Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Evaluación del desempeño ambiental utilizando indicadores de residuos sólidos y agua en una Unidad Minera 2020 - 2021, provincia Yauli, región Junín

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR

Erick Jerson TIRACCAYA GARCIA

ASESOR

Dr. Alberto HUIMAN CRUZ

Lima, Perú

2023

Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Tiraccaya, E. (2023). *Evaluación del desempeño ambiental utilizando indicadores de residuos sólidos y agua en una Unidad Minera 2020 - 2021, provincia Yauli, región Junín*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Erick Jerson Tiraccaya Garcia
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72890256
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-9881-0030
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Alberto Huiman Cruz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72890256
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5507-9903
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Giuliana Patricia Becerra Celis
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40745335
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Augusto Guillermo Bravo Malca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06016801
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Eric Rendón Schneir
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	09377940
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.2.7. Gestión Ambiental en Minería
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Yauli Distrito: Huay Huay Centro poblado: Andaychagua Este: 389499 Norte: 8701820
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2020-2021
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería ambiental y geológica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos; el día 29 de Noviembre del año 2023, siendo las 10:00 am, en presencia de los señores docentes designados como miembros del Jurado Calificador:

Dra. GIULIANA PATRICIA BECERRA CELIS	**(Presidente del Jurado)**
Dr. ERIC RENDON SCHNEIR	**(Miembro del Jurado)**
Mg. AUGUSTO GUILLERMO BRAVO MALCA	**(Miembro del Jurado)**

Reunidos para el acto académico público de colación del Tesista Bachiller ERICK JERSON TIRACCAYA GARCIA, quien sustentará la Tesis Titulada:

"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL UTILIZANDO INDICADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS Y AGUA EN UNA UNIDAD MINERA 2020 – 2021 PROVINCIA YAULI, REGIÓN JUNÍN", para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Los miembros del Jurado, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas:

A.....ERICK JERSON TIRACCAYA GARCIA.....

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:
.....TRECE (13).....

Habiendo sido aprobada la Sustentación de Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

TíTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL al Bach: ERICK JERSON TIRACCAYA GARCIA

Siendo las 11:00 horas se dio por concluido el acta académico, expidiéndose dos (02) Actas Originales de la Sustentación de la Tesis.

Dra. GIULIANA PATRICIA BECERRA CELIS
PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. ERIC RENDON SCHNEIR
MIEMBRO DE JURADO

Mg. AUGUSTO GUILLERMO BRAVO MALCA
MIEMBRO DE JURADO

Dr. ALBERTO HUIMAN CRUZ
ASESOR

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Dr. Msc. Ing. Alberto Huiman Cruz en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° 001289-2023-D-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es «*Evaluación del desempeño ambiental utilizando indicadores de residuos sólidos y agua en una Unidad Minera 2020 - 2021, provincia Yauli, región Junín*» presentado por el bachiller Erick Jerson Tiraccaya García para optar el título de Ingeniero Ambiental, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 20 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título correspondiente.

Firma del Asesor: _____

Huella digital

DNI: 41459167

Nombres y apellidos del asesor: Alberto Huiman Cruz

DEDICATORIA

A mis queridos padres Juan y Celinda, por ser mis principales respaldos en cada momento de mi carrera profesional y por el apoyo incondicional.

A mis cinco hermanos por su preocupación y apoyo constante

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi asesor Dr. Mg. Ing. Alberto Huiman Cruz por todo el tiempo y enseñanzas brindadas.

Índice General

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTOS iii
ÍNDICE DE TABLAS vi
ÍNDICE DE FIGURAS viii
RESUMEN ix
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Situación Problemática 1
1.2. Formulación del Problema 3
1.2.1. Problema General 3
1.2.2. Problemas específicos 3
1.3. Justificación de la Investigación 4
1.4. Objetivos 4
1.4.1. Objetivo general 4
1.4.2. Objetivos específicos 4
1.5. Hipótesis 5
1.5.1. Hipótesis General 5
1.5.2. Hipótesis Específicas 5
1.6. Variables 5
1.7. Matriz de consistencia 5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 8
2.1. Antecedentes de la investigación 8
2.2. Economía circular 16
2.3. Eco-diseño 19
2.4. Sostenibilidad Ambiental 20
2.5. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 21
2.6. Indicadores ambientales 25
2.7. Gestión del Agua en minería 29
2.8. Gestión de Residuos Sólidos en minería 33
2.9. Marco Normativo 37
2.9.1. Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales Ley N° 26821 37
2.9.2. Ley General del Ambiente Ley N° 28611 37

2.9.3. Modificación de Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera – Decreto Legislativo 1042 37
2.9.4. Ley que Modifica el Código Penal, Ley N° 29263 38
2.9.5. Decreto Legislativo 1078, que modifica la Ley 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental 38
2.9.6. Ley de Recursos Hídricos, Ley 29338 38
2.9.7. Ley de Promoción de las Inversiones para el Crecimiento Económico y el Desarrollo Sostenible, Ley N° 30327 38
2.9.8. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto Legislativo N° 1278 38
2.9.9. Guía Peruana GP 127:2021. Economía Circular 39
2.10. Viabilidad 40
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 43
3.1. Tipo y diseño de investigación 43
3.2. Variable y Operacionalización 43
3.3. Población, muestra y muestreo 44
3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos 44
4.1. Ubicación 53
4.2. Geología 54
4.2.1. Geología Regional 54
4.2.2. Geología Local 54
4.3. Clima 55
4.3.1. Temperatura 55
4.3.2. Precipitación 56
4.3.3. Humedad relativa 56
4.3.4. Velocidad del viento 57
4.4. Caracterización hidrológica 58
CAPITULO V. RESULTADOS 60
CAPITULO VI. DISCUSIONES 72
CAPITULO VII. CONCLUSIONES 75
CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES 76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77
ANEXOS 80

Índice de Tablas

Tabla 1. Matriz de consistencia. 6
Tabla 2. Las 10 R del consumo responsable 18
Tabla 3. Temáticas de sustentabilidad en el sector minero 26
Tabla 4. Indicadores sectoriales con enfoque en los aspectos ambientales. 27
Tabla 5. Operacionalización de la variable independiente 43
Tabla 6. Consumo unitario de agua, año 2020-2021. 48
Tabla 7. Vertimiento de efluentes, año 2020-2021. 50
Tabla 8. Generación de residuos minerales, año 2020-2021 50
Tabla 9. Generación de residuos no minerales no peligrosos, año 2020-2021. 51
Tabla 10. Agua industrial recirculada, año 2020-2021. 51
Tabla 11. Aprovechamiento de residuos sólidos minerales del año 2020-2021. 51
Tabla 12. Aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos del año 2020-2021. 52
Tabla 13. Coordenadas de ubicación de la Unidad Minera Andaychagua. 53
Tabla 14. Resultado del Alfa de Cronbach 60
Tabla 15. Resultados del nivel de confiabilidad. 60
Tabla 16. Prueba de normalidad. 60
Tabla 17. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua en la Unidad Minera Andaychagua respecto al consumo unitario de agua? 61
Tabla 18. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al vertimiento de efluentes? 62
Tabla 19. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos minerales? 64
Tabla 20. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos no minerales no peligrosos? 66
Tabla 21. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al agua industrial recirculada? 63
Tabla 22. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos minerales? 67
Tabla 23. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos? 68

Tabla 24. Correlación entre Indicadores de residuos sólidos y agua y desempeño ambiental. 70
Tabla 25. Correlación entre Indicadores de agua y el Desempeño ambiental..... 70
Tabla 26. Correlación entre indicadores de residuos sólidos y desempeño ambiental. 71

Índice de Figuras

Figura 1 Modelo de economía circular 18
Figura 2 Indicadores Ambientales en una minería sostenible..... 35
Figura 3 Indicadores Ambientales en una minería sostenible..... 36
Figura 4 Contenedor de botellas plásticas 41
Figura 5 Reaprovechamiento de residuos sólidos 2021 41
Figura 6 Unidad de Acumulación Andaychagua..... 54
Figura 7 Temperatura promedio mensual 2011-2021 U.A. Andaychagua 55
Figura 8 Precipitación promedio mensual 2011-2021 U.A. Andaychagua 56
Figura 9 Humedad promedio mensual 2011-2021 U.A. Andaychagua 57
Figura 10 Velocidad del viento promedio mensual 2011-2021 U.A. Andaychagua..... 58
Figura 11 Resultados de TSS del Agua de Mina que ingresa a la PTAM 59
Figura 12 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al consumo unitario de agua? 62
Figura 13 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al vertimiento de efluentes? 63
Figura 14 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos minerales? 65
Figura 15 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos no minerales no peligrosos? 66
Figura 16 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al agua industrial recirculada?..... 64
Figura 17 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos minerales? 67
Figura 18 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos? 69

RESUMEN

Los Indicadores ambientales de residuos sólidos y agua, en la Unidad Minera Andaychagua, vienen desarrollándose bajo el contexto de desarrollo sostenible por ser amigables con el ambiente, lo que permite reducir costos operativos en la producción de minerales. Un correcto manejo de indicadores permite gestionar de manera racional el recurso hídrico, aumentando la recirculación y disminuyendo el consumo; asimismo, permite mejorar las prácticas de reducción, reutilización y reciclaje de residuos sólidos.

El objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre el desempeño ambiental y los indicadores de residuos sólidos y agua de la Unidad Minera Andaychagua entre los años 2020 - 2021. Para esto, se acudió a la base de datos de indicadores ambientales de residuos sólidos y agua, a fin de obtener información para ser procesado en una evaluación estadística y determinar la correlación entre las dos variables. Para este análisis, se trabajó con estos indicadores ambientales: consumo unitario de agua (m^3/t), vertimiento de efluentes (m^3/t), agua industrial recirculada (m^3/t), generación de residuos minerales unitarios (t/t), generación de residuos no minerales no peligrosos (t/t), aprovechamiento de residuos minerales (t/t) y aprovechamiento de residuos no minerales no peligrosos (t/t).

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo básico y de nivel correlacional no experimental. Para la recolección de datos se usó una ficha diseñada exclusivamente para esta investigación en un nivel de escala desde “no sostenible” hasta “sostenible”.

Los resultados obtenidos mostraron que existe relación significativa entre el desempeño ambiental y los indicadores de residuos sólidos y agua en la actividad minera de la Unidad Minera Andaychagua. Concluyendo de esta manera que se encontró un valor correspondiente a una correlación positiva considerable, quedando demostrado la existencia de correlación entre el desempeño y los indicadores ambientales de residuos sólidos y agua en el periodo 2020 -2021.

Palabras claves: Desempeño ambiental, indicadores ambientales, agua, residuos sólidos

SUMMARY

The environmental indicators of solid waste and water, in the Andaychagua Mining Unit, have been developed under the context of sustainable development because they are environmentally friendly, which allows reducing operating costs in the production of minerals. Correct management of indicators allows rational management of water resources, increasing recirculation and reducing consumption; Likewise, it allows improving practices for the reduction, reuse and recycling of solid waste.

The objective of this research was to determine the relationship between the environmental performance and the solid waste and water indicators of the Andaychagua Mining Unit between the years 2020 - 2021. For this, the database of environmental indicators of solid waste and water was used. water, in order to obtain information to be processed in a statistical evaluation and determine the correlation between the two variables. For this analysis, we worked with these environmental indicators: unit water consumption (m3/t), effluent discharge (m3/t), recirculated industrial water (m3/t), generation of unit mineral waste (t/t), generation of non-hazardous non-mineral waste (t/t), use of mineral waste (t/t) and use of non-hazardous non-mineral waste (t/t).

The research has a quantitative approach, basic type and non-experimental correlational level. For data collection, a form designed exclusively for this research was used on a scale level from “unsustainable” to “sustainable”.

The results obtained showed that there is a significant relationship between environmental performance and solid waste and water indicators in the mining activity of the Andaychagua Mining Unit. Concluding in this way that a value corresponding to a considerable positive correlation was found, demonstrating the existence of a correlation between performance and the environmental indicators of solid waste and water in the period 2020 -2021.

Keywords: Environmental performance, environmental indicators, water, solid waste

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

Actualmente, la problemática ambiental implica la producción de grandes cantidades de residuos sólidos, ya que no hay actividad antropogénica que no los genere. Según su clasificación, el impacto de cada residuo no solo es relacionado al nivel de peligrosidad, sino también a los volúmenes generados. Es decir, podrían ser residuos no peligrosos según la perspectiva ambiental; en tal forma, la cantidad generada de residuos, terminan produciendo impactos significativos como la pérdida de cobertura del suelo (Asto & Artica, 2018).

En el Perú, los grandes proyectos de la gran y mediana minería son generadores de toneladas de residuos sólidos, provenientes de las distintas etapas (exploración, construcción, explotación, beneficio, transporte de minera, comercialización y cierre de mina) y precisamente estas industrias incrementaron la producción de minerales en los últimos años, así como la exploración de nuevos proyectos.

Para Unesco (2019) el uso de del agua viene aumentando a un rango de 1% a nivel mundial, impulsado por un crecimiento poblacional exponencial, desarrollo socioeconómico de varios países y el aumento del consumismo. La demanda actual de agua de las distintas industrias representaría un incremento exponencial por encima del nivel actual de consumo; esto tendría como consecuencia que los niveles de escasez de agua sigan aumentando en la población a medida que crezca la demanda de agua por parte de las industrias y se intensifiquen los efectos del cambio climático.

La Unidad Minera Andaychagua de la empresa Volcan Compañía Minera S.A.A., no es ajena a la problemática en una gestión deficiente en residuos sólidos y recursos hídricos.

Anualmente se originan grandes porcentajes de residuos sólidos industriales peligrosos y no peligrosos en la Unidad Minera Andaychagua.

Para el año 2020, entre los meses de enero a diciembre, se generaron 216.47 t de residuos orgánicos, 201.70 t de residuos metálicos (chatarra pesada y liviana), 163.62 t de residuos peligrosos industriales, 214.49 t de residuos no aprovechables, 0.19 t de papel y cartón, y 31.57 t de residuos plásticos.

Según su clasificación, los residuos peligrosos (contaminados con hidrocarburos, biocontaminados, filtros, EPP, cajas de cartón de explosivos, etc.) son almacenados temporalmente en la unidad para luego ser trasladados a Lima por una empresa operadora (en adelante EO-RS) para su disposición final en los rellenos. Los residuos como los metálicos (chatarra pesada y liviana), cobre, aceite residual, cilindros de plástico, entre otros, son valorizados y vendidos a una EO-RS para su reaprovechamiento (Volcan Compañía Minera, 2022).

Toldorrumi (componente minero de la unidad en mención) es un relleno sanitario que cumple con todas las autorizaciones correspondientes para la disposición de enormes toneladas de residuos orgánicos y no aprovechables generados en las unidades de Andaychagua, San Cristóbal y Carahuacra. La problemática actual en la gestión de restos sólidos en esta mina radica en la necesidad de implementar un plan eficiente de reducción, recuperación, reaprovechamiento y reúso para residuos sólidos como los orgánicos, plásticos, papel, cartón y/o caucho (Volcan Compañía Minera, 2022).

En el periodo 2019-2020, se generaron 471 t de residuos orgánicos que no fueron reaprovechados para algún tipo de proyecto, por ejemplo, para la generación de compost que pueden ser utilizados en la revegetación de áreas dentro de la unidad; en este mismo periodo se generaron 5 t de residuos plásticos que no fueron reaprovechados y reciclados en un 100%. En lo que respecta al manejo del agua, la unidad Andaychagua operan dos plantas para tratar agua industrial en superficie con capacidad de tratar 190 l/s de agua que

se bombea desde el interior de la mina; dentro de las operaciones se recircula solo el 60% del agua industrial tratada para actividades como perforación, preparación de shotcrete, entre otros. Asimismo, el percápita (Volcan Compañía Minera, 2021)

La problemática en la gestión del agua en esta unidad radica en el uso inadecuado e irracional de este recurso en diferentes áreas mineras y empresas especializadas evidenciando el desperdicio del recurso hídrico.

A partir de estas deficiencias, surge la necesidad de ejecutar mejoras en los indicadores ambientales con enfoque en un desempeño ambiental sostenible a largo plazo en la Unidad Andaychagua, mejorando la gestión de los residuos sólidos y del agua. Estos indicadores como parte organizativa empresarial proporcionan información que permitirá contrastar el antes y después del desempeño ambiental con la finalidad de generar objetivos, planes o metas.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿En qué medida los indicadores de agua y residuos sólidos contribuyen al desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿De qué manera se relacionan los indicadores de agua y el desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua?

2. ¿De qué manera se relacionan los indicadores de residuos sólidos y el desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua?

1.3. Justificación de la Investigación

Esta investigación tiene como finalidad relacionar los indicadores ambientales de residuos sólidos y agua con el desempeño ambiental en las operaciones de la Unidad Minera Andaychagua.

La importancia radica en que este análisis de correlación de indicadores ambientales con el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua, puede permitir en cuanto a la gestión de residuos, manejar la información de generación, transporte, disposición y valorización de residuos con mayor confiabilidad y validez.

