



Gestión ambiental sostenible: estrategia para la reducción y manejo de residuos sólidos en Buernett S.A.S. Un enfoque sostenible para la disminución de impactos ambientales y la optimización de recursos en la gestión de residuos.

Karen Estefani Zapata Martínez

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesor

Cristian Botero Álvarez, Magíster (MSc)

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Ambiental
Medellín, Antioquia, Colombia
2025

Cita	(Zapata Martínez, 2025)
Referencia	Zapata Martínez, K.E., (2024). <i>Gestión ambiental sostenible: estrategia para la reducción y manejo de residuos sólidos en Buernett S.A.S. un enfoque sostenible para la reducción de impactos ambientales y la optimización de recursos en la gestión de residuos, 2017 - 2025</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Segovia, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/director: Julio Cesar Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Lina Berrouët Cadavid

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a las personas que han sido fundamentales en mi vida. A mi mamá, quien con su amor y sabiduría me enseñó a ser fuerte, responsable, perseverante y capaz, valores que me acompañarán siempre. A mis hermanos, quienes me enseñaron a ser paciente y me llenaron de amor incondicional. A Dario, por ser mi apoyo constante y caminar a mi lado en cada paso de este proceso. A mi tía Diana, por su confianza y por siempre creer en mí. Y a mi abuela, quien me transmitió tantas enseñanzas que han marcado mi vida, su ejemplo y cariño siempre serán mi guía.

Agradecimientos

A Alberto, por ser como un padre para mí, brindándome su apoyo y ayuda incondicional en todo momento. A mi familia, por su amor, comprensión y por estar siempre a mi lado, impulsándome a seguir adelante. A mis profesores, por compartir sus conocimientos, orientarme y ser una fuente de inspiración durante todo este proceso. A mis compañeros Mariana, Carlos, Claudia y otros más, por ser parte de este viaje, apoyándonos mutuamente y caminando juntos en cada desafío.

Y, por último, a todas las personas que hicieron posible este sueño, por su colaboración, confianza y por cada gesto que me permitió llegar hasta aquí. A Dios, sin Él nada de esto sería posible, pues su guía, fuerza y bendiciones han sido mi mayor apoyo en cada paso de este camino.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1 Planteamiento del problema	12
1.1 Antecedentes	14
2 Justificación.....	15
3 Objetivos	18
3.1 Objetivo general	18
3.2 Objetivos específicos.....	18
4 Marco teórico	19
5 Metodología	21
5.1.1 Recolección de información.....	22
5.1.2 Clasificación de los Residuos Generados.....	23
5.1.3 Elaboración de un Diagnóstico Ambiental.....	25
5.2.1 Identificación de Oportunidades para la Reducción de Residuos	26
5.2.2 Evaluación de Impactos Ambientales	28
5.2.3 Diseño de Estrategias de Reutilización	31
5.3.1 Definición de Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) y generación de informes periódicos.	31
6 Resultados	33
7 Discusión.....	39
Conclusiones	41
Referencias	44
Anexos.....	46

Lista de tablas

Tabla 1. Desarrollo metodológico matriz Vicente CONESA FDEZ-VITORA (2000)	22
Tabla 2. Diagnostico ambiental final	25
Tabla 3. Guía metodológica Conesa.....	28
Tabla 4. Rangos para la evaluación del impacto ambiental.	30
Tabla 5. Determinación de impacto ambiental.....	31
Tabla 6. Generación de residuos anual.....	34

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Mapa de biodiversidad.....	13
Ilustración 2. Pasos para ejecución.....	21
Ilustración 3. Clasificación de residuos	24
Ilustración 4. Proceso de recuperación de oro	27
Ilustración 5. Ciclo de reutilización y reciclaje de residuos	31
Ilustración 6. Grafica generación de residuos anuales.....	35
Ilustración 7. Punto de acopio general.....	36
Ilustración 8. Punto ecológico	37
Ilustración 9. Proyección cuarto de residuos peligrosos.....	38

Siglas, acrónimos y abreviaturas

PMIRS	Plan de Manejo Integral de Residuos Solidos
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Solidos
KPIs	Indicadores Clave de Desempeño
SINA	Sistema Nacional Ambiental
RESPEL	Residuos Peligrosos

Resumen

La empresa minera Buernett S.A.S., ubicada en el corregimiento de Santa Isabel, municipio de Remedios, Antioquia, enfrenta desafíos significativos en la gestión de residuos sólidos derivados de su actividad extractiva, que incluye minerales como oro y plata. La extracción de estos recursos genera una gran cantidad de residuos que, si no se manejan adecuadamente, pueden causar graves impactos ambientales. El objetivo de este proyecto fue abordar esta problemática mediante un enfoque integral que no solo busque mitigar los daños ambientales, sino también implementar prácticas más sostenibles. Entre las estrategias propuestas se encuentran la separación en la fuente, facilitando la identificación de materiales reciclables; la valorización de estos materiales para fomentar su reutilización; y la gestión adecuada de residuos orgánicos. Además, se propone la reutilización de residuos cuando sea posible, y la disposición final segura de los residuos peligrosos. También se contemplan mejoras en la infraestructura para optimizar la recolección, almacenamiento y transporte de residuos, alineadas con las normativas ambientales colombianas. A lo largo del proceso, se evidenció la importancia de implementar un sistema adaptado a las condiciones locales que permita reducir los impactos ambientales de la gestión de residuos. La implementación efectiva de estas estrategias contribuirá a minimizar los efectos negativos de las actividades mineras, promoviendo una mayor sostenibilidad operativa en Buernett S.A.S. y garantizando el cumplimiento de los estándares ambientales establecidos.

Palabras clave: Gestión ambiental, residuos sólidos, minería, sostenibilidad, impacto ambiental.

Abstract

The mining company Buernett S.A.S., located in the village of Santa Isabel in the municipality of Remedios, Antioquia, faces significant challenges in the management of solid waste from its mining activity, which includes minerals such as gold and silver. This problem is common in the mining industry, since the extraction of natural resources generates a considerable amount of waste that, if not properly managed, can cause serious environmental impacts. In this sense, the objective of this project was to address the management of these wastes under a comprehensive approach that not only seeks to mitigate environmental damage, but also to implement more sustainable and responsible practices. The strategies proposed include separation at the source, which facilitates the identification of recyclable materials; the recovery of these materials to promote their reuse; and the proper management of organic waste. The reuse of waste whenever possible and the safe disposal of hazardous waste are also proposed. Improvements to the existing infrastructure are also contemplated in order to optimize the collection, storage and transportation of these wastes, all in compliance with Colombian environmental regulations. Throughout the process, the importance of implementing a comprehensive system adapted to local conditions to reduce the environmental impacts associated with waste management became evident. The correct implementation of these strategies will contribute to minimize the negative effects of mining activities, improving the operational sustainability of Buernett S.A.S. and complying with established environmental standards.

Keywords: Environmental management, solid waste, mining, sustainability, environmental impact.

Introducción

La minería ha sido una actividad económica predominante en Colombia y, particularmente, en el departamento de Antioquia, donde el municipio de Remedios, en su corregimiento de Santa Isabel, se ha consolidado como un importante centro de extracción de minerales. Sin embargo, junto con los beneficios económicos que esta actividad aporta a la región, también emergen preocupaciones ambientales significativas, siendo la generación de residuos sólidos uno de los problemas más complejos de manejar. La industria minera en esta zona genera una amplia gama de residuos, desde escombros y materiales estériles hasta desechos peligrosos resultantes del procesamiento de minerales. Estos residuos, si no se manejan adecuadamente, pueden ocasionar graves impactos en los ecosistemas locales, afectando la calidad del agua, los suelos y la biodiversidad (García et al., 2020).

En el corregimiento de Santa Isabel, el crecimiento de la actividad minera ha intensificado la presión sobre los recursos naturales y los sistemas de gestión de residuos. Las operaciones de extracción de minerales metálicos en la empresa Buernett S.A.S., ubicada en esta región, han generado grandes cantidades de residuos que requieren una gestión adecuada para minimizar su impacto ambiental. La minería en Remedios se caracteriza por su ubicación en áreas de alta biodiversidad, lo que aumenta el riesgo de daños ecológicos si no se implementan medidas efectivas de manejo de residuos. La falta de infraestructura adecuada y de planes sólidos de manejo de residuos ha provocado en algunas ocasiones la contaminación de fuentes hídricas, lo cual representa una amenaza no solo para el medio ambiente, sino también para las comunidades cercanas (Gutiérrez et al., 2017).

