías de pequeñas dimensiones, muestreo geoquímico, entre otras. Por las características de la Pequeña Minería en la dimensión económica y falta de liquidez para realizar una gran inversión en la exploración este proceso se realiza en simultáneo con la explotación del recurso.

### **Control mineral**

Este proceso consiste en la verificación de las características y valores del mineral extraído y descubierto en la etapa de exploración, permite reducir el riesgo de inversión y generar confianza en el proyecto minero. La base de este proceso se apoya en el muestreo y análisis de laboratorio, por lo cual es parte fundamental para las etapas de exploración y explotación.

### **Minado**

Este proceso consiste directamente en la extracción de la roca que contiene la mena del mineral de interés del macizo rocoso hasta su llegada a la planta de procesamiento, el diagrama de flujo de este proceso se puede ver en la Figura 5.

**Avance:** El proceso de avance se refiere a la apertura de excavaciones subterráneas que permiten llegar a los cuerpos minerales y extraer el mineral de interés, la colocación de sistemas de transporte interno, acondicionamiento de servicios para un trabajo adecuado, entrada y salida del personal.

**Explotación:** Una vez que se ha accedido al cuerpo mineral de interés se procede a la obtención racional de las rocas de interés, mediante un diseño de explotación técnico y seguro, que permita la extracción del recurso minimizando los riesgos para el personal y las galerías que permiten el tránsito de personas, maquinaria, equipos y servicios.

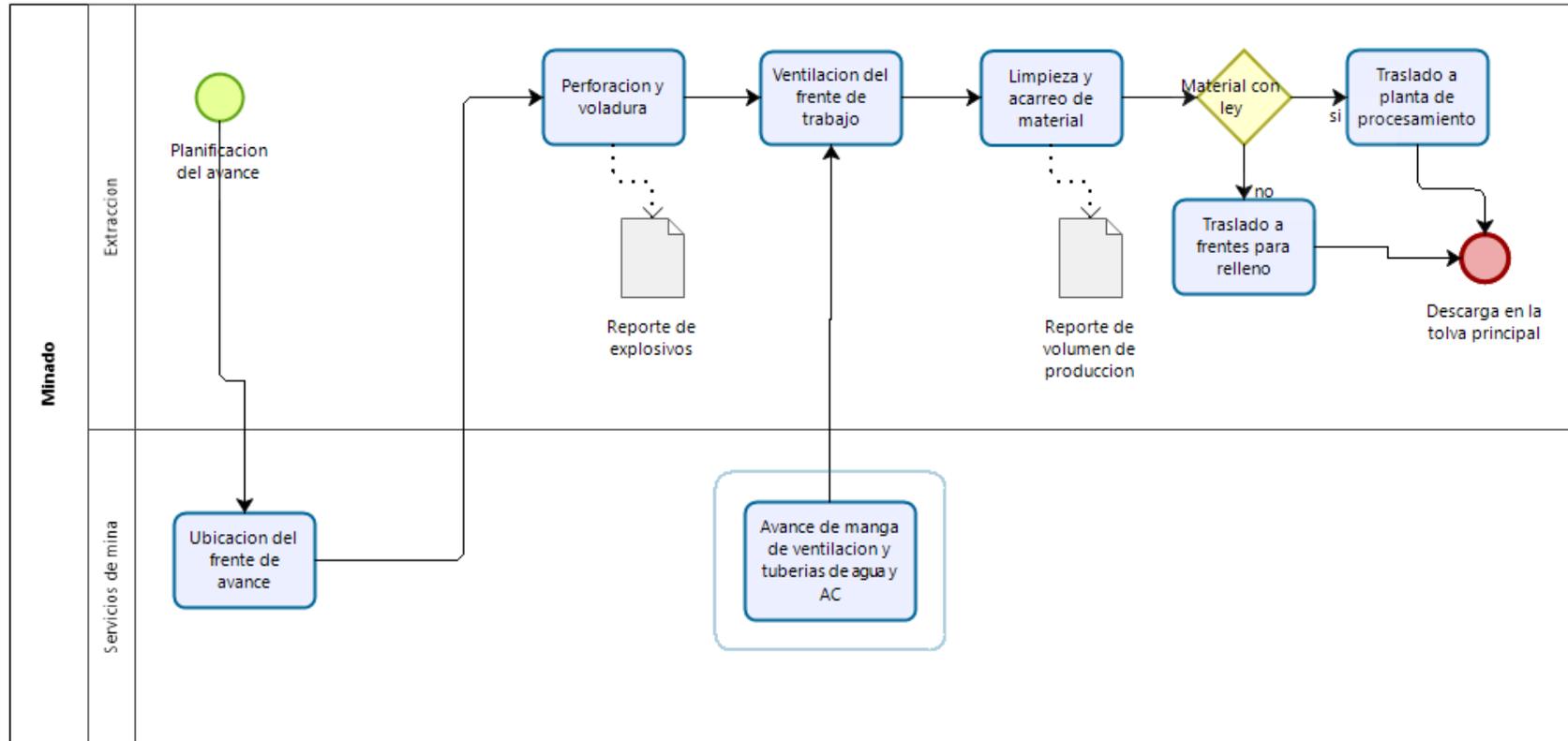
Para realizar el arranque del mineral se utiliza técnicas de perforación y voladura, en donde se diseña una malla de perforación en dependencia de las características de la roca y el diseño previamente realizado y se utiliza el explosivo necesario para realizar el desprendimiento de la roca.

**Transporte:** El transporte en labores subterráneas se realiza mediante línea férrea interna, por donde se trasladan vagones de 1 a 1.5 ton, el movimiento del convoy de 15 a 20 vagones se realiza con la ayuda de una locomotora eléctrica.

Cuando el material se extrae desde niveles inferiores se realiza el ascenso mediante la utilización de winches hasta el nivel de salida a la superficie; mientras que cuando se encuentra en niveles superiores se transporta por gravedad, controlando la salida de material en buzones de madera o metal.

Cuando el material rocoso está en la superficie se deposita en una tolva en donde mediante el uso de volquetas se traslada hasta la planta de procesamiento y beneficio.

Figura 5. Diagrama de flujo de proceso de Minado



Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Fuente: Apuntes de Entrevistas a personal del proyecto METALESA S.A.

### **Procesamiento**

Una vez que el material rocoso que contiene los minerales de interés llega a la planta de beneficio empieza el proceso de reducción de tamaño y procesos metalúrgicos diseñados específicamente para el mineral específico de ese lugar, todo este proceso se realiza mediante el uso de maquinaria especializada, bandas transportadoras y bombas; el mismo que se encuentra detallado a continuación y diagramado en la Figura 6.

**Trituración:** Es un proceso de reducción de tamaño en donde las rocas pasan de tamaños de aproximadamente 4-12 pulgadas a un tamaño condicionado de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de pulgada para facilitar el proceso de molienda.

**Molienda:** Una vez que el material cuenta con un tamaño condicionado adecuado pasa al proceso de molienda, en donde el tamaño de la roca se reduce hasta -200 mallas, haciendo la analogía se reduce hasta quedar con la finura de harina; para realizar el movimiento de esta “harina de roca” se agrega agua a la molienda, lo que permite que el transporte posterior se realice mediante bombas y tuberías.

**Concentración gravimétrica:** La concentración gravimétrica consiste en el aprovechamiento de la alta densidad de ciertos minerales, como oro, plata, platino para separarlos del resto de partículas de roca, mediante la utilización de maquinaria de alta velocidad o vibración, es importante recalcar que estos métodos no utilizan ninguna clase de reactivos ni químico, solo agua.

**Fundición:** El mineral (oro, plata) concentrado gravimétricamente pasa al proceso de fundición en donde mediante procesos de pirometalurgia y con el uso de reactivos como Bórax y carbonato de potasio se logra obtener el lingote de oro, como producto final del proceso de minado y beneficio del proyecto.

**Flotación:** El proceso de flotación se realiza para aprovechar de las partículas de mineral fino que no pudieron ser separadas por el proceso gravimétrico, el fundamento técnico de este proceso indica que una vez generadas las burbujas por los reactivos el mineral de interés se pega a la película de estas burbujas y asciende, mientras las partículas de roca descienden, dándose la separación y la concentración del mineral de interés; para que este proceso sea exitoso la molienda debe ser controlada y se debe dosificar los reactivos de flotación por goteo, como son: espumantes, depresores, activadores que en su gran mayoría pertenecen a las familias de los alcoholes, lo que permite degradarlo fácilmente posterior al proceso.

**Prensado:** Cuando se ha logrado separar las partículas de interés y la roca

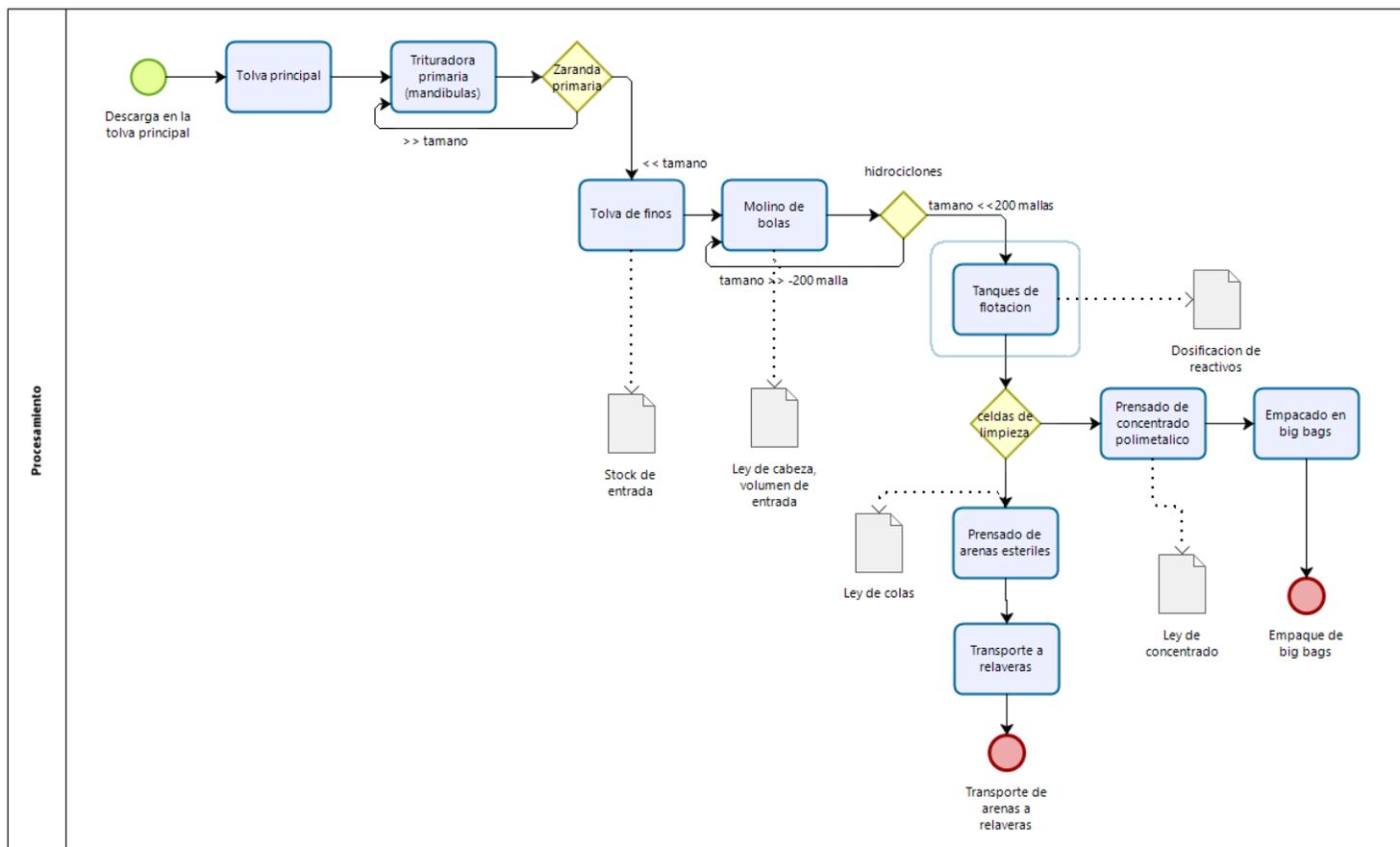
estéril<sup>1</sup>, cada una de estas se transportan mediante tubería a filtros prensa independientes, en donde se escurren las arenas permitiendo recuperar el agua del proceso para recircular al circuito de flotación y logrando el reciclaje de aproximadamente el 80% de agua en el proceso.

**Disposición de relave:** Las arenas prensadas, con un 20% de humedad de material estéril se transportan mediante banda transportadora hacia la zona de relaves, la cual ha sido construida de tal forma que no permita el derrame de cualquier tipo de agua residual que pueda lixiviar de las arenas, para esto se ha colocado una capa de arcilla en las paredes de la piscina y adicionalmente un recubrimiento de geo membrana vulcanizada.

---

<sup>1</sup> Roca estéril: Fragmento de roca que no contiene partículas de mineral de interés, en este caso oro, plata, cobre.

Figura 6. Diagrama de Flujo de proceso de Procesamiento de minerales



Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Fuente: Apuntes de Entrevistas a personal del proyecto METALESA S.A.

### **Comercialización**

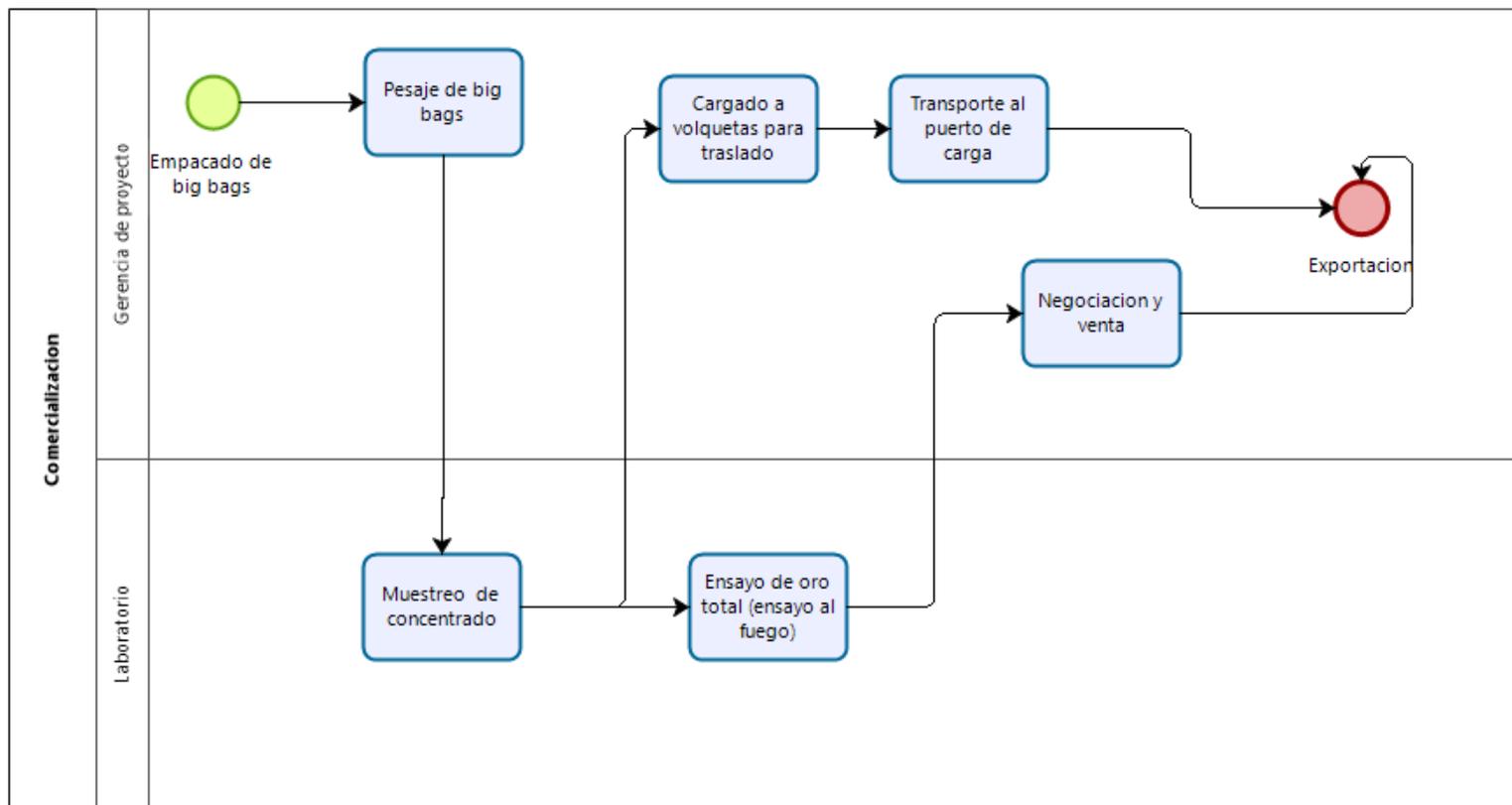
Esta etapa consiste en la preparación y control de calidad de los productos finales para su venta. El diagrama de este proceso se encuentra en la Figura 7.

**Empaque:** Una vez escurridas las arenas en el filtro prensa son transportadas por banda hasta la zona de empaque, en donde se llenan en “Big Bags” para su posterior transporte. Las Big Bags consisten en envases de polipropileno de alta resistencia generalmente con una capacidad de 1 m<sup>3</sup>, que permite el transporte y la exportación de arenas vía terrestre y marítima.

**Transporte:** el transporte de arenas contenidas en big bags se realiza vía terrestre hasta el puerto de carga,

**Exportación:** Desde el puerto es transportado al exterior, generalmente a China para la separación, refinación y utilización de los minerales contenidos en el concentrado polimetálico.

Figura 7. Diagrama de Flujo de proceso de Comercialización de minerales



Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Fuente: Apuntes de Entrevistas a personal del proyecto METALESA S.A.

### 3. Metodología de investigación

Esta investigación es de tipo cualitativo, a través de un método exploratorio documental y descriptivo se analizó información bibliográfica sobre el tema, así, se trabajó con fuentes bibliográficas secundarias, con el propósito de establecer el marco de referencia, entre las cuales tenemos artículos académicos, legislación nacional, normas nacionales e internacionales, tesis, libros; y con fuentes primarias de información que se obtienen mediante entrevistas, reuniones y recolección de datos con partes interesadas pertinentes, parte del proyecto minero METALESA S.A. y otros actores parte de los entes de control e investigación nacionales, para determinar la situación actual de la gestión con enfoque a procesos en el sector de la Pequeña Minería industrial. A partir del procesamiento y análisis de la información obtenida, se estructuró la propuesta de una guía de procesos basada en los principios de Economía Circular para el proyecto minero METALESA S.A., la cual se describe, analiza y detalla en el capítulo 3.

### 4. Diagnóstico de la situación actual de la gestión por procesos en el proyecto METALESA S.A.

#### 4.1. Filosofía de la empresa

El proyecto METALESA inicia en una familia de tradición minera, dedicada principalmente a la extracción de minerales metálicos como oro, plata cobre. Se describen de la siguiente manera:

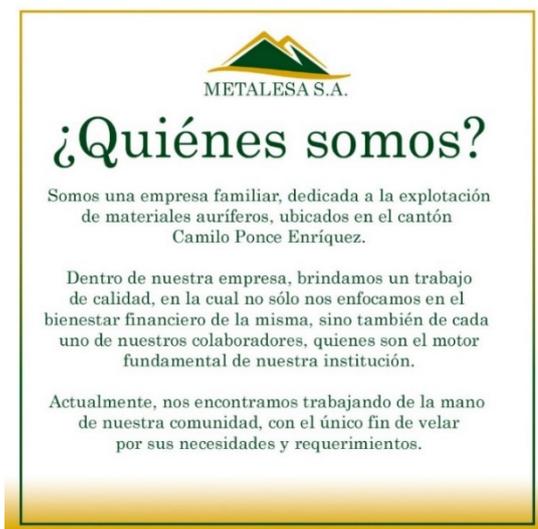


Figura 8. Descripción del proyecto METALESA S.A, 2021

Fuente: <https://www.facebook.com/MetalesaS.A/photos/120530630278543>

METALESA S.A. es un proyecto relativamente nuevo en el proceso de extracción de minerales, posicionado dentro del Régimen Especial de Pequeña Minería, que se ha caracterizado en sus primeros años por la fuerte inyección de capital para optimizar y mejorar sus procesos operativos, actualmente extrae, procesa y concentra mediante un proceso de flotación un promedio de 120 Ton/día de roca con minerales metálicos. Para el crecimiento operativo que ha tenido en el último año se hace necesario plantear un plan estratégico que le permita continuar con su operación de manera eficaz y eficiente, por lo cual plantea los siguientes principios empresariales:

**Misión:** Desarrollar una actividad minera responsable, social y económica, para así generar fuentes de trabajo dignas que ayuden a prosperar a las familias ecuatoriana

**Visión:** En el corazón de Metalesa, está nuestra visión de ser una empresa líder en el país, somos gente y una organización con capacidades superiores de productividad y plenamente humana



Figura 9. Misión y visión de proyecto METALESA S.A., 2021

Fuente: <https://www.facebook.com/MetalesaS.A/photos/120743416923931>

#### 4.2. Diagnóstico y levantamiento de información

A pesar de que la organización no ha planteado formalmente sus objetivos empresariales en un documento, sin embargo, se evidencia que sus colaboradores los conocen y actúan bajo estos, tales como: seguridad, perseverancia, honestidad, respeto.