Respecto al manejo del agua, este análisis puede mejorar la eficiencia del tratamiento de agua de mina y su posterior recirculación para los procesos operativos. Nuestra área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Huay Huay, provincia de Yauli, región Junín.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la relación entre los indicadores de agua y residuos sólidos con el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la relación entre los indicadores de agua y el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua.

2. Determinar la relación entre los indicadores de residuos sólidos y el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Los indicadores de agua y residuos sólidos se relacionan con el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua.

1.5.2. Hipótesis Específicas

1. Existe relación entre los indicadores de agua y el desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua.

2. Los indicadores de residuos sólidos contribuyen al desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua.

1.6. Variables

- **Variable independiente:** Indicadores de agua y residuos sólidos

- **Variable dependiente:** Desempeño ambiental

1.7. Matriz de consistencia

Se usó la matriz de consistencia como instrumento fundamental para valorar el vínculo lógico entre las problemáticas y los objetivos planteados para el presente trabajo.

Tabla 1.

Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Justificación	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Métodos
General ¿En qué medida los agua y residuos sólidos contribuyen al desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua?	**General** Analizar la relación entre los indicadores de agua y residuos sólidos con el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua.	**Teórica** El objetivo final del modelo de economía circular en una empresa es la de lograr un sistema económico en el que la industria tenga un mayor lugar relacionado a la sostenibilidad y la reducción de la huella medioambiental con un control del consumo de los recursos naturales. (Marcet, Marcet, y Vergés, 2018)	**General** Los indicadores de agua y residuos sólidos se relacionan con el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua.	**Independiente** Indicadores agua y residuos sólidos	**Indicadores de agua** • Consumo unitario de agua (m^3/t) • Vertimiento de efluentes (m^3/t) • Agua industrial recirculada (m^3/t) **Indicadores de residuos sólidos** • Generación de residuos minerales unitarios (t/t). • Generación de residuos no minerales no peligrosos (t/t). • Aprovechamient	**Perspectiva Metodológica** La investigación tiene un enfoque cuantitativo Tipo de investigación Básico La investigación es de nivel correlacional Diseño de
Específicos ¿De qué manera se	**Específicos**		**Específicos** Existe relación entre los	**Dependiente** Desempeño		

Problema	Objetivos	Justificación	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Métodos
relacionan los indicadores de agua y el desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua? ¿De qué manera se relacionan los indicadores de residuos sólidos y el desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua?	Evaluar la relación entre los indicadores de agua y el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua. Determinar la relación entre los indicadores de residuos sólidos y el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua. .		indicadores de agua y el desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua. Los indicadores de residuos sólidos contribuyen al desempeño ambiental en la Unidad Minera Andaychagua.	ambiental	o de residuos minerales (t/t). • Aprovechamiento de residuos no minerales no peligrosos (t/t)	investigación La investigación es de tipo no experimental

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Díaz (2019) en su artículo “Indicadores ambientales en una minería sostenible” señala que la problemática actual de la deficiencia en los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), es resultado de la ausencia de indicadores ambientales que midan el desempeño. Los indicadores ambientales se proponen para optimizar el porcentaje de desempeño de la normativa ambiental vigente y con los compromisos ambientales. El propósito del trabajo de investigación fue implementar los Indicadores de desempeño ambiental (en adelante, IDA) en la gestión ambiental de la unidad minera Atacocha. En dicho trabajo identificó diversos tipos de IDA: 13 indicadores de rendimiento (5 de resultado y 8 de sostenibilidad). Para esta investigación, el autor desarrolló Indicadores de Gestión Ambiental: residuos sólidos no reaprovechables, avisos de infracción, emisiones atmosféricas, consumo del recurso hídrico, residuos sólidos reaprovechables, ocurrencias ambientales y tratamiento de efluentes líquidos. Como parte del procedimiento, se consideró tres fases: recopilación de la información necesaria, selección de los IDA para el Sistema de Gestión Ambiental conforme a la base de datos y el estudio de los resultados obtenidos. En base a los resultados obtenidos del análisis de los indicadores seleccionados, se concluye que es necesario que la industria minera opte por el ideal de desarrollo sostenible de indicadores ambientales que permitan medir el progreso de una empresa hacia la sostenibilidad. Además, concluye que la utilización de estos indicadores mejora la gestión y calidad ambiental en empresas mineras.

Rivera (2021) en su tesis de investigación titulado “Relación entre el nivel de implementación de un sistema de gestión de riesgos ambientales y los indicadores de desempeño ambiental de la unidad minera Animón 2019” tiene como objetivo analizar la relación entre la implementación de un sistema de gestión basado en riesgos críticos con los indicadores de desempeño ambiental de esta unidad minera. La metodología empleada es de naturaleza aplicada y se centra en una investigación de correlación. Los datos se

recopilaron mediante entrevistas y observaciones para evaluar el grado de implementación del sistema y los indicadores alcanzados trimestralmente. Para analizar esta relación, se utilizó la correlación de Spearman, una prueba estadística no paramétrica que permite evaluar la dirección y la magnitud de la asociación entre variables cuantitativas, sin requerir que la asociación sea necesariamente lineal. El coeficiente de correlación de rangos de Spearman oscila entre -1.0 y +1.0. Valores cercanos a +1.0 indican una fuerte asociación positiva., mientras que valores cercanos a -1.0 señalan una fuerte asociación negativa. Los resultados de la prueba estadística muestran una correlación negativa. Los resultados de la prueba estadística muestran una correlación negativa débil entre la implementación del Sistema de Gestión de Riesgos Ambientales y el consumo unitario de agua. Además, se encontró una correlación negativa fuerte en el vertimiento unitario de efluentes, así como una correlación significativa y negativa en la gestión de residuos. En el caso de la generación de residuos peligrosos, la correlación no es directa, pero se considera significativa a nivel bilateral. También se observa una correlación significativa y negativa en el consumo unitario de energía. Asimismo, el propósito fundamental de esta investigación es la de proporcionar información que pueda respaldar la toma de decisiones y la implementación de acciones destinadas a mejorar el desempeño ambiental.

Asto y Artica (2018) en su tesis “Indicadores de desempeño ambiental en la pequeña minería Concesión Minera Albertino - Compañía Nacional de Mármoles S.A.” proponen esquemas de indicadores relacionados con objetivos y límites ambientales del Procedimiento de Gestión Ambiental vinculado al ciclo de Deming PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) y la ISO 14031: “Evaluación del desempeño ambiental”. Como resultado se obtuvo una serie de guías ambientales, los que podrán medir los procesos productivos con los aspectos ambientales de la Concesión Minera Albertino - Compañía Nacional de Mármoles S.A.

Montero (2019) en su artículo “The Indicators of Sustainability and the Approaches to Measure Sustainable Development”, menciona que actualmente no se cuenta con los instrumentos necesarios para medir el impacto de las

actividades antropogénicas sobre el medio ambiente, por ejemplo, si bien se cuantifica la cantidad de recursos extraídos de la naturaleza no se puede cuantificar la magnitud del impacto.

Actualmente se definen indicadores para medir la sostenibilidad sin definir previamente el ámbito que se quiere cuantificar. Primero, es obligatorio definir si se busca medir la tasa de uso de un recurso, la cantidad de materias primas necesarias para obtener productos o brindar servicios, las ganancias en función de los precios impuestos en el mercado o los impactos en el medio ambiente.

Entonces, si la sustentabilidad es vista como una interacción entre elementos ecológicos, ambientales, sociales y políticos, se tendrían que generar indicadores para determinar los impactos de actividades antropogénicas sobre cada uno de estos elementos. En este trabajo se evaluó, cómo la actividad en cuestión contribuye a la formación de soluciones a los procesos productivos actuales, una forma incuestionable de lograr la sostenibilidad en términos de la visión clásica de este modelo económico. Se formaron indicadores destinados a medir la productividad de la economía; tales como, el Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas; el cual analiza la competencia a nivel internacional del Foro Económico Mundial.

Asimismo, se viene analizando la creación de indicadores sociales donde destaca el IDH del PNUD. En cuanto a los indicadores ambientales, se destaca los trabajos de la Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica (OCDE), de los gobiernos de Canadá y Holanda.

Por otro lado, D'Onofrio *et al*. (2015), en su tesis elaboran un Plan Estratégico de la Extracción de Cobre con enfoque de Economía Circular en el Perú resultado del análisis de los factores internos y externos en el sector minero extractivo del cobre, lo que permitió identificar las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la industria. Para poder alcanzar la visión trazada, se elaboraron matrices para establecer estrategias para cumplir con los objetivos a largo y corto plazo. Los mecanismos establecidos en este

trabajo se centraron en la ejecución de procesos de biolixiviación, inversión en proyectos de fitorremediación, inversión en la creación de centros y la incursión de bacterias lixiviantes, fomentar el desarrollo de la industria del cobre, inversión en proyectos de educación y mejoras para las comunidades; con una visión clara de que al año 2025 la industria extractiva del cobre sea reconocido por su máxima producción y disminución de costos, producto de la implementación de la economía circular en sus operaciones, beneficiando a las partes interesadas y contribuyendo al bienestar social y ambiental.

Adicionalmente, Golev *et al.* (2016) en su artículo *"The contribution of mining to the emerging circular economy"*, señalan que el sector minero está representado por actividades que siguen un modelo lineal en lugar de un modelo circular; sin embargo, al ser una de las industrias con los más altos índices de generación de residuos en el mundo, el sector puede adoptar una lógica similar a la de la economía circular para mejorar su desempeño en sostenibilidad ambiental. La generación de residuos representa un problema para el medio ambiente a largo plazo durante todo el proceso productivo de los metales.

Ahora bien, todo ello demuestra que se requiere de una mayor innovación para acelerar la transición de un modelo actual de economía en forma lineal a una circular (p. 3). El trabajo de investigación en el Instituto de la Universidad de Queesland desarrolló un marco que permite evaluar el desempeño de una mina con respecto al flujo circular de minerales, este marco tiene dos secciones:

1. La primera sección establece un conjunto de Indicadores de Flujo de Material (IMF, por sus siglas en inglés), como pérdidas minerales por nuevos residuos, pérdidas minerales por desperdicio, ineficiencia de extracción y circularidad, que son relevantes para operaciones en mina.

2. La segunda sección examina el ciclo de vida completo de la mina sobre una base más cualitativa.

Desarrollar los Indicadores de Flujo de Material es el primer paso para cuantificar el desempeño de un proyecto minero en función al desarrollo sustentable de sus recursos naturales. Es necesario identificar prácticas y estrategias que, a largo plazo, contribuyan que los proyectos sean más sostenibles económica y ambientalmente (p. 6)

En el artículo “Measuring the environmental sustainability of a circular economy”, de Haupt & Hellweg (2019), aseguran que actualmente los indicadores basados en masa, tales como las tasas de reciclaje de cada país, se utilizan para evaluar el ciclo de vida de cada producto; sin embargo, estos indicadores no son suficientes para poder medir el avance de cambio de una economía lineal a una circular. En este trabajo se propuso un indicador de impacto ambiental que mida el costo ambiental retenido en los procesos de reutilización, re fabricación, reparación o reciclaje. Este indicador extiende el enfoque desde la fase final del ciclo de vida útil a todo el proceso e incluye la sustitución de materia prima. También permite realizar una transición de una economía lineal a una circular desde el punto de vista ambiental, económico y social. Esto permite destacar la aplicación del indicador y también revelan que las creencias comunes sobre el desempeño ambiental de la economía circular son contraproducentes.

En ese sentido, la economía circular es, a menudo, percibido como ecológica y que conduce a mayor eficiencia de recursos en comparación con una economía lineal. Sin embargo, seguir los procesos de retención de valor no siempre da como resultado el mayor beneficio medioambiental, es decir, que el reciclaje en un circuito cerrado no siempre es más beneficioso que el reciclaje en un circuito abierto desde el punto de vista medioambiental. Por ejemplo, para el caso de la re-fabricación del bloque motor sí resulta beneficioso el circuito circular, pero se deben evaluar con cuidado ya que se pueden eliminar tecnologías de baja eficiencia; para el caso del vidrio, es más conveniente el reciclaje en un circuito abierto que en un circuito circular.

Por otro lado, Dong y Hauschild (2017), mencionan en su artículo *“Indicators for environmental sustainability”* que la toma de decisiones sobre

consumo y producción sostenible de un producto requiere información detallada y con base científica sobre sostenibilidad. Para alcanzar la sostenibilidad dentro de un proceso productivo se deben cumplir objetivos de sostenibilidad ambiental, los cuales se miden por nivel de cumplimiento mediante indicadores ambientales. En este estudio, se revisa algunas metodologías ampliamente utilizadas y sus indicadores correspondientes, incluidos los de Límites Planetarios (PB, por sus siglas en inglés), Análisis de Ciclo de Vida (LCA, por sus siglas en inglés) y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos indicadores luego se clasifican en diferentes categorías de impacto. Las diferencias y similitudes se analizan como antecedente para una discusión de aspectos importantes a considerar al elegir indicadores de sostenibilidad ambiental.

> Suazo (2017), menciona en su seminario “Economía Circular en Chile: Alcances, problemas y desafíos en la gestión de la ley REP” que el concepto de sostenibilidad puede entenderse como las condiciones, cualidades o aptitudes que permiten a un sistema desarrollarse de forma autónoma minimizando el consumo de recursos naturales y energía. La sostenibilidad no solo abarca el tema ambiental, también incluye los económico y lo social. También, menciona que tanto productores como consumidores, primero deben entender y ser conscientes sobre los efectos de su actividad y la demanda de recursos por parte de esta; segundo deben aplicar dentro de sus actividades, rutinas, hábitos y procesos que trabajen con estándares éticos de consumo y producción.

Para Hao *et al.* (2012), la génesis del concepto de economía circular se divide en tres etapas para el país desarrollado de Japón. La primera etapa que se inicia entre los años 1870 y 1880, enfocada en estrategias y planes para el uso racional de los recursos no renovables, como consecuencia de la transición de falta de “oro negro” en Asia. Los conocimientos aplicados son:

(a) Ajuste del consumo de energía,

(b) Disminuir la utilización del “oro negro”,

(c) Mejorar la industria,

(d) Limitar la alta utilización energética,

(e) Intensificar a las industrias de fabricación de autos, aviones e instrumentos de precisión electrónica, y
(f) Optimización en el uso de la energía dentro de las industrias.

La velocidad con la que avanzaba la tecnología del país asiático llevó al uso irracional de fuentes no renovables, por lo que la economía tenía que dar un paso al siguiente nivel. Posteriormente, en 1994 se contempló el uso y la optimización de fuentes renovables, como la eólica, solar y la hidráulica. (Hao *et al.* 2012).

Ellos, fue el pilar para la construcción de una "sociedad circular" integrada a la parte económica, de este modo la economía circular empieza a desarrollarse como un estilo o conducta social (Hao et al. 2012).

Barragan y Barragan (2017), tienen como objetivo, en su trabajo de titulación, determinar la importancia de la relación entre los procesos productivos y el desarrollo sostenible en función a los sistemas económicos actuales; generar modelos ecológicos es actualmente el foco de atención a nivel nacional e internacional. Mencionan que el modelo económico de economía circular es adoptado actualmente por muchos países y empresas; su aplicación se refleja en el crecimiento económico con sustentabilidad ambiental como una forma de generar desarrollo sostenible. En esta investigación, en base a la entrada y salida de sistemas de producción, se realizó un análisis minucioso del principio de economía circular y los sistemas de desarrollo. Este análisis permitió concluir que la calidad de vida de la población en general está relacionada con el nivel de la calidad ambiental, por tanto, es necesario que los procesos de las empresas sean sostenibles aplicando energías limpias y generando menores impactos ambientales.

El modelo económico circular es el nuevo paradigma para las empresas, implica una nueva forma de generar productos tomando en cuenta el diseño del mismo y la forma de que vuelva al proceso productivo como reaprovechamiento; además permite disminuir riesgos por los impactos de generación de residuos, el ecodiseño de los productos es necesario como

herramienta para la implementación de economía circular para una mayor eficiencia, eficacia, sostenibilidad y responsabilidad con la sociedad y el medio ambiente (Barragan y Barragan, 2017).

Balboa y Domínguez (2104), en su artículo titulado “Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3”, analizaron la situación actual de la relación entre el enfoque de economía circular y el ecodiseño, proponiendo el modelo ECO-3 como base. Este modelo, tuvo como propuesta una respuesta a la ausencia de capitales y a los modelos de producción con costes elevados. Asimismo, este modelo se presenta como un sistema de innovación tecnocientífica y como una nueva cultura a nivel empresarial; además sirve de conexión entre la economía con modelo circular, el concepto de ecodiseño, la urbanización y las necesidades actuales de la población.

Concluyen, que el nuevo modelo productivo ECO-3 es una posible alternativa frente a los limitados recursos y al aumento progresivo de los costes energéticos. Actualmente se invierte mucho tiempo y dinero para la extracción de materia prima limitada para transformarlos en productos que luego son desechados sin opción de regreso al proceso productivo.

Este modelo ecológico brinda soluciones como el reaprovechamiento de residuos sólidos y su reintroducción a la cadena productiva, esto ante la necesidad de materia prima y los impactos ambientales que genera su extracción; del mismo modo este modelo mejora la gestión ambiental de las empresas en cuanto a valor y competitividad lo que resulta en mejoras económicos.