En este contexto, la implementación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) en Buernett S.A.S. no solo es una obligación legal, sino también una necesidad urgente para la protección del entorno natural y la salud pública en Santa Isabel. La normativa colombiana, como la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015, exige que las empresas mineras gestionen de manera eficiente sus residuos, pero los desafíos en su implementación son evidentes en esta región. Las condiciones geográficas y la falta de tecnologías avanzadas hacen que la gestión de residuos

sea especialmente compleja en las zonas rurales de Remedios, donde muchas veces las soluciones deben adaptarse a las particularidades del terreno y a la naturaleza de los residuos generados por la minería (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

A pesar de los esfuerzos de Buernett S.A.S. para cumplir con la normativa vigente, persisten desafíos importantes. La naturaleza y el volumen de los residuos generados por la extracción de minerales metálicos en Santa Isabel requieren un manejo especializado que minimice su impacto ambiental y evite incidentes como la contaminación de los cuerpos de agua. En este sentido, la empresa enfrenta la necesidad de no solo mejorar la eficiencia de su gestión de residuos, sino también de adoptar prácticas sostenibles que se alineen con las crecientes demandas ambientales del sector minero en Colombia y en la región de Antioquia (Rodríguez et al., 2021).

El manejo adecuado de los residuos sólidos en las operaciones mineras no solo es crucial para evitar sanciones legales, sino también para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las comunidades que dependen de esta actividad económica. En el corregimiento de Santa Isabel, donde la minería es una de las principales fuentes de empleo, la correcta implementación de un PGIRS a nivel municipal puede marcar la diferencia entre una operación minera que destruye su entorno y una que contribuye al bienestar de la región. La integración de prácticas de reciclaje, reducción y valorización de residuos en Buernett S.A.S. no solo reducirá los costos operativos, sino que también mejorará la reputación de la empresa en la comunidad y contribuirá a la conservación de los valiosos recursos naturales de la zona (Martínez & Gómez, 2018).

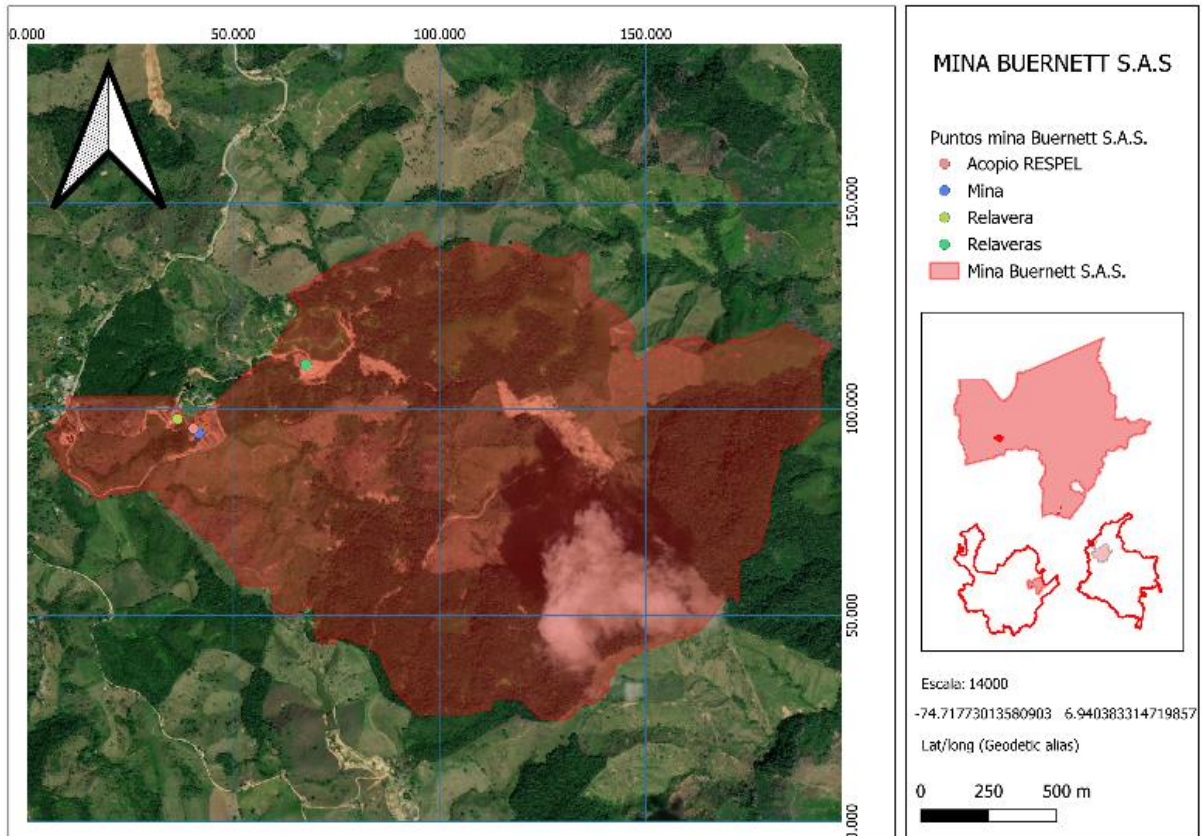
En resumen, la situación en Santa Isabel refleja los desafíos típicos que enfrenta la minería en regiones como Remedios, donde los ecosistemas frágiles están bajo amenaza constante debido a la actividad minera. La adopción de un PMIRS efectivo no solo es un imperativo ambiental, sino también una oportunidad para que Buernett S.A.S. lidere un cambio hacia una minería más sostenible, que proteja los recursos naturales y garantice el bienestar a largo plazo de las comunidades locales.

1 Planteamiento del problema

El problema central que enfrenta Buernett S.A.S. Se relaciona con la inadecuada gestión de los residuos sólidos generados en sus operaciones mineras, que ha provocado impactos ambientales significativos en la región de Santa Isabel. La falta de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) ha derivado en la acumulación de desechos peligrosos, aprovechables, no aprovechables y orgánicos que causan contaminación de cuerpos de agua, poniendo en riesgo no solo la biodiversidad local, sino también la salud de las comunidades aledañas (García et al., 2020). A pesar de los esfuerzos por cumplir con las normativas ambientales establecidas en Colombia, la empresa aún enfrenta grandes desafíos para optimizar la recolección, tratamiento y disposición de los residuos, lo que ha generado tensiones con las autoridades ambientales y la comunidad.

El manejo eficiente de los residuos sólidos es fundamental no solo para mitigar los impactos negativos de la actividad minera, sino también para garantizar la sostenibilidad de las operaciones a largo plazo. En este sentido, es necesario desarrollar un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) que permita a la empresa reducir su huella ambiental, mejorar sus prácticas operativas y alinearse con las normativas vigentes, como el Decreto 1076 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Este plan deberá enfocarse en la reducción, reutilización y reciclaje de materiales, así como en la disposición final segura de los residuos peligrosos, con el fin de minimizar el impacto ambiental y promover un desarrollo más sostenible.

Ilustración 1. Mapa de biodiversidad



Nota: Fuente: Elaboración propia

1.1 Antecedentes

El manejo de residuos sólidos en la industria minera ha sido un tema central en el debate ambiental durante décadas, especialmente en regiones donde la extracción de minerales es una de las principales actividades económicas. En Colombia, la legislación ambiental ha evolucionado para mitigar los impactos negativos de esta industria, estableciendo pautas claras para la gestión adecuada de los residuos generados por las operaciones mineras (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). La empresa Buernett S.A.S., ubicada en el corregimiento de Santa Isabel del municipio de Remedios, Antioquia, no es ajena a estos desafíos. Desde su fundación, la compañía ha lidiado con una creciente presión para cumplir con las normativas ambientales, especialmente con la Ley 99 de 1993, que establece las bases del Sistema Nacional Ambiental (SINA) en el país.

A lo largo de los años, varias investigaciones han resaltado la necesidad de implementar estrategias de gestión de residuos sólidos más sostenibles en el sector minero. En estudios previos, Gutiérrez et al. (2017) identificaron que las operaciones mineras en zonas de alta biodiversidad, como Santa Isabel, requieren un manejo especializado debido a la vulnerabilidad de los ecosistemas locales. Estos estudios también señalan que la falta de infraestructura adecuada para el manejo de residuos ha derivado en problemas como la contaminación de fuentes hídricas y la pérdida de calidad de los suelos, lo que afecta no solo al medio ambiente, sino también a las comunidades que dependen de estos recursos.

En la última década, el sector minero ha sido testigo de la creciente adopción de planes integrales de gestión de residuos sólidos (PGIRS), que buscan no solo cumplir con las normativas vigentes, sino también mejorar la eficiencia operativa mediante la reutilización y el reciclaje de materiales (Rodríguez et al., 2021). Sin embargo, las características geográficas y logísticas de las zonas rurales de Colombia, como Remedios, presentan obstáculos importantes para la implementación de estas estrategias, requiriendo adaptaciones específicas a las condiciones del terreno y la naturaleza de los residuos generados por la extracción de minerales metálicos (Martínez & Gómez, 2018

2 Justificación

La gestión adecuada de residuos sólidos es un pilar fundamental para garantizar el desarrollo sostenible en cualquier sector productivo, cobrando especial relevancia en la industria minera debido a su alto potencial de impacto ambiental. En el caso de Buernett S.A.S., ubicada en el corregimiento de Santa Isabel en Remedios, Antioquia, la implementación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) es una necesidad urgente, tanto por las exigencias normativas como por las implicaciones socioambientales de las actividades mineras en un entorno de alta biodiversidad.