Tampoco se ha realizado un análisis de contexto, tanto interno como externo que permita conocer las oportunidades de mejora, fortalezas, debilidades, amenazas actuales y futuras.

Para el diagnóstico de la organización se ha realizado entrevistas personales a miembros de la directiva, colaboradores operativos y administrativos; además se ha realizado visitas a cada uno de los lugares en donde se desarrollan los diferentes procesos operativos del proyecto: desde la mina subterránea, planta de procesamiento, planta de

presando de arenas y recirculación de agua, piscinas de arenas de relave, laboratorio, administrativos y gerencia; con lo cual se ha construido el mapa de procesos de la organización, además se ha realizado un análisis de microentorno y macroentorno, utilizando las herramientas FODA y PESTAL.



## Capítulo tercero

### Propuesta de una guía de procesos de economía circular en el proyecto minero METALESA S.A.

Para realizar un análisis y diagnóstico de las organizaciones apegado a la base de las normas técnicas nacionales NTE INEN-ISO 9000:2015 y NTE INEN-AFNOR XP X30-901, normas específicas aplicadas para organizaciones mineras UNE 22480:2019 y UNE 22470:2019, con lo cual se ha realizado un análisis de los procesos de la organización y su cadena de valor, de tal forma que este diagnóstico tenga un enfoque de procesos, con lo cual se facilita la aplicación de las normas en las actividades de la organización y una correcta aplicación de las oportunidades de mejora propuestas.

La actividad minera contempla procesos en cada una de sus fases como son la prospección, exploración, exploración avanzada, análisis de factibilidad, explotación, procesamiento y beneficio, cierre y abandono.

En el Ecuador según la legislación minera vigente los regímenes mineros se dividen en cuatro tipos: minería artesanal, pequeña minería, mediana minería, gran minería.

Para esta investigación se analizó a detalle los procesos de las actividades de la Pequeña Minería en el proyecto minero METALESA S.A. ubicado en la provincia de Azuay que opera bajo los preceptos del Régimen Especial de Pequeña Minería y Minería artesanal, el cual indica en su Art. 10 que: por las características propias y particulares de la Pequeña Minería se podrá realizar la exploración y explotación de manera simultánea, con lo cual se han definido los siguientes procesos operativos o misionales en METALESA S.A.

#### **1. Mapa de Procesos actual del proyecto minero METALESA S.A.**

Con el objetivo de iniciar el análisis por procesos del proyecto minero METALESA. S.A, se ha elaborado un mapa de procesos (Figura 11), que describe la situación de gerencia, administrativa y operativa actual del proyecto. En cada proceso se define entradas, actividades y salidas. Además, como entradas y salidas se definen a los proveedores y clientes, respectivamente. Para el análisis cronológico de las actividades,

subprocesos y procesos se ha realizado diagramas de flujo generales del proyecto y específicos de cada actividad misional u operativa.

### **Entradas**

Se refiere a los insumos, que requieren los procesos operativos o misionales para poder generar sus productos.

**Accionistas:** Son aquellos toman las decisiones monetarias y societarias de la organización, este grupo se encuentra representado por el presidente del directorio de la Asamblea de socios.

**Comunidad:** Se refiere a las poblaciones asentadas en los alrededores del proyecto minero, en este caso el poblado más cercano al proyecto se denomina Mirador, conformado por aproximadamente 42 familias, que son parte integral del desarrollo del proyecto minero.

**Trabajadores:** Para METALESA el grupo de personas con el que trabajan es el grupo más importante en el medio operativo, por lo cual las decisiones y actividades gerenciales se enfocan en el cuidado y bienestar de sus colaboradores.

**ARCERNNR:** La Agencia de Regulación y control minero junto con el Ministerio Sectorial son de gran importancia para dar inicio al proceso de operación del proyecto minero porque son los responsables del otorgamiento del Título de concesión minera y el seguimiento del cumplimiento de las obligaciones como concesionario minero.

**MAATE:** Toda actividad que se realiza en territorio nacional requiere un permiso o autorización de regularización ambiental, necesaria para iniciar las operaciones mineras, además de llevar el control y auditoría de los planes de manejo ambiental aprobados.

**Proveedores:** Por lo general los proyectos mineros se desarrollan en zonas alejadas de centros poblados, por lo cual una relación de confianza entre proveedores y clientes es esencial, por lo cual los proyectos mineros se basan en una relación comercial de lealtad entre proveedores y clientes.

**GAD Ponce Enríquez:** El municipio o parroquia donde se ubica el proyecto minero es parte importante del desarrollo y operación del mismo, este es el responsable de contar con una vía habilitada para el transporte de insumos y materiales, atención de salud, este se ve beneficiado por el proyecto gracias a la creación de empleo y el pago de impuestos por uso de suelo.

## **Procesos estratégicos**

**Gerencia General:** Es el departamento encargado de coordinar las tareas necesarias para el correcto funcionamiento del proyecto.

**Gerencia Financiera:** Es el área encargada del manejo de la parte monetaria y contable del proyecto, tiene estrecha relación con la gerencia general.

## **Procesos misionales o sustantivos del proyecto METALESA S.A.**

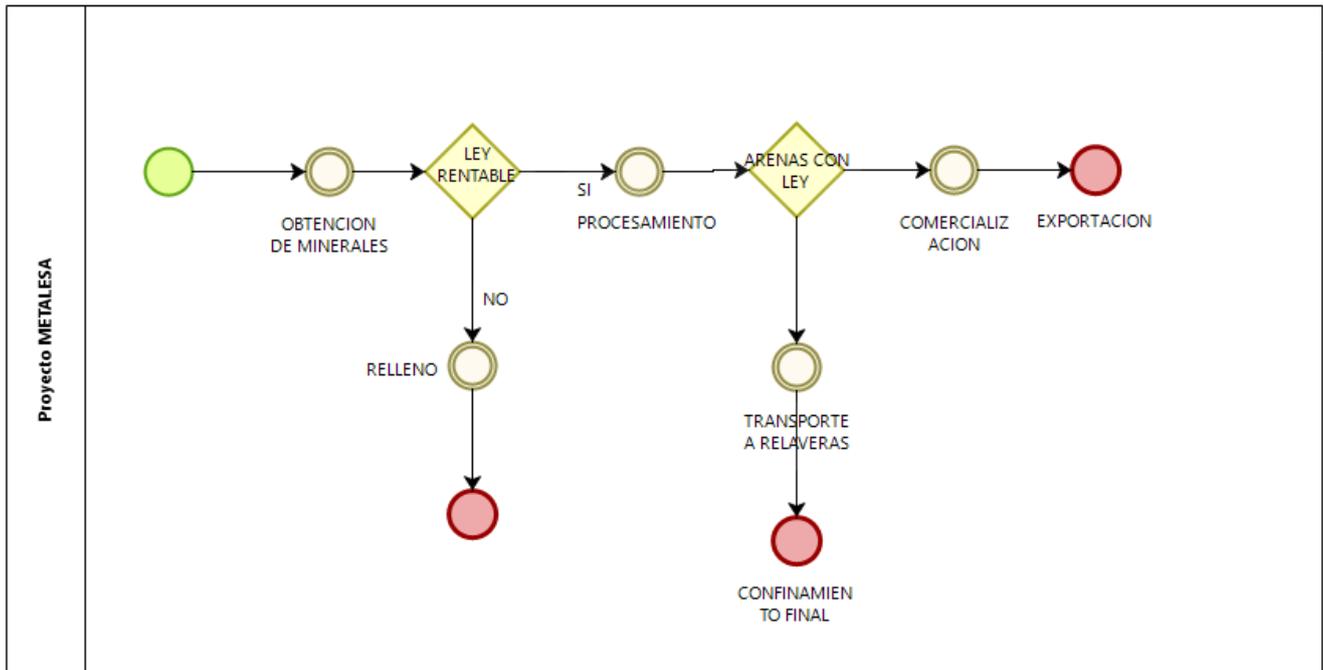
**Obtención de recursos minerales:** Se refiere a todos los procesos necesarios para cuantificar los recursos minerales que se planifica extraer del subsuelo.

**Minado:** Son todos los procesos operativos que requiere la extracción de mineral desde el subsuelo: apertura de túneles, perforación, voladura, acarreo y transporte de mineral.

**Procesamiento:** Contiene los procesos necesarios para lograr la liberación de los minerales de interés de la roca que los contiene, mediante procesos físicos y químicos, con lo cual obtienen los productos para su venta.

**Comercialización:** Se refiere a las actividades necesarias para la preparación, empaque y transporte de los productos finales hasta su cliente.

Figura 10. Diagrama de flujo de procesos METALESA S.A



Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Fuente: Apuntes de Entrevistas a personal del proyecto METALESA S.A.

Tabla 2

**Matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales de los procesos misionales del proyecto METALESA S.A.**

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES METALESA S.A.						
PROCESO	TIPO DE ASPECTO AMBIENTAL	ASPECTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN	IMPACTO AMBIENTAL	PROPUESTA DE CONTROL	INDICADOR
<b>Obtención de Recursos Minerales</b>						
Exploración	Uso de energía (combustible fósil)	Energía primaria	Consumo de energía para movilización en vehículos 4x4, del equipo técnico hasta la zona de prospección	Agotamiento del recurso	Mantenimiento periódico vehicular y construcción de un campamento en la zona de prospección.	Anexo 4, 19
Control mineral	Uso de energía	Energía secundaria	Consumo de energía para equipos de laboratorio, computadora, iluminación, impresoras.	Agotamiento del recurso	Plan de ahorro de energía eléctrica en laboratorio.	Anexo 19
<b>Minado</b>						

Avance	Uso de energía (Aire comprimido)	Energía secundaria	Consumo de aire comprimido para funcionamiento de máquinas de perforación y bombas, generado mediante compresores a diésel	Agotamiento del recurso Emisión de gases a la atmósfera	Mantenimiento preventivo de maquinaria para evitar el exceso de emisiones a la atmosfera	Anexo 18, 19, 20
	Emisiones	Vapores y ruido	Para realizar el avance y el quebrado de la roca en la mina se utiliza explosivos, los cuales generan ruido y gran cantidad de gases durante la explosión (voladura)	Agotamiento de la materia prima, afectación al personal y a la comunidad	Control en el consumo técnico de explosivos, Control del ruido en superficie y ventilación del lugar con aire húmedo	Anexo 21, 28
Explotación	Descargas	Líquidas	Conforme se avanza en la construcción de túneles se encuentra agua de característica ácida, la misma que es evacuada de la excavación	Afectación a afluente de superficie, afectación a la comunidad	Control de calidad del agua de descarga (pH, sólidos, turbidez), filtración y control de pH mediante una planta de tratamiento de agua ácida (carbón activado, zeolita)	Anexo 29
Transporte	Uso de energía	Energía secundaria	Consumo de energía para locomotora eléctrica	Agotamiento del recurso	Mantenimiento periódico de baterías de locomotora.	
<b>Procesamiento de minerales</b>						
Trituración	Uso de energía	Energía secundaria	Consumo de energía para funcionamiento de la trituradora de roca	Agotamiento del recurso	Mantenimiento periódico.	
	Emisiones	Ruido y polvo	Cuando se realiza la reducción de tamaño del mineral en la etapa de trituración se genera polvo y ruido	Afectación al personal	Control de porcentaje de humedad de entrada de la roca a la trituración, Uso de EPP del personal	Anexo 22
Molienda	Emisiones	Ruido	Cuando se realiza la molienda húmeda de roca en molinos de bolas se genera gran cantidad de ruido	Afectación al personal	Pantalla de sonido, EPP adecuado para el personal	
Concentración	Recursos	Naturales	Para el lavado de los concentradores se utiliza agua fresca, la que después se añade al proceso de flotación	Agotamiento del recurso	Control del sistema para la correcta recirculación de agua (80%)	Anexo 23, 24

					de agua recirculada)	
Fundición	Emisiones	Vapores	En el proceso de fundición se producen gases por el cambio de estado de los metales	Vapores de ácido nítrico, ácido sulfúrico, vapor de agua	Planta de lavado de ácidos, entran todos los vapores ácidos y lo condensa sobre agua, emanando vapor de agua a la atmósfera.	Anexo 28
Flotación	Agua residual	Agua industrial	Después de realizar el proceso de flotación, en donde el mineral de interés (oro) se eleva en espuma y la roca sin mineral se asienta en tanque el agua con reactivos biodegradables se recircula.	Posible filtración de reactivos biodegradables, antes del tiempo de degradación (45 días)	Monitoreo y mantenimiento de los tanques de recirculación de agua residual de proceso de flotación	Anexo 24, 25, 29, 34
Prensado	Agua residual	Agua industrial	Después de realizar el prensado de las arenas estériles, el agua de proceso pasa a los tanques de recirculación para que el agua con reactivos ingrese nuevamente al proceso,	Posible filtración de reactivos biodegradables, antes del tiempo de degradación (45 días)	Monitoreo y mantenimiento de los tanques de recirculación de agua residual de proceso de flotación	Anexo 24, 25, 29, 34
	Descargas	Sólidas	Las arenas prensadas se transportan hasta la piscina impermeabilizada de relaves mediante volquetas	Posible descarga de material durante el transporte de las arenas prensadas	Monitoreo de caminos y mantenimiento de cajones de volquetas, protocolo de llenado de volquetas para evitar descargas accidentales.	
Disposición de Relave	Recursos	Naturales	Las arenas prensadas se depositan en las relaveras hasta que éstas se llenen, manteniendo un límite de seguridad para evitar el desbordamiento de agua lluvia.	Llenado de relaveras y falta de espacio para construir nuevas piscinas.	Compra de nuevos terrenos para construcción de relaveras	Anexo 26, 27, 30, 31, 33

Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Fuente: Apuntes de Entrevistas a personal del proyecto METALESA S.A.

## **Procesos de apoyo o adjetivos del proyecto minero METALESA S.A.**

**Legal:** El área encargada de los procesos judiciales y legales que requiere el funcionamiento de la organización y el cumplimiento de los requisitos legales.

**Ambiental:** La actividad minera ha sido catalogada como altamente contaminante, por lo cual la organización requiere el apoyo de un departamento dedicado exclusivamente a la regularización, control, monitoreo y cumplimiento de los planes de manejo ambiental.

**Laboratorio:** El control de laboratorio es esencial para el funcionamiento de la operación, porque en este se basa la planificación a corto, mediano y largo plazo.

**Logística:** Debido a las características de ubicación del proyecto minero se requiere un departamento dedicado solo a la logística y transporte de personal, insumos, materiales.

**Planeamiento e ingeniería:** El área de planificación es la encargada de materializar los planes de la gerencia, utilizando los datos del laboratorio por lo cual requiere de técnicos que se encarguen de llevar a cabo esta planificación.

**Recursos Humanos:** Es el departamento encargado de las relaciones de la organización con el personal y sus colaboradores, en temas contractuales, seguridad y salud.

Figura 11. Mapa de procesos del Proyecto METALESA S.A.



Fuente: Información tomada de entrevistas personales  
 Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

## 2. Análisis del contexto interno y externo del proyecto METALESA S.A.

### 2.1 Análisis FODA del proyecto METALESA S.A.

Con la información recabada durante las entrevistas al gerente y personal administrativo se ha llevado a cabo el siguiente análisis FODA que se desarrolla como una línea base para la propuesta de esta investigación.

Para realizar el análisis del contexto interno en el que se desarrolla el proyecto minero METALESA S.A. mediante esta herramienta, se incluyen parámetros propios de la organización: fortalezas y debilidades; y parámetros externos: oportunidades y amenazas, que se dan por factores externos, es decir, que no están bajo el control de la organización. El análisis realizado se resume en la Tabla 2.

Tabla 3  
Matriz de Análisis FODA

ANÁLISIS FODA – PROYECTO METALESA S.A.			
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
Posicionamiento en el sector	Innovación en procesos operativos	Gestión social empresarial deficiente	Suspensión por movilizaciones de la comunidad
Tecnología para procesamiento amigable con el ambiente	Ingreso a nuevos mercados en el exterior	Relaciones débiles con entidades de control	Espacio insuficiente para nuevas piscinas de arenas residuales
Respaldo técnico en los procesos	Aumento de precio de minerales		Corrupción de entes reguladores
Respaldo de gerencia para decisiones técnicas	Apertura para implementar SGI		Inestabilidad jurídica y laboral
Venta directa de concentrado al exportador			
Sociedad familiar, fácil de consensuar			
Cumplimiento de Plan de Manejo Ambiental			

Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Fuente: Apuntes de Entrevistas a personal del proyecto METALESA S.A.

### 2.1.1 Análisis de evaluación de diagnóstico mediante herramienta FODA

#### Fortalezas

**Posicionamiento en el sector:** El Proyecto METALESA S.A., impulsado por la inyección de capital de inversión desde el año 2018, logra realizar una repotenciación integral del proyecto, comenzando por sus procesos y actividades de extracción y procesamiento de minerales. Con este nuevo enfoque de diseño se decide cambiar la forma o el diseño de minado y de procesamiento, con lo cual el proyecto obtiene un posicionamiento como proyecto modelo en el sector desde el punto de vista de ejecución de sus procesos y cuidado ambiental.

**Tecnología de procesamiento amigable con el ambiente:** Luego de realizar ensayos metalúrgicos del mineral contenido en el yacimiento del proyecto METALESA S.A., se decide realizar el procesamiento mediante métodos gravimétricos y flotación, la cual utiliza reactivos de tipo alcohol biodegradables, que luego de un período corto de tiempo en condiciones de campo abierto desaparecen y se transforman en compuestos inofensivos para el medio ambiente.

**Respaldo técnico de los procesos:** Para realizar la el proceso de repotenciación del proyecto METALESA S.A. se fundamentó en estudios técnicos de tipo minero, geológico y metalúrgico con la presencia de especialistas en cada una de estas áreas, con lo cual diseña y ejecuta nuevos procesos con el respaldo de los profesionales específicos en cada una de estas necesidades.

**Respaldo de gerencia para decisiones técnicas:** La gerencia del proyecto ha generado un vínculo de confianza técnico – empresarial con sus profesionales, por lo cual las decisiones técnicas tienen el total respaldo de la gerencia y con ello la asignación de recursos suficientes para la ejecución de nuevos procesos y mejoramiento continuo.

**Venta directa del producto al exportador:** El proceso llevado a cabo en el proyecto METALESA S.A. genera como producto un concentrado de minerales metálicos (oro, plata, cobre) el cual se transporta y se exporta directamente por medio del puerto ubicado en Machala por lo cual no hay pérdidas económicas a razón de negocios con intermediarios de comercialización.

**Sociedad familiar, fácil de consensuar:** El proyecto METALESA S.a. pertenece a una familia oriunda de la parroquia Shumiral, cantón Ponce Enríquez, gracias a esto la toma de decisiones estratégicas se facilita por el vínculo de confianza presente entre gran

parte de los socios, en la entrevista llevada a cabo con su gerente este manifestó que una vez solicitado y explicado la base técnica de los proyectos y mejoras la Asamblea puede aprobar eficazmente la asignación de recursos.

**Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental:** Una de las fortalezas más importantes del proyecto METALESA S.A. es el cumplimiento del nuevo Plan de Manejo Ambiental, el cual permitió mantener un trabajo continuo durante el tiempo de confinamiento causado por el COVID-19, el cumplimiento de este y la implementación de los protocolos de bioseguridad y control de ingreso y salidas permitió que no se generen casos de contagio colectivo.

### **Oportunidades**

**Innovación en procesos operativos:** El proyecto METALESA S.A. ha ubicado como parte de su planificación estratégica la adopción de procesos de mejora en sus actividades operativas, conforme las necesidades y resultados de la parte técnica, por lo cual se cuenta con el total respaldo para la implementación de nueva tecnología a sus procesos. Esto se manifiesta en la adopción de procesos de recirculación de agua de proceso, utilización de reactivos biodegradables para la concentración de minerales metálicos, adopción de maquinaria eléctrica y conexión con el sistema eléctrico interconectado nacional, y finalmente, un proceso pionero en proyectos de Pequeña Minería que es la adopción del proceso de Relleno Hidráulico para el cierre y abandono de minas, lo cual permite dejar de colocar las arenas estériles en piscinas por largos períodos de tiempo y lograr un confinamiento final como parte de las cavidades subterráneas.

**Apertura para la implementación de Sistemas de Gestión:** En la entrevista mantenida con el Gerente del proyecto METALESA S.A., este supo manifestar que después de informarse acerca de los sistemas de gestión y las normas ISO para su certificación, es de gran interés poder implementar en los procesos del proyecto los sistemas de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (ISO 45001), Ambiental (ISO 14001) y finalmente el Sistema de Gestión de Calidad (ISO 9001), con lo cual se apertura el ingreso a nuevos mercados de minerales con beneficios económicos y corporativos.