Adicionalmente, el ecodiseño, sirvió como un medio necesario para la generación de productos y brindar servicios eficientes, ambientalmente sostenibles, socialmente responsables y a nivel de mercado diferenciados en competitividad (Balboa y Dominguez, 2104).

2.2. Economía circular

La economía circular es un modelo industrial que restaura o regenera por intención y por diseño. La caducidad es reemplazada por restauración o reaprovechamiento, el uso de energías renovables se convierte más rentable y viable para las empresas, eliminando los químicos tóxicos de los procesos industriales: se debe priorizar la reutilización de los recursos y su retorno al ciclo de la biósfera, eliminando residuos mediante diseños optimizados de materiales y generando modelos de negocios (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

El modelo de economía circular se basa en tres principios: diseño para minimizar o eliminar la generación residuos sólidos optimizando la producción de productos; diferenciar entre los componentes que son considerados consumibles de los duraderos (los componentes consumibles son ingredientes biológicos no tóxicos que pueden retornar de manera beneficiosa a la biósfera y los componentes duraderos no son apropiados para su retorno al medio ambiente como los metales o plásticos); el uso de energías renovables es primordial en un modelo de economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Para Marcet *et al.* (2018) el objetivo final del modelo de economía circular es instaurar un sistema en el que se incluya el concepto de sostenibilidad en la industrialización actual y la disminución de la huella ambiental. Aumentar el desempeño de consumo de recursos y disminuir la producción de residuos (p. 10)

El consumo mundial per cápita de materia prima se duplicó en los últimos cien años, y el consumo de energía primaria se triplicó. La sobreexplotación de recursos es evidente en la actualidad, lo que causa escasez de estos; la demanda de recursos seguirá creciendo de forma acelerada, los precios fluctuarán significativamente. Este panorama es insostenible para el actual estilo de vida de la población mundial, fundamentado en una sociedad consumo excesivo sobre los recursos, por el contrario, la

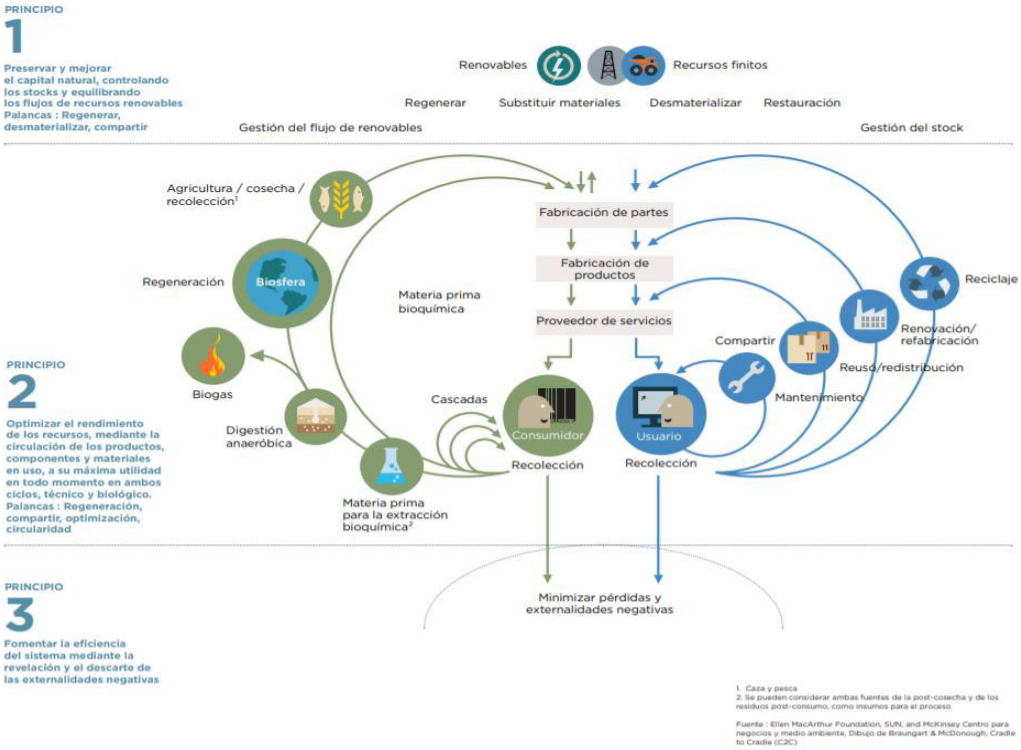
economía basada en un modelo circular supone materiales que se mantienen durante mayor tiempo posible en el ciclo de vida. (Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda, 2019).

El modelo de economía circular busca restablecer todo tipo de capital, ya sea económico, social y ambiental, avalando el flujo de bienes y servicios. Para que los territorios avancen hacia un modelo de economía circular, deben optar por siete elementos principales sobre los que pueden construir sus estrategias:

1. Enfatizar los recursos renovables.
2. Reconsiderar el modelo de la economía.
3. Proyectarse al futuro.
4. Favorecer para generar valor unitario de los componentes social, económico y ambiental.
5. Salvaguardar y reusar lo construido.
6. Usar los residuos como recursos.
7. Usar tecnología digital con los procesos de producción.

En base a estos siete elementos, una empresa puede planificar acciones basado en una economía de modelo circular permitiendo optimizar los recursos a lo largo de todo el tiempo de vida de un servicio o producto, desde las ideas de diseño, la fabricación, el consumo y los procesos de reciclaje y reutilización.

Figura 1 Modelo de economía circular



Fuente: Ellen Macarthur Foundation (2014)

Tabla 2 Las 10 R del consumo responsable

Reordenar	Fabricadores, repartidores, comercializadores y consumidores son culpables de los perjuicios generados al ambiente, lo que equivale a aplicar el principio de “el que contamina paga”. Esto también equivale a introducir costos ambientales en la producción de bienes y generación de servicios.
Reformular	Reformular los procesos de producción en la generación de bienes y servicios empleando conceptos como: reciclaje, biodegradación, entre otros.
Reducir	Reducir el consumo de materias primas que no son renovables en el corto plazo, por el contrario, recurrir a fuentes renovables con el propósito de minimizar la generación de restos sólidos durante la producción de bienes y servicios.
Reutilizar	Reutilizar envases, empaques y/o embalajes es una forma de protección al medio ambiente impidiendo el uso de materias

	primas vírgenes en los procesos productivos.
Refabricar	Fabricar nuevas estructuras que mejoren los procesos, es una forma de generar menos impacto a componentes ambientales.
Reciclar	Reciclar materiales o residuos sólidos derivados de los procesos de producción de bienes y servicios, representa una ayuda importante a disminución de la generación de residuos sólidos. Reciclar depende, principalmente de tres factores: el valor del residuos o material, los costos de reciclaje y la aplicación en la obtención de otra materia prima.
Revalorizar	Revalorizar energéticamente los procesos, bienes, servicios y los residuos generados.
Rediseñar	Modernizar los equipos y procesos para la fabricación de productos es una forma de mejorar la eficiencia ambiental de los sistemas.
Recompensar	Organizaciones como Golden Carrots, Energy Star y Green Lights, adquieren distintas formas de incentivos: económicos y de reconocimiento, galardonar las creaciones relacionado a buenas prácticas ambientales. Un ejemplo, la exención de impuestos para la adopción de tecnologías limpias o el financiamiento de proyectos que ayuden a reducir los impactos ambientales producto de actividades industriales.
Renovar	Buscar una mentalidad circular buscando ciclos cerrados en la producción de bienes y servicios y en la vida personal de cada uno.

Fuente: Pardavé Livia, W. (2015)

2.3. Eco-diseño

La Agencia Europea de Medio Ambiente (2016), menciona que el ecodiseño es una metodología orientada y dirigida a mejorar la variable y

aspectos ambientales de bienes en todas las etapas de producción; en el caso de del sector minero, desde los procesos de exploración, explotación, beneficio, labor general, transporte, comercialización y cierre, se debe aplicar este concepto no solo en lo que respecta a los minerales sino también a los materiales que son utilizados en todas las etapas.

Por lo tanto, este modelo permite producir minimizando el uso de recursos naturales y la generación de residuos sólidos, además de incentivar el reaprovechamiento de estos.

2.4. Sostenibilidad Ambiental

Cada vez queda menos tiempo para parar los procesos de insostenibilidad y desintegración social por el que pasan las naciones de todo el mundo. Puesto que las advertencias científicas, las empresas no son capaces de transformar sus procesos. En la actualidad, se evidencia la separación de los humanos con el medio ambiente y consideramos que la abundancia de recursos puede ser extraídos para beneficio de la humanidad. La primera vez que el concepto de desarrollo sostenible es aceptado es por medio del Informe Bruntland presentado en el año 1987 (Bermejo, 2014).

El Informe *Towards a green economy* del PNUMA sostiene que la economía verde mejora el confort social y la escasez ecológica. Además, se constituye como una herramienta importante de la política económica para lograr la sostenibilidad (Bermejo, 2014).

El acceso limitado de la población a la distribución del recurso hídrico trae como resultado problemáticas en la salud, como el cólera, dermatitis y más. Además, genera que la pobreza se agudice, reflejado en los obstáculos en cuanto a educación (Benavides, 2012).

Para Benavides (2012), la gestión del agua en minería no puede ser improvisada debido a la constante variación de la cantidad de agua que recorre las cuencas hidrográficas, lo que puede impactar en la economía, con la

agricultura o la minería. Es por ello por lo que Compañía de Minas Buenaventura, como parte de su política de responsabilidad ambiental y social, implementó acciones para el uso responsable y racional del recurso hídrico.

El reservorio de agua denominado San José, diseñado y fabricado por Minera Yanacocha S.R.L., cuya capacidad de almacenamiento es de más de seis millones de metros cúbicos de agua tratada; los reservorios de río Rejo y río Grande, construidos por la misma minera, también cuentan con la capacidad de almacenar cada uno más de medio millón de metros cúbicos de agua tratada. Es así como estos grandes proyectos contribuyen al desarrollo de las comunidades abasteciendo de agua en épocas de sequía (Benavides, 2012).

2.5. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

ODS 6. Agua limpia y saneamiento: garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos

El acceso a agua limpia y sin contaminantes es una parte fundamental del mundo en el que deseamos residir. Existe una cantidad suficiente de agua dulce en el planeta para hacer realidad este ideal. La falta de recursos hídricos, la calidad deficiente del agua y la insuficiente infraestructura de saneamiento tienen efectos negativos en la seguridad alimentaria, las oportunidades de medios de subsistencia y el acceso a la educación para las familias empobrecidas en todo el mundo. La sequía afecta en particular a naciones extremadamente empobrecidas, exacerbando el hambre y malnutrición. Para el año 2050, es probable que al menos una de cada cuatro personas resida en un país afectado por la escasez crónica y recurrente de agua dulce. (Naciones Unidas, 2018)

Metas del ODS 6	Indicadores
6.3. Para el período que abarca desde el presente hasta 2030, se busca elevar la calidad del agua mediante la	6.3.1 Porcentaje de aguas residuales tratadas de manera apropiada.

reducción de la contaminación, la eliminación de los vertidos y la minimización de la emisión de sustancias químicas y materiales peligrosos. También se pretende reducir a la mitad la proporción de aguas residuales no tratadas, al mismo tiempo que se busca un significativo incremento en la práctica del reciclaje y la reutilización de manera segura a nivel global.	6.3.2 Porcentaje de cuerpos de agua que mantienen una calidad ambiental satisfactoria.
6.4. Para el año 2030, se pretende significativamente incrementar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos en todos los sectores, garantizando al mismo tiempo la sostenibilidad de la extracción y suministro de agua dulce, con el objetivo de afrontar la escasez de agua y reducir de manera considerable la cantidad de personas que padecen de escasez hídrica.	6.4.1. Modificación en la utilización más efectiva de los recursos hídricos a medida que transcurre el tiempo. 6.4.2. El nivel de estrés hídrico se refiere a la extracción de agua dulce en relación con la cantidad de recursos de agua dulce disponibles.

Naciones Unidas, 2018.

ODS 12. Producción y consumo responsable: garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

El concepto de consumo y producción sostenibles se basa en la promoción de la utilización eficiente de recursos y energía, la construcción de infraestructuras amigables con el medio ambiente, la facilitación del acceso a servicios esenciales, la creación de empleos ecológicos y dignos, y la mejora de la calidad de vida para todas las personas. Su aplicación contribuye a alcanzar los objetivos generales de desarrollo, reducir los futuros costos económicos, ambientales y sociales, aumentar la competitividad económica y

disminuir la pobreza. El propósito del consumo y producción sostenibles es lograr más y mejores resultados con menos recursos, aumentando el bienestar neto de las actividades económicas al reducir la explotación de recursos, la degradación y la contaminación a lo largo de todo el ciclo de vida, al mismo tiempo que mejora la calidad de vida. Diversos actores, como empresas, consumidores, formuladores de políticas, investigadores, científicos, minoristas, medios de comunicación y organizaciones de desarrollo, participan en este proceso. También es crucial adoptar un enfoque integral y fomentar la colaboración en toda la cadena de suministro, desde el productor hasta el consumidor final. Este enfoque implica educar y concienciar a los consumidores sobre prácticas de consumo y estilos de vida sostenibles, proporcionar información adecuada a través de normas y etiquetas, y promover la contratación pública sostenible, entre otras estrategias. (Naciones Unidas, 2018)

Metas del ODS 12	Indicadores
12.2 Para el período que abarca hasta 2030, el objetivo es alcanzar una gestión sostenible y una utilización eficiente de los recursos naturales.	12.2.1 La "huella material en términos absolutos" se refiere a la cantidad total de recursos naturales que se utilizan o consumen en una región o país en un período de tiempo específico. 12.2.2 El "consumo material interno en términos absolutos" se refiere a la cantidad total de materiales y recursos naturales que son consumidos dentro de una región o país en un período de tiempo específico. Esta medida evalúa la cantidad total de recursos utilizados en la economía de una nación.
12.4. Hasta el año 2030, se busca implementar una gestión ambientalmente sostenible de los productos químicos y los residuos a lo largo de su ciclo de vida, de acuerdo con los acuerdos	12.4.1 El número de partes en los acuerdos ambientales multilaterales internacionales sobre desechos peligrosos y otros productos químicos que cumplen sus compromisos y

internacionales establecidos. Esto implica una reducción sustancial en la liberación de estos productos a la atmósfera, el agua y el suelo, con el propósito de minimizar los impactos negativos que puedan tener en la salud humana y el entorno natural.	obligaciones de transmitir información, tal como se requiere en cada uno de estos acuerdos, varía según el acuerdo específico. Existen varios acuerdos y protocolos internacionales relacionados con productos químicos y desechos peligrosos, y el número de partes que cumplen con sus obligaciones puede diferir de un acuerdo a otro. 12.4.2 La "proporción de desechos peligrosos tratados, desglosados por tipo de tratamiento" se refiere a la cantidad de desechos peligrosos que son sometidos a diferentes métodos de tratamiento, como incineración, reciclaje, disposición en vertederos especiales, etc., y se informa desglosada por el tipo de tratamiento utilizado.
12.5 Hasta el año 2030, el objetivo es reducir de manera significativa la producción de desechos a través de la implementación de acciones de prevención, reducción, reciclaje y reutilización. Esto implica tomar medidas para evitar la generación innecesaria de residuos, reducir la cantidad de desechos producidos, promover la reutilización de productos y materiales, y fomentar el reciclaje como parte de un enfoque más sostenible en la gestión de los residuos. El propósito principal es reducir la cantidad de residuos que se generan y, en última instancia, disminuir la presión sobre el medio ambiente y los recursos naturales.	12.5.1 La "tasa nacional de reciclado" se refiere a la cantidad de material reciclado, generalmente expresada en toneladas, en relación con la cantidad total de residuos generados a nivel nacional en un período de tiempo específico. Esta métrica mide la eficiencia de un país en la recuperación y reciclaje de materiales en comparación con la cantidad total de residuos sólidos generados.

Naciones Unidas, 2018.

2.6. Indicadores ambientales

De acuerdo con la ISO 14031:1999 conceptualiza los indicadores de gestión ambiental en dos categorías: Indicadores de Desempeño Ambiental (IDAs) e Indicadores de condición ambiental (ICAs). Asimismo, los IDAs se clasifican en indicadores de desempeño de gestión e indicadores de desempeño operacional (ISO,1999).

Polanco (2006) en su artículo “Indicadores ambientales y modelos internacionales para la toma de decisiones” analiza los lineamientos internacionales diseñados por OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) y las Naciones Unidas, en lo que respecta a uso de indicadores ambientales: tipos, formas de seleccionar y estructuras de información en el manejo ambiental y la toma de decisiones de las organizaciones. En este trabajo de investigación, se realiza un análisis de las ventajas y desventajas de cada modelo y las características de cada indicador propuesto.

Vallejo y Guardado (2000) en su artículo” Propuesta de Indicadores Ambientales Sectoriales para el Territorio de MOA” proponen indicadores ambientales por sector, los cuales se clasifican en: indicadores de tendencia, de impacto y de economía, para el sector geo-minero, el cual es considerado por los autores como mejora de la población en el territorio de MOA. Estos indicadores ambientales permiten que se desarrolle un trabajo multidisciplinario, ser más estrictos en la gestión del medio ambiente y mejorar el ordenamiento minero-ambiental, y con esto poder tomar decisiones oportunas. En la Organización del Desarrollo Minero Metalúrgico Sustentable (ODMMS), los autores propusieron cuatro temáticas:

Tabla 3. Temáticas de sustentabilidad en el sector minero.