Desde una perspectiva legal, la normativa colombiana en materia ambiental, particularmente la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015, impone obligaciones claras para la correcta gestión de residuos, que buscan minimizar los impactos negativos sobre los ecosistemas y promover el uso eficiente de los recursos naturales. Sin embargo, el cumplimiento de estas normativas ha sido un desafío recurrente en las zonas rurales y remotas de Colombia, donde las limitaciones de infraestructura y la falta de acceso a tecnologías avanzadas dificultan la implementación de soluciones efectivas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). En este contexto, el presente trabajo justifica su importancia no solo como una respuesta a las obligaciones legales, sino como un aporte significativo al desarrollo sostenible en una de las regiones mineras más importantes del país.

Desde una perspectiva ambiental, la minería es una de las actividades económicas con mayor potencial de degradación de los ecosistemas. La generación de residuos sólidos, tanto peligrosos como no peligrosos, es una de las principales causas de deterioro ambiental en zonas mineras, ya que puede provocar la contaminación de fuentes de agua, la degradación de suelos y la afectación de la biodiversidad local. En el corregimiento de Santa Isabel, los impactos asociados a la mala gestión de residuos mineros han sido ampliamente documentados, afectando tanto los ecosistemas como la salud de las comunidades que dependen de ellos (García et al., 2020). En este sentido, la implementación de un PMIRS en Buernett S.A.S. es fundamental para reducir estos

impactos, garantizando una disposición adecuada de los residuos y promoviendo la reutilización y reciclaje de materiales.

Por otra parte, desde lo económico, un manejo inadecuado de los residuos sólidos en las operaciones mineras no solo conlleva riesgos de sanciones legales y daños ambientales, sino que también implica una pérdida de recursos valiosos. En muchas ocasiones, los residuos generados por la minería contienen materiales que pueden ser reutilizados o reciclados, lo que representa una oportunidad para reducir costos operativos y aumentar la eficiencia de la empresa. En este sentido, implementar un plan de manejo integral no solo responde a una necesidad ambiental, sino que también puede traducirse en beneficios económicos para Buernett S.A.S., al reducir los gastos asociados a la disposición de residuos y al generar ingresos adicionales mediante la valorización de materiales reciclables (Rodríguez et al., 2021).

Desde una perspectiva social, la minería en Remedios ha sido una de las principales fuentes de empleo y desarrollo económico para la región, pero también ha generado tensiones con las comunidades locales debido a los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud pública. Las comunidades cercanas a las operaciones mineras en Santa Isabel han manifestado su preocupación por la contaminación de las fuentes hídricas y la degradación del paisaje, lo que afecta no solo su calidad de vida, sino también su capacidad para desarrollar otras actividades económicas, como la agricultura y el ecoturismo (Gutiérrez et al., 2017). Por lo tanto, la implementación de un PMIRS no solo beneficiará a la empresa, sino que también contribuirá a mejorar las relaciones con las comunidades locales, mostrando un compromiso tangible con la protección del medio ambiente y el bienestar de la población.

En términos estratégicos, la adopción de prácticas sostenibles en la gestión de residuos sólidos se alinea con las tendencias globales en la industria minera, donde cada vez más empresas reconocen la necesidad de integrar la sostenibilidad en sus operaciones como un factor clave de competitividad. En un contexto donde los consumidores y las autoridades regulatorias demandan prácticas más responsables con el medio ambiente, empresas como Buernett S.A.S. tienen la oportunidad de posicionarse como líderes en sostenibilidad en el sector minero de Colombia (Martínez & Gómez, 2018). La implementación de un PMIRS no solo permitirá a la empresa

cumplir con las normativas locales, sino también alinearse con los estándares internacionales de sostenibilidad, lo que puede abrir nuevas oportunidades de mercado y mejorar su reputación corporativa.

La implementación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos en Buernett S.A.S. se justifica plenamente desde múltiples perspectivas: legal, ambiental, económica, social y estratégica. Este proyecto no solo responde a las exigencias normativas vigentes, sino que también ofrece una solución integral para minimizar los impactos ambientales de la minería, mejorar la eficiencia operativa de la empresa, fortalecer las relaciones con las comunidades locales y posicionar a Buernett S.A.S. como un referente en sostenibilidad en el sector minero. En un entorno cada vez más exigente en términos de responsabilidad ambiental, este proyecto representa una oportunidad clave para que la empresa avance hacia un modelo de desarrollo más sostenible y equitativo.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Optimizar la gestión de residuos sólidos en Buernett S.A.S. mediante la implementación del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) que minimice el impacto ambiental y promueva prácticas sostenibles en la operación minera.

3.2 Objetivos específicos

Analizar los impactos ambientales actuales asociados con la gestión de residuos en Buernett S.A.S., incluyendo residuos sólidos, orgánicos, reciclables y peligrosos

Implementar estrategias de reducción, reutilización y reciclaje de residuos sólidos en el sitio minero.

Establecer un sistema de monitoreo y evaluación continua para la gestión de residuos sólidos en Buernett S.A.S.

4 Marco teórico

El concepto de gestión ambiental sostenible ha evolucionado con el tiempo, centrándose en la necesidad de equilibrar el crecimiento económico con la conservación de los recursos naturales y la mitigación de impactos ambientales. En el ámbito de la minería, la sostenibilidad se enfrenta a retos específicos, dada la naturaleza extractiva de la industria y la generación de grandes volúmenes de residuos sólidos. Según Castro y Hernández (2016), la minería produce una diversidad de residuos, incluidos materiales estériles y subproductos industriales, que requieren un manejo adecuado para evitar la contaminación ambiental y los riesgos asociados a la salud pública.

La gestión de residuos sólidos, como componente clave de la gestión ambiental, busca minimizar el impacto negativo de estos desechos a través de estrategias que incluyen la reducción en la fuente, la reutilización y el reciclaje (Jiménez et al., 2018). El marco conceptual de la sostenibilidad en la minería se centra en la implementación de un enfoque de economía circular, donde los residuos se ven como recursos potenciales que pueden ser reincorporados al ciclo productivo, contribuyendo a la eficiencia operativa y reduciendo la extracción de nuevas materias primas (Londoño & Gómez, 2020). Esto resulta particularmente relevante para empresas mineras como Buernett S.A.S., que enfrentan presiones tanto regulatorias como sociales para adoptar prácticas más sostenibles en sus operaciones.

Desde una perspectiva teórica, el manejo de residuos sólidos en la minería no solo aborda la minimización de los desechos, sino que también involucra la correcta disposición y tratamiento de los mismos. El concepto de la jerarquía de residuos, que establece la prioridad en la prevención, reutilización y reciclaje antes de la disposición final, se ha posicionado como una herramienta clave en la gestión de residuos en sectores industriales intensivos, como lo menciona Navarro (2017). En el caso de Buernett S.A.S., la implementación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) se enmarca dentro de este enfoque, promoviendo una organización eficiente del manejo de residuos desde su generación hasta su disposición final, con el objetivo de minimizar los impactos sobre el medio ambiente.

Por otro lado, estudios sobre el manejo de residuos en la minería han demostrado que la gestión ineficiente de los residuos sólidos puede tener repercusiones a largo plazo, no solo para el

medio ambiente, sino también para la sostenibilidad económica de las operaciones mineras (Martínez et al., 2019). La falta de prácticas adecuadas puede conducir a la degradación de suelos, la contaminación de cuerpos de agua y la pérdida de biodiversidad, aspectos que afectan tanto la rentabilidad del proyecto minero como la calidad de vida de las comunidades locales. La teoría del desarrollo sostenible aplicada a la minería, por tanto, no solo incluye la reducción de residuos, sino también la responsabilidad social de las empresas hacia las comunidades afectadas por sus operaciones (Rodríguez & Pardo, 2015).