**Ingreso a nuevos mercados en el exterior:** Una vez conocido que es de interés de la gerencia del proyecto METALESA S.A. la adopción de sistemas de gestión según

las normas ISO, se da la oportunidad de ingresar a nuevos mercados que traen beneficios económicos en la venta de minerales.

**Aumento de precio de minerales:** Durante la época de pandemia provocada por el COVID-19 el mercado de minerales, especialmente metales, dio un giro inesperado al suscitarse la caída del precio del dólar o el petróleo; mientras estos bajaban los metales mantenían su precio o se elevaban, este hecho se presenta como una oportunidad para el proyecto METALESA S.A., ya que puede contar con mayor inyección de liquidez y rentabilidad, conforme fluctúe el precio de los minerales.

## **2.2 Análisis del macroentorno, herramienta PESTAL**

Se ha realizado el análisis del macroentorno, utilizando la herramienta PESTAL, para identificar las principales variables: políticas, económicas, sociales, tecnológicas, ambientales y legales, que pueden afectar de manera positiva o negativa y de forma directa o indirecta en el desempeño del proyecto METALESA S.A. al abordar los riesgos y oportunidades de manera proactiva y eficaz.

El resumen de los parámetros incluidos en el análisis externo e interno se indican describen en la tabla 3.

Tabla 4  
Análisis de macroentorno – Herramienta PESTAL

	<b>P</b> <b>(Político)</b>	<b>E</b> <b>(Económico)</b>	<b>S</b> <b>(Social)</b>	<b>T</b> <b>(Tecnológico)</b>	<b>L</b> <b>(Legal)</b>	<b>A</b> <b>(Ambiental)</b>
<b>I</b> <b>N</b> <b>T</b> <b>E</b> <b>R</b> <b>N</b> <b>O</b> <b>S</b>	1. Reglamento interno de seguridad y salud	1. Legislación Tributaria	1. Estabilidad laboral para colaboradores	1. Uso de tecnología en sus procesos	1. Acuerdo de confidencialidad.	1. Plan de manejo ambiental vigente
	2. Proyecto familiar oriundos del sector minero	2. Presupuesto	2. Capacitación continua	2. Actualización continua	2. Reglamento interno de los trabajadores.	2. Uso de las 5 R's.
		3. Liquidez	3. Beneficios a empleados	3. Seguimiento de procesos desde oficina administrativa	3. Cumplimiento de requisitos de sociedad de hecho	3. Recirculación del agua para sus procesos (80%)
		4. Facilidades de créditos bancarios	4. Fidelidad de trabajadores		4. Seguros de accidente, salud y vida	4. Optimización de recursos internos (materia prima, energía, suministros).
			5. Sindicatos			5. Procesamiento con reactivos biodegradables
<b>E</b> <b>X</b> <b>T</b> <b>E</b> <b>R</b> <b>N</b> <b>O</b> <b>S</b>	1. Escaso apoyo del gobierno.	1. Balanza comercial.	1. Responsabilidad social empresarial.	1. Accesibilidad a los medios de comunicación y redes sociales.	1. Seguridad social.	1. Análisis de la ubicación
	2. CFN, BANEQUADOR.	2. Riesgo país.	2. Seguridad social.	2. Marketing digital.	2. Legalización de contratos.	2. Cumplimiento de normas ambientales.
		3. Créditos.			3. Cumplimiento de reglamentos y leyes nacionales de la normativa.	3. Gestión de desechos
					4. Adhesión a los organismos reguladores pertinentes.	

Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Fuente: Apuntes de Entrevistas a personal del proyecto METALESA S.A.

### 2.2.1 Análisis del contexto con herramienta PESTAL

**Político:** El proyecto minero METALESA S.A. se desarrolla en una empresa familiar de tradición minera del sector, lo cual se convierte en una ventaja al analizar el entorno político y demográfico de la zona. Los socios del proyecto nacieron, crecieron y aprendieron a hacer minería en el mismo lugar en donde se desarrolla el proyecto, por lo cual cuentan con facilidad para el manejo de relaciones comunitarias y la toma de conciencia para el cuidado ambiental, social y el desarrollo económico de su parroquia.

La falta de apoyo del Estado central y los GAD descentralizados son evidentes, por esta razón las comunidades prefieren firmar convenios directamente con las empresas privadas operadoras de los proyectos, en lugar de esperar una distribución de impuestos y regalías mineras que deben ser repartidas por el Estado, pero que nunca llegan.

Por políticas monetarias se ha facilitado la obtención de créditos en instituciones estatales, sin embargo, el papeleo y trámite para obtener los créditos en estas instituciones orientan al inversionista minero a buscar opción de crédito en la banca privada.

**Económico:** Los proyectos en pequeña minería cuentan con inversiones iniciales que varían de 1 a 5 millones de dólares en donde la legislación actual permite extraer un máximo de 300 toneladas al día, por estas características los proyectos en pequeña minería requieren de facilidad de crédito de acuerdo a estos presupuestos, que permita mantener una liquidez económica durante el tiempo de construcción y adecuación de las instalaciones de mina, tales como: campamento, comedor, baños, excavaciones de ingreso, servicios básicos, vías y caminos.

Los factores externos como el riesgo país no afectan directamente al proyecto porque cuenta con inversión nacional, pero interviene y detiene la posible inversión extranjera para repotenciar o desarrollar la producción del proyecto.

**Social:** La filosofía de los socios y la dirección del proyecto tiene como pilar fundamental el bienestar, comodidad y desarrollo de sus trabajadores, por lo cual el proyecto cumple con los requisitos legales, laborales y de salud obligatorios por la ley, además realiza gran porcentaje de inversiones para el mejoramiento de las condiciones de trabajo en mina, campamento, alimentación, servicios básicos, con esta filosofía se ha logrado crear un ambiente de confianza y lealtad entre los trabajadores y la empresa.

**Tecnológico:** Desde el año 2019 el proyecto viene realizando inversión en el cambio y renovación de equipos para migrar de equipos de combustión interna a equipos eléctricos, realizando una ampliación del tendido eléctrico para conectarse al Sistema Interconectado Nacional, reduciendo sus emisiones significativamente.

El proyecto brinda apoyo a los medios de comunicación comunitarios para la difusión de noticias internas del cantón con todas sus parroquias, con lo cual se ha podido fortalecer los lazos de comunicación entre la comunidad y la empresa; además mostrar los verdaderos problemas y realidades del mundo minero en esta escala industrial.

**Ambiental:** El cuidado del ambiente se ha posicionado como un factor determinante en la operación de las minas del sector, por lo cual mediante tiempo de investigación y experimentación se ha logrado realizar la concentración de minerales

metálicos utilizando reactivos biodegradables de la familia de los alcoholes, que después de un período aproximado de 30 días desaparecen por efecto de las condiciones ambientales, con lo cual se reduce por completo el vertido de aguas industriales a los efluentes naturales.

También se debe recalcar que el proceso industrial mediante un sistema de piscinas de sedimentación y bombas logra recircular el 80% de agua del proceso, lo que significa que solo utiliza un 20% de agua fresca para el proceso industrial.

**Legal:** Los requisitos legales en el tema laboral, ambiental, societario se mantienen estable durante algunos años, por lo cual el manejo del departamento legal no ha traído mayores problemas en el contexto a corto y mediano plazo, se espera que no cambien las normas para que no se cree inestabilidad.

### **2.3 Análisis y discusión de la información de diagnóstico**

Una vez realizado el análisis del proyecto METALESA, y el conjunto de sus actividades y procesos se va a realizar el análisis de cada proceso misional en búsqueda del punto específico en el cual se va a implementar los parámetros y actividades que permitan a este proyecto poner en práctica los principios de sostenibilidad y sustentabilidad de la agenda 2030 y la economía circular.

El análisis de micro entorno y marco entorno indican ciertos parámetros y partes interesadas en los que se debe enfocar el análisis de gestión de riesgos

Según el análisis de micro (FODA) y macroentorno (PESTAL) del proyecto, se puede concluir que los procesos que forman parte del proyecto METALESA S.A. cumplen en cierta parte con los objetivos y principios de la economía circular, sin embargo, se propone cambios puntuales en el mapa de procesos actual para lograr acoplar este proyecto de pequeña minería a los principios de la economía circular y los Objetivos de Desarrollo sostenible de la Agenda 2030.

Mediante la aplicación de inversión e implementación de nuevos procesos, planificada, orientada a soluciones y procesos técnicos, ingenieriles se puede transformar ciertos procesos esenciales del proyecto en procesos de sostenibilidad, en este caso de estudio se propone y analiza 3 procesos principales que son:

- uso de agua recirculada del proceso de flotación,
- implementación de energía eléctrica como fuente principal de energía para proceso de minado y procesamiento, y

- relleno de cámaras de mina con pasta de arenas de relave.

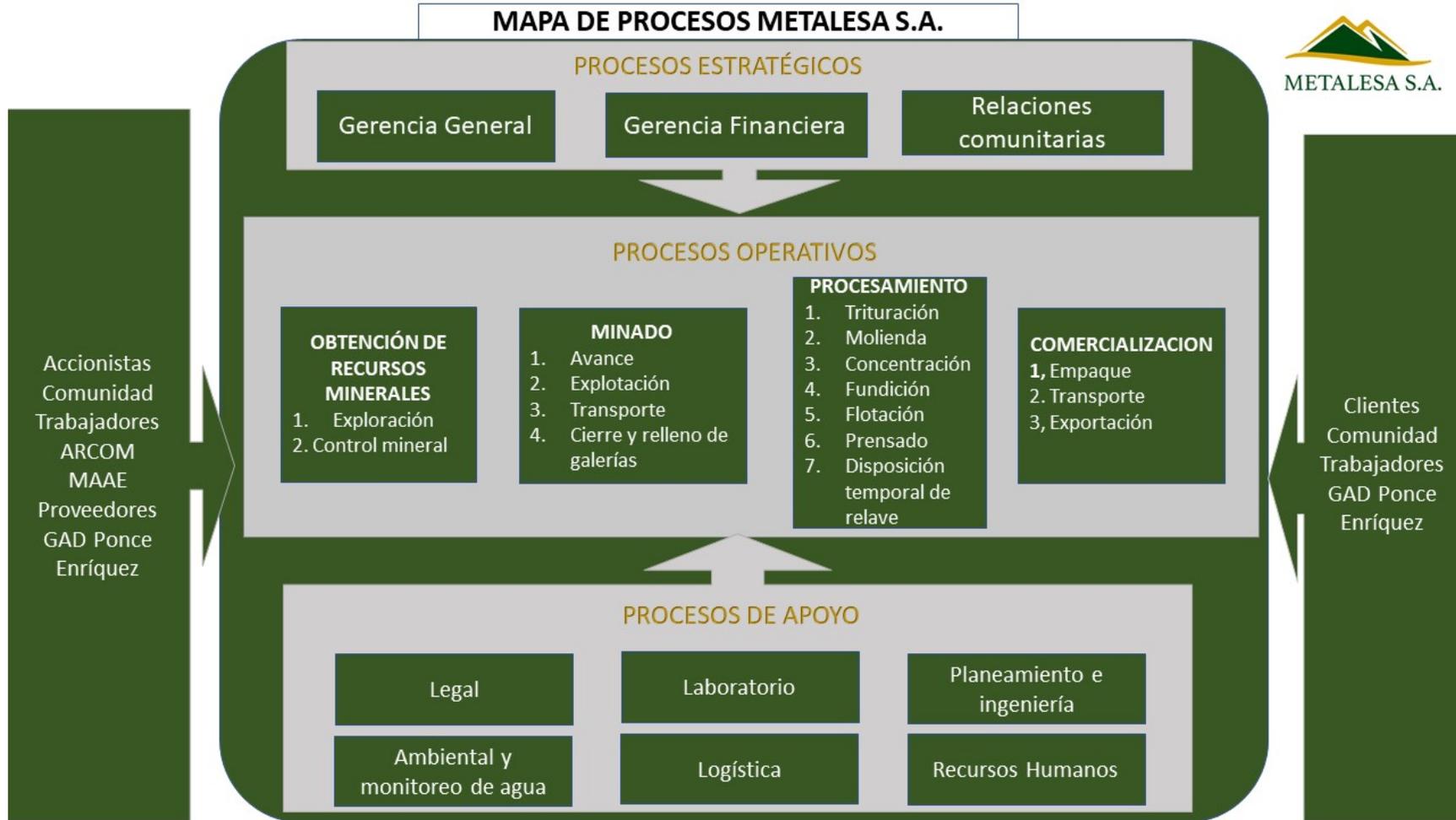
Para llevar a cabo la implementación de estos procesos de mejora se debe aprovechar las oportunidades tecnológicas y económicas que actualmente tiene el proyecto, obteniendo beneficios técnicos, económicos, ambientales y sociales.

### **3. Identificación y generación del mapa de procesos basado en la economía circular**

Para realizar la implementación de los nuevos procesos, se propone esta guía que reúne herramientas de varias normas, en donde se incluye el ciclo DEMING como base para la planificación, evaluación y mejora continua de los procesos de la organización.

Para llevar un control de los nuevos procesos de la organización hacia la sostenibilidad, se agrega indicadores propios de las normas UNE 22470 y UNE 22480, que permiten evaluar y medir la eficiencia de la organización en tres dimensiones: económico, ambiental y social; magnitudes que visibilizan el crecimiento de la organización en temas de sostenibilidad y responsabilidad con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Figura 12. Propuesta de Nuevo mapa de procesos METALESA S.A.



Fuente: Información tomada de entrevistas personales  
 Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Como se indica en la Figura 12, los cambios propuestos consisten tanto en cambios en procesos estratégicos, como misionales y de apoyo, logrando así dar el enfoque necesario al proyecto para su cumplimiento y conformidad con los principios de sostenibilidad planteados en las dimensiones económica, social y ambiental.

**Área de Relaciones Comunitarias:** Creación del área de Relaciones Comunitarias como parte del proceso estratégico de la organización, para fortalecer el aspecto social de la empresa con la comunidad es necesario implementar procesos que permitan crear, desarrollar y ejecutar un plan de desarrollo comunitario en conjunto, inicialmente para cubrir necesidades básicas de la comunidad de Mirador y posteriormente otros servicios necesarios. La creación de esta área permite a la organización alinearse al ODS 8: trabajo decente y crecimiento económico, ya que al conocer las necesidades de las comunidades cercanas, podrán intervenir en la solución de conflictos específicos, como empleo para miembros de la comunidad, capacitación para la población, proyectos de infraestructura conjuntos.

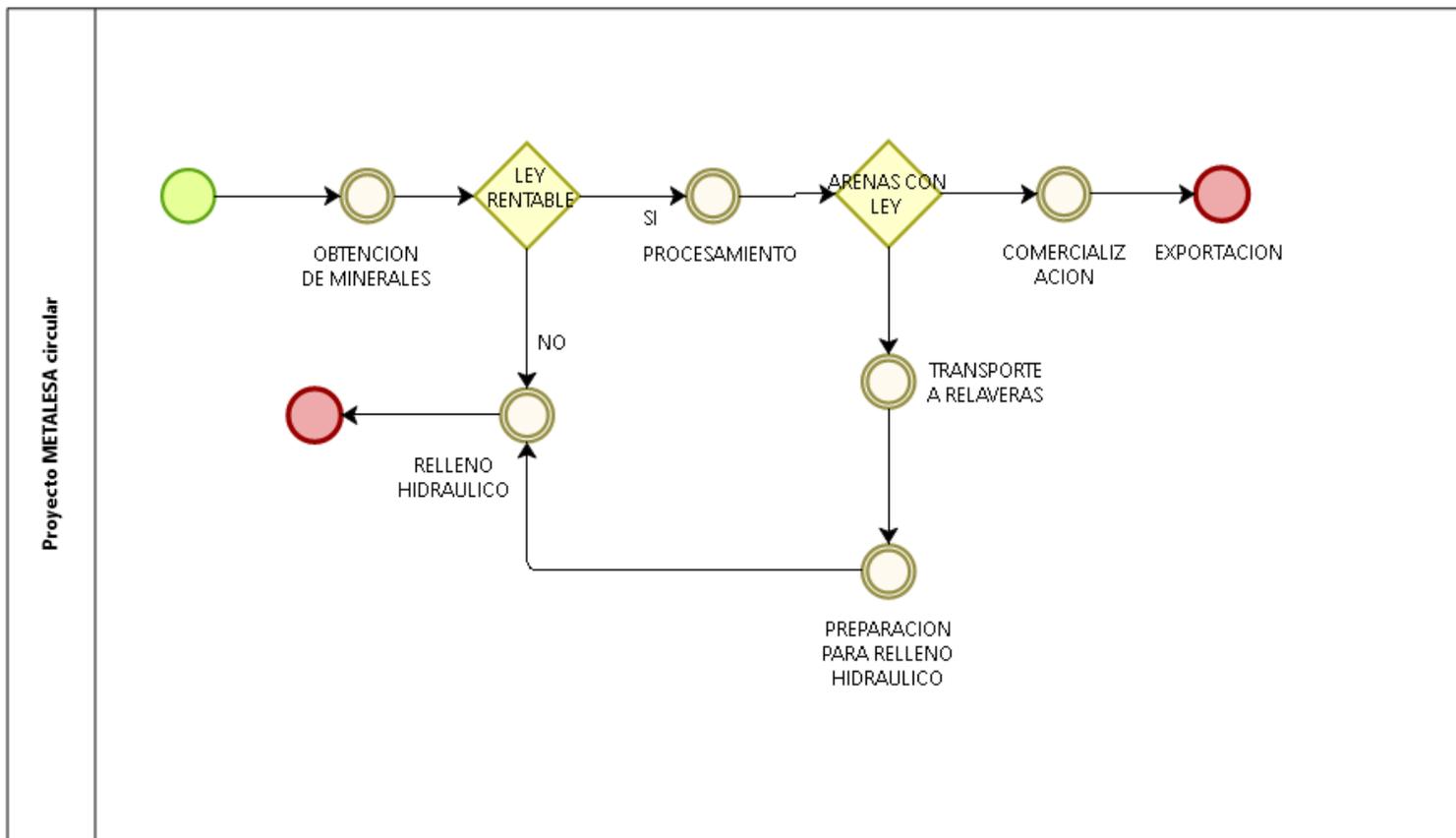
**Migración a energía eléctrica:** La reducción de emisiones de carbono del proyecto, gracias a la migración de motores y compresores de combustión interna a motores eléctricos, iluminación, maquinaria de la mina subterránea, conectándose al sistema de energía interconectado nacional, para lo cual se ha realizado una inversión en infraestructura eléctrica con varias empresas mineras del sector. LA migración de la organización al uso de energía eléctrica permite cumplir con el ODS 7: Energía asequible y no contaminante, aprovechando la generación nacional de energía hidroeléctrica, cumpliendo el principio de sostenibilidad de cero emisiones.

**Sistema de recirculación de agua de proceso:** Implementación del sistema de recirculación de agua, que permita reciclar hasta un 80% de agua del proceso, eliminando los vertidos a los afluentes de agua y reduciendo significativamente el uso de agua fresca que ingresa al proceso industrial. La nueva red de recirculación de agua de proceso que permite reutilizar el 80% de agua para los procesos de tratamiento y enriquecimiento de concentrado de minerales, con lo cual se reduce el uso de agua fresca para este proceso y se evita su pérdida y evaporación en el recorrido hasta las piscinas de relaves. Mediante la implementación de este circuito de recirculación la organización se alinea con el ODS 9: Industria innovación e infraestructura, mediante el diseño y la inversión en procesos de recirculación disminuye el consumo de agua fresca, alargando la vida útil de este recurso natural e insumo, en este caso agua.

**Implementación de proceso de relleno hidráulico:** Construcción e implementación de la planta de mezclado de mortero de cemento para relleno hidráulico de las excavaciones subterráneas; consiste en la preparación y transporte de las arenas desde las piscinas temporales hacia la mina subterránea, después de un proceso de espesamiento y mezcla con cemento y aditivos que permitan el fraguado en las condiciones únicas de esa mina. Los procesos que se proponen implementar permiten la reducción de necesidad de espacio para la construcción de nuevas piscinas de relaves, minimizando el riesgo de deslizamientos o lixiviación de productos derivados de las arenas. Disminuyendo el uso de suelo, o el área intervenida; lo que permite cumplir con el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres. El uso de las arenas de relave como parte fundamental de la fortificación y relleno de las galerías y obras subterráneas aperturadas para la extracción de minerales brinda estabilidad de la excavación a largo plazo y una remediación integral técnica y ambiental para el cierre de mina. Mediante este proceso, el proyecto minero cumple con el principio de la economía circular de gestión eficaz de la materia prima y alarga la vida útil de sus arenas de relave, dándoles un nuevo uso como sostenimiento de las propias excavaciones del proyecto.

Mediante la implementación de estos 4 procesos al proyecto minero METALESA S.A. se prevé una mayor conformidad con el objetivo de desarrollar un proyecto sostenible a largo plazo, con el mínimo impacto ambiental, el encadenamiento y sinergia con las comunidades cercanas.

Figura 13. Diagrama de Flujo de proceso circular METALESA S.A.