Temática	Propuesta
1. Establecimiento de políticas de planeación y ordenamiento.	• Indagación de la política minera • Indagación de la seguridad y estabilidad • Gestión del medio ambiente y uso razonable del suelo • Gestión del medio ambiente y desarrollo sustentable de las actividades primarias y secundarias
2. Mejora, perfección y rectificación en la gestión de los recursos naturales (RR.NN.)	• Recuperación, rehabilitación, revegetación y conservación del terreno. • Uso racional, eficiente y eficaz del recurso hídrico. • Uso eficiente y eficaz de los recursos minerales • Uso eficiente y eficaz de la tecnología en los procesos minero-metalúrgicos
3. Capacitación de la mano de obra (recursos humanos e institucionales)	• Entrenamiento, capacitación y educación. • Participación en las ofertas laborales de las industrias mineras.
4. Apertura segura de las actividades mineras.	• Gestión explorativo, explotación, procesamiento de minerales. • Aplicación de nuevas tecnologías en la gestión minera. • Eficiencia de la producción minero-metalúrgico

Fuente: Elaboración propia en base a Vallejo & Guardado (2000).

La propuesta de indicadores ambientales en el estado Cubano, ha sido limitado por los pocos datos ambientales con los que se cuenta, a pesar de la labor ambientalista que se realiza en ese país. Para una ciudad minero-metalúrgico como Moa, lo más adecuado es proponer un sistema de indicadores de integración sectorial con la finalidad de integrar los aspectos sectoriales a las políticas ambientales. Estos indicadores están enfocados en la toma de decisiones más específicos; para la actividad minero-metalúrgico se

debe realizar primero un diagnóstico del problema ambiental, estado actual del medio y la respuesta desarrollada por este sector. El marco analítico para la propuesta de indicadores sectoriales se sigue un marco analítico: 1) tendencias sectoriales ambientales relevantes; 2) Impactos ambientales, nos indican el estado actual del medio; 3) indicadores económicos (Vallejo y Guardado, 2000).

Tabla 4. Indicadores sectoriales con enfoque en los aspectos ambientales.

Indicadores de tendencia	Indicadores de impacto	Indicadores económicos
Son aquellos que, sin identificar directamente los aspectos ambientales, permiten derivar tendencias sectoriales positivas o negativas para el medio.	La relación directa que tiene la actividad minera con el entorno aumenta el desarrollo para la sociedad, pero a la vez disminuye por los impactos al medio ambiente	El aspecto ambiental se interrelaciona con la variable ambiental. La producción, los presupuestos, etc. pueden ser analizados como valoración en la eficiencia orientadas en el medio ambiente.
1. Eficiencia. Este indicador en el sector minero permite conocer el aprovechamiento racional del recurso. Asociados a la eficiencia son: • Pérdida de mineral. • Dilución. 2. Condiciones del recurso mineral. La ley de los yacimientos mineralógicos nos indica si el mineral es apto o no para el proceso metalúrgico: • Relación de mineral extraído, entregado y	1. Contaminación atmosférica. Emisión de gases nocivos y polvo por los procesos minero-metalúrgicos (SO_2, SO_3, polvo) 2. Afectación a la fauna. Como consecuencia de la pérdida de hábitat de la fauna (baja tasa de reproducción y migración). • # de especies vulnerables y en peligro de extinción. • Especies introducidas.	1. Producción • t/año 2. Mercado internacional • Precio de plomo USD/t • Precio de cobre USD/t 3. Gastos del proceso minero-metalúrgico • Gastos en mina, planta concentradora, transporte de

Indicadores de tendencia	Indicadores de impacto	Indicadores económicos
procesado. • Relación del mineral entregado y el obtenido del proceso metalúrgico. 3. Tecnologías. Este indicador permite conocer los cambios en la producción de mineral, así como el aumento o disminución del impacto ambiental: • # de modificaciones en la tecnología/ año. 4. Material extraído (Desmonte y mineral). Es importante conocer la cantidad de mineral y desmonte que se extrae de los yacimientos mineros para medición de los impactos ambientales (contaminación atmosférica, ruido, etc). • Material extraído • Toneladas de mineral/año • Toneladas de desmonte/año	3. Producción de residuos líquidos • t WL/ t Ni (WL: litro ácido) 4. Producción de residuos sólidos • t colas/ t Ni 5. Afectación a las aguas superficiales • Longitud de la contaminación en el flujo del cuerpo hídrico. • pH • Temperatura • Composición. 6. Afectación de las aguas subterráneas y napa freática. • # de acuíferos impactados por sulfatos, cloruros, metales pesados, otros contaminantes. • pH 7. Impacto a la población • # personas enfermas por contaminantes/año	mineral, insumos, energía eléctrica, seguridad patrimonial, seguridad. 4. Gastos en investigación y desarrollo • Gastos en tecnologías favorables para el medio ambiente • Gastos en restauración de suelos impactados por la minería.

Fuente. Vallejo & Guardado (2000).

Carpio *et al.* (2008) mencionan que el Sistema de Índices e Indicadores de Gestión y Calidad Ambiental para los proyectos mineros de carbón en Colombia sirven como herramientas para realizar evaluaciones en la gestión ambiental de este tipo de proyectos, permitiendo luego del análisis de resultados, una toma de decisiones coherente, planificación ambiental en el ámbito local y propuesta de acciones correctivas y preventivas de manejo ambiental.

2.7. Gestión del Agua en minería

El recurso hídrico, con valor importante en lo social, ambiental, cultural y para la economía mundial, es compartido con mucha relevancia. En los países desarrollados y subdesarrollados, el agua es considerada como derecho fundamental y como indispensable para el adecuado funcionar de los hábitats y funciones vitales para el progreso de la vida. (Internacional Council on Mining y Metals, 2015).

El agua es también considerada como recurso indispensable para las operaciones mineras y metalúrgicas, interviene en todos los procesos: control de polvo por actividades de minado o tránsito de vehículos, producción de energía y proceso de minerales, además de tratamiento para potabilizar para el consumo y aseo personal (Internacional Council on Mining y Metals, 2015).

El desafío al que enfrentan, actualmente, las empresas mineras es la de abastecer con suministro de agua de calidad a sus operaciones por periodos de entre 30 y 50 años o más. La ubicación de las unidades mineras es un problema frecuente, ya que sufren de escasez de agua, por lo que ponen énfasis en el uso eficiente del agua y sus controles sobre la descarga de vertimientos sobre cuerpos hídricos. Las empresas mineras que son miembros del ICMM como Glencore – Volcan Compañía Minera, comprenden que, hasta las operaciones más eficientes en cuanto al manejo del agua, siempre presentan riesgos hídricos. Esto significa que se debe contar con un panorama amplio sobre los problemas hídricos que puedan suscitarse en el área de

capacitación y proponer soluciones que beneficien a la compañía y a otros usuarios de este recurso.

El agua es un derecho fundamental para los seres humanos, de acuerdo además a lo dispuesto por la Constitución ´Política del Perú, siendo imprescindible incorporar el agua como algo fundamental en las operaciones de la industria minera; construir represas o reservorios es solo una contribución a que las poblaciones puedan tener mayor acceso al recurso hídrico.

Un ejemplo de ello, es que la Minera La Zanja, construyó la presa Bramadero. la cual almacena agua en épocas de lluvia para poder usarlo durante todo el año, parte de esta agua se vierte en la cuenca para actividades agrícolas y la otra se usa en las operaciones mineras. En la parte alta del valle de Huaura está la laguna Patón, del cual Buenaventura desarrolla ampliación para el uso de sus aguas para la producción de energía hidroeléctrica pero no se usa para las operaciones mineras. Compañía Minera Raura es otra empresa que también genera energía hidroeléctrica en la misma cuenca y la comunidad de Oyón es la más beneficiada con estos proyectos (Benavides, 2012).

Sociedad Minera Cerro Verde, en Arequipa, colocó a mayor altura el dique Pillones para el almacenamiento de agua cuyo excedente es utilizado para sus operaciones, además del diseño y fabricación de una Planta para el Tratamiento de aguas servidas. La propuesta de Buenaventura fue invertir en proyectos para garantizar el acceso del recurso hídrico para la población y en especial a la actividad agrícola; por eso el objetivo es represar el agua de diferentes fuentes en época de precipitaciones y reutilizar durante el periodo anual (Benavides, 2012).

Para Volcan Compañía Minera, el agua industrial es esencial para las operaciones en la producción de minerales, al igual que el agua potable para uso doméstico en campamentos y estructuras auxiliares. Las principales fuentes que abastecimiento en sus unidades mineras, son las aguas superficiales (ríos, quebradas, lagunas), subterráneas, pozos y manantiales que previamente fueron identificados, analizados y con los permisos

ambientales correspondientes. Como parte de la Gestión de Agua y Efluentes, se implementan procesos mejorados para la recirculación de agua en los procesos, detección oportuna de fugas de agua, identificación de mejoras en los procesos y reducción del consumo de agua, capacitación del personal para el uso racional del agua, con la finalidad de optimizar el uso eficiente y racional del recurso hídrico.

Así, Volcan asegura que sus vertimientos cumplan con los criterios de calidad establecidos por las autoridades competentes mediante sistemas eficientes de tratamiento implementados en todas las unidades operativas; los programas anuales de monitoreo permiten verificar la calidad de los efluentes y de los cuerpos de agua receptores (Volcan Compañía Minera SAA, 2020).

Para la empresa minera Hudbay, el agua es considerado un recurso fundamental para las comunidades y ecosistemas naturales, además de ser esencial para las operaciones. Conscientes de ello, se esfuerzan por mejorar continuamente el enfoque en cuanto al adecuado manejo del agua, por mejorar sus prácticas de uso y por reducir los impactos sobre los recursos hídricos. Los planes de manejo del agua para las operaciones abordan las necesidades y desafíos hídricos únicos de cada unidad minera, se evalúa la calidad, cantidad y disponibilidad hídrica, así como las necesidades directas de las comunidades locales del área de influencia directa e indirecta.

Estos planes son desarrollados durante la etapa de factibilidad incluidos en los estudios de impacto ambiental, los mismos que se revisan y actualizan periódicamente durante todo el ciclo de vida del proyecto con la finalidad de garantizar la evaluación de riesgos y consideraciones con el recurso hídrico. Cuando las operaciones no se encuentran en zonas de estrés hídrico, todos los esfuerzos se enfocan en la calidad del agua industrial descargada (Hudbay, 2018).

Por otro lado, se ejecutan importantes proyectos de recirculación de agua para disminuir el consumo de agua industrial en la producción de mineral en Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. donde se represa cerca de 110

millones de m^3 de agua al año, destinados principalmente al uso en actividades agrícolas, ganaderas, para producir energía y para uso poblacional (Benavides, 2012).

En la región Cusco, provincia de Espinar, se localiza el proyecto de gran minería Antapaccay Expansión Tintaya Integración Coroccohuayco. En 1985 se inició la explotación minera con el tajo Tintaya, el cual se encuentra ubicado en la cuenca del río Salado. Como parte de la ampliación Tintaya, empezaron las operaciones en Antapaccay, ubicado en la cuenca del río Cañipía. Actualmente, el proyecto Antapaccay del grupo Glencore, procesa 150 000 toneladas de concentrado de cobre al año con proyección de cierre al 2038 (Compañía Minera Antapaccay S.A., 2016). El complejo minero Antapaccay - Expansión Tintaya, ubicado en el distrito de Espinar a 4200 msnm el cual cuenta con 33 789 habitantes; actualmente, el 88% de la población es urbana y habita en la capital provincial, ciudad de Yauri (INEI, 2017).

Ahora bien, serían cuatro los factores por los que se produce la escasez hídrica en Yauri: i) mayor demanda hídrica por parte de la compañía minera; ii) mayor demanda hídrica por el crecimiento poblacional; iii) desconfianza con relación al uso de fuentes hídricas, lo que las torna inutilizables; y iv) falta de planificación y diálogo.

Asimismo, Compañía Minera Antapaccay cuenta con siete (07) licencias de uso de agua, lo que les permite captar hasta 18,40 millones de metros cúbicos de agua al año de las cuencas de los ríos Salado y Cañipía, de donde consumían agua los pobladores de Yauri hasta el inicio de las operaciones del proyecto minero. Como medida de compensación por el uso de agua de estas cuencas, la empresa minera propuso: i) construcción de una represa en la parte alta de la cuenca del río Cañipía; ii) implementación de sistema de bombeo en la parte baja para el abastecimiento de canales de riego y iii) reposición de agua en las bocatomas. Sin embargo, la empresa solo cumplió con el sistema de bombeo y hay denuncias por los comuneros de que las autoridades de fiscalización ambiental no realizan su labor de hacer cumplir dichos compromisos.

La percepción que tiene la población respecto a que el agua se encuentra contaminada, generó que no se utilice las fuentes hídricas cercanas (Damonte *et al.* 2020). La presencia de la empresa minera en Espinar generó también un crecimiento de forma exponencial de la población urbana de la rural; con el inicio del proyecto Tintaya en el periodo 19801993, la población creció en un 203.37% en la ciudad de Yauri, en el periodo 1993-2007 la tasa decreció a 32.47% y para el periodo 2007-2017 decreció en 24.93% (INEI, censos de 1993, 2007 y 2017). Este crecimiento se evidenció por foráneos que buscan oportunidades laborales relacionados a la actividad minera de Antapaccay; el uso minero y la percepción de contaminación de agua limitaron la oferta hídrica, mientras que el crecimiento demográfico implicó un aumento sostenido de la demanda de agua apta para consumo humano, lo que generó finalmente en escasez (Damonte *et al.* 2020).

2.8. Gestión de Residuos Sólidos en minería

En Volcan Compañía Minera, constantemente se fortalece los estándares de la gestión de residuos sólidos como parte de la política de fortalecimiento en la gestión ambiental. En función a estos estándares y la normativa nacional vigente, se realiza la gestión de los residuos sin afectar al ambiente y a las comunidades del área de influencia directa e indirecta, aplicando controles en las diferentes etapas (segregación, almacenamiento, transporte y disposición de residuos). Los residuos sólidos se clasifican como minerales y no minerales.

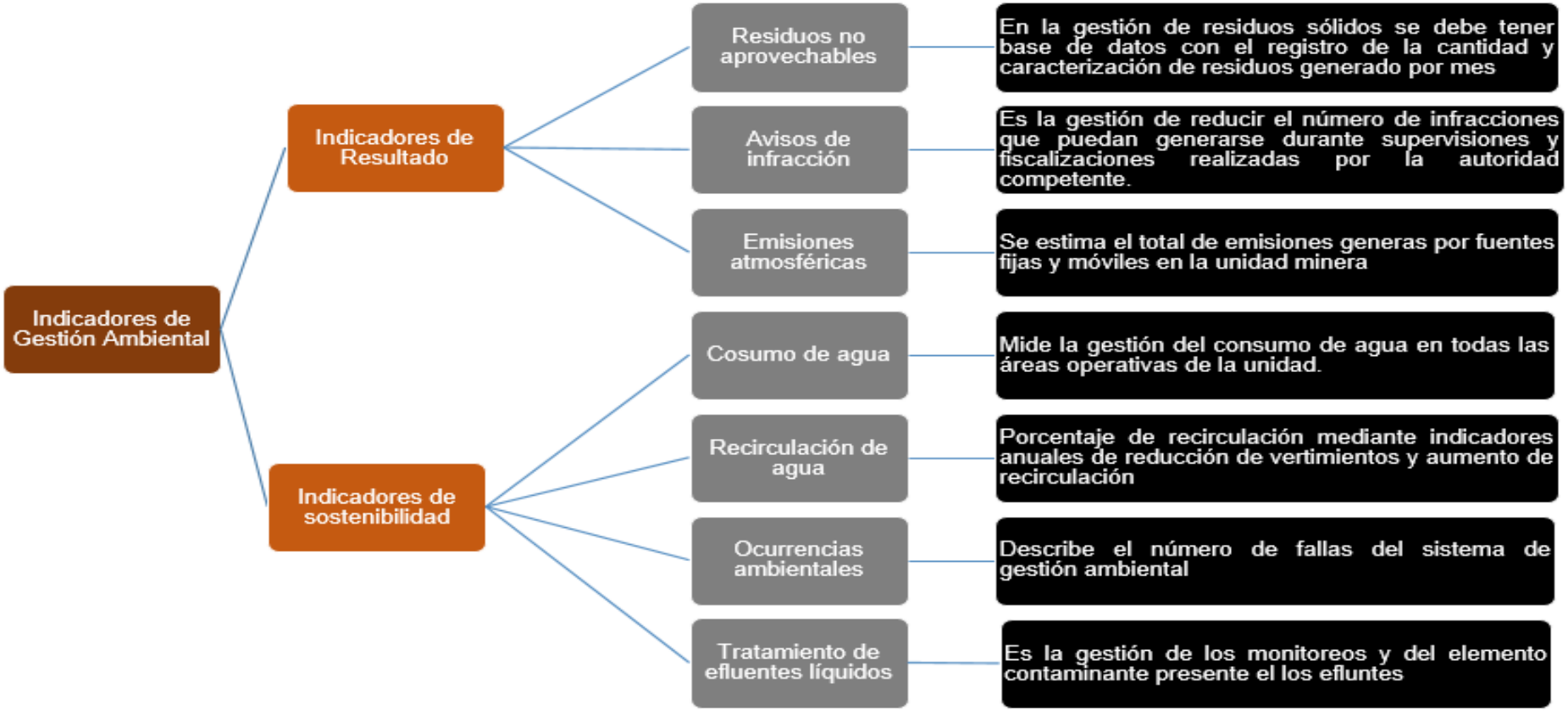
El 92% de los residuos minerales (relaves, desmontes, lodos) son dispuestos en depósitos autorizados en las unidades; los residuos no minerales se clasifican en peligrosos y no peligrosos, parte de estos son comercializados, dispuestos en rellenos sanitarios o son transportados por empresas terceras a rellenos de seguridad para el caso de los peligrosos (Volcan Compañía Minera SAA, 2020).