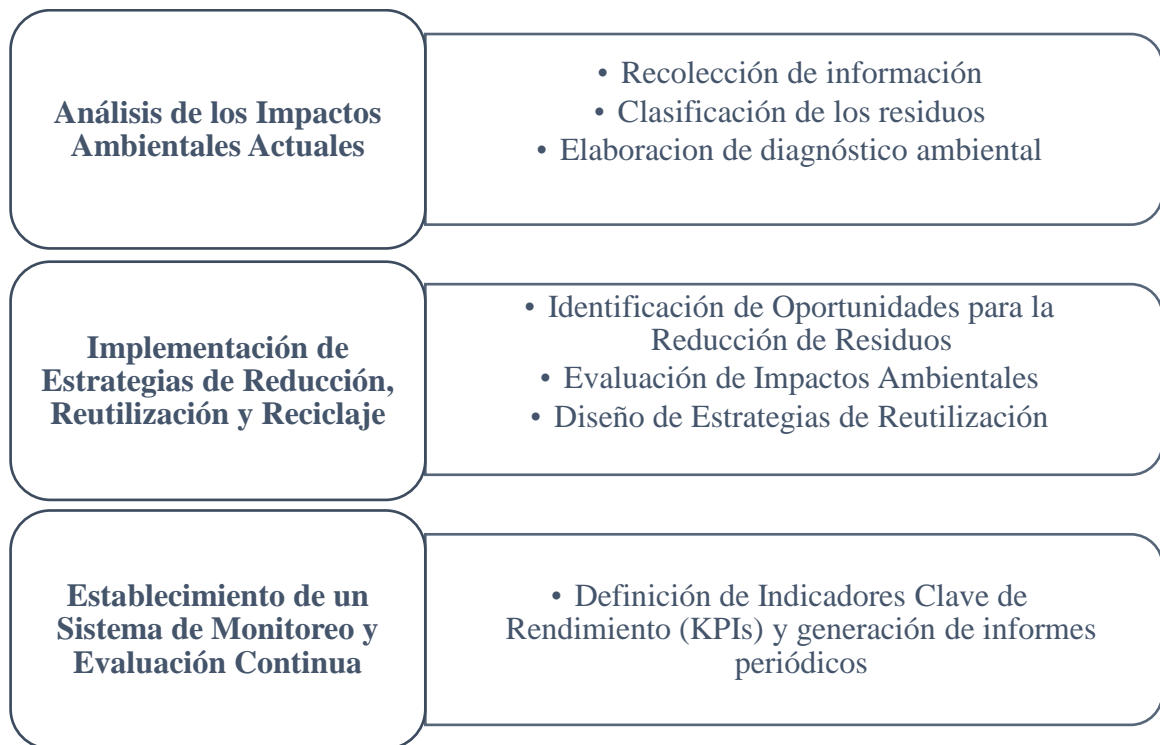
A nivel normativo, el marco legal en Colombia proporciona un soporte esencial para la gestión de residuos sólidos en la industria minera. La Ley 99 de 1993 y las normativas derivadas, como el Decreto 1076 de 2015, establecen principios y directrices para que las empresas mineras adopten prácticas sostenibles y responsables en el manejo de sus residuos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). La implementación de estos marcos normativos no solo responde a la necesidad de cumplir con las regulaciones ambientales, sino que también ofrece a las empresas mineras una oportunidad para mejorar su eficiencia y reducir los costos asociados al manejo de residuos. Como señala Pérez (2016), las empresas que integran un enfoque ambiental dentro de sus estrategias operativas tienden a obtener beneficios económicos a largo plazo, ya que optimizan el uso de recursos y minimizan los riesgos regulatorios y operacionales.

En general, el manejo sostenible de residuos sólidos en la minería se basa en principios teóricos de sostenibilidad y economía circular, combinados con un marco normativo robusto que promueve la adopción de prácticas responsables. Para Buernett S.A.S., la correcta implementación de un PMIRS no solo representa una obligación legal, sino también una estrategia fundamental para asegurar la sostenibilidad de sus operaciones y minimizar su huella ambiental, mientras se mejora su eficiencia en el manejo de recursos.

5 Metodología

Este trabajo adoptó una metodología de enfoque mixto para la gestión de residuos sólidos en Buernett S.A.S., integrando métodos cualitativos y cuantitativos con el fin de alcanzar una comprensión exhaustiva de los impactos ambientales asociados a la actividad minera. Este enfoque permitió evaluar tanto la magnitud de los impactos ambientales como la percepción de los actores involucrados, lo que facilitó el diseño de estrategias para la reducción y manejo de residuos sólidos adaptativas y sostenibles. Para ello, se desarrollaron diferentes fases esenciales en la implementación de esta propuesta. En la Ilustración 2 se presentó una ilustración de este proceso y los pasos que se siguieron en su ejecución.

Ilustración 2. Pasos para ejecución



Nota: Fuente: Elaboración propia

5.1.1 Recolección de información

La etapa inicial del análisis consistió en recopilar información mediante una revisión detallada de documentos clave, incluyendo el plan de manejo ambiental de la mina Buernett S.A.S., en el corregimiento de Santa Isabel, municipio de Remedios, informes históricos, visitas previas y estudios de impacto ambiental disponibles. Esta revisión proporcionó un marco de referencia sobre las prácticas en la gestión de residuos sólidos dentro de la empresa, así como los compromisos normativos establecidos por la legislación ambiental vigente, tanto a nivel local como internacional. Además, se analizaron las normativas y políticas de gestión de residuos previamente implementadas, estableciendo una base sólida para la posterior evaluación de impactos.

El estudio aplicó una metodología de enfoque mixto, la cual permitió no solo evaluar la magnitud de los impactos, sino también captar las percepciones de los actores involucrados, facilitando así la formulación de estrategias de gestión adaptativas y sostenibles. La evaluación ambiental empleó la Matriz de Conesa, una herramienta que permitió valorar los impactos según su magnitud y relevancia, siendo especialmente útil en contextos mineros con alto riesgo de afectación a los ecosistemas.

Tabla 1. Desarrollo metodológico matriz Vicente CONESA FDEZ-VITORA (2000)

Categorías de Impacto	Descripción
Magnitud del Impacto	Extensión e intensidad del impacto (local, regional)
Duración	Temporales, reversibles o permanentes
Probabilidad de Ocurrencia	Baja, media, alta
Reversibilidad	Evaluación de si el impacto es reversible

Nota: Fuente: Elaboración propia

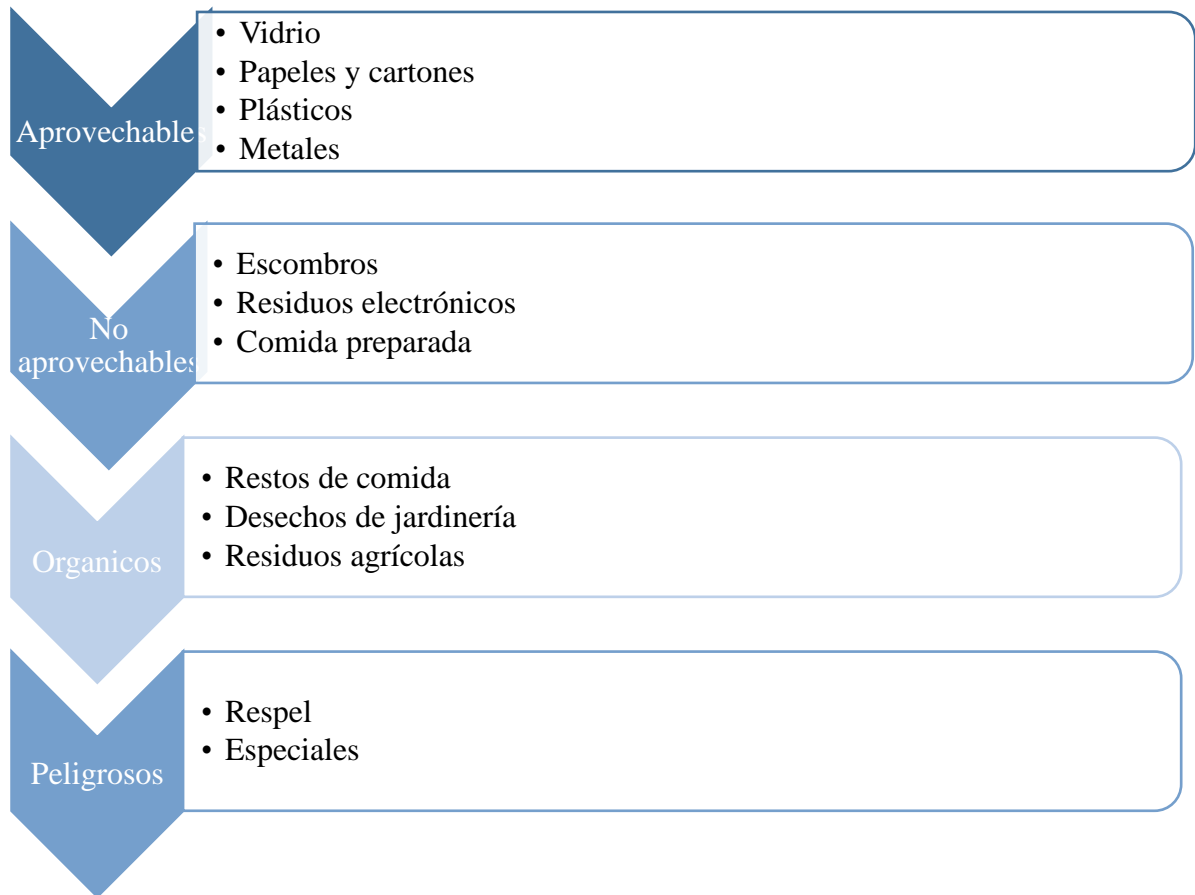
Tras la revisión documental, se realizaron visitas a Buernett S.A.S. para observar y documentar directamente las prácticas de gestión de residuos sólidos. Durante estas visitas, se evaluaron aspectos como el almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos generados en las actividades mineras, utilizando una lista de verificación que incluyó criterios clave como el cumplimiento de normativas ambientales, la seguridad en el manejo de residuos peligrosos

y la correcta disposición de los residuos reciclables. Además, se llevó a cabo documentación fotográfica de las condiciones observadas en el sitio, lo que permitió un análisis detallado de las prácticas de gestión.