Fuente: Información tomada de entrevistas personales  
Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

#### 4. Caracterización de procesos misionales

Una vez determinados los procesos estratégicos, misionales y de apoyo del proyecto minero METALESA se ha realizado la caracterización de los principales procesos misionales, en los cuales se ha definido las diferentes partes interesadas de cada proceso, insumos, productos, responsables; además se ha realizado un análisis de riesgos de cada uno de estos procesos y las medidas que se deberían implementar para minimizar estos riesgos y optimizar estos procesos.

**Descripción de procesos:** Para realizar la caracterización de los procesos misionales del proyecto se ha definido para cada uno de los procesos: entradas (proveedores, insumos, materiales), actividades con su respectivo responsable, salidas (productos internos, externos, residuos), además se ha definido un periodo de control para cada una de estas actividades y los documentos de control vinculados a cada una de ellas. Los datos mencionados se han resumido en una tabla de caracterización de procesos que se muestra a continuación, se puede encontrar las tablas completas de los procesos misionales en el Anexo A.

**Diagrama de flujo de proceso:** Una vez descrito el proceso se procede a realizar el diagrama de flujo de estos procesos mediante la enumeración de las actividades correspondientes y los responsables para cada actividad, en donde se grafica las actividades, ciclos y documentos que se van desprendiendo de cada actividad.

**Análisis de riesgos y oportunidades:** De cada proceso caracterizado y explicado se realiza la gestión de riesgos correspondiente, con una matriz de riesgos y oportunidades y su respectivo plan de acción y mejora continua con la herramienta conocida como 5W2H, en la cual se realiza la planificación para la ejecución del plan de mejora continua. A continuación, se muestra el diseño matriz para cada uno de estas herramientas, el análisis completo de cada proceso se encuentra en el Anexo A.

Figura 14. Caracterización de procesos – Proceso de exploración

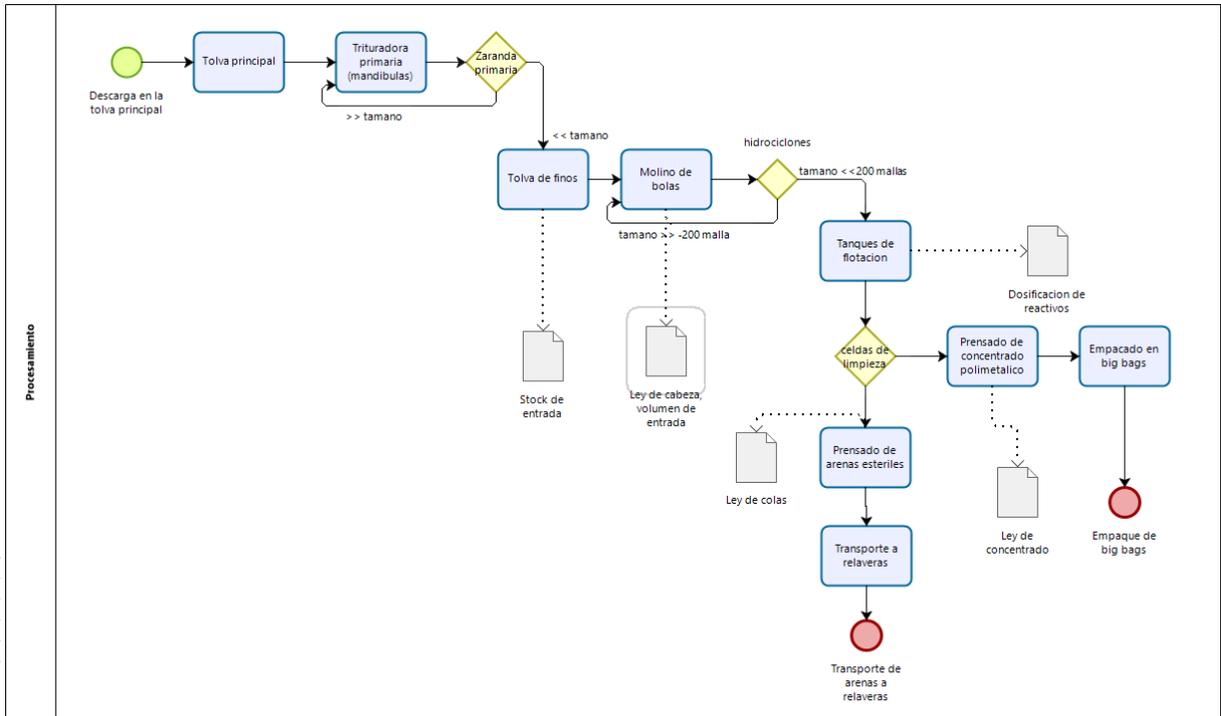
		CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS					Autorizado por:	Jefe de departamento de planificación	Código:	SG-GYP-001
		MACROPROCESO: OBTENCIÓN DE RECURSOS MINERALES					Revisado por:	Coordinador de proyecto	Versión:	1
		PROCESO: EXPLORACIÓN					Elaborado por:	Analista SG	Fecha:	1/3/2022
RESPONSABLE		OBJETIVO					ALCANCE			
Departamento de Geología y planificación		Realizar el control de reservas y leyes de la producción					Todas las áreas			
PROVEEDORES		ENTRADAS		ACTIVIDADES / ¿Qué hacer?			SALIDAS	CLIENTE - PROCESO		
Proveedor Externo - ¿De quién?	Proveedor Interno - ¿De quién?	¿Qué? Insumos	CICLO PHVA	Actividad	Responsable	Frecuencia	Producto y/o Servicio - ¿Qué?	Interno - ¿A quién?	Externo - ¿A quién?	
	Grupo de transporte	Material proveniente de la mina subterránea	P	Descarga en la tolva principal	Transporte y supervisor de planta	Continuo	Material de mina listo para ingreso a la planta de procesamiento			
	Area de trituración	Material rocoso de la tolva principal	H	Trituración primaria	Supervisor de planta	Continuo	Tamaño de material condicionado	Area de molienda		
	Area de trituración	Material de la trituración primaria	H	Zaranda primaria	Supervisor de planta	Continuo	Porcentaje de material de tamaño condicionado	Area de molienda		
	Area de molienda	Material de tamaño condicionado y molino de bolas	H	Molienda	Supervisor de planta y laboratorio	Continuo	Material listo para proceso de flotación	Area de flotación y concentración		
	Area de molienda	Nicho de hidrociclones y molino de remolienda	H	Remolienda	Supervisor de planta y laboratorio	Continuo	Porcentaje de material con tamaño de molienda adecuado	Area de flotación y concentración		
	Ingeniero químico y area de flotación	Tanques de acondicionamiento y celdas de flotación	H	Flotación	Ingeniero químico y laboratorio	Continuo	Relave y concentrado de minerales	Grupo de prensado, comercialización y transporte		
	Area de prensado y empaque	Filtro prensa, tanques de recirculación de agua, Bolsas tipo BigBags	H	Prensado	Supervisor de planta	Continuo	Arenas aptas para su empaque y transporte	Grupo de transporte y comercialización		
	Gerencia	Concentrado de minerales empacado	H	Comercialización de arenas de concentrado	Gerencia y transporte	Continuo	Concentrado de minerales listo para exportación	Gerencia	Exportadora de minerales	
	Supervisor de planta y grupo de transporte	Relaveras, volquetas y vias en buen estado	H	Transporte de arenas a relaveras	Transporte / Ing. Químico	Continuo	Arenas estériles para relavera o relleno hidráulico	Ing. Químico, Ing. Ambiental	Ministerio de Minería, comunidades cercanas y Agencia de Regulación	
RECURSOS										
Tecnológicos - Software	Tecnológicos - Equipos	Humanos	Económicos	Infraestructura	Materiales		Documentos de referencia	Requisitos legales		
Software de modelamiento y control de procesos metalúrgicos	Planta de procesamiento y flotación de minerales	Personal técnico y operativo de planta de procesamiento	\$30.000	Obras mecánicas, civiles, relaveras, campamentos	Insumos para flotación (biodegradables), agua fresca, agua recirculada, energía eléctrica		Reporte de producción, reporte de transporte, mapa de avance			
CONTROL Y SEGUIMIENTO										
Nombre del indicador	Fórmula	Meta	Frecuencia	Responsable	Registro		Revisiones y Auditorias	Planes y Procedimientos		
Ley de concentrados	Ley de concentrado obtenido/ Ley de concentrado planificado	Obtener una ley de concentrado conforme a la planificación y situación del mercado de minerales	Mensual	Jefe de planta	Informe de procesamiento mensual		0	1		
Volumen procesado	Volumen procesado/ volumen planificado	Procesar el volumen planificado (100%)	Mensual	Jefe de planta	Informe de procesamiento mensual		0	1		
Porcentaje de relleno de relaveras	Volumen de colas / volumen de relleno en relavera	Balance en volumen de relleno	Mensual	Jefe de planta y planificación	Informe de relaveras		0	1		
Riesgos (-)		Oportunidades (+)			Salidas no conforme		Criterios para acciones correctivas			
Falta de material para procesamiento Falta de insumos para proceso de flotación Insuficiente agua fresca para proceso Falta de potencia de energía eléctrica instalada		Optimización de procesos físicos de concentración de metales Optimización de proceso de flotación mediante diferente dosificación de reactivos Optimización del proceso de prensado y tratamiento de relaves			Incumplimiento en el volumen de procesamiento planificado por falta de insumos Castigo al precio de venta del contrato por cantidades no controladas de otros minerales		Coordinación y control permanente entre el equipo de planta y bodega Control permanente de los procesos operativos, técnicos y administrativos			

	<b>Proceso: 1-1</b>	<b>DIAGRAMA DE PROCESO - PROCESAMIENTO</b>	<b>POE N°:</b>	<b>APROBADO POR:</b>	<b>FECHA:</b>	<b>PÁGINA:</b>
			F1-1	JEFE DE MINA	15/4/2022	1 de 1

**TÍTULO:** PROCESAMIENTO

**OBJETIVO:** Realizar el procesamiento del material rocoso proveniente de la mina subterránea del proyecto.

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE (S)	DOCUMENTO ASOCIADO
1	Descarga en la tolva principal	Transporte y supervisor de planta	Reporte de volumen de entrada
2	Trituración primaria	Supervisor de planta	Reporte de planta
3	Zaranda primaria	Supervisor de planta	Reporte de planta
4	Molienda	Supervisor de planta y laboratorio	Reporte de planta
5	Remolienda	Supervisor de planta y laboratorio	Reporte de planta
6	Flotacion	Ingeniero químico y laboratorio	Reporte de procesamiento diario
7	Presado	Supervisor de planta	Reporte de procesamiento diario
8	Comercialización de arenas de concentrado	Gerencia y transporte	Guía de comercialización y movilización
9	Transporte de arenas a relaveras	Transporte / ing. químico	Reporte de procesamiento diario
10			



Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022  
 Fuente: Entrevistas al personal proyecto METALESA S.A.

Tabla 5  
Matriz de análisis de gestión de riesgos y oportunidades

MATRIZ GESTIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES											
ORIGEN	No. DE RIESGO	FECHA	FUENTE DE RIESGO/ OPORTUNIDAD	RIESGOS / OPORTUNIDADES	DESCRIPCIÓN DE LAS CONSECUENCIAS / BENEFICIOS	PROBABILIDAD (RIESGO)	IMPACTO (RIESGO / OPORTUNIDAD)	TOTAL (P*I)	ACCIÓN Si (PxI ≥ 4); No (PxI ≤ 4)	ACCIONES A IMPLANTAR	INMEDIATO / CORTO / MEDIANO / LARGO -PLAZO
						VIABILIDAD (OPORTUNIDAD)					
						1= BAJO / 2= MEDIO / 3=ALTO					
DEL PRODUCTO/SERVICIO Resultados erráticos	1	15/4/2022	Error en el procedimiento de laboratorio	Operadores no capacitados	No se cumple el procedimiento de ensayo al fuego de laboratorio a cabalidad	1	3	3	NO	Capacitación y control permanente de los resultados de laboratorio	CORTO PLAZO
DE LAS PARTES INTERESADAS Error en la toma de muestras	2	15/4/2022	Prospector no capacitado adecuadamente	Poco tiempo de capacitación	Muestras mal tomadas en el frente de mina	2	3	6	SI	Capacitación permanente y control de muestreo	CORTO PLAZO
DE LOS PROCESOS Falta de actualización de mapas y bases de datos	3	15/4/2022	Incumplimiento del cronograma de actualización de bases de datos	Personal insuficiente	Desconocimiento de las leyes de los cuerpos minerales en los frentes de trabajo	1	3	3	NO	Realizar el control permanente de la actualización de bases de datos	INMEDIATO

Elaboración: Esteban Hidalgo B., 2022

Fuente: Entrevistas al personal proyecto METALESA S.A.



## 5. Determinación y propuesta de indicadores

Para realizar la evaluación y monitoreo de la eficacia de estos nuevos procesos, parte del sistema de gestión minero sostenible, tomando como base los principios que define la economía circular, después de realizar un análisis del proyecto de Pequeña Minería y que indicadores podrían ser aplicables en este proyecto, se ha tomado como guía la norma UNE 22480:2019, de donde se toman los requisitos para un Sistema de gestión minera – mineralúrgica – metalúrgica sostenible.

Esta norma provee un mecanismo de política, que permite fomentar en las organizaciones dedicadas a la actividad en la industria minera, metalúrgica un comportamiento responsable y consciente acerca de la necesidad de planificar su operación considerando los criterios relacionados al desarrollo sostenible – medioambientales, sociales y económicos -, de tal manera que la organización acerca sus objetivos al micro y macroentorno en el que se desenvuelve, buscando maximizar su competitividad, sin disminuir la calidad de los productos o servicios que proporciona. (UNE 22480 2019)

Esta norma se constituye como una herramienta que permite el cumplimiento de los objetivos medioambientales, sociales y económicos, además que se encuentra actualizada con las últimas iniciativas en materia de sostenibilidad como: los Principios del Pacto Mundial de las Naciones Unidas y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), principios sobre organizaciones y derechos humanos de las Naciones Unidas y las normas de desempeño sobre sostenibilidad económica, ambiental y social del Banco Mundial. (UNE 22480 2019)

La implementación de esta norma en la organización o el proyecto, se complementa con la norma UNE 22470:2019, estándar que propone ciertos indicadores de gestión, los cuales se dividen en las 3 dimensiones de sostenibilidad: económicos, sociales y ambientales; mediante los cuales se evalúa el desempeño de la organización en la gestión minero – metalúrgica sostenible y se identifica los aspectos, actividades y procesos en los cuales la organización debe implementar acciones de mejora.

Mediante la implementación de estas normas guía a los procesos y criterios minero-operativos se busca asegurar la conformidad de la política del sistema de gestión minero-sostenible y posteriormente buscar una certificación del sistema de gestión minero-sostenible o una certificación de un sistema integral de gestión con normas de la misma línea, tales como ISO 14001:2019 -Sistemas de gestión ambiental-; ISO

45001:2018 -Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo-; ISO 26000:2010 -Guía de Responsabilidad Social-.

Los indicadores que permiten evaluar es sistema de gestión minero-sostenible se dividen en tres dimensiones: económicos, sociales y ambientales. Para la propuesta se han agregado como anexos los indicadores que se pueden aplicar por: la situación actual del proyecto, su contexto y su nivel de escala. Para evaluar estos indicadores se cuenta con varios parámetros que se detallan a continuación:

**Indicadores económicos:** Magnitudes de los impactos que una organización genera en las circunstancias económicas de las partes interesadas, a través de su propia componente económica de sostenibilidad, así como en su ámbito de influencia socioeconómica. (UNE 22470 2019, 6)

- Indicador de gestión económica:

Parámetros: Producción Anual (Anexo 1)

Ventas netas anuales (Anexo 2)

Ratio de inversión (Anexo 3)

- Indicador de Investigación geológica y minera

Parámetros: Inversión geológica minera (Anexo 4)

Materias consumibles (Anexo 5)

**Indicadores sociales:** Medidas de los impactos generados por la organización en los sistemas sociales dentro de los que actúa. (UNE 22470 2019, 6)

- Indicador de comunicación con el ámbito de influencia socioeconómico

Parámetros: Valoración de la relación socioeconómica (Anexo 6)

Registro de atención al ciudadano (Anexo 7)

Plan de Comunicación con el ciudadano (Anexo 8)

Balance contable de influencia socioeconómica (Anexo 9)

Servicios para el ciudadano (Anexo 10)

- Indicador de Empleo

Parámetros: Empleo total en relación de dependencia (plantilla) (Anexo 11)

Empleo total mediante contrato (Anexo 12)

- Indicador de formación

Parámetros: Tiempo (horas) de capacitación al personal (Anexo 13)

- Indicador Seguridad y salud de los trabajadores

Parámetros: Índice de frecuencia de accidentes laborales sin bajas (Anexo 14)  
 Índice de frecuencia de accidentes laborales sin bajas (Anexo 15)  
 Índice de gravedad de accidentes con personal propio (Anexo 16)  
 Índice de gravedad de accidentes con personal contratado (Anexo 17)

**Indicadores ambientales:** Medidas de los impactos generados por la actuación ambiental de las organizaciones sobre los ecosistemas y sus elementos: la tierra, el aire y el agua y los recursos naturales. (UNE 22470 2019, 6)

- Indicador de Protección ambiental

Parámetros: Gasto total en medio ambiente (Anexo 18)

- Indicador de Eficiencia energética en el centro productivo

Parámetros: Cuenta de consumo energético (Anexo 19)

- Indicador de emisión de gases

Parámetros: Cuenta de generación de gases de efecto invernadero (Anexo 20)

Cuenta de emisiones de gases NOx (Anexo 21)

- Indicador de emisión de partículas de polvo

Parámetros: Ratio de emisión de partículas de polvo (Anexo 22)

- Indicador de demanda de agua

Parámetros: Volumen de demanda de agua fresca (Anexo 23)

Volumen de consumo de agua reciclada (Anexo 24)

Volumen de consumo total de agua (Anexo 25)

- Indicador de demanda de suelo

Parámetros: Demanda de superficie de suelo (Anexo 26)

Superficie de áreas rehabilitadas (Anexo 27)

- Indicador de uso de sustancias peligrosas

Parámetros: Volumen total de uso de sustancias peligrosas (Anexo 28)

- Indicador de vertidos

Parámetros: Volumen total de vertidos líquidos generados (Anexo 29)

- Indicador de residuos

Parámetros: Volumen total de residuos sólidos vertidos en escombreras (Anexo 30)

Volumen de residuos mineros reutilizados o reciclados (Anexo 31)

Volumen de residuos externos reutilizados o reciclados (Anexo 32)

Volumen de residuos domésticos generados (Anexo 33)

Volumen de estériles declarados como residuos (Anexo 34)

Los indicadores antes mencionados se han dividido mediante varios criterios, para su facilidad de medición y evaluación, los cuales se indican en la tabla 6.

Tabla 7  
**Criterios de gestión minera sostenible**

Tabla de Criterios de Gestión Minera Sostenible	
Número	Criterio
1	Seguridad de suministro para la satisfacción de la demanda del producto en un entorno próximo, medio o lejano.
2	Utilización eficiente de los recursos naturales.
3	Aplicación de medidas para promover y mejorar la seguridad y salud de los trabajadores.
4	Contribución al desarrollo económico de la comunidad.
5	Contribución al desarrollo social de la comunidad.
6	Rehabilitación del espacio natural afectado.
7	Aplicación de las mejores técnicas disponibles en la prevención y control integrados de la contaminación así como en la gestión de residuos.

Adaptado de: Norma UNE 22470: 2019

## 6. Mejora continua

Una vez analizados y caracterizados los procesos operacionales y misionales del proyecto minero METALESA S.A. como herramienta inicial de planificación y mejora se utiliza la herramienta 5W2H (Tabla 5), con la cual se determina los procesos y actividades en donde se debe aplicar ciertos cambios para lograr su mejora

Para la evaluación de estos procesos de mejora se evalúa mediante las matrices e indicadores enumerados en el capítulo anterior de este documento, basados en las normas de calidad NTE INEN-ISO 9001:2019 y la norma específica para minería sostenible UNE 22470, contemplando la norma nacional de Economía Circular NTE INEN-AFNOR XP-X30-901, la Ley de Economía Circular Inclusiva y su norma correspondiente a caracterización de procesos.

Mediante esta propuesta que pretende impulsar un proceso continuo de mejora de los procesos del proyecto METALESA S.A, basado en el ciclo PHVA. que dirija sus procesos hacia el cumplimiento de los objetivos planteados en la Agenda 2030 de la ONU, y creando un proyecto de Pequeña Minería Sostenible y sustentable en el Ecuador.

Las propuestas de sostenibilidad en los procesos operativos que permitió concluir esta investigación se presentan, como un primer paso de mejora en la alineación a los objetivos de circularidad, los cuales se presentan resumidos en el siguiente cuadro.