Actividades como el minado y procesamiento de minerales generan productos secundarios desechables, dentro de los cuales se incluye el desmonte y el relave (ninguno con valor económico). En las operaciones de la empresa minera Hudbay, se implementaron planes para reducir, reutilizar, reciclar y descartar de forma responsable aquellos residuos clasificados como peligrosos y no peligrosos (Hudbay, 2018).

La minería es una de las industrias con mayores obligaciones legales, por ello la necesidad de gestionar la mitigación de posibles impactos ambientales negativos que puedan derivarse producto de las actividades mineras. La industria minera está en la obligación de medir, estimar e interpretar el desempeño ambiental en función de la sostenibilidad, al mismo tiempo, ejecutar mejoras continuas a corto y largo plazo (Díaz, 2019).

La identificación de trece (13) indicadores de desempeño ambiental, cinco (05) de resultados y ocho de (08) de sostenibilidad fueron aplicados en el Sistema de Gestión Ambiental de la Unidad Minera Atacocha ante la deficiencia en el reflejo de sus resultados. De estos trece indicadores, Díaz (2019), desarrolló seis tipos de indicadores: residuos sólidos, avisos de infracción, consumo de agua, ocurrencias ambientales, tratamiento de efluentes líquidos y recirculación de agua.

Figura 2 Indicadores Ambientales en una minería sostenible



Fuente: Diaz (2019).

Figura 3 Indicadores Ambientales en una minería sostenible

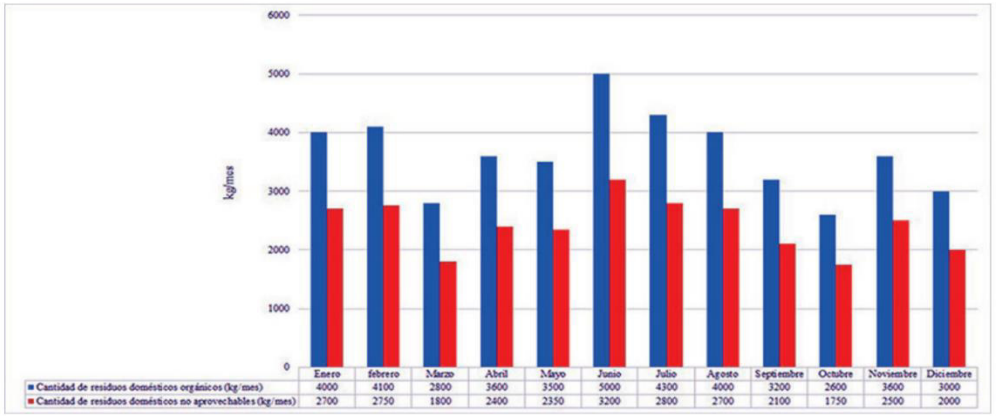


Figura N° 2. Cantidad de residuos sólidos orgánicos no aprovechables.

Figura N° 7. Permiso de captación y uso real de agua para procesos industriales.

- Residuos no aprovechables
- Avisos de infracción
- Emisiones atmosféricas
- Cosumo de agua
- Recirculación de agua
- Ocurrencias ambientales
- Tratamiento de efluentes líquidos

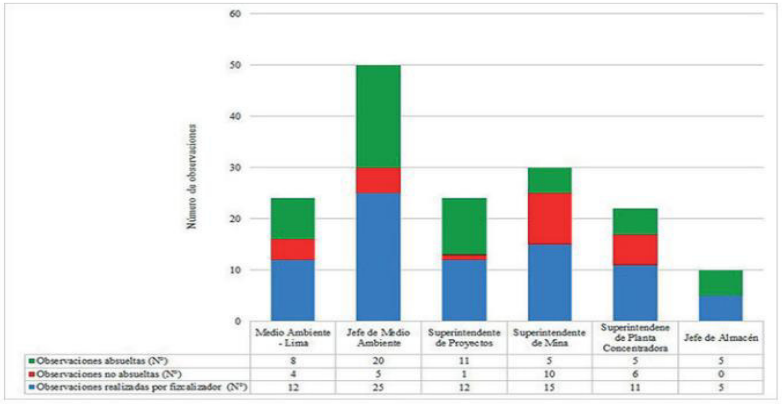


Figura N° 5. Cantidad de observaciones que realizó el ente fiscalizador y su cumplimiento en diferentes áreas administrativas y operacionales.

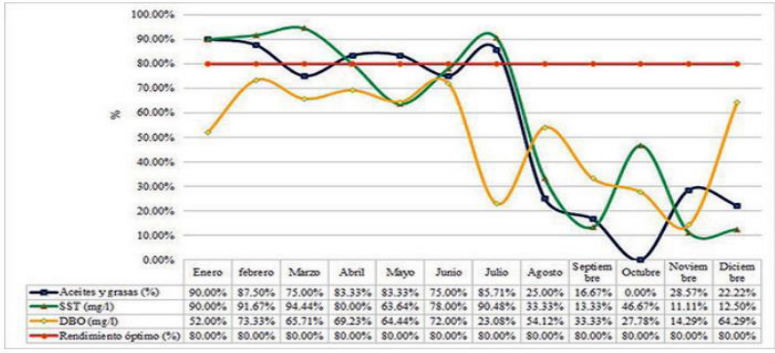


Figura N° 12. Eficiencia de tratamiento de efluentes líquidos.

Fuente: Diaz (2019).

2.9. Marco Normativo

2.9.1. Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales Ley N° 26821

En el artículo 7, se señala que: es responsabilidad del Estado promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, a través de las Leyes especiales sobre la materia, las políticas del desarrollo sostenible, la generación de la infraestructura de apoyo a la producción, fomento del conocimiento científico tecnológico, la libre iniciativa y la innovación productiva. El Estado impulsa la transformación de los recursos naturales para el desarrollo sostenible.

2.9.2. Ley General del Ambiente Ley N° 28611

En el artículo 1, se indica que: toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país. Según el artículo 119.2, la gestión de los residuos no municipales es “responsabilidad del generador hasta su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente”.

2.9.3. Modificación de Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera – Decreto Legislativo 1042

De acuerdo con los artículos 10 y 11, los pasivos ambientales podrán ser reutilizados por el titular de la concesión minera. Asimismo, los pasivos ambientales que formen parte del inventario y que pudieran contener valor económico podrán ser susceptibles de reaprovechamiento, todo ello “siempre que se implemente medidas de manejo ambiental y aquellas destinadas a su

mitigación, remediación y cierre, conforme al estudio ambiental correspondiente".

2.9.4. Ley que Modifica el Código Penal, Ley N° 29263

Artículo 306, "Incumplimiento de las normas relativas al manejo de residuos sólidos", y artículo 307, "Tráfico ilegal de residuos peligrosos"

2.9.5. Decreto Legislativo 1078, que modifica la Ley 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

En el artículo 3, se manifiesta lo siguiente: "No podrá iniciarse la ejecución de proyectos ni actividades de servicios y comercio si no cuentan previamente con la certificación ambiental (Instrumentos de gestión ambiental aprobado)".

2.9.6. Ley de Recursos Hídricos, Ley 29338

Ley que regula el uso y gestión de los recursos hídricos. En el Artículo 19, se precisa con respecto al vertimiento de agua residual tratada; y en el artículo 88, con respecto a la reutilización de agua residual.

2.9.7. Ley de Promoción de las Inversiones para el Crecimiento Económico y el Desarrollo Sostenible, Ley N° 30327

En el artículo 15.2, se indica lo siguiente: para aquellos titulares de proyectos que cuenten o deban contar con instrumentos de gestión ambiental aprobados en el marco del SEIA.

2.9.8. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto Legislativo N° 1278

En el artículo 5, se manifiesta lo siguiente: “Es de aplicación como principio la Economía Circular, Valorización de residuos, Principio de protección del ambiente y la salud pública, y el Principio de responsabilidad extendida y compartida”.

En el artículo 8, se señala lo siguiente: la producción de bienes y servicios en todos los sectores productivos del país privilegia el uso eficiente de los insumos y materiales, buscando permanentemente una mayor productividad en el uso de los materiales y la prevención de la generación de residuos.

En el artículo 9, se indica lo siguiente: el aprovechamiento de material de descarte proveniente de actividades productivas que constituya insumos directamente aprovechables por la misma actividad, la investigación y desarrollo u otras actividades económicas similares o no, distintas a la valorización de residuos, puede ser transferido bajo cualquier modalidad desde su generador hacia las actividades que lo aprovecharán.

En el artículo 18, se menciona que las autoridades sectoriales ejercen funciones respecto a “regular la gestión y el manejo de los residuos de origen minero, energético, industrial, agropecuario, agroindustrial, de actividades de la construcción”.

2.9.9. Guía Peruana GP 127:2021. Economía Circular

Esta guía es aplicable a cualquier organización, independientemente de su ubicación, tamaño, sector y tipo, la cual podrá realizar la transición a un modo de funcionamiento más circular y sostenible, contribuyendo de manera importante a la conservación de los recursos para mantener el valor de los productos y materiales el mayor tiempo posible, minimizando la generación de residuos. Esta guía tiene como objetivo proporcionar una descripción general de los principios de la economía circular (pensamiento sistémico, transparencia, optimización de valor, colaboración, administración e innovación); marco flexible y orientación de apoyo.

2.10. Viabilidad

Viabilidad económica

Consumo de agua unitario

Racionalizar el consumo de agua en las operaciones de la Unidad Minera Andaychagua permitirá reducir costos por pagos anuales por consumo de agua de las fuentes de captación de las cuales contamos con licencias de uso de agua.

Viabilidad Social

Reaprovechamiento de residuos sólidos

En el 2021 se estableció el Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre Volcan Compañía Minera S.A.A. y la Asociación de Ayuda al Niño Quemado – ANIQUEM, el cual tiene como objetivo desarrollar sinergias entre las dos entidades para la adecuada gestión de los residuos reciclables. Por medio de este convenio, Volcan se compromete en donar a favor de ANIQUEM trimestralmente residuos reciclables mediante el programa "Reciclar para Ayudar, las características de los residuos se detallan en el siguiente cuadro:

Tipo de residuo	Cantidad mínima
Papel Cartones Botellas de plástico	400 kg

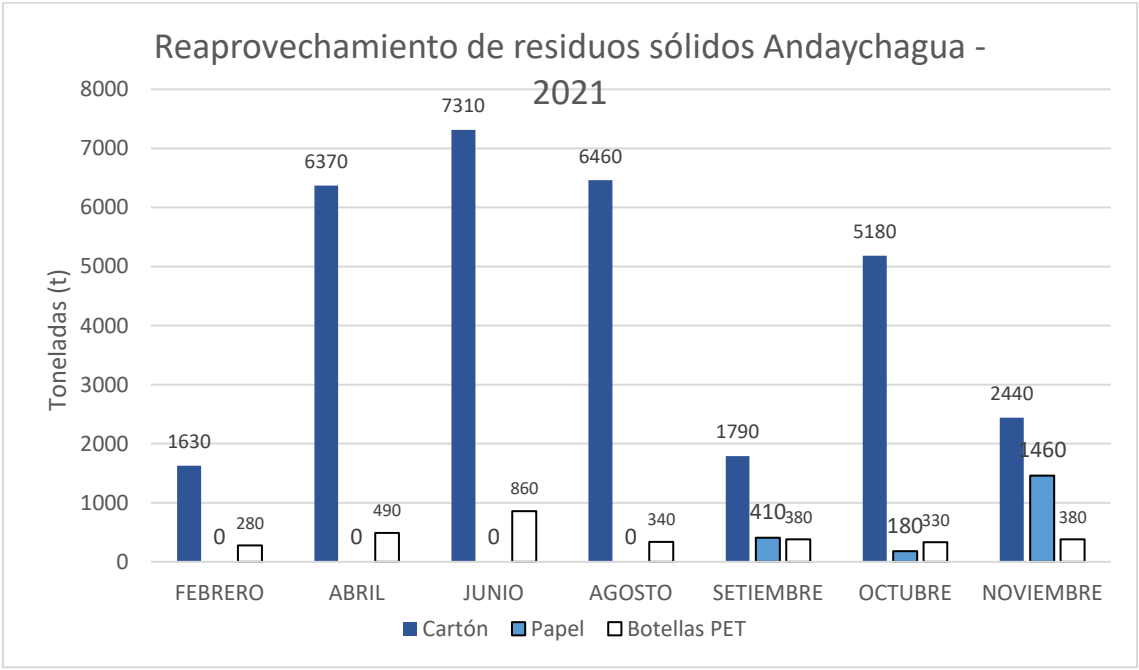
En el 2021 se logró enviar un total de 7.4t de residuos reciclables a ANIQUEM con un valor económico de S/ 3,655. Como impacto ambiental se evitó la tala de 111 árboles, se ahorró 64.24 m3 de espacio en el relleno sanitario y ahorro de 7,354 Kwh de energía; como impacto social permitió 1 año de terapia física para 02 pacientes, terapias psicológicas para 02 pacientes y terapias ocupacionales para 02 pacientes sobrevivientes.

En el 2022 se envió como donación a ANIQUEM un total de 31.18t de cartón, 2t de papel y 3t de botellas de plástico vacíos. Los cartones fueron recolectados en su mayoría de los recipientes instalados en los puntos de

acopio exclusivos para papel y cartón; asimismo las botellas de plástico fueron recolectadas en su mayoría en los botellones metálicos instalados en superficie e interior mina.

Figura 4 Contenedor de botellas plásticas

Figura 5 Reaprovechamiento de residuos sólidos 2021



De esta manera, Volcan Compañía Minera busca fomentar la conservación del medio ambiente como una alternativa más de desarrollo, ahorrar energía, manejar responsablemente los residuos sólidos y,

principalmente, ayudar a la rehabilitación de niños quemados de escasos recursos. Para el año 2023, el objetivo es superar la cantidad de residuos en un 10% más que se llegó a enviar a ANIQUEM en el 2022.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Se considera un enfoque de investigación cuantitativo, según Sánchez (2019) nos indica que se designa de esta manera porque se trata de fenómenos que se puedan medir, ayudados intrínsecamente por la técnica estadística de recolección de datos pudiéndose de esta manera describir, explicar, predecir y fundamentar conclusiones. Asimismo, el nivel de investigación es aplicativo, según Lozano (2017) nos dice que se busca evaluar el éxito de la intervención, tratando de esta manera solucionar el problema, logrando de esta manera un resultado positivo cambiando positivamente la realidad. Y al respecto al diseño de investigación es experimental, Lerma (2009) nos dice que es la modificación intencionada de la variable independiente para ver el efecto en la variable dependiente.

3.2. Variable y Operacionalización

- **Variable causa:** Indicadores de residuos sólidos y agua.
- **Variable efecto:** Desempeño ambiental.

Tabla 5 Operacionalización de la variable independiente

Variable independiente	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Indicadores ambientales de residuos sólidos y agua.	Son los resultados cuantificables producto de la gestión reflejada en actividades de una organización, productos y/o servicios que puede interactuar con el medio ambiente.	Indicadores de agua.	• Consumo unitario de agua (m^3/t). • Vertimiento de efluentes (m^3/t). • Agua industrial recirculada (m^3/t).
		Indicadores de residuos sólidos.	• Generación de residuos minerales unitarios (t/t). • Generación de residuos no minerales no peligrosos (t/t). • Aprovechamiento de residuos minerales (t/t). • Aprovechamiento de residuos

Variable independiente	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
			no minerales no peligrosos (t/t).

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Definida como el conglomerado de casos que concuerden con una determinada especificación (Sampieri, 2018), por ende, no está establecida para un conjunto de personas, sino que nuestra población son los datos estadísticos recopilados dentro de la Unidad Andaychagua entre los años 2020-2021 relacionados a los indicadores de desempeño ambiental.

Muestra: Se define como el sub conjunto de una población (Arispe et al., 2020), por ende nuestra muestra también son los datos documentales que se recopilaron dentro de la Unidad Minera Andaychagua relacionados a los indicadores ambientales de agua y residuos sólidos.

Muestreo: Es la forma como se escoge la muestra, por ende, es de tipo no probabilístico por intención debido a que seleccionaremos los datos que se requerirán para esta investigación.