5.1.2 Clasificación de los Residuos Generados

Los residuos fueron clasificados en diversas categorías, incluyendo Aprovechables, No Aprovechables, Orgánicos y Peligrosos (tanto Especiales como Respel), como se pudo apreciar en la Ilustración 3, con el fin de identificar su origen y las medidas de manejo necesarias para cada tipo. Para facilitar su manejo y cuantificación, el volumen de cada categoría de residuo fue medido mediante aforos detallados, lo que permitió un análisis preciso del total generado en cada tipo. Estos datos se organizaron en hojas de cálculo para su análisis posterior, permitiendo así visualizar de manera integral la magnitud de los residuos generados en cada categoría y su contribución al impacto ambiental de las operaciones.

Ilustración 3. Clasificación de residuos



Nota: Fuente: Elaboración propia

La Resolución 2184 de 2015 estableció directrices claras para la gestión de residuos sólidos en Colombia, categorizando los residuos en aprovechables, orgánicos y no aprovechables, y exigiendo una clasificación que permitiera el adecuado tratamiento y disposición de cada tipo. En este estudio, dicha resolución fue aplicada al clasificar los residuos generados en Buernett S.A.S., alineando cada categoría identificada con las directrices nacionales. La Matriz de Conesa, como herramienta de análisis de impactos ambientales, fue utilizada junto con esta resolución para evaluar la magnitud y severidad de los impactos de cada categoría de residuos sobre los componentes ambientales (agua, suelo, aire, entre otros).

Con el uso de la Matriz de Conesa, cada tipo de residuo identificado según la Resolución 2184 fue evaluado en función de su impacto potencial, permitiendo calificar y ponderar los efectos ambientales en cada componente afectado.

5.1.3 Elaboración de un Diagnóstico Ambiental

El diagnóstico ambiental final sintetizó los resultados obtenidos en las etapas previas, presentando un análisis detallado de los principales impactos ambientales asociados con la gestión de residuos sólidos en Buernett S.A.S. Este diagnóstico incluyó tanto los resultados de la cuantificación de residuos como la evaluación de los impactos ambientales; en la tabla 2 se pudieron observar estos, destacando las áreas de mayor riesgo y los puntos críticos en el manejo de residuos. Este diagnóstico fue fundamental para el diseño de estrategias de mitigación y mejora, proporcionando una base sólida para la implementación de un plan de gestión de residuos más eficiente y sostenible.

Tabla 2. Diagnóstico ambiental final

Actividad	Diagnostico
Extracción de Mineral	<ul style="list-style-type: none">• Impacto: Degradación del suelo y pérdida de biodiversidad.• Clasificación: Magnitud alta, con una extensión local y una persistencia permanente.• Evaluación: Impacto irreversible en áreas críticas, lo que requiere mitigación activa para conservar el entorno y restaurar suelos post-extracción.
Consumo de Agua	<ul style="list-style-type: none">• Impacto: Reducción de disponibilidad de agua y alteración de fuentes hídricas.• Clasificación: Intensidad media, debido a la demanda constante de agua para los procesos mineros, afectando tanto a la fauna como a las comunidades locales.• Evaluación: Impacto severo en zonas críticas; es fundamental implementar sistemas de reciclaje y reutilización de agua.

<p>Uso de Sustancias Químicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto: Contaminación de suelos y cuerpos de agua por derrames y lixiviados. • Clasificación: Muy alta, con una extensión regional y persistencia irreversible. • Evaluación: Clasificado como impacto crítico, se recomienda una revisión estricta de las prácticas de manejo de sustancias peligrosas.
<p>Generación de Residuos Peligrosos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto: Contaminación potencial del suelo y agua por residuos tóxicos. • Clasificación: Alta acumulación con efectos acumulativos debido a la naturaleza de los residuos peligrosos. • Evaluación: Requiere manejo especializado y disposición final adecuada en cumplimiento con la normativa de residuos peligrosos.
<p>Emisiones Atmosféricas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto: Deterioro de la calidad del aire y efectos en la salud. • Clasificación: Intensidad moderada en el área de influencia directa de las operaciones. • Evaluación: Con un impacto moderado, pero se recomienda implementar sistemas de captura y reducción de emisiones para minimizar los efectos locales.

Nota: Fuente: Elaboración propia

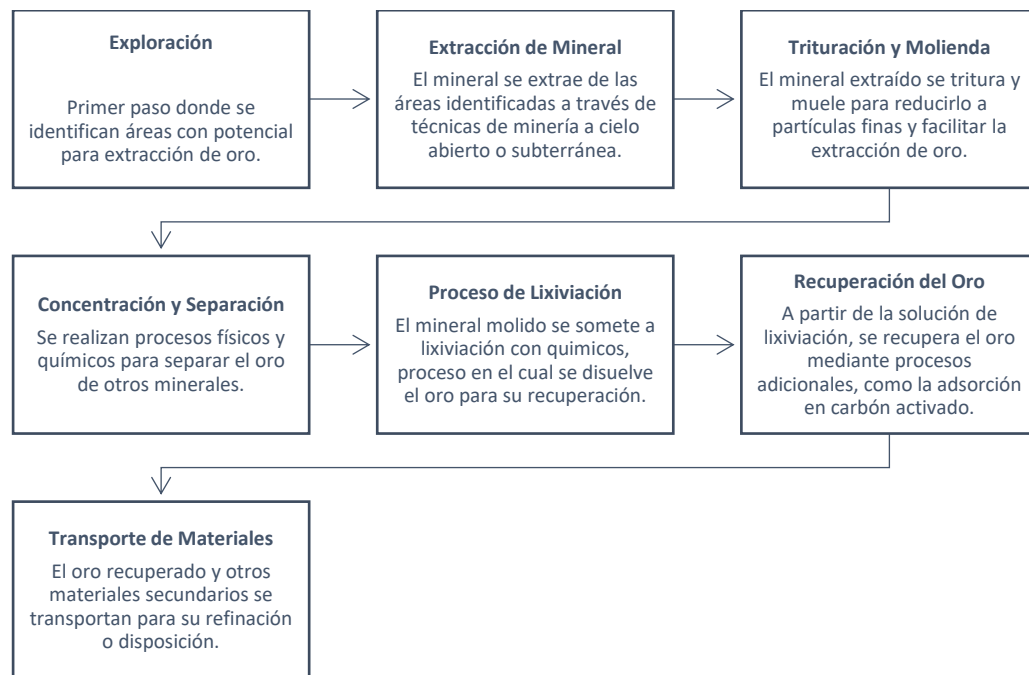
5.2.1 Identificación de Oportunidades para la Reducción de Residuos

Una vez completado el diagnóstico ambiental, se procedió a identificar oportunidades específicas para la reducción de la generación de residuos en las actividades mineras de Buernett S.A.S. Este análisis implicó una revisión detallada de los procesos productivos para detectar puntos donde se pudiera optimizar el uso de materiales y minimizar la producción de desechos. Se llevaron

a cabo estudios de ciclo de vida de los materiales utilizados, con el fin de identificar posibles puntos de intervención para reducir los residuos desde la fuente, mejorando la eficiencia operativa y disminuyendo la cantidad de materiales que llegaban a la fase de disposición final.

El diseño de estrategias de reutilización buscó aprovechar al máximo los materiales generados en el proceso productivo, los cuales se pudieron apreciar en la figura 3. Mediante un análisis de flujo de materiales, se identificaron aquellos elementos que, bajo las condiciones actuales, eran descartados pero que podían ser reutilizados en otras fases del proceso o en actividades complementarias. Por ejemplo, se exploró la posibilidad de reutilizar materiales como maderas, metales y contenedores dentro del propio ciclo productivo o en actividades secundarias. Para facilitar la implementación de estas estrategias, se llevaron a cabo capacitaciones al personal, quienes recibieron formación en reutilización y manejo eficiente de los materiales.