Tabla 8

**Cuadro resumen de propuestas en relación con los principios de la economía circular.**

<b>Propuesta</b>	<b>Principio de la Economía Circular</b>	<b>ODS</b>	<b>Indicador</b>
Creación del área de relaciones comunitarias como proceso estratégico de la organización	Simbiosis industrial	ODS 8 Trabajo decente y crecimiento económico	Anexo 6, 7, 8, 9, 10
Conexión eléctrica al sistema interconectado para migración a compresores eléctricos, objetivo cero emisiones	Abastecimiento sostenible	ODS 7 Energía asequible y no contaminante	Anexo 18, 19, 20
Circuito cerrado para recirculación de agua de proceso	Gestión eficaz de materiales al final de su vida útil	ODS 9 Industria, innovación e infraestructura. ODS 12 Producción y consumo responsables	Anexo 24, 25, 29, 34
Implementación de relleno hidráulico para galerías, utilizando las arenas de relave para rellenar las galerías abandonadas de la mina.	Extensión de su vida útil, gestión eficaz de materiales	ODS 15 Vida de ecosistemas terrestres	Anexo 26, 27, 30, 31, 33

## Conclusiones

Los proyectos de Pequeña Minería en el Ecuador cuentan con la capacidad económica, técnica y tecnológica para implementar cambios en sus criterios operativos para lograr convertirse en una industria sostenible.

El proyecto minero METALESA S.A. cumple con procesos operativos que cumplen con los principios de sostenibilidad, sin embargo, estos procesos no han sido evaluados para entrar en un ciclo de mejora continua en los ámbitos económico, social y ambiental; una vez implementado el proceso y criterios de evaluación específicos de la norma UNE 22470:2019 se podrá evaluar cuantitativamente estos procesos en las dimensiones de la sostenibilidad.

Al realizar el análisis de diagnóstico del proyecto METALESA S.A., mediante el uso de las herramientas FODA, PESTAL y la construcción del mapa de procesos, se logró determinar que ciertos procesos operativos cumplen con los requisitos de la economía circular, basta con un cambio de enfoque hacia la sostenibilidad para empezar a recibir beneficios económicos, ambientales y sociales; minimizando los costos de mantenimiento de piscinas de confinamiento de residuos, reduciendo el espacio necesario para la construcción de lugares de confinamiento final, reduciendo el consumo de agua fresca en el procesamiento de minerales, permitiendo la aceptación, apoyo y desarrollo del proyecto junto a las comunidades cercanas.

La legislación y normativa con la que se cuenta en el Ecuador en temas de economía circular, permiten dar el primer paso en el camino de la adopción de sistemas de gestión sostenibles; se requiere la adopción y generación de normas específicas para cada industria que permita planificar, desarrollar, y evaluar las actividades y procesos que permitan construir industrias sostenibles, responsables con la sociedad y el medio ambiente.

Esta propuesta beneficiará al proyecto de METALESA S.A. y permitirá la transformación de los procesos propuestos en esta investigación, logrando así, reducir el costo de mantenimiento de piscinas de confinamiento final de arenas, reducción de uso de agua fresca por uso de agua recirculada del proceso y multiplicación de las buenas relaciones con las poblaciones cercanas al proyecto minero.

Para evaluar las tres dimensiones de sostenibilidad: económico, social y ambiental de este proyecto se integra una serie de anexos, con indicadores que permiten medir la eficacia de la implementación de los nuevos procesos.

Se han generado pocos documentos que relacionen los ODS con las actividades que llevan a cabo empresas mineras ecuatorianas, incluso la Ley de Minería y Códigos Ambientales vigentes se enfocan en temas técnicos de los procesos, pero no toman el tema de economía circular, por lo cual este documento e investigación constituye uno de los primeros en relacionar la industria minera en específico con temas de sostenibilidad.

Este documento se ha elaborado como una de las primeras guías para la adopción de Sistemas de Gestión sostenibles en proyectos de Pequeña Minería, posteriormente estos sistemas de gestión se reforzarán, buscando realizar una integración con otros sistemas de gestión de relevancia en los proyectos mineros de esta escala.

## Recomendaciones

El mapa de procesos de la organización debe ser actualizado conforme se vayan implementando los nuevos procesos, para seguir el ciclo de mejora continua y la maximización de la eficacia y eficiencia en sus procesos operativos, de manera sostenida y sostenible.

Se recomienda utilizar esta guía de procesos para economía circular en la organización, para identificar evaluar, medir, y mejorar los criterios operativos en temas de sostenibilidad, en las dimensiones económicas, sociales y ambientales.

La organización debe continuar con el ciclo de evaluación de factores internos y externos periódicamente para identificar posibles nuevas oportunidades o amenazas que pueden aparecer por el cambio en el precio de los minerales y mercado.

Esta guía permite la integración de sistemas de gestión para organizaciones que se dedican a la Pequeña Minería, pudiendo integrar normas de continuidad del negocio (ISO 22301), gestión ambiental (ISO 14001), seguridad y salud de los trabajadores (ISO 45001), logrando la gestión integral de sus criterios operativos y procesos estratégicos.

Se recomienda continuar en la búsqueda de alternativas energéticas para el proyecto minero en alianza con otros proyectos de la zona, tales como: generación fotovoltaica, generación hidroeléctrica a pequeña escala; para minimizar el riesgo de falta de energía y darle continuidad a la operación.

## Obras citadas

- Almeida-Guzmán, Marcia, y César Díaz-Guevara. 2020. Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador. *Estudios de la Gestión*. Universidad Andina Simón Bolívar - Sede Ecuador, nº 8. Quito, 36-57.
- Araya-Gómez, Natalia. 2020. Advances in mine tailings and water management in the mining industry for a circular economy. Tesis doctoral, Antofagasta: Universidad de Antofagasta.
- Capatinta Hachire, Fiorella, y Alfredo Cardenas Medina. 2020. Análisis de los métodos de degradación de cianuro en los relaves generados por las mineras auríferas. Tesis de ingeniería, Arequipa: Universidad Católica San Pablo.
- Cerdá, Emilio, y Aygun Khalilova. 2017. Economía Circular. En *Economía Circular, estrategia y competitividad empresarial*, 11-20. Madrid.
- D Onofrio Crestani, Alessandro, Silvie Mercedes Guzman Niño de Guzman, Marlene Elizabeth Mori Rivera, y Gonzalo Gabriel Sanjinez Mena. 2015. Planeamiento estratégico de la Extracción de Cobre con enfoque de Economía Circular. Tesis de maestría, Surco: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- EC; GIZ & MPCEIP. 2021. *Libro Blanco de Economía Circular en Ecuador*. Quito.
- EC. 2006. *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi: Asamblea Nacional.
- EC. 2011. *Ley de Minería del Ecuador*. Quito: Asamblea Nacional.
- EC. 2021. *Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva*. Quito: Asamblea Nacional.
- . 2016. *Norma técnica prestación de servicios y administración por procesos*. Quito: Registro Oficial 739.
- Economistas sin fronteras. 2020. *La Economía Circular: Una opción inteligente*. Vol. 37. Madrid: Dossieres EsF.
- Espaliat Canu, Mauricio. 2017. *Economía Circular y Sostenibilidad*. Santiago de Chile: CreateSpace.
- Foro Económico Mundial. 2016. *Libro blanco, Cartografía de la minería en relación con los Objetivos de Desarrollo sostenible: un atlas*. Ginebra: Foro Económico Mundial.
- Gutierrez Merma, Antonio, y Charlie Sánchez Valdivia. 2020. Re-procesamiento de relaves de la concentración de minerales sulfurados polimetálicos: Un abordaje

- de la economía circular para el manejo de relaves de la industria mineral. Tesis de ingeniería, Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. 2018. *Guía para la Pequeña Minería y Minería artesanal*. Quito.
- ISO 14044. 2006. *Gestión ambiental - análisis del ciclo de vida - Requisitos y directrices*.
- ISO 22301. 2019. *Sistema de Gestión de continuidad del negocio - Requisitos*.
- León Peñafiel, Pablo. 2015. Estabilización de Taludes en el sector "El Tierrero" de la mina Nambija. Quito: UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6788/1/T-UCE-0012-372.pdf>
- Marcet, Xavier, Marc Marcet, y Ferran Vergés. 2018. *Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio*. Vol. 4. Barcelona: Asociación Pacto Industrial de la Región Metropolitana de Barcelona.
- Menéndez, Jacobo Varela. 2018. La economía circular. Una propuesta de futuro para España y Europa. Tesis de pre-grado, Coruña: Universidad de Coruña.
- NTE INEN-AFNOR XP X30-901. 2018. *Economía Circular - Sistemas de Gestión de proyectos de economía circular - Requisitos y directrices*.
- NTE INEN-ISO 9000:2015. 2016. *Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario*. Quito: INEN.
- Pino, Efrén Avilés. *Enciclopedia del Ecuador*. s.f. <http://www.encyclopediadelecuador.com/historia-del-ecuador/el-inga/> (último acceso: 10 de diciembre de 2021).
- . *Enciclopedia del Ecuador*. s.f. <http://www.encyclopediadelecuador.com/historia-del-ecuador/cultura-tolita/> (último acceso: 12 de diciembre de 2021).
- Priede Bergamini, Tiziana, y Ivan Hilliard. 2019. La economía circular en la industria alimentaria. *Economistas sin fronteras. Responsabilidad social corporativa en la industria alimentaria* (Dossieres EsF), 36-40.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2015. *Transformar Nuestro Mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Nueva York: PNUD Argentina.
- Salas Quelal, Diego. 2020. Importancia de la Minería Industrial en el Desarrollo del Ecuador. Tesis de maestría, Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Torresano Melo, Mónica. 2019. *La Economía Circular en el Entorno Empresarial*. Quito: UNACEM.

UNE 22470. 2019. *Sistema de gestión minero - mineralúrgico - metalúrgico sostenible. Indicadores.*

UNE 22480. 2019. *Sistema de gestión minero - mineralúrgico - metalúrgico sostenible. Requisitos.*

Zamora E., Gerardo, y Octavio Hinojosa C. 2019. Economía circular en minería – Caso de estudio: Producción minera de concentrados de Pb-Ag-Zn en Bolivia. *Revista de Medio Ambiente Minero y Minería* 1, nº 4: 3-17.

## Anexos: Determinación y propuesta de indicadores

### Anexo 1: Indicador de producción anual

INDICADOR: Gestión económica				Categoría: Económico							
JUSTIFICACIÓN: Refleja los impactos que una organización causa en las circunstancias económicas de las partes interesadas, así como en los sistemas económicos locales, nacionales y mundiales.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios				Fuente de información			
				1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	
Cuantificar la producción de la organización, en términos de recursos minero-mineralúrgicos-metalúrgicos puestos a disposición de la sociedad.	Establecer una unidad de referencia que, a la vez que cuantifica la producción, define el área de actividad de la empresa y permite relativizar otros indicadores.	Producción Anual, $P_A$	Producción total, referida a la unidad productiva de aplicación a la actividad de la organización, en el periodo de un año (incluyendo el autoconsumo, en su caso).	$P_A = \sum_{i=1}^n x_i$ donde: x = unidades productivas generadas en un ejercicio contable (según definición).				Balance contable (analítica).			
<p>NOTA 1 La organización puede decidir cuál es la unidad de producción que empleará como referencia de su actividad, y deberá documentarla mediante este parámetro y mantener este criterio a lo largo de la implantación de los indicadores de gestión minero-mineralúrgica-metalúrgica sostenible (ya que la <math>P_A</math> se utilizará más adelante para la medición en términos relativos de varios parámetros).</p> <p>NOTA 2 En esta definición de la <math>P_A</math> a la que hace referencia la nota anterior, queda englobada de forma implícita la tipología de actividad que desarrolla la organización. Esto es, si la misma genera un producto cualquiera, podría medir su producción en toneladas (t) de dicho producto, o en metros cúbicos (m<sup>3</sup>). Dentro de esos productos se encontrarían además de los específicos de la explotación minera propiamente dicha, los correspondientes a las actividades de mineralurgia de concentración, medida su producción en toneladas (t) de concentrado, los correspondientes a la mineralurgia de transformación, con las industrias del cemento, yeso, magnesitas, cales, ..., medidas sus producciones en toneladas (t) de dichos productos y los correspondientes a la actividad metalúrgica, medida su producción en las toneladas (t) del metal obtenido. Si la organización desarrolla actividades de investigación y exploración de yacimientos mineros, podría establecer la medida de su producción en metros lineales (m) de sondeo u otra unidad que considere representativa de su actividad.</p> <p>NOTA 3 Cuando se trata de un producto, la producción que se considera en este parámetro hace referencia a la "Producción Vendible", cuyo concepto para producto minero se define como: "la Producción Vendible es la cantidad de producto final que se pretende suministrar al mercado. Puede ser la misma que la Producción Bruta (generalmente en canteras para áridos) o menor".</p> <p>NOTA 4 En aquellas organizaciones en las que se dé el caso de que existan varias actividades generadoras de unidades productivas, estas podrán separarse mediante la implantación de indicadores basados en diferentes unidades de producción anual donde esta se implique en la fórmula de cálculo (<math>P_{A1}</math>; <math>P_{A2}</math>; <math>P_{A3}</math>, etc.). Si bien, esta separación debería ser adicional y no sustitutiva del parámetro establecido en la presente norma, por lo que la organización debería controlar el parámetro principal mediante una sola definición de <math>P_A</math> que englobe la actividad bajo el alcance de la implantación.                      Un ejemplo de unidad de producción en los términos mencionados anteriormente (que engloba la actividad) puede ser la "Producción Bruta", tal y como para producto minero se define como: "la Producción Bruta es la cantidad de roca que se extrae para someter a determinado tratamiento (machaqueo, lavado, cribado, etc.) que permite obtener la Producción Vendible".</p> <p>NOTA 5 Este parámetro, puede a su vez referirse a las cifras de producción sectorial (o empresarial) de ámbito nacional, regional o local, o al número de trabajadores (de forma que se establezca la productividad por trabajador) para establecer indicadores adicionales no sustitutivos de <math>P_A</math>.</p>											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 8

## Anexo 2: Ventas netas anuales

INDICADOR: Gestión económica				Categoría: Económico							
JUSTIFICACIÓN: Refleja los impactos que una organización causa en las circunstancias económicas de las partes interesadas, así como en los sistemas económicos locales, nacionales y mundiales.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios							
				1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	
				Cálculo				Fuente de información			
Establecer la dimensión global de la organización en cuanto a ventas.	Poder determinar y controlar el volumen global de las ventas de la organización, permitiendo detectar desviaciones de la tendencia deseada y establecer soluciones.	Ventas netas anuales, $V_T$ .	Valor total en euros (€) de las ventas efectuadas por la organización (productos, subproductos, servicios, etc.).	$V_T = \sum_{i=1}^n x_i$ <p>donde:  <math>x = \text{€ de las ventas efectuadas en un ejercicio contable (según definición)}</math>.</p>				Balance contable (analítica).			
NOTA 1 Puede referirse a la producción anual ( $P_A$ ) y/o a las cifras macroeconómicas nacionales, regionales o locales, para establecer formas de medida relativas, como indicador adicional no sustitutivo de $V_T$ (€/t, €/m <sup>3</sup> , €/mL, %, etc.).											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 9

## Anexo 3: Ratio de inversión

INDICADOR: I+D+i				Categoría: Económico							
JUSTIFICACIÓN: Las inversiones en I+D+i son un indicador del esfuerzo de la empresa por mejorar sus procesos y/o sus productos, con los consiguientes beneficios medioambientales y para la sociedad.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input checked="" type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	5 <input checked="" type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar las inversiones en I+D+i.	Incrementar las inversiones de la organización en la generación de nuevos conocimientos, técnicas o productos que mejoren su competitividad.	Ratio de inversión en I+D+i con respecto al EBITDA anual, $I_{IDI}$ .	Ratio de todas las inversiones en I+D+i realizadas por la organización con respecto al EBITDA anual de la organización ( $E_A$ ).	$I_{IDI} = \sum_{i=1}^n x_i / E_A$ <p>donde:  <math>x = \text{€ de las diferentes partidas de inversión en I+D+i en un ejercicio contable (según definición).}</math></p>				Balance contable (analítica).			
<p>NOTA 1 Puede referirse a las cifras macroeconómicas nacionales, regionales o locales, para establecer formas de medida relativas de la inversión de la organización, como indicador adicional no sustitutivo de <math>I_{IDI}</math>. Con las mismas consideraciones también puede utilizarse, además, como divisor, las Ventas netas anuales (<math>V_T</math>).</p> <p>NOTA 2 La investigación puede comprender todos los estudios y trabajos orientados a obtener "conocimientos", es decir, invierte dinero con ese fin. Se debería tener en cuenta que se excluye de este parámetro la investigación geológica o minera, pues estos conceptos se recogen en el parámetro <math>I_{GEO}</math>.</p> <p>NOTA 3 El desarrollo utiliza los conocimientos adquiridos para la obtención de productos, dispositivos, procedimientos o servicios nuevos en fase experimental (planta piloto, por ejemplo), es decir, invierte conocimientos para conseguir conocimientos más avanzados.</p> <p>NOTA 4 La innovación tecnológica, según el R.D. Leg. 4/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Impuesto sobre Sociedades, se define en su Art. 31 como: "la actividad cuyo resultado sea un avance tecnológico en la obtención de nuevos productos o procesos de producción o mejoras sustanciales de los ya existentes. Se consideran nuevos aquellos productos o procesos cuyas características o aplicaciones, desde el punto de vista tecnológico, difieran sustancialmente de las existentes con anterioridad". Tal como establece el propio R.D., se debe incluir la materialización de los nuevos productos o procesos en un plano, esquema o diseño, así como la creación de un primer prototipo no comercializable y los proyectos de demostración inicial o proyectos piloto, siempre que éstos no puedan convertirse o utilizarse para aplicaciones industriales o para su explotación comercial. Asimismo, el concepto de innovación incluye aquellas actividades de diagnóstico tecnológico tendentes a la identificación, la definición y la orientación de soluciones tecnológicas avanzadas, con independencia de los resultados en que culminen.</p>											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 10

## Anexo 4: Inversión Geológica y minera

INDICADOR: Investigación geológica y minera				Categoría: Económico							
JUSTIFICACIÓN: la inversión en investigación geológica y minera es indicador del esfuerzo de la empresa por lograr un mayor conocimiento del recurso a explotar, mejorando sus procesos y disminuyendo el riesgo económico de la actividad, lo que a su vez facilita el desarrollo económico del entorno.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input checked="" type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	5 <input checked="" type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar las inversiones en investigación geológica y minera.	Alcanzar un mayor conocimiento del recurso a explotar.	Inversión en investigación geológica y minera, $I_{GEO}$ .	Valor total, en euros (€), de todas las inversiones en investigación geológica y minera realizadas por la organización.	$I_{GEO} = \sum_{i=1}^n x_i$ donde: $x = \text{€ empleados en gastos derivados de la investigación (según definición).}$	Balance contable (analítica).						
NOTA 1 Puede referirse a la producción anual ( $P_A$ ) y/o a las ventas totales o a cifras macroeconómicas nacionales, regionales o locales, para establecer formas de medida relativas, como indicador adicional no sustitutivo de $I_{GEO}$ (€/t, €/m <sup>3</sup> , €/m <sup>l</sup> , %, etc.). NOTA 2 Como ejemplos de aquellos gastos derivados de la actividad de investigación geológica y minera, se citan los siguientes: contratos de empresas que realizan los sondeos, catas, etc., pagos a propietarios, consumibles asociados a la investigación, tasas por permisos de investigación, gastos de laboratorio de análisis, etc.											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 11

## Anexo 5: Materias consumibles

INDICADOR: Materias consumibles				Categoría: Económico							
JUSTIFICACIÓN: La adecuada gestión de las materias consumibles es un elemento clave para demostrar la conciencia medioambiental de la empresa.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	5 <input checked="" type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar los consumibles.	Controlar las necesidades de consumo de materias en el proceso, con la meta final de identificar áreas de reducción de dichos consumos.	Ratio de las materias consumibles en la extracción y tratamiento de recursos minerales o en la obtención de productos procedentes de la metalurgia extractiva o en investigación y exploración geológica con respecto a la producción anual, $C_{EX}$ .	Ratio del valor total, en euros (€), de las materias consumibles necesarias para llevar a cabo la extracción, la investigación y la exploración y el tratamiento de los recursos minerales o la obtención de productos procedentes de la metalurgia extractiva, utilizados por la organización a final de año con respecto a su producción anual ( $P_A$ ).	$C_{EX} = \sum_{i=1}^n x_i / P_A$ <p>donde:</p> <p><math>x</math> = € empleados en gastos de cada tipo de materia consumible (ver Nota 1) empleadas en el año (según definición).</p> <p><math>P_A</math> = Resultado del Indicador Producción Anual.</p>	Balance contable (analítica).						
<p>NOTA 1 Entre las materias consumibles se encuentran las del siguiente listado no exhaustivo: explosivos rompedores, la pólvora, detonadores y multiplicadores, cordón detonante, mecha, entibaciones, reactivos, lubricantes, repuestos, fundentes, así como otras materias primas necesarias para el proceso productivo. Se excluye el consumo de energía primaria y final y el consumo de agua.</p> <p>NOTA 2 Pueden también desagregarse los consumibles por diferentes tipos y expresarlos en unidades consumidas.</p> <p>NOTA 3 Las empresas que se encuentren en fase de explotación y, además, realicen labores de investigación de recursos (investigación y exploración geológica), deberían contabilizar los consumibles asociados a las labores de investigación y explotación dentro del parámetro anterior <math>I_{GEO}</math>. En el presente parámetro se deberían incluir entonces únicamente los asociados a la fase de explotación, obteniendo un ratio de consumibles de explotación referido a la producción anual de su actividad principal (obtención de producto, explotación de recursos).</p> <p>NOTA 4 Las empresas con actividades de la cadena productiva distintas, dentro del alcance de aplicación de las normas UNE de gestión minero-mineralúrgica-metalúrgica sostenible, pueden contabilizar los consumibles asociados a cada actividad, de forma separada, con la obtención de más de un parámetro <math>C_{EX}</math> respecto de las producciones <math>P_A</math> correspondientes o de forma conjunta con respecto a la producción última. Las actividades de la cadena productiva pueden ser: mineras, mineralúrgicas y metalúrgicas extractivas. Por ejemplo, una explotación minera y su planta de concentración o de metalurgia extractiva o la industria del cemento, yeso, magnesitas, cales, .... combinada con la explotación de sus materias primas.</p>											
Tendencia	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 12

### Anexo 6: Valoración de la relación socioeconómica

INDICADOR: Comunicación con el ámbito de influencia socioeconómico				Categoría: Social				
JUSTIFICACIÓN: La participación de las comunidades que integran el Ámbito de Influencia Socioeconómico en el proyecto de empresa favorece mecanismos de gestión sostenible que aseguran un mayor arraigo y aceptación social de la actividad de la empresa en el territorio.								
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios				
				1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	5 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo		Fuente de información		
Valorar en términos monetarios el compromiso de la organización con las necesidades del Ámbito de Influencia Socioeconómico.	Aumentar el vínculo de la empresa con el territorio y las comunidades que lo integran.	Valor monetario de las contribuciones desde la empresa hacia el exterior, en actividades de interés público, social, o de interés para el ámbito de influencia socioeconómico, $C_{IP}$ .	Valor total en euros (€), de aquellas corrientes de transacciones económicas, en especie, inversiones y actividades de interés público, social, o de interés para el ámbito de influencia socioeconómico, realizadas por la organización.	$C_{IP} = \sum_{i=1}^n x_i$ donde: $x = \text{€ empleados en contribuciones (según definición)}$				Balance contable (analítica).
NOTA 1 Puede referirse a la producción anual ( $P_A$ ) y/o a las ventas totales o a cifras macroeconómicas nacionales, regionales o locales, para establecer formas de medida relativas, como indicador adicional no sustitutivo de $C_{IP}$ (€/t, €/m <sup>3</sup> , €/mL, %, etc.). NOTA 2 Tienen cabida en la definición del parámetro aquellas donaciones efectuadas en virtud de la Ley 29/1987 del impuesto sobre sucesiones y donaciones, así como de su legislación derivada. NOTA 3 Tienen cabida aquellas contribuciones en relación con la restauración de infraestructuras dentro del ámbito de influencia socioeconómico, como actividades de interés público, siempre que estas no hayan sido previamente afectadas por la actividad de la organización.								
<b>Tendencia</b>	Creciente.							