3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos

La técnica que se usó para esta investigación es observacional, Muñoz (2011) debido a que tiene por finalidad estudiar las características, rasgos y comportamientos del lugar donde se desarrolla el fenómeno. Su importancia radica en la facilitación de conocimiento de la problemática, por ende, se basó en el análisis de datos recopilados de la empresa Volcan Compañía Minera de la Unidad Minera Andaychagua.

Procedimiento

- Se envió una carta de solicitud para el permiso correspondiente a la empresa Volcan Compañía Minera SAA, para la recopilación y análisis de datos internos relacionados a los indicadores de desempeño ambiental de agua y residuos sólidos con la finalidad de la ejecución del trabajo de investigación titulado “Evaluación del desempeño ambiental con Indicadores de residuos sólidos y agua en una Unidad Minera 2020 - 2021, distrito de Huay Huay, región Junín”.
- Se utilizó como instrumento de medición una encuesta diseñada exclusivamente para esta investigación basado en la escala Likert, en la cual se analizó la data recopilada de la base de datos de la Unidad Minera Andaychagua entre los años 2020 – 2021. Esta base de datos se organizó en una plantilla Excel donde se sistematizó cada pregunta del instrumento en hojas distintas.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Instrumento de medición

""Evaluación del desempeño ambiental con indicadores de residuos sólidos y agua en una Unidad Minera 2020 - 2021, distrito de Huay Huay, región Junín"

Objetivo: Recoger la percepción poblacional referida al impacto de la de los indicadores ambientales de residuos sólidos y agua en el desempeño ambiental de la actividad minera.

Instrucciones:

- Encontrarás una lista de preguntas.
- En cada pregunta debe elegir una de las cinco opciones que la acompañan.
- Marca la respuesta con una (X).

1.	No sostenible	2.	Poco sostenible	3.	Moderadamente sostenible	4.	Muy sostenible	5.	Sostenible

Dimensión	Ítems	Valoración				
		1	2	3	4	5
Indicador de desempeño de agua	1. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al consumo unitario de agua?[1]					
	2. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la					

Dimensión	Ítems	Valoración 1 2 3 4 5
	Unidad Andaychagua respecto al vertimiento de efluentes?[2]	
	3. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al agua industrial recirculada?[3]	
Indicador de desempeño de residuos sólidos	4. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos en la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos minerales?[4]	
	5. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos no minerales no peligrosos?[5]	
	6. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos sólidos minerales?[6]	
	7. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos?[7]	

[1]Para realizar la valoración respecto al nivel de eficiencia del consumo de agua unitario, tomar en cuenta los resultados de la Tabla 6 del año 2020-2021.

[2]Para realizar la valoración respecto al nivel de eficiencia del vertimiento de efluentes, tomar en cuenta los resultados de la Tabla 7 del año 2020-2021.

[3]Para realizar la valoración respecto al nivel de eficiencia del agua industrial recirculada, tomar en cuenta los resultados de la Tabla 10 del año 2020-2021.

[4]Para realizar la valoración respecto al nivel de eficiencia en la generación de residuos minerales, tomar en cuenta los resultados de la Tabla 8 del año 2020-2021.

[5]Para realizar la valoración respecto al nivel de eficiencia de la generación de residuos no minerales no peligrosos, tomar en cuenta los resultados de la Tabla 9 del año 2020-2021.

[7]Para realizar la valoración respecto al nivel de eficiencia del aprovechamiento de residuos minerales, tomar en cuenta los resultados de la Tabla 11 del año 2020-2021.

[8]Para realizar la valoración respecto al nivel de eficiencia al aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos, tomar en cuenta los resultados de la Tabla 12 del año 2020-2021.

- En la hoja N°1 de la plantilla Excel, se analizó los datos recopilados entre los años 2020 -2021 con respecto a la primera pregunta "¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al consumo unitario de agua?".

Tabla 6 Consumo unitario de agua, año 2020-2021.

Consumo Unitario de Agua (Meses)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
37497	33878	34819	36000	37000	48000	23000	42000	30000	25000	24000	24000
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
29462	17141	30801	32676	36426	36568	24603	27356	50379	50554	52903	14168

- Para ejecutar el análisis de estos cuadros de datos, es necesario hallar los rangos, número de intervalos y la amplitud según métodos estadísticos.
- Se procedió a obtener el rango de esta data mediante la siguiente fórmula matemática:

$$R = X_{máx} - X_{mín}$$

R: Rango
Xmáx: valor máximo de la data
Xmín: valor mínimo de la data

$$R = 52903 - 14168$$

$$R = 38735$$

- Posteriormente, se procedió a obtener el número de intervalos de esta data mediante la siguiente fórmula matemática:

K: #Intérvalos (Regla de Sturges)
N: Número de datos
K = 1 + 3.3log(n)

$$K = 1 + 3.3\log(24)$$
$$K = 5.55$$

- Para efectos de que en la escala Likert se analiza en una escala del 1 al 5, se considera valor entero de 5.

$$K = 5$$

- Luego se procedió a obtener la amplitud de esta data mediante la siguiente fórmula matemática:

$$\mathrm{A} = \mathrm{R}/\mathrm{K}$$
$$\mathrm{A} = 38735/5$$
$$\mathrm{A} = 7747$$

- Finalmente, después de obtener estos datos se procede a analizar la data según el instrumento de medición basado en una escala del 1 al 5:
  1: No sostenible
  2: Poco sostenible
  3: Moderadamente sostenible
  4: Muy sostenible
  5: Sostenible

14168	**7747**	21915	**5**	**Sostenible**
21915	**7747**	29662	**4**	**Muy sostenible**
29662	**7747**	37409	**3**	**Moderadamente sostenible**
37409	**7747**	45156	**2**	**Poco sostenible**
45156	**7747**	**52903**	**1**	**No sostenible**

- La misma metodología se usará para todas las preguntas planteadas en el instrumento de medición.

Tabla 7 Vertimiento de efluentes, año 2020-2021.

VERTIMIENTO DE EFLUENTES (Meses)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
859904	847276	888211	939920	796851	808395	757702	740094	750514	710044	664618	727293
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
659229	675776	929405	879158	654574	563107	567821	571149	789535	695004	518711	600270

518711	**84241.8**	602952.8	**5**	**Sostenible**
602952.8	**84241.8**	687194.6	**4**	**Muy sostenible**
687194.6	**84241.8**	771436.4	**3**	**Moderadamente sostenible**
771436.4	**84241.8**	855678.2	**2**	**Poco sostenible**
855678.2	**84241.8**	**939920**	**1**	**No sostenible**

Tabla 8 Generación de residuos minerales, año 2020-2021

GENERACIÓN DE RESIDUOS MINERALES UNITARIOS (Meses)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
81864	89718	58016	65768	78764	53430	63962	58714	58004	62806	60470	77519
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
54089	56674	63761	66231	71730	64275	54460	74961	76991	86974	83220	60678

53430	**8650**	62080	**5**	**Sostenible**
62080	**8650**	70730	**4**	**Muy sostenible**
70730	**8650**	79380	**3**	**Moderadamente sostenible**
79380	**8650**	88030	**2**	**Poco sostenible**
88030	**8650**	**96680**	**1**	**No sostenible**

Tabla 9 Generación de residuos no minerales no peligrosos, año 2020-2021.

GENERACIÓN DE RESIDUOS NO MINERALES NO PELIGROSOS (Meses)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
82.44	7.99	15.5	40.8	50.84	53.43	54.32	55.23	58.13	60.24	60.31	62.23
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
62.78	63.78	66.45	40.8	69.9	39.7	72.7	22.56	74.49	76.03	84.66	20.45

7.99	**17.236**	25.226	**5**	**Sostenible**
25.226	**17.236**	42.462	**4**	**Muy sostenible**
42.462	**17.236**	59.698	**3**	**Moderadamente sostenible**
59.698	**17.236**	76.934	**2**	**Poco sostenible**
76.934	**17.236**	**94.17**	**1**	**No sostenible**

Tabla 10 Agua industrial recirculada, año 2020-2021.

APROVECHAMIENTO DE VERTIMIENTO GENERADO (Meses)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
264170	267843	196657	42854	37497	223482	255240	228170	214641	222152	213482	243094
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
211026	199861	239602	247924	262225	288263	293501	313698	291222	322512	307340	322997

37497	**57100**	94597	**5**	**Sostenible**
94597	**57100**	151697	**4**	**Muy sostenible**
151697	**57100**	208797	**3**	**Moderadamente sostenible**
208797	**57100**	265897	**2**	**Poco sostenible**
265897	**57100**	**322997**	**1**	**No sostenible**

Tabla 11 Aprovechamiento de residuos sólidos minerales del año 2020-2021.

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS MINERALES (Meses)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4020	3540	3780	3000	4340	5070	1900	2580	2940	3780	4980	4800
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
6180	5220	4860	3360	4020	4020	4080	7559	7821	7670	7560	6422

1900	**1184.2**	3084.2	**5**	**Sostenible**
3084.2	**1184.2**	4268.4	**4**	**Muy sostenible**
4268.4	**1184.2**	5452.6	**3**	**Moderadamente sostenible**
5452.6	**1184.2**	6636.8	**2**	**Poco sostenible**
6636.8	**1184.2**	7821	**1**	**No sostenible**

Tabla 12 Aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos del año 2020-2021.

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS NO MINERALES NO PELIGROSOS (Meses)											
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
78.38	51.56	35.48	40.5	58.7	64.5	77.8	37.42	25.74	32.27	108.4	34.03
13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
61.21	40.27	43.14	63.59	64.82	40.6	51.86	56.6	77.25	44.4	64.16	16.05

16.05	**18.47**	34.52	**5**	**Sostenible**
34.52	**18.47**	52.99	**4**	**Muy sostenible**
52.99	**18.47**	71.46	**3**	**Moderadamente sostenible**
71.46	**18.47**	89.93	**2**	**Poco sostenible**
89.93	**18.47**	**108.4**	**1**	**No sostenible**

Aspectos éticos

Dentro del desarrollo de la presente investigación se podrán ver: Derecho de autoría

CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación

La Unidad de Acumulación Andaychagua de la empresa Volcan Compañía Minera S.A.A., constituida en 1987, es un yacimiento de explotación subterránea polimetálica (zinc, plata y plomo) que se encuentra ubicada en la zona central del Perú, en el distrito de Huay Huay, provincia de Yauli, región Junín. Se encuentra en la zona central del Perú, sobre el flanco este de la cordillera occidental de los Andes centrales a una altitud promedio de 4,477 msnm. Esta unidad minera se encuentra en la subcuenca Andaychagua, dentro de la cuenca Huari; aguas abajo se une con el río Suitucancha para formar la cuenca del río Huay-Huay, el cual junto al aporte de la quebrada Cuchis pueden formar el río Huari, finalmente este se convierte en tributario del río Mantaro. El acceso a la U.A. Andaychagua es desde Lima utilizando la carretera central hasta llegar al desvío de Yauli (paraje “Cut-off”), de aquí se parte por una carretera asfaltada para pasar por la población de Pachachaca y los campamentos de Mahr Túnel, Crahuacra y San Cristóbal, para finalmente llegar a Andaychagua. La concesión comprende un área de 96 hectáreas, pertenciencod a un complejo de mina subterránea, planta de beneficio, campamentos y otras instalaciones (Ego Aguirre y Smuda S.A.C., 2017).

Tabla 13.

Coordenadas de ubicación de la Unidad Minera Andaychagua.

Coordenadas UTM (Datum WGS 84)		**Zona**	**Altitud (m.s.n.m.)**
Norte (Y)	**Este (X)**		
8 706 228.06	381 666.87	18 L	4477

Fuente: Elaboración propia con datos de Ego Aguirre & Smuda S.A.C (2017).

Figura 6 Unidad de Acumulación Andaychagua

Fuente: Google Earth (2019)

4.2. Geología

4.2.1. Geología Regional

A nivel regional, la estructura dominante es el anticlinal llamado Domo de Yauli, que se extiende por 35 km desde San Cristóbal hasta Morococha y transversalmente, a lo largo de 10 km. La estructura tiene un rumbo promedio de N40°W y es asimétrica, teniendo su flanco Este buzando entre 30 y 40°, mientras que su flanco Oeste buza entre 60° y 80° (Ego Aguirre y Smuda S.A.C., 2017).

4.2.2. Geología Local

A nivel local, el proyecto está ubicado en el flanco noreste del anticlinal antes mencionado. El noreste del área del proyecto aflora principalmente la pizarra en toda la zona de la presa y en aproximadamente 50% del vaso, estando interestratificada con dos bancos de caliza de 50 y de 20m en espesor.

La pizarra es de color gris verdosa, de grano fino, foliada, con rumbo y buzamiento promedio N 55°W y 65°SW y la caliza de color gris claro, grano fino y masiva. A continuación, se detalla las unidades litoestratigráficas presentes en el área de influencia de Andaychagua (Ego Aguirre y Smuda S.A.C., 2017):

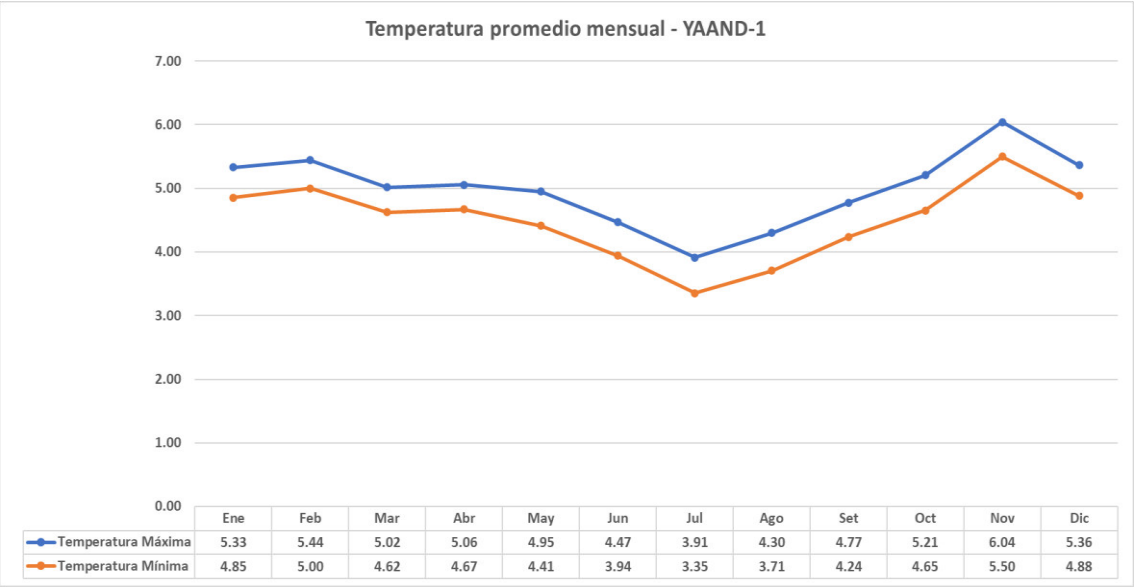
- Rocas metamórficas
- Rocas ígneas
- Depósitos cuaternarios

4.3. Clima

4.3.1. Temperatura

Las temperaturas promedio máxima y mínima fueron caracterizados mediante información de la estación meteorológica YAAND-1 con la que cuenta la Unidad Andaychagua. Los periodos de esta estación registran datos desde el año 2011 al 2021; se evidencia que las temperaturas máximas promedio registradas mensualmente varían en los meses de mayo a octubre, lo mismo ocurre con las temperaturas mínimas que varían en ese periodo tal como se puede observar en la Figura 7.