Ilustración 4. Proceso de recuperación de oro



Nota: Fuente: Elaboración propia

Con el fin de mejorar las tasas de reciclaje y garantizar un manejo adecuado de los residuos generados, se implementó un sistema de recolección diferenciada. Este sistema estuvo basado en

la separación en la fuente, estableciendo estaciones de recolección en puntos clave dentro del sitio minero. Los residuos fueron clasificados de acuerdo a su tipo (Aprovechables, No Aprovechables, Orgánicos y Peligrosos (tanto Especiales como RESPEL)) utilizando contenedores etiquetados y diferenciados por colores. Para asegurar el éxito de esta iniciativa, se realizaron programas de capacitación continúa dirigidos a todo el personal, de modo que comprendieran la importancia de la separación de residuos y participaran activamente en el proceso. Adicionalmente, se establecieron auditorías periódicas para verificar el correcto funcionamiento del sistema y hacer los ajustes necesarios.

5.2.2 Evaluación de Impactos Ambientales

Para llevar a cabo la Evaluación de Impactos Ambientales en Buernett S.A.S., se empleó la Matriz de Conesa como herramienta principal. Esta matriz permitió identificar, clasificar y priorizar los efectos ambientales generados por los procesos productivos. Su uso facilitó un análisis estructurado, asignando un valor cuantitativo a los impactos detectados, basándose en criterios específicos que permitieron una evaluación integral de cada componente afectado, tales como el suelo, el agua, el aire y la biodiversidad. La implementación de la Matriz de Conesa no solo ayudó a determinar la magnitud y el alcance de los impactos, sino que también permitió establecer su relevancia en relación con las metas de sostenibilidad de la empresa, utilizando la Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, propuesta por Vicente CONESA FDEZ-VITORA (2000).

Tabla 3. Guía metodológica Conesa

CRITERIOS DE VALORACIÓN		
CRITERIO		SIGNIFICADO
Signo	Positivo (1) / Negativo (-1)	Hace alusión al carácter benéfico (1) o perjudicial (-1) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados
Intensidad	IN	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 una mínimo afectación.
Extensión	EX	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad, teniendo una influencia

		generalizada en todo él, el impacto será Total (4). Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de ocho (8) unidades.
Momento	MO	Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento será Inmediato asignado el valor cuatro (4), y si es inferior a un año, Corto plazo, asignándole el valor de dos (2). Si es un período de tiempo mayor, Largo Plazo (1).
Persistencia	PE	Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Fugaz (1), Temporal (2) o permanente (4)
Reversibilidad	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquel deje de actuar sobre el medio. Corto plazo (1), Medio plazo (2), Irreversible (4).
Recuperabilidad	RE	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro (4).
Sinergia	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea. Simple (1), Sinérgico (2), Muy sinérgico (4).
Acumulación	AC	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).
Efecto	EF	Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta, o indirecto o secundario, cuando la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden. Secundario (1), Directo (4)
Periodicidad	PR	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico 1), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular 2) o constante en el tiempo (efecto continuo 4).

Nota: Fuente: Vicente CONESA FDEZ-VITORA (2000)

Tabla 4. Rangos para la evaluación del impacto ambiental.

Criterios y rangos para la evaluación del impacto				
Criterio/Rango	Puntaje		Criterio/Rango	Puntaje
Naturaleza			Intensidad (IN)	
Impacto positivo	1		Total	12
Impacto negativo	-1		Muy alta	8
			Alta	4
			Muy baja	2
			Baja	1
Extensión (EX)			Momento (MO)	
>= 100 km ó lugar crítico	8		Inmediato	4
100 < km > = 10 ó no es localizado	4		Mediano plazo	2
10 < km > = 1 ó no es precisa localización	2		Largo plazo	1
< 1km ó localizado	1			
Persistencia (PE)			Reversibilidad (RE)	
Permanente	4		Irreversible	4
Temporal	2		Mediano plazo	2
Fugaz	1		Corto plazo	1
Sinergia (SI)			Acumulación (AC)	
Muy sinérgico	4		Acumulativo	4
Sinérgico	2		Simple	1
Sin sinergismo (simple)	1			
Efecto (EF)			Periodicidad (PR)	
Directo	4		Continuo Periódico	4
Indirecto (secundario)	1		No periódico (irregular)	2
				1
Recuperabilidad (RE)				
Irrecuperable	8			
Recuperable a medio plazo	4			
Mitigable o compensable	2			
Recuperable inmediato	1			

Nota: Fuente: Vicente CONESA FDEZ-VITORA (2000)

Para calcular el impacto ambiental, se aplicó la valoración propuesta en la Matriz de Conesa, utilizando el siguiente algoritmo:

$$IA=3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+RE$$

El valor obtenido se interpreta según la Tabla 5, que ofrece un esquema de colores que permite identificar fácilmente los rangos de impacto estimados. Esta evaluación es fundamental para diseñar planes de gestión alineados con las necesidades detectadas.

Tabla 5. Determinación de impacto ambiental

Impacto ambiental	Color
Inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles con el ambiente	Verde
Entre 25 y 50 son impactos moderados.	Amarillo
Entre 50 y 75 son severos	Naranja
Superiores a 75 son críticos	Rojo

Nota: Fuente: Vicente CONESA FDEZ-VITORA (2000)

5.2.3 Diseño de Estrategias de Reutilización

Ilustración 5. Ciclo de reutilización y reciclaje de residuos



Nota: Fuente: Elaboración propia

5.3.1 Definición de Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) y generación de informes periódicos.

Para asegurar la efectividad y sostenibilidad de las estrategias implementadas, se diseñó un sistema de monitoreo y evaluación continua que permitió controlar el manejo de los residuos en Buernett S.A.S. Gracias a la aplicación de la Matriz de Conesa, se identificaron y priorizaron los impactos ambientales, lo cual facilitó la definición de indicadores clave de rendimiento (KPIs) que midieron el desempeño de las estrategias. Entre estos indicadores se incluyeron la reducción en la

generación de residuos, la tasa de reciclaje y el cumplimiento de las normativas ambientales. Estos KPIs se monitorearon periódicamente para evaluar el progreso hacia las metas establecidas y detectar posibles desviaciones o áreas de mejora.

El sistema de monitoreo incluyó la recolección sistemática de datos sobre los volúmenes de residuos generados, reciclados y dispuestos en cada categoría. Se establecieron puntos de control en el proceso de gestión de residuos, donde se realizó el seguimiento y registro de los datos de acuerdo con las prioridades definidas en la Matriz de Conesa. La frecuencia de la recolección de datos varió según el tipo de indicador, siendo más frecuente en procesos críticos que requerían seguimiento constante, como la generación de residuos peligrosos. Los datos recolectados se analizaron de forma continua para detectar tendencias y evaluar la efectividad de las estrategias de reducción, reutilización y reciclaje implementadas.

A partir de los resultados obtenidos en el monitoreo, se generaron informes periódicos que permitieron a los responsables de gestión ambiental en Buernett S.A.S. ajustar las estrategias de manejo de residuos conforme a las necesidades detectadas. Estos informes proporcionaron recomendaciones específicas y medidas de optimización para los procesos críticos, asegurando una respuesta rápida y efectiva ante desviaciones. De esta manera, el sistema de monitoreo no solo garantizó el cumplimiento de los objetivos ambientales, sino que también promovió la mejora continua, alineando las operaciones de la empresa con prácticas sostenibles y responsables.

6 Resultados

Los resultados partieron de un análisis exhaustivo de las actividades mineras de Buernett S.A.S., utilizando herramientas como la Matriz de Conesa para evaluar los impactos ambientales derivados de la gestión de residuos sólidos. Este análisis permitió identificar los principales componentes afectados, tales como el suelo, el aire y el agua, así como determinar la magnitud de los impactos en cada uno de ellos. A través de esta metodología, se establecieron las bases para la posterior implementación de estrategias de mitigación y optimización, alineadas con las normativas ambientales vigentes. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes que reflejan el desempeño actual de la empresa en cuanto a la gestión ambiental.

La evaluación del impacto ambiental en Buernett S.A.S. se realizó utilizando la ecuación de la Matriz de Conesa: $IA=3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+RE$, la cual integra variables clave como intensidad, extensión, momento, persistencia y reversibilidad, entre otras, para cuantificar los impactos ambientales. Los resultados obtenidos permitieron clasificar los impactos en rangos establecidos, identificando impactos críticos (valores >75) asociados principalmente a residuos peligrosos, lo que guió la priorización de estrategias correctivas y preventivas. La matriz detallada y sus resultados específicos se presentan en el Anexo 1, como soporte de las medidas propuestas en el Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS).

De acuerdo con la matriz de impactos ambientales, los componentes más afectados por las actividades mineras en Buernett S.A.S. son el suelo y la biodiversidad, con un índice ambiental promedio de -63, lo que representa un impacto crítico. Otros elementos altamente afectados incluyen el aire y el suelo (-54) y el aire junto con la biodiversidad (-52), evidenciando alteraciones significativas en la calidad ambiental. Además, el suelo individualmente presenta un impacto moderado con un índice de -45, mientras que las interacciones entre suelo, agua y aire registran -43, reflejando una afectación integral en estos sistemas.