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 16

## Anexo 7: Registro de atención al ciudadano

INDICADOR: Comunicación con el ámbito de influencia socioeconómico				Categoría: Social							
JUSTIFICACIÓN: La participación del ámbito de influencia territorial en el proyecto de empresa favorece mecanismos de gestión sostenible que aseguran un mayor arraigo y aceptación social de la actividad de la empresa en el territorio.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input checked="" type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
<p>Diseñar un sistema interno de "Atención al ciudadano" que gestione adecuadamente todo tipo de demandas sociales (consultas, quejas, propuestas, etc.).</p> <p>Disponer de un registro que recoja la gestión llevada a cabo por la empresa a la hora de alcanzar acuerdos con propietarios (acceso a parcelas, toma de muestras, etc.).</p>	Incrementar la fluidez comunicativa y la capacidad resolutoria de la empresa en relación a las demandas sociales permitiendo agilizar tanto la respuesta de la organización como la consecución de objetivos.	Índice de respuesta social, $I_{RS1}$ e $I_{RS2}$ .	<p>Mide la relación de casos gestionados de forma satisfactoria y razonable para la sociedad.</p> <p><math>I_{RS1}</math>: para la gestión de demandas sociales (consultas, quejas, propuestas, etc.).</p> <p><math>I_{RS2}</math>: para la gestión de acuerdos con propietarios (acceso a parcelas, toma de muestras, etc.).</p>	$I_{RS1} = CE_1 / CT_1$ <p>donde:</p> <p><math>CE_1</math> = número de consultas resueltas con éxito.</p> <p><math>CT_1</math> = número de consultas totales.</p> $I_{RS2} = CE_2 / CT_2$ <p>donde:</p> <p><math>CE_2</math> = número de acuerdos resueltos con éxito.</p> <p><math>CT_2</math> = número total de gestiones realizadas.</p>	Registros de las empresas.						
<p>NOTA 1 El índice de respuesta social toma valores comprendidos entre cero y uno. Valores próximos a uno indicarían una exitosa respuesta social donde la mayoría de las demandas/acuerdos planteados se resolverían satisfactoriamente para la sociedad. Valores próximos a cero señalarían mayores dificultades para la empresa a la hora de dar respuesta tanto a las demandas sociales como a los acuerdos que la organización plantee establecer con propietarios.</p> <p>NOTA 2 Parece conveniente indicar la necesidad de implantar un registro de atención ciudadana para poder evaluar este parámetro.</p> <p>NOTA 3 Se recomienda realizar actividades dirigidas a evaluar de una manera más objetiva este parámetro (encuestas, foros con corporaciones locales, buzón de sugerencias, etc.).</p>											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 17

### Anexo 8: Plan de comunicación con el ciudadano

INDICADOR: Comunicación con el ámbito de influencia socioeconómico				Categoría: Social							
JUSTIFICACIÓN: La participación de las comunidades que integran el Ámbito de Influencia Socioeconómico en el proyecto de empresa favorece mecanismos de gestión sostenible que aseguran un mayor arraigo y aceptación social de la actividad de la empresa en el territorio.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Fomentar el desarrollo de mecanismos de participación comunicativa entre las partes interesadas que integran el ámbito de influencia socioeconómico y la empresa, que fomenten la responsabilidad social de la organización y una mayor implicación del tejido social.	Mejorar las relaciones entre el ámbito de influencia socioeconómico y la empresa.	<b>Número de tipos de fórmulas participativas puestas en marcha por iniciativa de la empresa que promueven la implicación de las partes interesadas del ámbito de influencia socioeconómico, <math>N_p</math>.</b>	Sumatorio de los diferentes tipos de fórmulas participativas, por iniciativa de la empresa, en aras de aumentar su aceptación en el territorio, y que promueven la implicación de las partes interesadas del ámbito de influencia socioeconómico.	$N_p = \sum_{i=1}^n x_i$ <p>donde:  <math>x</math> = tipología de fórmula participativa.</p>	Registro de las empresas.						
<p>NOTA 1 Parece necesario impulsar desde la propia organización mecanismos dirigidos a crear sistemas participativos y de comunicación social, que funcionen como canales de información y de intercambio de conocimientos que a su vez generen flujos dinámicos de diálogo entre todos los agentes implicados en el proceso productivo. Esto debería contribuir a crear comunidades participativas y a conseguir un mejor desarrollo sostenible basado en las relaciones empresa-territorio.</p> <p>NOTA 2 Dada la relevancia del impacto social de la actividad minera en los territorios puede ser oportuno constituir un departamento que diseñe y ejecute la política de promoción social y difusión cultural como muestra del compromiso de la organización con el territorio.</p> <p>NOTA 3 Se deberían tener en cuenta las directrices de la Agenda 21.</p> <p>NOTA 4 Ejemplos de fórmulas participativas son: reuniones con agentes sociales o sindicatos, Administraciones Públicas, tejido asociativo y empresarial, jornadas de puertas abiertas, seminarios temáticos, actividades para escolares, promoción de la cultura o el deporte, etc.</p>											
<b>Tendencia</b>	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 18

### Anexo 9: Balance contable de influencia socioeconómica

INDICADOR: Comunicación con el ámbito de influencia socioeconómico				Categoría: Social						
JUSTIFICACIÓN: Priorizar la adquisición de consumibles en el ámbito de influencia socioeconómico permite extender dicha influencia de forma beneficiosa en ese ámbito.										
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	1	2	3	4	5	6	7
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo			Fuente de información			
Cuantificar los consumibles adquiridos en el ámbito de influencia socioeconómico.	Poder identificar cuáles de los consumibles utilizados contribuyen a una mejora del ámbito de influencia y potenciar, en la medida de lo posible, su adquisición.	Ratio de consumibles adquiridos en el ámbito de influencia socioeconómico con respecto al total de consumibles, $C_{IT}$ .	Ratio del valor total, en euros (€), de todos los consumibles adquiridos en el ámbito de influencia socioeconómico necesarios para llevar a cabo la extracción y el tratamiento de los recursos minerales y la investigación y exploración o la obtención de productos procedentes de la metalurgia extractiva, utilizados por la organización, con respecto al valor total de los consumibles adquiridos ( $C_{EX} \times P_A$ ).	$C_{IT} = \sum_{i=1}^n x_i / (C_{EX} \times P_A)$ <p>donde:</p> <p><math>x = \text{€ empleados en consumibles dentro del ámbito de influencia socioeconómico (según definición)}</math></p> <p><math>C_{EX} = \text{Resultado del Parámetro: Ratio de las materias consumibles necesarias para llevar a cabo las actividades de la empresa.}</math></p> <p>Producción Anual. <math>P_A = \text{Resultado del Indicador Producción Anual.}</math></p>			Balance contable (analítica).			
<p>NOTA 1 La organización debería definir su ámbito de influencia socioeconómico conforme a lo recogido en el párrafo tercero del apartado 4.1 <i>Comprensión de la organización y de su contexto</i>, de la Norma UNE 22480.</p> <p>NOTA 2 Puede referirse a la producción anual (<math>P_A</math>) y/o a las ventas totales (<math>V_T</math>) o a cifras macroeconómicas nacionales, regionales o locales, para establecer formas de medida relativas, como indicador adicional no sustitutivo de <math>C_{IT}</math> (€/t, €/m<sup>3</sup>, €/mL, %, etc.).</p> <p>NOTA 3 Entre las materias consumibles se encuentran las del siguiente listado no exhaustivo: explosivos rompedores, la pólvora, detonadores y multiplicadores, cordón detonante, mecha, entibaciones, reactivos, lubricantes, repuestos, fundentes y otras materias primas necesarias, etc., para el proceso productivo. Se excluye el consumo de energía primaria y final y el consumo de agua.</p>										
Tendencia	Creciente.									

Activar Win  
Ve a continuación

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 19

## Anexo 10: Servicios para el ciudadano

INDICADOR: Comunicación con el ámbito de influencia socioeconómico				Categoría: Social							
JUSTIFICACIÓN: Priorizar la contratación de servicios en el ámbito de influencia socioeconómico permite extender dicha influencia de forma beneficiosa en ese ámbito.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios							
				1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	5 <input checked="" type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>	
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar los servicios contratados en el ámbito de influencia socioeconómico.	Poder identificar cuáles de los servicios contratados contribuyen a una mejora del ámbito de influencia y potenciar, en la medida de lo posible, el desarrollo económico del mismo.	<b>Servicios contratados en el ámbito de influencia socioeconómico, <math>S_{IT}</math>.</b>	Valor total, en euros (€), de todos los servicios contratados en el ámbito de influencia socioeconómico necesarios para llevar a cabo la extracción y el tratamiento de los recursos minerales y la investigación y exploración o la obtención de productos procedentes de la metalurgia extractiva.	$S_{IT} = \sum_{i=1}^n x_i$ <p>donde:  <math>x = \text{€ empleados en servicios dentro del ámbito de influencia socioeconómico (según definición)}</math>.</p>							Balance contable (analítica).
<p>NOTA 1 La organización debería definir su ámbito de influencia socioeconómico conforme a lo recogido en el párrafo tercero del apartado 4.1 <i>Comprensión de la organización y de su contexto</i> de la Norma UNE 22480.</p> <p>NOTA 2 Puede referirse a la producción anual (<math>P_A</math>) y/o a las ventas totales (<math>V_T</math>) o a cifras macroeconómicas nacionales, regionales o locales, para establecer formas de medida relativas, como indicador adicional no sustitutivo de <math>S_{IT}</math> (€/t, €/m<sup>3</sup>, €/mL, %, etc.).</p> <p>NOTA 3 Pueden incluirse dentro del cálculo del parámetro, de forma justificada, aquellas situaciones concretas en las que la empresa subcontratada, no perteneciendo al ámbito de influencia socioeconómico, contrate medios humanos en el mismo.</p>											
<b>Tendencia</b>	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 20

## Anexo 11: Indicador de empleo

INDICADOR: Empleo				Categoría: Social							
JUSTIFICACIÓN: La concentración geográfica de las industrias extractivas genera un importante volumen de empleo con consecuencias sociales de trascendencia en el territorio y el ámbito de influencia socioeconómico.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input checked="" type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Medir la contribución de la organización a la riqueza de la comunidad en términos de creación de empleo.	Evaluar la contribución de la empresa al territorio en términos de empleo para poder adoptar decisiones que impliquen una evolución positiva.	<b>Empleo total en plantilla, <math>L_p</math>.</b>	Número de trabajadores contratados directamente por la empresa a final de año natural.	$L_p = \sum_{i=1}^n x_i$ donde: $x$ = trabajadores propios a final de año.				Fuente interna (TC2).			
<p>NOTA 1 Es necesario tener en cuenta a la hora de analizar la evolución de este indicador la peculiaridad de la industria extractiva energética (sirva de ejemplo la minería del carbón) que, dadas las reestructuraciones implementadas a partir de la entrada de España en la Unión Europea, han supuesto una reducción del empleo de forma significativa y un mandato de naturaleza legal que limita de forma palpable la creación de empleo y de actividad en este tipo de industria. Otro de los matices que debería tenerse en cuenta, cuando se habla de minería de carbón, es el hecho de que se trata de una economía de monocultivo con un importante peso socio-económico en los territorios donde ésta se concentra. Dados los problemas sociales y económicos de estos territorios, la tendencia estratégica de futuro de los mismos es reducir el peso de este sector tradicional, en pro de industrias alternativas que aseguren un desarrollo sostenible. Por tanto, la interpretación de este indicador en este sector tendría que realizarse con precaución.</p> <p>NOTA 2 Con el fin de hacer coincidir la medición del empleo total en plantilla con aquella establecida en la Estadística Minera, se plantea el indicador de la forma descrita. No obstante, dado que ésta contempla asimismo la contabilidad a final de año del número total de horas trabajadas y que ésta medida se utiliza en otros parámetros, resulta recomendable su cálculo como indicador adicional no sustitutivo de <math>L_p</math>.</p> <p>En su caso, se debería expresar como <math>H_p</math>, siendo su expresión la siguiente: <math>H_p = \sum_{i=1}^n x_i</math>, siendo <math>x</math> las horas trabajadas por personal propio.</p> <p>NOTA 3 Puede complementarse con el cálculo de los recursos laborales promedio del año de inventario de datos, como indicador adicional no sustitutivo de <math>L_p</math>.</p>											
<b>Tendencia</b>	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 21

## Anexo 12: Contratos de empleo local

INDICADOR: Empleo				Categoría: Social							
JUSTIFICACIÓN: La concentración geográfica de las industrias extractivas genera un importante volumen de empleo con consecuencias sociales de trascendencia en el territorio y el ámbito de influencia socioeconómico.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input checked="" type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
				Cálculo					Fuente de información		
Cuantificar, en términos de empleo, el compromiso social de la empresa con la comunidad de su ámbito de influencia socioeconómico afectada por sus actividades.	Fomentar la contratación de mano de obra dentro de su ámbito de influencia socioeconómico.	<b>Porcentaje de Mano de Obra Local, <math>L_L</math>.</b>	Porcentaje de trabajadores contratados y subcontratados por la empresa y empadronados, con anterioridad al momento de su contratación, en municipios que formen parte de su ámbito de influencia socioeconómico.	$L_L = (MO_{LOCAL}/H_T) \times 100$ donde: $MO_{LOCAL}$ = Número total de horas de trabajadores procedentes del ámbito de influencia socioeconómico de la organización (ver Nota 2). $H_T = H_P + H_{Sc}$ (ver Nota 3).					Registro de contratos de la empresa.		
NOTA 1 Puede complementarse con el cálculo de la proporción entre $MO_{LOCAL}$ y la población total del ámbito de influencia socioeconómico, como indicador adicional no sustitutivo de $L_L$ . NOTA 2 Los trabajadores que forman parte del ámbito de influencia socioeconómico para el cálculo de la mano de obra local, se consideran aquellos que se encuentren empadronados en los municipios que forman parte del mismo, previamente al momento de su contratación (sea de forma directa o mediante la subcontratación). NOTA 3 La definición del parámetro $H_P$ (número total de horas trabajadas del personal propio a fin de año) se encuentra referida en la Nota 2 del parámetro $L_P$ .											
<b>Tendencia</b>	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 21

### Anexo 13: Capacitaciones al personal

INDICADOR: Formación				Categoría: Social							
JUSTIFICACIÓN: La empresa reconoce que su principal activo son las personas que la forman, ya que de su creatividad, capacidad de innovación y seguridad, depende la competitividad de la misma.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input checked="" type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input checked="" type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Formación continua del trabajador que asegure su mejor cualificación y adaptación a los cambios tecnológicos.	Lograr una mayor cualificación del trabajador en el tiempo.	<b>Ratio de horas totales de formación anual sobre el empleo total, <math>F_T</math>.</b>	Ratio de horas formativas (recibidas) totales anuales a cargo de la empresa, sobre el empleo total generado por la misma ( $H_T$ ).	$F_T = \sum_{i=1}^n x_i / H_T$ donde: $x$ = horas formativas. $H_T = H_P + H_{SC}$ (ver Nota 2).				Registros de las empresas.			
NOTA 1 Debería tenerse en cuenta que las horas de formación contabilizadas en el parámetro pueden ser impartidas tanto por personal propio o externo contratado al efecto, como impartirse a personal propio o de las contratas que prestan servicio a la organización. Asimismo, las horas invertidas por parte de un empleado de la organización en la tutela de nuevo personal contratado pueden contabilizarse como horas de formación.											
NOTA 2 La definición del parámetro $H_P$ se encuentra referida en la Nota 2 del parámetro $L_P$ .											
<b>Tendencia</b>	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 24

### Anexo 14: Índice de disminución de accidentes

INDICADOR: Seguridad y salud de los trabajadores				Categoría: Social						
JUSTIFICACIÓN: Asegurar condiciones de trabajo seguras en las actividades mineras, mineralúrgicas y metalúrgicas, es el primer impacto social identificado por residentes y trabajadores.										
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios						
				1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input checked="" type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información		
La disminución de los accidentes.	Mejora del índice a lo largo del tiempo.	<b>Índice de frecuencia del personal propio, <math>I_{FP}</math>.</b>  <b>Índice de frecuencia del personal de subcontratas, <math>I_{FSC}</math>.</b>	Relaciona el número de accidentes con baja y sin baja registrados en el año, con el número de horas trabajadas en ese mismo periodo, diferenciando entre personal propio y personal de subcontratas para accidentes con baja.	$I_{FP} = \frac{NAB_p}{H_p} \times 10^6$ $I_{FSC} = \frac{NAB_{SC}}{H_{SC}} \times 10^6$ <p>donde:</p> <p><math>NAB_p</math> = N° de accidentes con baja del personal propio.</p> <p><math>H_p</math> = Horas trabajadas por el personal propio.</p> <p><math>NAB_{SC}</math> = N° de accidentes con baja del personal de subcontratas.</p> <p><math>H_{SC}</math> = Horas trabajadas por el personal de subcontratas.</p>				Partes de accidentes con bajas.		
<p>NOTA 1 En el cálculo del parámetro <math>I_{FP}</math>, se debería incluir además la media móvil de cada tres años.</p> <p>NOTA 2 El número total de accidentes con baja debería contabilizarse según lo dispuesto por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) en la <i>NTP1: "Estadísticas de accidentabilidad en la empresa"</i>.</p> <p>NOTA 3 Se recomienda utilizar también el siguiente parámetro:</p> <p><b>Índice de frecuencia de accidentes sin baja del personal propio, <math>I_{FPSB}</math>.</b></p> <p>Con cálculo: <math>I_{FPSB} = \frac{NAB_p}{H_p} \times 10^6</math></p> <p>donde:</p> <p><math>NAB_p</math> = N° de accidentes sin baja del personal propio.</p>										
<b>Tendencia</b>	Decreciente.									