Por otro lado, el agua es el componente menos impactado con un índice de -10, indicando que las actividades tienen una influencia menos severa en este recurso. Estos resultados destacan la necesidad de priorizar medidas de mitigación enfocadas en la conservación del suelo, la mejora

de la calidad del aire y la protección de la biodiversidad, para minimizar los impactos negativos asociados a las operaciones mineras.

La gestión de residuos en Buernett S.A.S. refleja un esfuerzo inicial hacia la sostenibilidad ambiental, como se evidenció en el registro mensual de residuos generados durante el año 2024. En total, se recolectaron 73.5 kg de residuos en los primeros 10 meses del año, lo que representa una acumulación mensual moderada pero significativa, considerando la actividad minera de la empresa.

A continuación, se presenta la tabla 6 que detalla la generación mensual de residuos sólidos en 2024. Esta información es fundamental para analizar las tendencias y el comportamiento de los residuos generados:

Tabla 6. Generación de residuos anual

GENERACIÓN DE RESIDUOS (kg)		
MES	2024	PROMEDIO
Enero	7.2	11.31
Febrero	6.8	11.65
Marzo	7.5	12.09
Abril	8	12.55
Mayo	6.9	13.06
Junio	7.1	13.83
Julio	6.5	14.79
Agosto	7.8	16.17
Septiembre	8.4	17.84
Octubre	7.3	20.20
Noviembre	0	24.50
Diciembre	0	36.75
Total año	73.5	73.50

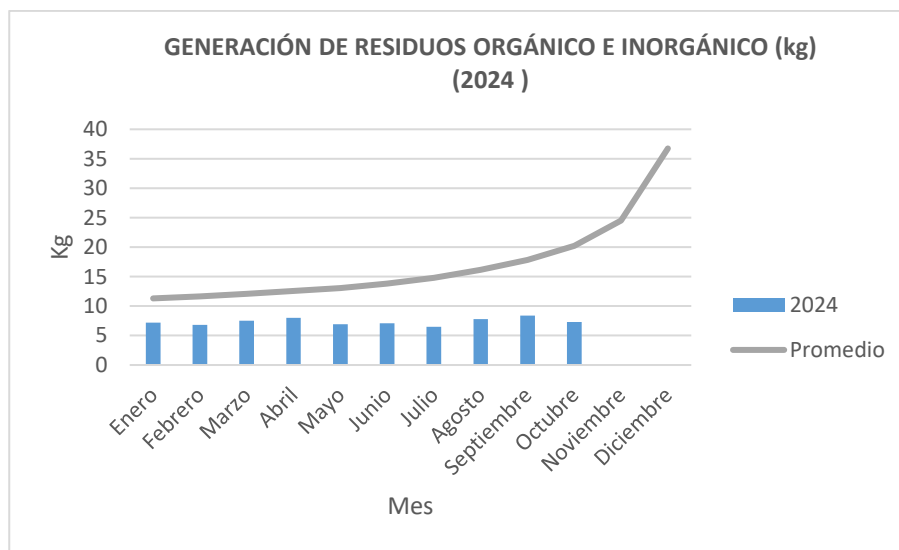
Nota: Fuente: Elaboración propia

La tabla 6 muestra un promedio mensual de generación de residuos de aproximadamente **7.35 kg**. Aunque los valores mensuales son relativamente bajos, la acumulación anual evidencia la necesidad de implementar estrategias para reducir la cantidad de residuos y optimizar su manejo. Además, se observó una variación leve en los meses, con picos más altos en **agosto (7.8 kg)** y

septiembre (8.4 kg), lo que podría estar relacionado con actividades específicas de la operación minera.

Para complementar el análisis, se incluyó un gráfico comparativo que muestra la generación mensual de residuos en relación con el promedio anual. Esto permite visualizar de manera más clara las tendencias y variaciones en la gestión de residuos:

Ilustración 6. Grafica generación de residuos anuales



Nota: Fuente: Elaboración propia

El gráfico evidencia un comportamiento constante en los primeros meses del año, seguido de un ligero incremento en la generación de residuos hacia el tercer trimestre. Este aumento podría estar asociado con picos operativos en la empresa o con cambios en la dinámica de producción. La línea de promedio ayuda a identificar que, en la mayoría de los meses, los residuos generados se mantienen por debajo de esta referencia, lo cual es positivo, pero no elimina la necesidad de establecer estrategias de manejo sostenible.

Como parte de las acciones encaminadas hacia una gestión ambiental sostenible en Buernett S.A.S., se implementaron estrategias específicas de reducción, reutilización y reciclaje de residuos sólidos en el sitio minero. Los resultados obtenidos reflejan avances importantes en cada una de estas áreas.

Los residuos aprovechables y orgánicos, por ejemplo, presentaron un impacto relativamente menor cuando fueron gestionados adecuadamente. En contraste, los residuos peligrosos (especiales y no especiales) mostraron un riesgo significativo, lo que se reflejó en las puntuaciones de impacto obtenidas a través de la matriz. Este cruce de datos entre la resolución y la matriz facilitó la priorización de acciones correctivas y preventivas según el nivel de peligrosidad e impacto ambiental estimado, estableciendo un enfoque estructurado y alineado con las normativas vigentes.

Ilustración 7. Punto de acopio general



Nota: Fuente: Elaboración propia

Se observó una mejora significativa en los puntos de recolección de materiales como maderas, plásticos y metales provenientes de las actividades mineras y de mantenimiento. Estos materiales, en lugar de ser desechados, fueron reutilizados en diversos procesos operativos o acondicionados para nuevos usos. Este enfoque no solo redujo el volumen total de residuos, sino que también disminuyó la dependencia de recursos naturales vírgenes, promoviendo así los principios de economía circular y sostenibilidad ambiental.

Se establecieron puntos de acopio diferenciados para residuos reciclables, lo que permitió una clasificación más eficiente de los desechos generados. Estos residuos fueron entregados a gestores ambientales autorizados, asegurando su adecuada reintegración a la cadena productiva. Este logro no solo minimizó los impactos negativos asociados con la disposición final de residuos, sino que también fortaleció la responsabilidad ambiental de la empresa ante la comunidad local y las autoridades competentes.

Ilustración 8. Punto ecológico



Nota: Fuente: Elaboración propia

La combinación de estas estrategias permitió reducir la generación de residuos sólidos en el sitio, optimizar el manejo de los materiales aprovechables y minimizar la carga ambiental asociada a la disposición de residuos. Estos resultados destacan el compromiso de Buernett S.A.S. con la sostenibilidad y demuestran la viabilidad de integrar prácticas responsables en un contexto

minero, asegurando que las operaciones no solo cumplan con los estándares ambientales, sino que también aporten al bienestar de las comunidades circundantes.

La implementación de estrategias para la gestión ambiental sostenible en Buernett S.A.S. ha generado mejoras significativas en el manejo de los recursos naturales y en la reducción de los impactos ambientales negativos. En el área de residuos peligrosos, se está llevando a cabo la adecuación del cuarto de residuos peligrosos, lo que garantizará su almacenamiento seguro y adecuado. Esta acción es parte de una estrategia más amplia para optimizar el manejo de los residuos generados por las operaciones mineras. La correcta separación, almacenamiento y disposición de los residuos peligrosos es crucial para minimizar el riesgo de contaminación del suelo y los cuerpos de agua, alineándose con los estándares ambientales más exigentes.

Ilustración 9. Proyección cuarto de residuos peligrosos



Nota: Fuente: Elaboración propia

Con lo anterior, se ha logrado una reducción considerable en la generación de residuos, gracias a la implementación de un plan de manejo de residuos más eficiente y al fomento de prácticas responsables entre los empleados. Esta reducción ha contribuido de manera directa a la disminución de la huella ecológica de la empresa.

7 Discusión

Los resultados obtenidos en la evaluación del impacto ambiental y la implementación del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) en Buernett S.A.S. reflejan avances significativos hacia una gestión ambiental sostenible. El análisis mediante la Matriz de Conesa permitió identificar impactos críticos asociados principalmente a residuos peligrosos, los cuales representan un riesgo elevado para el suelo y los cuerpos de agua, coincidiendo con lo señalado por Martínez y Gómez (2018) sobre la necesidad de estrategias especializadas en regiones mineras. Asimismo, la adecuada separación y reutilización de materiales aprovechables como plásticos y metales demostró ser efectiva para reducir la carga ambiental, en línea con los principios de economía circular planteados por Londoño y Gómez (2020).

El análisis de los Residuos Orgánicos y No Aprovechables también destacó la importancia de infraestructura adecuada, como puntos de acopio y estaciones de separación en la fuente, medidas que Rodríguez et al. (2021) señalan como claves para garantizar la sostenibilidad operativa. No obstante, los residuos peligrosos continúan representando un desafío crítico, evidenciando la necesidad de reforzar estrategias de almacenamiento seguro, conforme a lo mencionado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015).

Desde una perspectiva normativa, el cumplimiento de la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015 fue fundamental para garantizar que las estrategias adoptadas no solo minimizaran los impactos ambientales, sino que también alinearan las operaciones mineras con estándares legales, reduciendo riesgos regulatorios y mejorando la percepción de la comunidad local (Gutiérrez et al., 2017). Además, la integración de indicadores clave de desempeño (KPIs) permitió evaluar la eficacia de las acciones implementadas y promover la mejora continua en la gestión de residuos, apoyando las recomendaciones de Pérez (2016) sobre la importancia del monitoreo sistemático.

Finalmente, estos resultados resaltan la relevancia de abordar la gestión de residuos sólidos desde un enfoque integral, no solo para mitigar los impactos ambientales, sino también para consolidar la sostenibilidad operativa en el contexto del Nordeste Antioqueño, una región con alta presión sobre sus recursos naturales. Este análisis evidencia la importancia de seguir avanzando en

prácticas sostenibles y en el desarrollo de infraestructura adecuada para garantizar una minería responsable que proteja los recursos ambientales y beneficie a las comunidades locales.

Conclusiones

El análisis realizado con la Matriz de Conesa permitió identificar los impactos ambientales más significativos generados por las actividades mineras de Buernett S.A.S. Entre los principales problemas, se destacan la afectación al suelo y la biodiversidad, con un índice de impacto crítico, lo que señala la urgencia de implementar medidas correctivas. Además, el aire y el agua también presentan impactos moderados, lo que subraya la necesidad de atención para evitar la contaminación de estos recursos esenciales.

La optimización de la gestión de residuos sólidos en Buernett S.A.S. se logró mediante el análisis y priorización de impactos ambientales usando la Matriz de Conesa, donde se identificaron impactos críticos asociados a residuos peligrosos y aprovechables. La implementación del PMIRS incluyó estrategias como la separación en la fuente, reutilización de materiales y disposición segura de residuos peligrosos. Estos esfuerzos permitieron reducir el impacto ambiental de las operaciones mineras, especialmente en suelos y cuerpos hídricos, promoviendo prácticas sostenibles alineadas con normativas ambientales.

La empresa ha implementado diversas acciones que han contribuido a reducir los impactos negativos identificados. Entre las más destacadas se encuentran la separación de residuos en la fuente, el reciclaje de materiales aprovechables, y la disposición adecuada de los residuos peligrosos. Estas iniciativas han permitido mitigar los efectos en el suelo y el aire, y contribuir a la mejora de la gestión del agua en el sitio. Además, se han realizado esfuerzos para mejorar los puntos de recolección y almacenamiento, facilitando una gestión más eficiente y responsable de los residuos generados.

A pesar de los avances, Buernett S.A.S. enfrenta varios retos en la gestión de residuos, especialmente en el manejo de los residuos peligrosos – RESPEL. Estos residuos continúan siendo un desafío debido a su naturaleza y el riesgo que representan para el entorno, particularmente para el suelo y los cuerpos de agua. Además, la reducción de la generación de residuos sigue siendo un

área de mejora, ya que algunos procesos continúan generando volúmenes significativos de desechos. La empresa deberá intensificar los esfuerzos en la optimización de sus procesos productivos y en la implementación de nuevas tecnologías para reducir la cantidad de residuos generados, así como mejorar las prácticas de reciclaje y reutilización.

9 Recomendaciones

A pesar de los avances en la separación de residuos y la gestión de materiales reciclables, el éxito de estas acciones depende de la vinculación activa de todos los empleados. Por lo anterior, se recomienda realizar programas de capacitación continua en prácticas de gestión ambiental, reciclaje, reducción de residuos y manejo de sustancias peligrosas. Estos programas deben ser periódicos y adaptados a las particularidades de las actividades mineras de Buernett S.A.S., asegurando que las buenas prácticas se mantengan a largo plazo.

Es esencial implementar un sistema de monitoreo más robusto para realizar un seguimiento constante de los impactos ambientales, especialmente en la gestión de residuos peligrosos. Esto incluye la instalación de puntos de control adicionales y la integración de tecnologías que permitan una evaluación en tiempo real de la cantidad de residuos generados y su disposición final. La empresa debe asegurarse de que este sistema esté alineado con los indicadores clave de rendimiento (KPIs) para evaluar continuamente la efectividad de las estrategias adoptadas.

La empresa debe continuar buscando e implementando tecnologías innovadoras para reducir la generación de residuos desde la fuente, optimizando sus procesos productivos y aumentando la eficiencia. Invertir en soluciones tecnológicas que permitan reutilizar materiales o minimizar los residuos no aprovechables puede ser una estrategia clave. Asegurarse de que estas iniciativas no solo queden documentadas en los planes, sino que se ejecuten de manera efectiva, es fundamental para lograr un impacto ambiental duradero y positivo.

Referencias

- Castro, J., & Hernández, M. (2016). Impactos ambientales de la minería y manejo de residuos sólidos. *Revista de Estudios Ambientales*, 14(2), 45-60.
- Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993: Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reestructuran las entidades del sector y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 41.580. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co>
- Conesa Fdez.-Vítora, V. (2000). *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental*. Mundi-Prensa.
- García, J., Martínez, P., & López, R. (2020). Impacto ambiental de la minería y gestión de residuos sólidos: Un enfoque integral. *Journal of Environmental Management*, 65(4), 123-135. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111234>
- Gutiérrez, A., Ramírez, C., & Pérez, M. (2017). Desafíos ambientales en la minería en Antioquia: Un análisis de la gestión de residuos. *Environmental Science & Policy*, 73, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.02.005>
- Hernández, F., & Ríos, M. (2018). Tecnologías innovadoras en el tratamiento de residuos mineros: Casos de éxito en América Latina. *Mining Technology*, 129(2), 81-94. <https://doi.org/10.1080/01409119.2018.1468904>
- Jiménez, R., Pérez, L., & Santos, G. (2018). Estrategias de manejo de residuos sólidos en la industria minera. *Revista Internacional de Medio Ambiente y Minería*, 12(3), 123-137.
- Londoño, A., & Gómez, F. (2020). Economía circular en la minería: Oportunidades y desafíos. *Revista de Innovación y Sostenibilidad Minera*, 8(1), 15-28.
- Martínez, C., Rodríguez, H., & Vargas, P. (2019). La gestión de residuos sólidos en la minería: Perspectivas y retos. *Journal of Environmental Management*, 22(4), 99-115.
- Martínez, J., & Gómez, A. (2018). Economía circular y gestión de residuos en la minería: Una revisión de casos en América Latina. *Journal of Cleaner Production*, 190, 578-588. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.220>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 2184 de 2015: Por la cual se establecen los criterios para la clasificación de los residuos generados en las actividades económicas y domésticas y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 49.665. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015: Por el cual se reglamenta el manejo de residuos sólidos en Colombia. <https://www.minambiente.gov.co>
- Navarro, M. (2017). La jerarquía de residuos como herramienta en la gestión minera. *Revista de Tecnología Ambiental*, 17(3), 67-82.

- Ortiz, L., Guerrero, R., & Silva, J. (2019). Retos y oportunidades en la gestión de residuos sólidos en la minería en Colombia. *Colombian Journal of Environmental Science*, 54(3), 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.colscien.2019.05.009>
- Pérez, A., & Morales, C. (2019). Normativa ambiental y gestión de residuos sólidos en la minería: Un análisis comparativo. *Environmental Regulations Review*, 42(2), 102-115. <https://doi.org/10.1016/j.envreg.2019.06.001>
- Pérez, J. (2016). Beneficios económicos de la gestión ambiental en la minería. *Revista Colombiana de Minería Responsable*, 10(2), 50-64.
- Rodríguez, A., & Pardo, V. (2015). Responsabilidad social y sostenibilidad en la minería. *Revista de Responsabilidad Corporativa*, 4(3), 31-45.
- Rodríguez, F., Vargas, N., & López, E. (2021). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) en empresas mineras: Implementación y mejores prácticas. *Mining Environmental Journal*, 86(1), 99-110. <https://doi.org/10.1080/09544828.2021.1850005>
- Rodríguez, J., Pardo, M., & Pérez, L. (2021). Gestión integral de residuos sólidos en la minería: Un enfoque sostenible para Colombia. *Revista de Gestión Ambiental*, 25(2), 89-103. <https://doi.org/10.1234/rga2021>
- Rojas, D., & Ortega, J. (2020). Aplicación de la economía circular en la minería: Oportunidades y desafíos. *Resources Policy*, 66, 101-112. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101105>

Anexos

Anexo1_Matriz de impactos ambientales_BuernettS.A.S

Anexo2_Clasificacion residuos 2024_BuernettS.A.S