Activar Win  
Ve a Configurac

### Anexo 15: Disminución de accidentes con bajas

INDICADOR: Seguridad y salud de los trabajadores				Categoría: Social							
JUSTIFICACIÓN: Asegurar condiciones de trabajo seguras en las actividades mineras, mineralúrgicas y metalúrgicas, es el primer impacto social identificado por residentes y trabajadores.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input checked="" type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
La disminución de los accidentes.	Mejora del índice a lo largo del tiempo.	<b>Índice de incidencia del personal propio, <math>I_{IP}</math>.</b>	Relaciona el número de accidentes con baja registrados en el año, con el número medio de personas expuestas en ese mismo periodo.	$I_{IP} = \frac{NAB_p}{NMPE_p} \times 10^3$ <p>donde:  <math>NAB_p</math> = N° de accidentes con baja del personal propio.  <math>NMPE_p</math> = N° medio de personas propias expuestas.</p>				Partes de accidentes con bajas.			
<p>NOTA 1 En el cálculo del parámetro <math>I_{IP}</math>, se debería incluir además la media móvil de cada tres años.</p> <p>NOTA 2 El número total de accidentes debería contabilizarse y referirse de forma desagregada a aquellos accidentes de tipología leve, grave y mortal, según lo dispuesto por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) en la <i>NTP1: "Estadísticas de accidentabilidad en la empresa"</i>.</p> <p>NOTA 3 Se recomienda utilizar también el siguiente parámetro:</p> <p><b>Índice de incidencia de personal de subcontratas, <math>I_{ISC}</math>.</b></p> <p>Con cálculo: <math>I_{ISC} = \frac{NAB_{SC}}{NMPE_{SC}} \times 10^3</math></p> <p>donde:  <math>NAB_{SC}</math> = N° de accidentes con baja del personal de subcontratas.  <math>NMPE_{SC}</math> = N° medio de personas de subcontratas expuestas.</p>											
<b>Tendencia</b>	Decreciente.										

Activar Win

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 26

### Anexo 16: Disminución de la gravedad de los accidentes

INDICADOR: Seguridad y salud de los trabajadores				Categoría: Social							
JUSTIFICACIÓN: Asegurar condiciones de trabajo seguras en las actividades mineras, mineralúrgicas y metalúrgicas, es el primer impacto social identificado por residentes y trabajadores.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input checked="" type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
La disminución de la gravedad de los accidentes.	Mejora del índice a lo largo del tiempo.	<b>Índice de gravedad para personal propio, <math>I_G</math>.</b>	Relación entre el número de jornadas perdidas en el año y el número de horas trabajadas en el mismo periodo por el personal propio.	$I_G = \frac{\text{n}^\circ \text{ de jornadas perdidas}}{H_p} \times 10^3$				Partes de accidentes con bajas. Partes de Trabajo.			
NOTA 1 Para el cálculo de jornadas perdidas se debería seguir lo dispuesto por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) en la <i>NTP1: "Estadísticas de accidentabilidad en la empresa"</i> .											
<b>Tendencia</b>	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 27

### Anexo 17: Índice de incidentes

INDICADOR: Seguridad y salud de los trabajadores				Categoría: Social							
JUSTIFICACIÓN: Asegurar condiciones de trabajo seguras en las actividades mineras, mineralúrgicas y metalúrgicas es el primer impacto social identificado por residentes y trabajadores.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input checked="" type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
La disminución de los incidentes.	Mejora del índice a lo largo del tiempo.	<b>Índice de frecuencia de incidentes laborales en trabajos propios, <math>I_{FINC}</math>.</b>	Relación entre el número de incidentes laborales propios en un año y el número de horas trabajadas por el personal propio en el mismo periodo.	$I_{FINC} = \frac{N_{INC}}{H_p} \times 2 \times 10^5$ <p>donde:  <math>N_{INC}</math> = Número de incidentes laborales en los trabajos propios.</p>				Registros de las empresas.			
NOTA 1 Según el INSHT (Instituto Nacional de la Seguridad e Higiene en el Trabajo), un incidente es "cualquier suceso no esperado ni deseado que no dando lugar a pérdidas de la salud o lesiones a las personas puede ocasionar daños a la propiedad, equipos, productos o al medio ambiente, pérdidas de producción o aumento de las responsabilidades legales". Siempre que, a juicio de la organización, que conviene justificar, se consideren incidentes graves o muy graves, ya sea por los efectos producidos o por los que se podrían producir.											
<b>Tendencia</b>	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 29

## Anexo 18: Inversión ambiental

INDICADOR: Protección ambiental				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Muestra el desempeño medioambiental de la empresa.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Críterios	1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input checked="" type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar en términos económicos la actuación medioambiental de la empresa.	Conseguir la protección y conservación del medioambiente en las áreas de investigación y explotación, así como en el ámbito de influencia socioeconómico.	<b>Gasto total en medioambiente, <math>G_A</math>.</b>	Valor total, en euros (€), de todos los gastos relacionados con la protección del medioambiente efectuados por la organización.	$G_A = \sum_{i=1}^n x_i$ donde: $x = \text{€ empleados en gastos medioambientales (según definición).}$	Balance contable (analítica).						
<p>NOTA 1 Puede referirse a la producción anual (<math>P_A</math>) y/o a las ventas totales (<math>V_T</math>) o a cifras macroeconómicas nacionales, regionales o locales, para establecer formas de medida relativas, como indicador adicional no sustitutivo de <math>G_A</math> (€/t, €/m<sup>3</sup>, €/mL, %, etc.).</p> <p>NOTA 2 Como conceptos que pueden incluirse en la contabilidad de gasto ambiental, se exponen los siguientes ejemplos: recursos humanos dedicados a la protección del medioambiente, rehabilitación, corrección de impactos paisajísticos, reducción de emisiones de ruido, vibraciones y polvo, mejora del rendimiento energético, reciclado de lodos, gestión del agua, tratamiento de residuos, gastos derivados de la implantación, certificación y mantenimiento de sistemas de gestión medioambiental (según la Norma UNE-EN ISO 14001 o EMAS), energéticos (según la Norma UNE-EN ISO 50001) o de minería, mineralurgia y metalurgia sostenible (según la Norma UNE 22470 y la Norma UNE 22480), así como la aplicación de otras normas similares con incidencia en la protección ambiental o la sostenibilidad de la organización o sus productos.</p> <p>NOTA 3 Es recomendable, para ejercer un mejor control de las áreas o vectores en los que la organización desempeña la protección ambiental, así como las acciones concretas emprendidas, contabilizar el gasto total en medioambiente de la forma más desagregada posible y que este desglose pueda observarse en el cálculo del indicador.</p>											
<b>Tendencia</b>	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 45

## Anexo 19: Cuenta de consumo energético

INDICADOR: Eficiencia energética en el centro productivo				Categoría: Ambiental				
JUSTIFICACIÓN: Uso racional de los recursos energéticos y menor volumen de emisiones de gases de efecto invernadero.								
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios				
				1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
			Cálculo	Fuente de información				
Cuantificar el consumo de energía en el proceso productivo.	Conseguir una tendencia decreciente continuada en el consumo de energía.	Ratio de consumo total directo anual de energía en el centro productivo, $C_{EN}$ .	Ratio de consumo energético (expresado en GJ) con respecto a la producción anual de la organización ( $P_A$ ).	$C_{EN} = E_T / P_A$ donde: $E_T$ = Sumatorio del consumo energético anual procedente de todas las fuentes de energía utilizadas en el proceso productivo (red eléctrica, combustibles, generación propia, etc.), incluyendo los procesos subcontratados (transporte interno, perforación y voladura, etc.), expresado en GJ.				Registro de suministros de la empresa. Cuenta de resultados.
<p>Se utiliza la siguiente tabla de factores de conversión de las unidades de los diferentes <i>inputs</i> energéticos. Es importante incluir en el cálculo los consumos energéticos de las fases del proceso productivo subcontratadas.</p> <p>El consumo eléctrico incluye la electricidad neta consumida en la red más la electricidad generada internamente medida como energía eléctrica.</p>								
Valor Calorífico Neto (PCS) <sup>(1)</sup>								
Combustible	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Factor de Conversión						
		PC (TJ/Gg)	PC (GJ/kg)	PC (GJ/m <sup>3</sup> )	PC (GJ/L)			
Gas natural <sup>(6)</sup>	0,813	48,00	0,04800	0,03902	0,00004			
Propano <sup>(2)</sup>	518,5 <sup>(3)</sup>	50,46	0,05046	26,1632	0,02616			
Butano <sup>(2)</sup>	560,0 <sup>(3)</sup>	49,68	0,04968	27,8235	0,02782			
Queroseno	780,0 <sup>(3)</sup>	43,80	0,04380	34,1640	0,03416			
Gasolina	747,5 <sup>(3)</sup>	44,30	0,04430	33,1143	0,03311			
Gasóleo de Automoción (Diésel A)	832,5 <sup>(3)</sup>	43,00	0,04300	35,7975	0,03580			
Gasóleo Agrícola y Marítimo (Diésel B)	850,0 <sup>(3)</sup>	41,71	0,04171	35,4510 <sup>(4)</sup>	0,03545			
Gasóleo Calefacción (Diésel C)	900,0 <sup>(3)</sup>	42,60	0,04260	38,3407 <sup>(4)</sup>	0,03834			
Fuel-oil residual	970,0	40,40	0,04040	39,1880	0,03919			
Fuel-oil pesado	970,0	38,33	0,03833	37,1829 <sup>(4)</sup>	0,03718			
Fuelóleos	970,0	41,87	0,04187 <sup>(3)</sup>	40,6120	0,04061			
Energía Eléctrica		Factor de Conversión (GJ/MWh)						
Electricidad		3,60						
Explosivos		Factor de Conversión (GJ/kg) <sup>(5)</sup>						
Anfo		0,00390						
Dinamita gelatinosa		0,00468						
Ídem pulverulenta		0,00345						
Hidrogel granel		0,00423						
Ídem encartuchado		0,00323						
Emulsión granel		0,00383						
Ídem encartuchada		0,00269						

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 46

## Anexo 20: Cuenta de generación de gases de invernadero

INDICADOR: Emisión de Gases				Categoría: Ambiental																																																			
JUSTIFICACIÓN: Reducir el volumen de emisión de gases de efecto invernadero (GEI).																																																							
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	1	2	3	4	5	6	7																																													
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																													
				Cálculo			Fuente de información																																																
Cuantificar el volumen de emisiones de gases de efecto invernadero.	Conseguir una tendencia decreciente continuada en el volumen de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la actividad de la organización.	Ratio de toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente (tCO <sub>2</sub> eq.) sobre la producción anual. GEI <sub>E</sub> .	Toneladas de CO <sub>2</sub> eq. emitidas anualmente, sobre la producción anual (P <sub>A</sub> ) de la organización.	$GEI_E = (GEI_T / P_A)$ donde: $GEI_T = GEI_{DIR} + GEI_{IND}$ $GEI_{DIR}$ = suma de las emisiones de gases de efecto invernadero de carácter directo (ver Nota 1). $GEI_{IND}$ = suma de las emisiones de gases de carácter indirecto (ver Nota 1).			Registro de suministros de la empresa Cuenta de resultados																																																
NOTA 1	<p>GEI<sub>DIR</sub> es la suma de las emisiones de gases de efecto invernadero directamente emitidas por la organización y entidades subcontratadas, ya sean derivadas de procesos de combustión ligados al transporte de materiales, procesos físicos o químicos, venteos, generación de energía eléctrica para consumo interno, etc.</p> <p>GEI<sub>IND</sub> es la suma de las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas indirectamente por la actividad que lleva a cabo la organización. Esto es, las emisiones indirectas de GEI son emisiones consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra empresa (como por ejemplo, las emisiones derivadas de la compra de electricidad, que es generada por otra empresa distinta a la organización).</p>																																																						
NOTA 2	<p>Se debería utilizar la siguiente tabla de conversión de valores energéticos a toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>eq.) para el cálculo de las emisiones asociadas a los procesos básicos de consumo que se dan en la actividad.</p>																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Factores de Emisión (FE) de GEI</th> </tr> <tr> <th>Combustible/Energía</th> <th>FE Final Energía (ktCO<sub>2</sub>eq/GWh)</th> <th>FE (tCO<sub>2</sub>eq/TJ) (sin factor de oxidación)</th> <th>Factor de Oxidación</th> <th>FE (tCO<sub>2</sub>eq/TJ) (incluye factor de oxidación)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gas natural</td> <td>n.a.</td> <td>56,3</td> <td>0,995</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Fuelóleo <sup>(1)</sup></td> <td>n.a.</td> <td>76,8</td> <td>0,99</td> <td>76</td> </tr> <tr> <td>Gasóleo</td> <td>n.a.</td> <td>73,7</td> <td>0,99</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>GLP Genérico</td> <td>n.a.</td> <td>65,7</td> <td>0,99</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>Propano</td> <td>n.a.</td> <td>64,2</td> <td>0,99</td> <td>63,6</td> </tr> <tr> <td>Butano</td> <td>n.a.</td> <td>66,9</td> <td>0,99</td> <td>66,2</td> </tr> <tr> <td>Electricidad <sup>(2)</sup></td> <td>0,33</td> <td>n.a.</td> <td>n.a.</td> <td>n.a.</td> </tr> </tbody> </table> <p>1) La limitación del porcentaje de azufre originaria del R.D. 287/2001, que es derogado por el R.D. 1700/2003 y éste a su vez por el R.D. 61/2006, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, N° 1 y N° 2.</p> <p>2) Las emisiones específicas del consumo final de electricidad dependen de las emisiones específicas del sistema eléctrico español. Es un dato anual publicado por la Secretaría de Estado de Energía del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Se indica el último dato correspondiente al año 2011.</p>											Factores de Emisión (FE) de GEI					Combustible/Energía	FE Final Energía (ktCO <sub>2</sub> eq/GWh)	FE (tCO <sub>2</sub> eq/TJ) (sin factor de oxidación)	Factor de Oxidación	FE (tCO <sub>2</sub> eq/TJ) (incluye factor de oxidación)	Gas natural	n.a.	56,3	0,995	56	Fuelóleo <sup>(1)</sup>	n.a.	76,8	0,99	76	Gasóleo	n.a.	73,7	0,99	73	GLP Genérico	n.a.	65,7	0,99	65	Propano	n.a.	64,2	0,99	63,6	Butano	n.a.	66,9	0,99	66,2	Electricidad <sup>(2)</sup>	0,33	n.a.	n.a.	n.a.
Factores de Emisión (FE) de GEI																																																							
Combustible/Energía	FE Final Energía (ktCO <sub>2</sub> eq/GWh)	FE (tCO <sub>2</sub> eq/TJ) (sin factor de oxidación)	Factor de Oxidación	FE (tCO <sub>2</sub> eq/TJ) (incluye factor de oxidación)																																																			
Gas natural	n.a.	56,3	0,995	56																																																			
Fuelóleo <sup>(1)</sup>	n.a.	76,8	0,99	76																																																			
Gasóleo	n.a.	73,7	0,99	73																																																			
GLP Genérico	n.a.	65,7	0,99	65																																																			
Propano	n.a.	64,2	0,99	63,6																																																			
Butano	n.a.	66,9	0,99	66,2																																																			
Electricidad <sup>(2)</sup>	0,33	n.a.	n.a.	n.a.																																																			
NOTA 3	<p>Los valores de conversión de la masa o volumen de combustible u otros necesarios para el cálculo de las emisiones de GEI a unidades energéticas debería ser aquellos especificados en el parámetro Ratio de consumo total directo anual de energía en el centro productivo, CEN.</p>																																																						
NOTA 4	<p>El cálculo de las emisiones de GEI reales de la actividad de una organización es un proceso que requiere un input de información y un análisis mucho más exhaustivo del que aquí cabe plantearse (por ejemplo, los valores de emisión derivados del consumo de combustibles dependen no sólo del tipo de combustible usado, sino que también lo hacen del tipo de maquinaria y sus condiciones de uso). No obstante, los valores de emisión cuantificados en base al consumo eléctrico y de combustibles con factores estándar, constituyen una aproximación válida a los efectos del control interno del desempeño y la mejora continua en el ámbito de la gestión minera sostenible.</p>																																																						
Tendencia	Decreciente																																																						

## Anexo 21: Emisión de gases NOx

INDICADOR: Emisión de Gases				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Reducir el volumen de gases de proceso.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Reducir el volumen de emisión de gases de NO <sub>x</sub> .	Conseguir una tendencia decreciente continuada en el volumen de emisiones de gases de NO <sub>x</sub> de proceso derivadas de la actividad de la organización.	Ratio de las emisiones de gases de NO <sub>x</sub> con respecto a la producción anual, RN <sub>x</sub> .	Ratio del volumen total, en toneladas (t), de los gases de NO <sub>x</sub> emitidos por la organización a final de año con respecto a su producción anual (P <sub>A</sub> ).	$RN_x = N_x / P_A$ donde: $N_x$ = Volumen total, en toneladas (t), de los gases de NO <sub>x</sub> emitidos por la organización a final de año.				Registro de datos de producción de la organización.			
NOTA 1 La fórmula de cálculo para la obtención del volumen emitido anualmente en toneladas es la siguiente: $\text{Volumen total, en toneladas (t), de los gases anuales de NO}_x \text{ emitidos} = (\text{Concentración media anual (mg/Nm}^3) \times \text{Caudal (Nm}^3/\text{h)} \times \text{Horas de funcionamiento anuales de la instalación}) / 10^9.$ La organización mide la concentración media anual en mg/Nm <sup>3</sup> , conforme la autoridad competente le requiera, debiendo indicar el procedimiento (por ejemplo, mediante el PRTR) (*). (*) PRTR: Registro Europeo de Emisiones y Transferencias de Contaminantes según el Reglamento (CE) N° 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE.											
Tendencia	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 50

## Anexo 22: Reducción de emisiones de polvo

INDICADOR: Emisión de Partículas de polvo				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Reducir el volumen de partículas de polvo de proceso											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios							
				1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>	
				Cálculo				Fuente de información			
Reducir el volumen de emisión por fuente canalizada de partículas de polvo.	Conseguir una tendencia decreciente continuada en el volumen de emisiones por fuentes canalizadas de partículas de polvo de proceso derivadas de la actividad de la organización.	<p>Ratio de las emisiones por fuente canalizada de partículas de polvo <math>PM_{10}</math> con respecto a la producción anual, <math>RE_{fp,10}</math>.</p> <p>Ratio de las emisiones por fuente canalizada de partículas de polvo <math>PM_{2,5}</math> con respecto a la producción anual, <math>RE_{fp,2,5}</math>.</p>	Ratio del volumen total, en toneladas (t), de las partículas de polvo $PM_{10}$ y $PM_{2,5}$ emitidas por fuente canalizada por la organización a final de año con respecto a su producción anual ( $P_A$ ).	$RE_{fp,10} = E_{fp,10}/P_A$ $RE_{fp,2,5} = E_{fp,2,5}/P_A$  donde: $E_{fp,10}$ = Volumen total, en toneladas (t), de partículas de polvo $PM_{10}$ emitidas por fuente canalizada por la organización a final de año.  $E_{fp,2,5}$ = Volumen total, en toneladas (t), de partículas de polvo $PM_{2,5}$ emitidas por fuente canalizada por la organización a final de año.				Registro de datos de producción de la organización.			
<p>NOTA 1 La fórmula de cálculo para la obtención del volumen emitido anualmente en toneladas es la siguiente:</p> <p>Volumen total, en toneladas (t), de las partículas de polvo <math>PM_{10}</math> y <math>PM_{2,5}</math> emitidas = (Concentración media anual (mg/Nm<sup>3</sup>) × Caudal (Nm<sup>3</sup>/h) × Horas de funcionamiento anuales de la instalación)/10<sup>9</sup>.</p> <p>La organización mide la concentración media anual en mg/Nm<sup>3</sup>, conforme la autoridad competente le requiera, debiendo indicar el procedimiento (por ejemplo, mediante el PRTR) (*).</p> <p>(*) PRTR: Registro Europeo de Emisiones y Transferencias de Contaminantes según el Reglamento (CE) N° 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE.</p>											
Tendencia	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 55

### Anexo 23: Demanda de agua fresca

INDICADOR: Demanda de agua				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Preservación de un recurso escaso y vital cuya oferta está sometida a restricciones crecientes.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios				Fuente de información			
				1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>	
Cuantificar el consumo de agua primaria.	Conseguir una tendencia decreciente continuada en el consumo de agua como recurso natural.	Ratio del consumo neto anual de agua primaria con respecto a la producción anual, $A_P$ .	Ratio del volumen de agua primaria (expresada en metros cúbicos), consumida anualmente relativa a la producción anual ( $P_A$ ) de la organización.	$A_P = (C_{AP}/P_A)$ donde: $C_{AP}$ = Sumatorio del volumen consumido anualmente de agua primaria, expresado en metros cúbicos, a lo largo del proceso productivo de la organización.				Registro de suministros de la empresa. Cuenta de resultados.			
NOTA 1 El agua primaria es el agua de nueva aportación a los procesos, cuya procedencia puede derivar de, por ejemplo: pozos, captaciones, acometidas, etc. NOTA 2 Al poder proceder el agua primaria de pozos o captaciones y de acometidas, se puede considerar como parámetro adicional no sustitutivo de $A_P$ , si aplica, el ratio del agua procedente de acometidas con respecto al agua primaria total.											
Tendencia	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 57

## Anexo 24: Consumo de agua reciclada

INDICADOR: Demanda de agua				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Preservación de un recurso escaso y vital cuya oferta está sometida a restricciones crecientes.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar el consumo de agua reciclada.	Conseguir una tendencia creciente continuada en el consumo de agua reciclada.	Porcentaje del consumo anual de agua reciclada, $A_R$ .	Porcentaje del volumen de agua reciclada (expresada en metros cúbicos), con respecto al consumo total de agua empleada en los procesos ( $C_{AT}$ ).	$A_R = (C_{AR}/C_{AT}) \times 100$ donde: $C_{AR}$ = Sumatorio del volumen de agua reciclada anualmente, expresado en metros cúbicos, dentro del proceso productivo de la organización. $C_{AT}$ = Sumatorio del volumen total consumido anualmente de agua, expresado en metros cúbicos, a lo largo del proceso productivo de la organización. Se corresponde con el sumatorio de los valores de: $C_{AR} + C_{AP} + C_{LM}$ (ver Nota 3 en Observaciones).	Registro de suministros de la empresa. Cuenta de resultados.						
<p>NOTA 1 El agua reciclada (<math>C_{AR}</math>) se considera aquella que es aportada al mismo proceso (o conjunto de procesos) del que fue un <i>output</i>, y que ha sido tratada para su adecuación a las necesidades del proceso (o conjunto de procesos) en una instalación de tratamiento de aguas cuya propiedad es de la organización.</p> <p>NOTA 2 En el caso de que haya agua primaria procedente de acometidas, que provenga de una instalación de depuración ajena y que haya de ser tratada, previamente para su adecuación a las necesidades del proceso (o conjunto de procesos), en una instalación propiedad de la organización, se puede aplicar el siguiente indicador adicional no sustitutivo de <math>A_R</math>:</p> $A_{PR} = (C_{APR}/C_{AP}) \times 100$ , siendo $C_{APR}$ el sumatorio del volumen de agua primaria que procede de acometidas, con paso previo por instalación de depuración ajena, y que es tratada de nuevo en instalación propia previa introducción al proceso productivo (expresada en metros cúbicos); y siendo $A_{PR}$ el porcentaje de $C_{APR}$ con respecto al consumo total de agua primaria ( $C_{AP}$ ). <p>NOTA 3 Dentro del término <math>C_{AT}</math> debe contemplarse el sumatorio de: <math>C_{AR}</math> (sumatorio del volumen de agua reciclada anualmente, expresado en metros cúbicos, dentro del proceso productivo de la organización); <math>C_{AP}</math> (sumatorio del volumen consumido anualmente de agua primaria, expresado en metros cúbicos, a lo largo del proceso productivo de la organización); <math>C_{LM}</math> (sumatorio del volumen anual de agua, expresado en metros cúbicos, procedente de las labores mineras y utilizado en los procesos de la organización).</p> <p>El término <math>C_{LM}</math> es el agua, aportada a los procesos, procedente de las labores mineras. Por ejemplo, agua procedente del desagüe de pozos en labores de minería subterránea o agua procedente del desagüe de cortas o canteras en labores a cielo abierto.</p>											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 58

## Anexo 25: Consumo total de agua

INDICADOR: Demanda de agua				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Preservación de un recurso escaso y vital cuya oferta está sometida a restricciones crecientes.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar el consumo total de agua.	Conseguir una tendencia decreciente en el consumo total de agua.	<b>Ratio del consumo anual total de agua con respecto a la producción anual, <math>A_{AT}</math>.</b>	Ratio del volumen de agua total (expresada en metros cúbicos), consumida anualmente relativa a la producción anual ( $P_A$ ) de la organización.	$A_{AT} = (C_{AT}/P_A)$ donde: $C_{AT}$ = Sumatorio del volumen total consumido anualmente de agua, expresado en metros cúbicos, a lo largo del proceso productivo de la organización. Se corresponde con el sumatorio de los valores de: $C_{AP} + C_{AR} + C_{LM}$ definidos en el parámetro anterior.				Registro de suministros de la empresa. Cuenta de resultados.			
NOTA 1 Si la organización no recicla agua ni utiliza agua procedente de labores mineras, entonces este parámetro coincidiría con el de agua primaria. NOTA 2 Cuando sea aplicable, además de calcular $A_{AT}$ , se debería recoger el desglose del consumo total $C_{AT}$ en $C_{AR}$ , $C_{AP}$ y $C_{LM}$ . NOTA 3 Este parámetro trata de medir la eficiencia del proceso de consumo de agua en el proceso productivo en cuanto al ahorro por unidad de producción. NOTA 4 La utilización en el proceso productivo de agua procedente de labores mineras, cuando es obligada su extracción, no supone en principio un mérito de la organización salvo que se justifique, por ejemplo, por que sea necesario un tratamiento previo a su uso. En cualquier caso se debería conocer su volumen para poder valorar mejor el posible ahorro en agua primaria.											
<b>Tendencia</b>	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 59

## Anexo 26: Demanda de superficie de suelo

INDICADOR: Demanda de suelo				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Preservación de otro recurso de vital importancia como soporte para el desarrollo de los organismos vivos y de la actividad humana cuyo uso está afectado por tensiones crecientes.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar y caracterizar la superficie total afectada por las actividades mineras, así como las superficies rehabilitadas.	Conseguir una tendencia decreciente continuada en las superficies totales afectadas por las actividades mineras, en paralelo con una tendencia creciente continuada en las superficies restauradas o rehabilitadas.	Porcentaje de superficie total rehabilitada, $S_{RH}$ .	Porcentaje de la superficie total rehabilitada sobre la superficie total afectada ( $S_{AT}$ ).	$S_{RH} = (S_{RT}/S_{AT}) \times 100$ donde: $S_{RT}$ = Sumatorio, en ha., de la superficie total rehabilitada hasta el momento. $S_{AT}$ = Sumatorio, en ha., de la superficie total afectada por las labores mineras hasta el momento.				Plan de Labores. Estudio de Impacto Ambiental. Plan de Restauración. Cuenta de resultados.			
NOTA 1 La superficie afectada no incluye aquella ya rehabilitada. NOTA 2 Con objeto de medir el esfuerzo anual que se realiza en la rehabilitación de superficies afectadas, puede calcularse como parámetro adicional no sustitutivo de $S_{RH}$ , éste mismo, expresando $S_{RT}$ y $S_{AT}$ como el sumatorio en ha de las superficie rehabilitadas y afectadas en ese año, respectivamente. Esta alternativa se puede expresar bajo la abreviatura $S_{RHA}$ .											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 60

## Anexo 27: Inversión en planes ambientales

INDICADOR: Demanda de suelo				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Preservación de otro recurso de vital importancia como soporte para el desarrollo de los organismos vivos y de la actividad humana cuyo uso está afectado por tensiones crecientes.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input checked="" type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Evaluar la contribución a la conservación de la biodiversidad.	Conseguir una tendencia creciente en las superficies restauradas en la explotación.	Porcentaje de superficies rehabilitadas con objetivos de conservación de la naturaleza, $S_{RCN}$ .	Porcentaje de superficies rehabilitadas con objetivos de conservación de la naturaleza, con respecto al total de las superficies rehabilitadas ( $S_{RT}$ ).	$S_{RCN} = (S_{CN}/S_{RT}) \times 100$ donde: $S_{CN}$ = Sumatorio, en ha, de la superficie con objetivos de conservación de la naturaleza. $S_{RT}$ = Sumatorio, en ha, de la superficie total rehabilitada hasta el momento.				Plan de Labores. Plan de Restauración.			
NOTA 1 Únicamente aplica a explotaciones cuyos planes de restauración consideren objetivos de conservación de la naturaleza.											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 61

## Anexo 28: Uso de sustancias peligrosas

INDICADOR: Uso de sustancias peligrosas				Categoría: Ambiental						
JUSTIFICACIÓN: Minimización del uso de sustancias peligrosas para la salud humana y los ecosistemas.										
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Criterios						
				1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input checked="" type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo			Fuente de información			
Cuantificar y caracterizar la cantidad total de sustancias peligrosas para la salud humana y los ecosistemas, utilizadas en las instalaciones.	Minimizar el uso de sustancias tóxicas para el ser humano y el medio ambiente y conseguir una tendencia decreciente continuada en la cantidad total de sustancias tóxicas para el ser humano y/o para los organismos vivos.	Ratio de sustancias muy tóxicas y tóxicas para el ser humano y los organismos vivos, utilizadas en las instalaciones, $S_{TOX}$ .	Cantidad total (en kg.) de sustancias y mezclas: muy tóxicos (H330, H310, H300), tóxicos (H331, H311, H301, H370), muy tóxicos para los organismos acuáticos (H400), muy tóxicos para organismos acuáticos, con efectos duraderos (H410) y tóxicos para organismos acuáticos, con efectos duraderos (H411), sobre la producción anual de la organización ( $P_A$ ).	$S_{TOX} = \sum_{i=1}^n x_i / P_A$ <p>donde:</p> <p><math>x</math> = kilogramos del total de sustancias mencionadas (según definición) utilizadas anualmente en las instalaciones.</p> <p><math>P_A</math> = Resultado del Indicador Producción Anual.</p>			Plan de Labores. Información complementaria Departamento de Aprovisionamiento. Real Decreto 363/1995. Directivas 67/548, 88/379 y 99/45 de la CE.			
<p>NOTA 1 En el momento de publicación de esta norma, para las sustancias, el Reglamento (CE) 1272/2008 CLP (Classification, Labeling and Packaging) (DOUE L353 de 31 de diciembre) es de aplicación a partir del 1-12-2010 para la clasificación, el etiquetado y el envasado.</p> <p>NOTA 2 En el momento de publicación de esta norma, para las mezclas (preparados) el Reglamento es de aplicación a partir del 1-6-2015 para la clasificación, etiquetado y envasado. Las mezclas que estén comercializadas el 31-05-2015, podrán continuar usando el sistema anterior hasta el 1-06-2017, lo que implica que durante este periodo coexistirán ambos sistemas de clasificación, etiquetado y envasado. En ese caso, pueden consultarse las equivalencias entre frases R y H en NTP 878 "Regulación UE sobre productos químicos (II). Reglamento CLP: aspectos básicos".</p>										
Tendencia	Decreciente.									

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 62

## Anexo 29: Cuenta de vertidos

INDICADOR: Vertidos				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Reducir el volumen de vertidos líquidos.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Reducir el volumen de generación de vertidos líquidos.	Conseguir una tendencia decreciente continuada en el volumen de vertidos líquidos de proceso derivados de la actividad de la organización.	Ratio de los vertidos líquidos, por contaminante, con respecto a la producción anual, $RV_{LC}$	Ratio del volumen total, en toneladas (t), por contaminante, de vertidos líquidos generados por la organización a final de año con respecto a su producción anual ( $P_A$ ).	$RV_{LC} = V_{LC}/P_A$				Registro de datos de producción de la organización.			
		Ratio de los vertidos líquidos con respecto a la producción anual, $RV_L$	Ratio del volumen total, en metros cúbicos (m <sup>3</sup> ), de vertidos líquidos generados por la organización a final de año con respecto a su producción anual ( $P_A$ ).	$RV_L = V_L/P_A$							
<p>NOTA 1 Recoger los contaminantes presentes en el vertido conforme a la obligación legal.</p> <p>La fórmula de cálculo para la obtención del volumen de vertido líquido anual, por contaminante, en toneladas es la siguiente:</p> <p>Volumen total en toneladas (t) de los vertidos líquidos por cada contaminante = (Concentración media anual (mg/m<sup>3</sup>) × Caudal (m<sup>3</sup>/hora) × Horas de funcionamiento anual de la instalación)/10<sup>9</sup>.</p> <p>La organización mide la concentración media anual en mg/m<sup>3</sup>, conforme la autoridad competente le requiera, debiendo indicar el procedimiento (por ejemplo, mediante el PRTR) (*).</p> <p>(*) PRTR: Registro Europeo de Emisiones y Transferencias de Contaminantes según el Reglamento (CE) N° 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE.</p> <p>NOTA 2 Es aplicable a toda entidad, situada dentro del campo de aplicación de las Normas UNE 22470 y UNE 22480, que vierta líquidos, con un permiso administrativo al efecto, a un cauce público.</p>											
Tendencia	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 64

### Anexo 30: Cuenta de residuos sólidos

INDICADOR: Residuos				Categoría: Ambiental						
JUSTIFICACIÓN: La legislación vigente persigue la minimización de los residuos de acuerdo con una jerarquía de actuaciones de prevención, preparación para la reutilización, reciclado, valorización y eliminación.										
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	1	2	3	4	5	6	7
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo			Fuente de información			
Cuantificar y caracterizar la producción total de residuos en el proceso productivo, así como el grado de reciclado o reutilización de los mismos.	Minimización de la producción de residuos en el proceso productivo e incremento del reciclado y/o reutilización.	Ratio de los residuos mineros inertes vertidos en escombreras, balsas o presas, $RR_t$ .	Ratio del volumen total, en metros cúbicos, de residuos mineros inertes vertidos en escombreras, balsas o presas con respecto a la producción anual ( $P_A$ ).	$RR_t = R_t/P_A$ donde: $R_t$ = Volumen total, en metros cúbicos, de residuos mineros inertes vertidos en escombreras, balsas o presas. $P_A$ = Resultado del Indicador Producción Anual.			Plan de labores. Cuenta de resultados. Plan de Gestión de Residuos. Legislación aplicable (ver Nota 3).			
NOTA 1 No se deberían considerar los materiales utilizados para el relleno de huecos de la explotación y para los trabajos de rehabilitación.										
NOTA 2 No deberían incluirse los residuos inertes que se depositen si son de procedencia externa a la empresa.										
NOTA 3 La legislación aplicable en el momento de publicación de esta norma es: RD 975/2009 sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras y modificaciones posteriores como el RD 777/2012.										
Tendencia	Decreciente.									

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 65

### Anexo 31: Índice de reciclaje de residuos sólidos

INDICADOR: Residuos				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: La legislación vigente persigue la minimización de los residuos de acuerdo con una jerarquía de actuaciones de prevención, preparación para la reutilización, reciclado, valorización y eliminación.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input checked="" type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar y caracterizar la producción total de residuos en el proceso productivo, así como el grado de reciclado o reutilización de los mismos.	Minimización de la producción de residuos en el proceso productivo e incremento del reciclado y/o reutilización en la restauración.	Porcentaje de los residuos mineros reutilizados y/o reciclados y/o valorizados y/o empleados en la restauración, $RR_R$ .	Porcentaje de residuos mineros reutilizados y/o reciclados y/o valorizados y/o empleados en la restauración sobre el total de residuos mineros producidos anualmente ( $R_T$ ).	$RR_R = (R_R / R_T) \times 100$ donde: $R_R$ = Volumen total, en metros cúbicos, de residuos reutilizados y/o reciclados y/o valorizados y/o empleados en la restauración. $R_T = R_I + R_{NP} + R_P + R_R$				Plan de labores. Cuenta de resultados. Legislación aplicable (ver Nota 2). Plan de Gestión de Residuos.			
NOTA 1 Se deberían considerar los materiales propios utilizados para el relleno de huecos de explotación y para los trabajos de rehabilitación. La reutilización o el reciclado pueden ser realizados por otra empresa.											
NOTA 2 La legislación aplicable en el momento de publicación de esta norma es: RD 975/2009 sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras y modificaciones posteriores como el RD 777/2012.											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 68

## Anexo 32: Uso de residuos externos

INDICADOR: Residuos				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: La legislación vigente persigue la minimización de los residuos de acuerdo con una jerarquía de actuaciones de prevención, preparación para la reutilización, reciclado, valorización y eliminación.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input checked="" type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar la cantidad de residuos inertes externos que se valorizan en las labores de restauración, acondicionamiento o relleno dentro de la explotación.	La sustitución de recursos naturales que, en caso contrario, deberían haberse utilizado para cumplir el fin buscado con la obra de restauración, acondicionamiento o relleno.	Porcentaje de residuos inertes externos reutilizados, y/o reciclados, y/o valorizados, y/o empleados en la restauración, acondicionamiento o relleno, con respecto al total de materiales empleados en la restauración, $T_{RIE}$ .	Porcentaje de residuos inertes externos (ver nota 1) valorizados en labores de restauración, acondicionamiento o relleno, sobre el total de materiales empleados en la restauración ( $T_{ER}$ ).	$T_{RIE} = (R_{IE}/T_{ER}) \times 100$ donde: $R_{IE}$ = toneladas de residuos inertes externos valorizados. $T_{ER}$ = total de toneladas de materiales empleados en la restauración, incluyendo $R_{IE}$ .				Plan de labores. Registros de admisión de residuos inertes externos. Plan de Gestión de Residuos.			
<p>NOTA 1 Ejemplos de estos residuos son los procedentes de residuos de construcción y demolición (RCDs), de tierras y piedras limpias de excavación, de residuos procedentes de operaciones de mejora de fincas agrícolas, etc.</p> <p>NOTA 2 En el momento de publicación de esta norma, la legislación vigente considera como una operación de valorización, y no una operación de eliminación de residuos en vertedero, el uso, en la restauración de un espacio ambientalmente degradado, en obras de acondicionamiento o relleno, de residuos inertes procedentes de residuos de construcción y demolición, de tierras y piedras limpias de excavación, de residuos procedentes de operaciones de mejora de fincas agrícolas, etc., siempre que se cumplan las prescripciones legales. Esto, además, coincide con las estrategias europeas de eficiencia en la gestión de los recursos naturales. Finalmente, permite limitar las necesidades de huecos para la gestión de este tipo de residuos, empleando los huecos mineros disponibles.</p> <p>NOTA 3 La valorización puede ser realizada por otra empresa.</p> <p>NOTA 4 La legislación aplicable en el momento de publicación de esta norma es: <i>Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición; Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.</i></p>											
Tendencia	Creciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 69

### Anexo 33: Índice de reciclaje de residuos

INDICADOR: Residuos				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: La legislación vigente persigue la minimización de los residuos de acuerdo con una jerarquía de actuaciones de prevención, preparación para la reutilización, reciclado, valorización y eliminación.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input checked="" type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Cuantificar y caracterizar la producción total de residuos en el proceso productivo, así como el grado de reciclado o reutilización de los mismos.	Minimización de la producción de residuos en el proceso productivo e incremento del reciclado y/o reutilización.	Ratio de residuos domésticos o asimilables generados en el centro productivo con respecto a las horas trabajadas, $RR_{DOM}$ .	Ratio de generación de residuos domésticos o asimilables generados en la actividad de la organización por hora trabajada.	$RR_{DOM} = (R_{DOM}/H_t)$ donde: $R_{DOM}$ = sumatorio de las toneladas de residuos domésticos o asimilables generados en la actividad de la organización. $H_t = H_P + H_{sc}$ (ver Nota 3)				Registros de gestión de residuos. Plan de Gestión de Residuos.			
<p>NOTA 1 Los residuos contemplados en este parámetro se corresponden con la definición expuesta en la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, esto es: "residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias. Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres, así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria. Tendrán la consideración de residuos domésticos los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados".</p> <p>NOTA 2 Pueden desglosarse por categorías de residuos urbanos o asimilables en caso de resultar más práctico a la organización.</p> <p>NOTA 3 La definición del parámetro <math>H_P</math> se encuentra referida en la Nota 2 del parámetro <math>L_P</math>.</p>											
Tendencia	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 71

### Anexo 34: Índice de reducción de estériles

INDICADOR: Residuos				Categoría: Ambiental							
JUSTIFICACIÓN: Reducir el volumen de generación de estériles de tratamiento declarados como residuos.											
Objetivo	Metas	Parámetro de medida	Definición	Crterios	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
				Cálculo				Fuente de información			
Reducir el volumen de generación de estériles de tratamiento declarados como residuos.	Conseguir una tendencia decreciente continuada en el volumen de generación de estériles de tratamiento declarados como residuos de proceso derivados de la actividad de la organización.	<b>Ratio de los estériles de tratamiento declarados como residuos con respecto a la producción anual, <math>RE_{TR}</math>.</b>	Ratio del volumen total, en toneladas (t), de los estériles de tratamiento declarados como residuos, generados por la organización a final de año con respecto a su producción anual ( $P_A$ ).	$RE_{TR} = E_{TR}/P_A$ donde: $E_{TR}$ = Volumen total, en toneladas (t), de los estériles de tratamiento declarados como residuos, generados por la organización a final de año.				Registro de datos productivos de la empresa.			
NOTA 1 El volumen de estériles declarado como residuo ( $E_{TR}$ ) es igual al volumen total de estériles generados ( $E_{TT}$ ) menos los volúmenes de estériles declarados como subproducto y/o reciclado, y/o reutilizado y/o recuperado.											
NOTA 2 En el caso de los residuos generados en establecimientos mineros (explotación y concentración de minerales) debe aplicarse, en lugar de este parámetro, el que corresponda de los "Ratio de los residuos mineros (inerte, no peligroso o peligroso) vertidos en escombreras, balsas o presas".											
<b>Tendencia</b>	Decreciente.										

Tomado de: norma UNE 22470: 2019, 73