Figura 7 Temperatura promedio mensual 2011-2021 U.A. Andaychagua



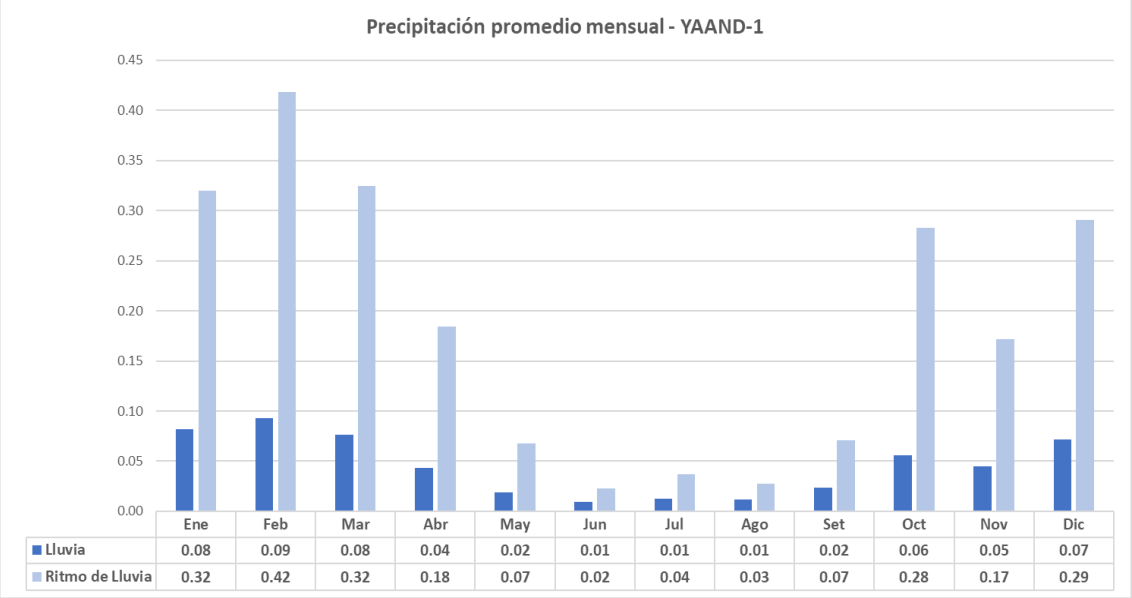
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Temperatura Máxima	5.33	5.44	5.02	5.06	4.95	4.47	3.91	4.30	4.77	5.21	6.04	5.36
Temperatura Mínima	4.85	5.00	4.62	4.67	4.41	3.94	3.35	3.71	4.24	4.65	5.50	4.88

Fuente: Volcan Compañía Minera, 2021

4.3.2. Precipitación

Los datos de precipitación promedio mensual fueron caracterizados mediante información de la estación meteorológica YAAND-1 con la que cuenta la Unidad Andaychagua. Los periodos de esta estación registran datos desde el año 2011 al 2021; se evidencia de octubre a marzo, la época húmeda donde en promedio precipita el 75% de toda el agua, mientras que en los meses de abril a septiembre se presenta la época seca (épocas de heladas) según lo evidenciado en la Figura 8. Actualmente se cuenta con un aliviadero en relavera Andaychagua Alto capaz de soportar aluviones con lluvias de hasta 63 mm/día.

Figura 8 Precipitación promedio mensual 2011-2021 U.A. Andaychagua



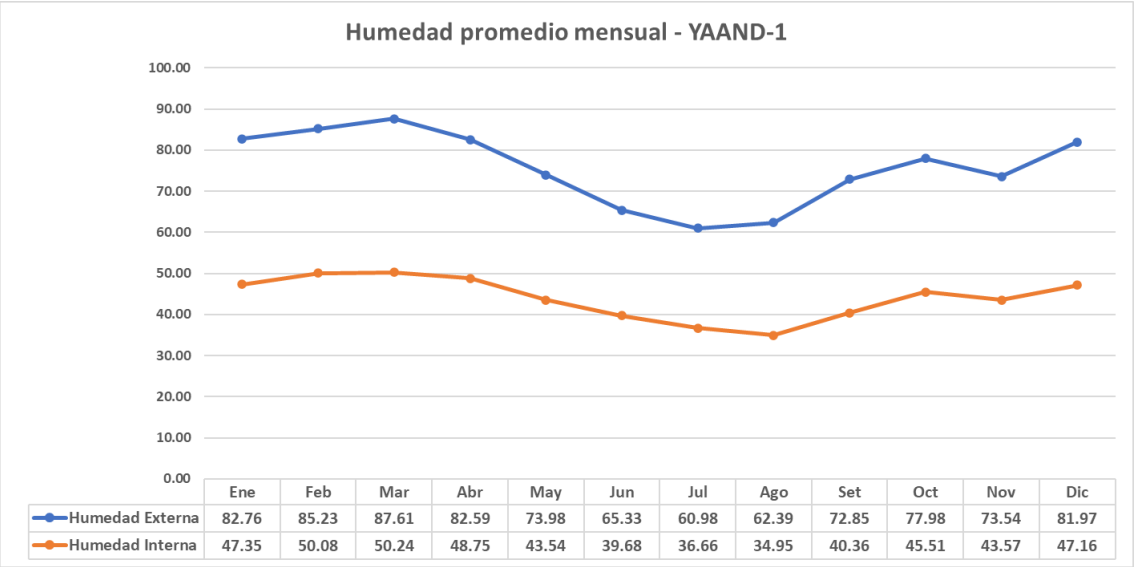
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Lluvia	0.08	0.09	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.05	0.07
Ritmo de Lluvia	0.32	0.42	0.32	0.18	0.07	0.02	0.04	0.03	0.07	0.28	0.17	0.29

Fuente: Volcan Compañía Minera, 2021

4.3.3. Humedad relativa

Los datos de humedad externa e interna promedio mensual fueron caracterizados mediante información de la estación meteorológica YAAND-1 con la que cuenta la Unidad Andaychagua, los periodos de esta estación registran datos desde el año 2011 al 2021. La humedad media mensual varía de 82.1% a 87.0%; mientras que la humedad mínima mensual registrada varía de 65.18% al 81.2%, y la máxima mensual se encuentra entre 92.2% y 94.9%, tal como se puede apreciar en la Figura 9.

Figura 9 Humedad promedio mensual 2011-2021 U.A. Andaychagua



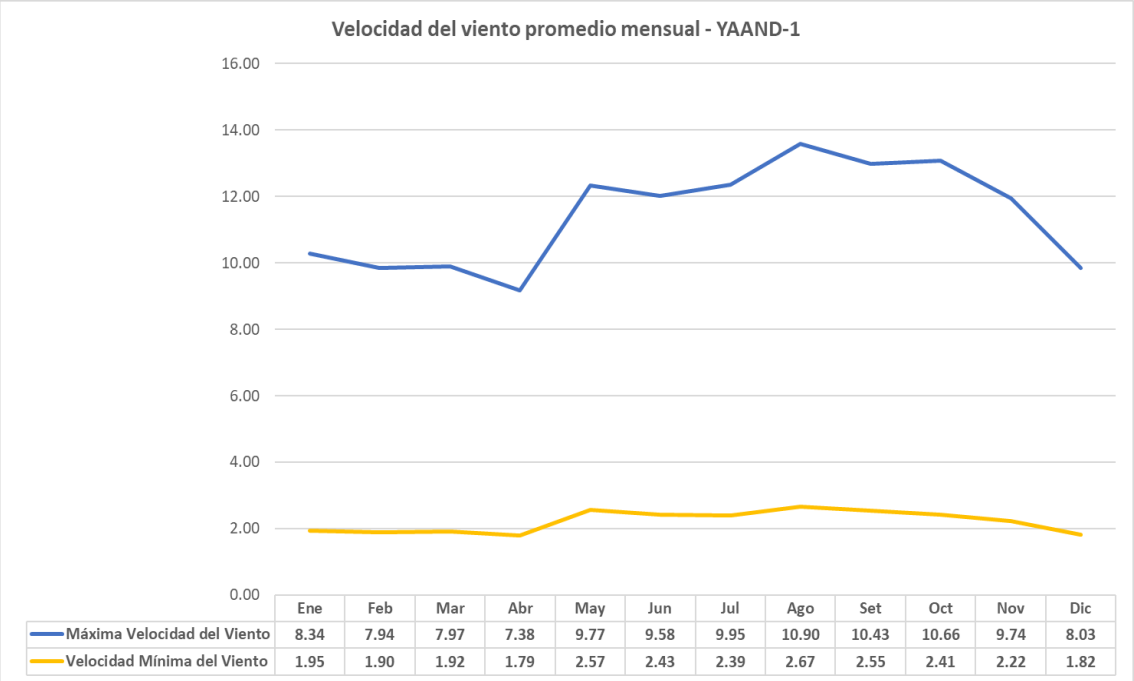
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Humedad Externa	82.76	85.23	87.61	82.59	73.98	65.33	60.98	62.39	72.85	77.98	73.54	81.97
Humedad Interna	47.35	50.08	50.24	48.75	43.54	39.68	36.66	34.95	40.36	45.51	43.57	47.16

Fuente: Volcan Compañía Minera, 2021

4.3.4. Velocidad del viento

Los datos de velocidad del viento máximo y mínimo promedio mensual fueron caracterizados mediante información de la estación meteorológica YAAND-1 con la que cuenta la Unidad Andaychagua, los periodos de esta estación registran datos desde el año 2011 al 2021. La velocidad media mensual del viento varía entre los 3.4 y 3.8 m/s, la velocidad máxima promedio mensual varía de 7.38 a 10.99 m/s, mientras que la velocidad mínima promedio mensual varía de 1.79 a 2.67 m/s.

Figura 10 Velocidad del viento promedio mensual 2011-2021 U.A. Andaychagua



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Máxima Velocidad del Viento	8.34	7.94	7.97	7.38	9.77	9.58	9.95	10.90	10.43	10.66	9.74	8.03
Velocidad Mínima del Viento	1.95	1.90	1.92	1.79	2.57	2.43	2.39	2.67	2.55	2.41	2.22	1.82

Fuente: Volcan Compañía Minera, 2021

4.4. Caracterización hidrológica

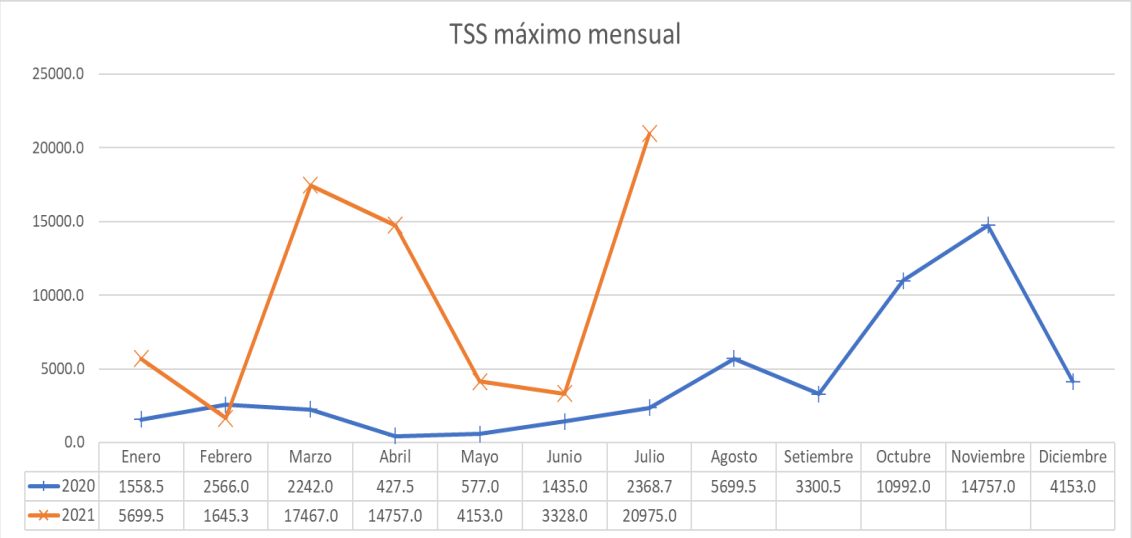
El área de influencia de la Unidad de Acumulación Andaychagua está compuesta por el río Andaychagua, el cual tiene como aportante a la quebrada del río Pachapuquiopampa (Ego Aguirre y Smuda S.A.C., 2017).

Actualmente la unidad cuenta con dos Plantas de Tratamiento de Agua de Mina (PTAM) con capacidad de tratar hasta 190 l/s de agua que se bombea desde las pozas de sedimentación de interior mina.

El problema se evidencia cuando bombean agua de mina desde el Nivel 570 con exceso de sólidos y en cantidad superior a la que se puede tratar. Las pozas de sedimentación de interior mina no cumplen su función de sedimentar los sólidos y poder bombear agua con menor turbidez; la presencia de mayor cantidad de sólidos dificulta el tratamiento y posterior recirculación. Este problema genera mayores costos de tratamiento al adicionar más cantidad de reactivo floculante en los tanques de agitación, se genera mayor cantidad de

lodo peligroso en las pozas de sedimentación en menor tiempo, se requiere de mayor energía para bombear lodo hasta la relavera y genera demoras en el proceso de recirculación para las operaciones.

Figura 11 Resultados de TSS del Agua de Mina que ingresa a la PTAM



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2020	1558.5	2566.0	2242.0	427.5	577.0	1435.0	2368.7	5699.5	3300.5	10992.0	14757.0	4153.0
2021	5699.5	1645.3	17467.0	14757.0	4153.0	3328.0	20975.0					

Fuente: Volcan Compañía Minera, 2021

Como se puede apreciar en la Figura 18, en los meses de agosto, octubre y noviembre del 2020 se registraron los valores más altos de concentración de sólidos suspendidos totales (TSS) en el agua de mina que ingresa a la PTAM. Para el año 2021, los meses con los mayores valores de concentración de TSS fueron marzo, abril y julio.

CAPITULO V. RESULTADOS

Tabla 14 Resultado del Alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	N de elementos
,822	8

Tabla 15.

Resultados del nivel de confiabilidad.

Nivel de confiabilidad	Valor referencial
Excelente	0,9 a 1,0
Muy bueno	0,7 a 0,9
Bueno	0,5 a 0,7
Regular	0,3 a 0,5
Deficiente	0 a 0,3

Se usó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk para observar la distribución.

- **H_0:** Los datos provienen de una distribución normal.
- **H_1:** Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 16.

Prueba de normalidad.

	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Indicadores de agua y residuos sólidos	,972	24	,714
Desempeño ambiental	,972	24	,238

Interpretación: De la prueba de normalidad para **Indicadores de residuos sólidos y agua**, podemos observar a un valor de nivel de significancia bilateral: p-valor > al valor critico; se traduce que ,714 >0,05 lo que nos da a entender que se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula a un nivel de confianza del 95%. Para **Desempeño ambiental**, 238 > 0.05 lo que nos da a entender que se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula a un nivel de confianza del 95%. Por ende, los datos provienen de una distribución

normal lo que conlleva a usar estadística **paramétrica** para contrastar las hipótesis.

Estadística descriptiva – Indicadores de agua

Tabla 17.

¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua en la Unidad Minera Andaychagua respecto al consumo unitario de agua?

	Frecuencia	Porcentaje
Poco sostenible	3	12.5
Moderadamente sostenible	4	16.7
Muy sostenible	10	41.7
Sostenible	7	29.2
Total	24	100.0

Interpretación: De la distribución de frecuencias, se observa para el 41.67 % de los datos (10), la eficiencia del indicador de agua es muy sostenible respecto al consumo unitario de agua; para el 29.2% (7) que la eficiencia del indicador de agua respecto al consumo unitario de agua es sostenible, el 16.7% (4) que la eficiencia del indicador de desempeño de agua con respecto al consumo unitario de agua es moderadamente sostenible y el 12.5% (3) que la eficiencia del indicador de agua con respecto al consumo unitario de agua es poco sostenible.

Figura 12 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al consumo unitario de agua?

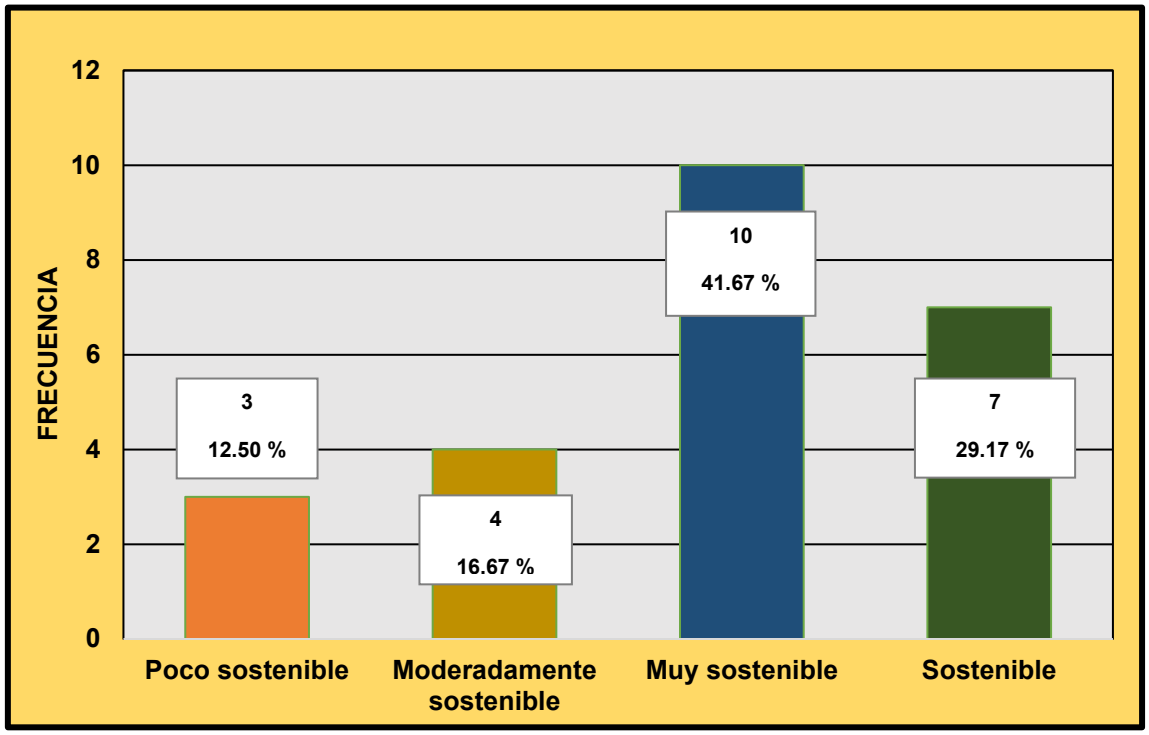


Tabla 18.

¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al vertimiento de efluentes?

	Frecuencia	Porcentaje
No sostenible	5	20.8
Poco sostenible	4	16.7
Moderadamente sostenible	7	29.2
Muy sostenible	5	20.8
Sostenible	3	12.5
Total	24	100.0

Interpretación: Se evidencia, según la distribución de frecuencias que el 29.17% (7) de los datos recopilados la eficiencia del indicador de agua respecto al vertimiento de efluentes es moderadamente sostenible, el 20.8 % de la data (5) que la eficiencia del indicador de agua es no sostenible y muy sostenible respecto al vertimiento de efluentes, el 16.7 % (4) de la data que la eficiencia del indicador de agua es poco sostenible respecto al vertimiento de efluentes y el 12.5 % (3) restante que la eficiencia del indicador de desempeño de agua es sostenible respecto al vertimiento de efluentes.

Figura 13 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al vertimiento de efluentes?

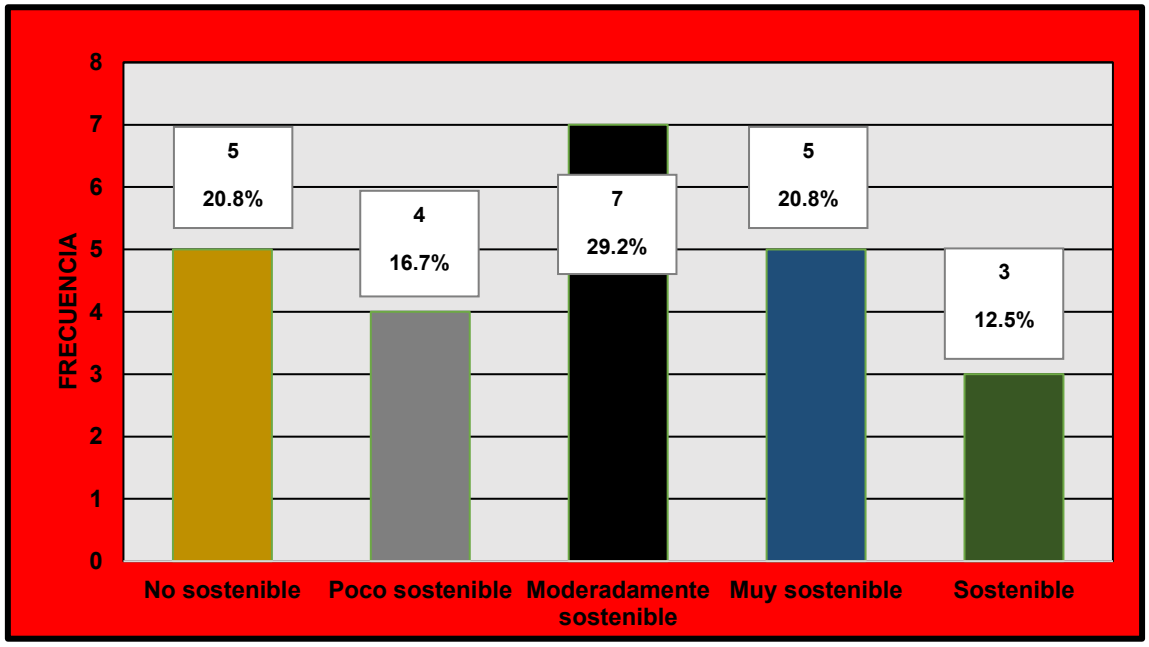


Tabla 19.

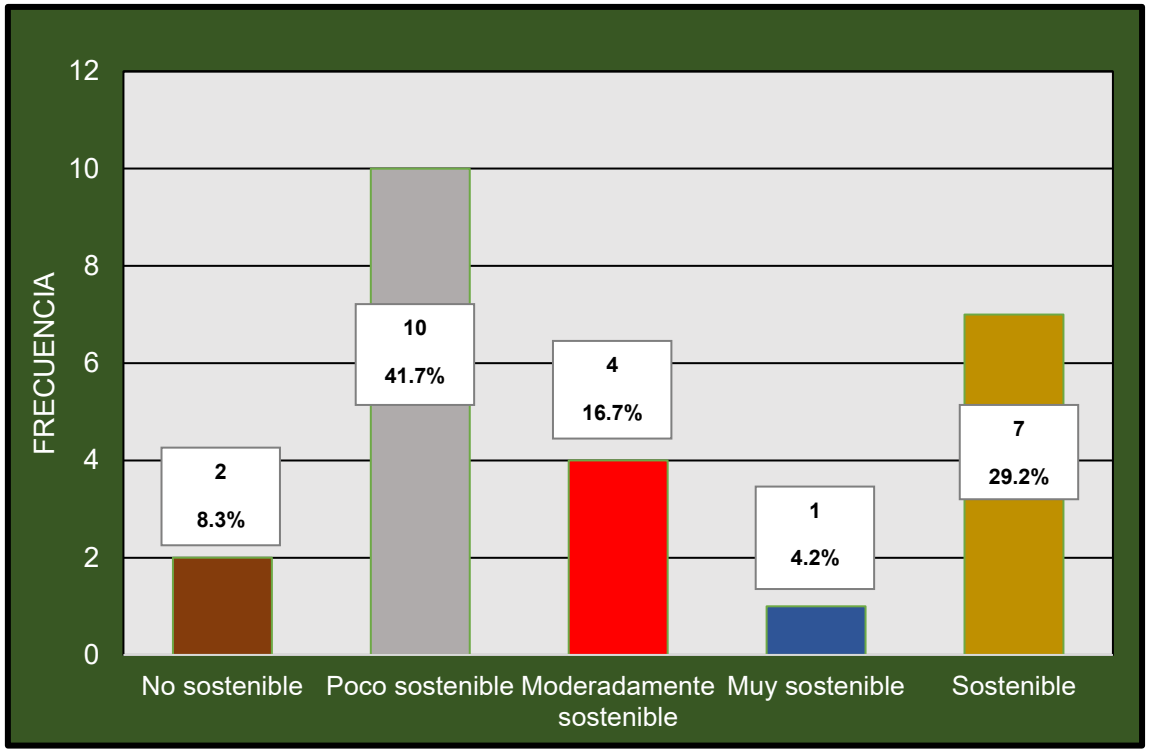
¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al agua industrial recirculada?

	Frecuencia	Porcentaje
No sostenible	2	8.3
Poco sostenible	10	41.7
Moderadamente sostenible	4	16.7
Muy sostenible	1	4.2
Sostenible	7	29.2
Total	24	100.0

Interpretación: De la distribución de frecuencias, se evidenció que para el 41.7 % (10) de la información, la eficiencia del indicador de agua respecto al agua industrial recirculada es poco sostenible, para el 29.2% (7) de los datos que la eficiencia del indicador de agua respecto al aprovechamiento de vertimientos es extremadamente sostenible, el 16.7% (4) de la data que la eficiencia del indicador de desempeño de agua respecto al aprovechamiento de vertimientos es moderadamente sostenible, el 8.3% (2) de los datos que la eficiencia del indicador de desempeño de agua respecto al aprovechamiento de vertimientos no es sostenible y del 4.2% (1) de la información restante que la eficiencia del

indicador de desempeño de agua respecto al aprovechamiento de vertimientos es muy sostenible.

Figura 14 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de agua de la Unidad Andaychagua respecto al agua industrial recirculada?



Estadística Descriptiva – Indicadores de residuos sólidos

Tabla 20. ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos minerales?

	Frecuencia	Porcentaje
No sostenible	2	8.3
Poco sostenible	3	12.5
Moderadamente sostenible	4	16.7
Muy sostenible	7	29.2
Sostenible	8	33.3
Total	24	100.0

Interpretación: De la distribución de frecuencias, se evidencia que para el 33.3% (8) de la data, la eficiencia del indicador de desempeño de residuos sólidos respecto a la generación de residuos minerales es sostenible, el 29.2 % (7) que la eficiencia del indicador de desempeño de residuos con respecto a la generación de residuos minerales es muy sostenible, el 16.7 % (4) que el indicador de residuos sólidos con respecto a la generación de residuos minerales es moderadamente sostenible, el 12.5 % (3) que es poco sostenible el indicador de desempeño de residuos con respecto a la generación de residuos minerales y el 8.3 % (2) de la data restante que es no sostenible el indicador de desempeño de residuos con respecto a la generación de residuos minerales.

Figura 15 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos minerales?

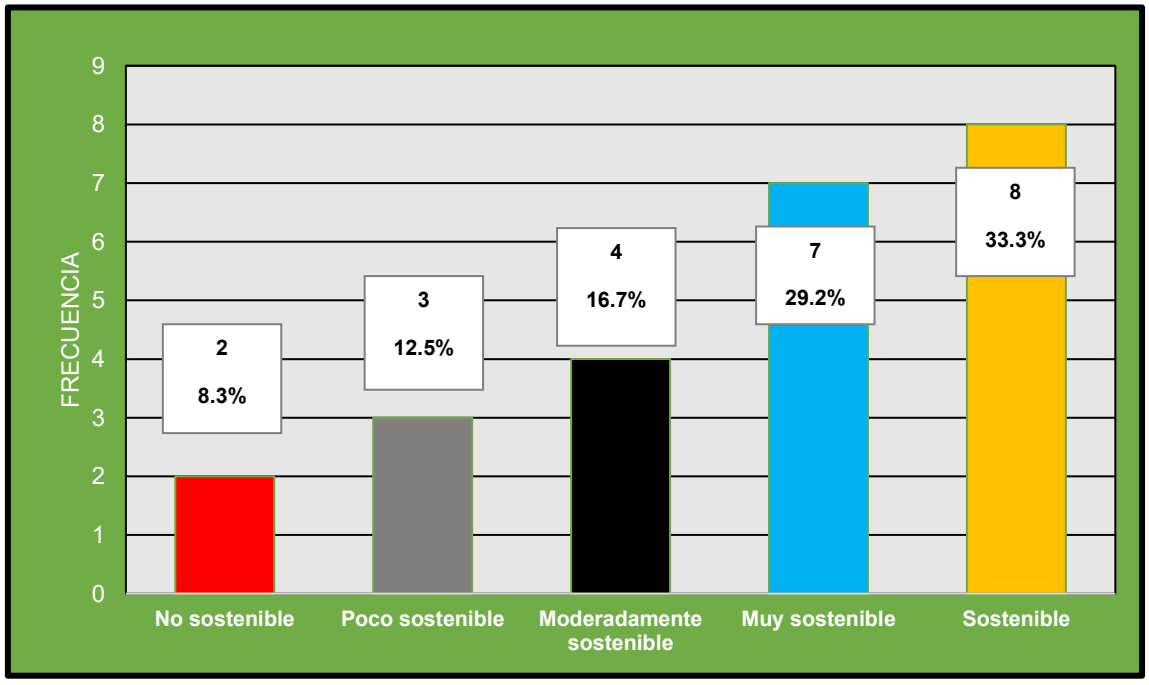


Tabla 21.

¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos no minerales no peligrosos?

	Frecuencia	Porcentaje
No sostenible	2	8.3
Poco sostenible	10	41.7
Moderadamente sostenible	5	20.8
Muy sostenible	2	8.3
Sostenible	5	20.8
Total	24	100.0

Interpretación: De la distribución de frecuencias, se evidencia que para el 41.7 % (10) de la data recopilada, la eficiencia del indicador de residuos sólidos respecto a la generación de residuos no minerales no peligrosos es poco sostenible, para el 20.8 % (5) de los datos que el indicador de residuos sólidos respecto a la generación de residuos no minerales no peligrosos es moderadamente sostenible y sostenible, y el 8.3% (2) restante que no es sostenible y muy sostenible.

Figura 16 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto a la generación de residuos no minerales no peligrosos?

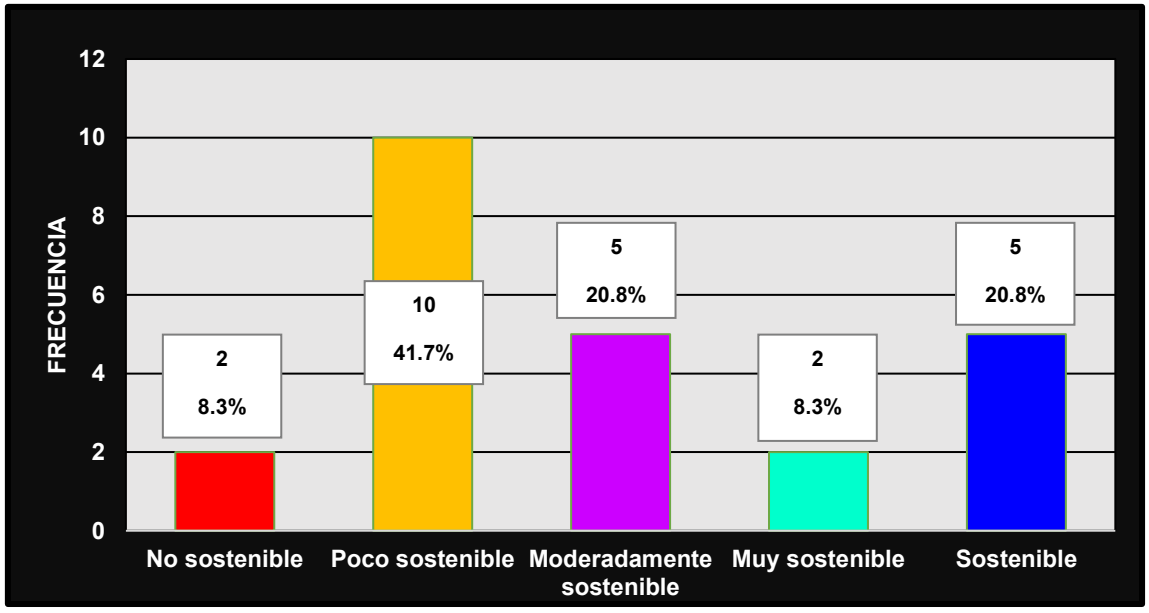


Tabla 22.

¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos minerales?

	Frecuencia	Porcentaje
No sostenible	2	8.3
Moderadamente sostenible	7	29.2
Muy sostenible	9	37.5
Sostenible	6	25.0
Total	24	100.0

Interpretación: De la distribución de frecuencias, se evidencia que para el 37.5 % (9) de los datos recopilados, la eficiencia del indicador de residuos sólidos respecto al aprovechamiento de residuos minerales es muy sostenible, el 29.20% (7) de los datos que la eficiencia del indicador de residuos sólidos respecto al aprovechamiento de residuos minerales es moderadamente sostenible, el 25% (6) restante de la data que la eficiencia del indicador de residuos sólidos respecto al aprovechamiento de residuos minerales es sostenible.

Figura 17 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos minerales?

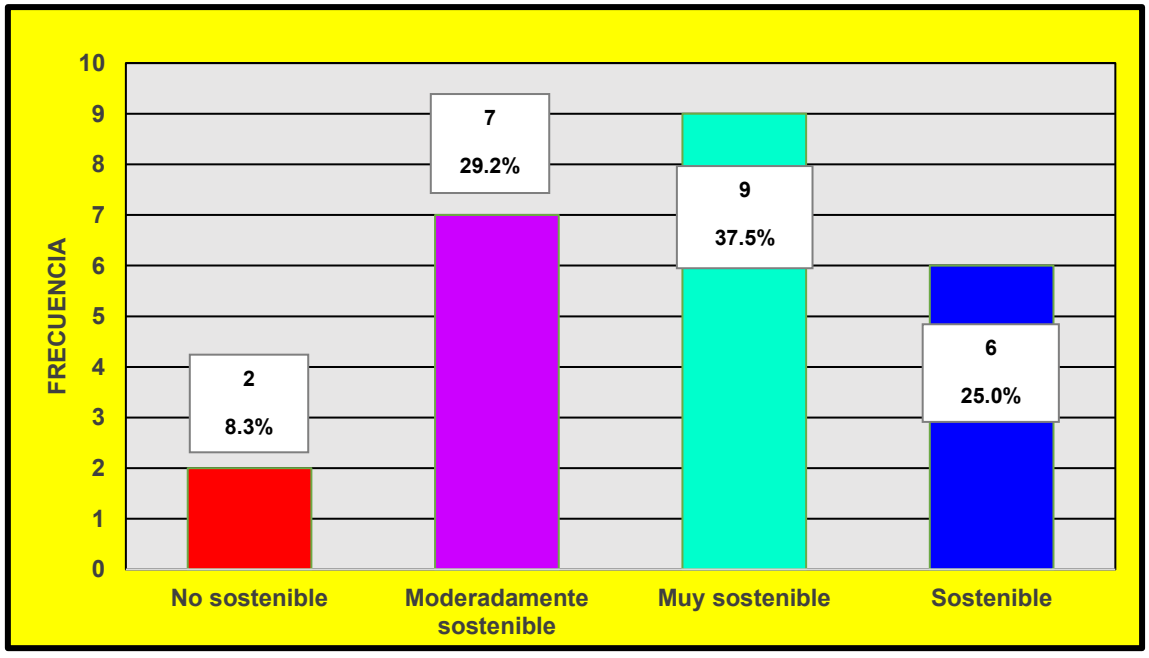


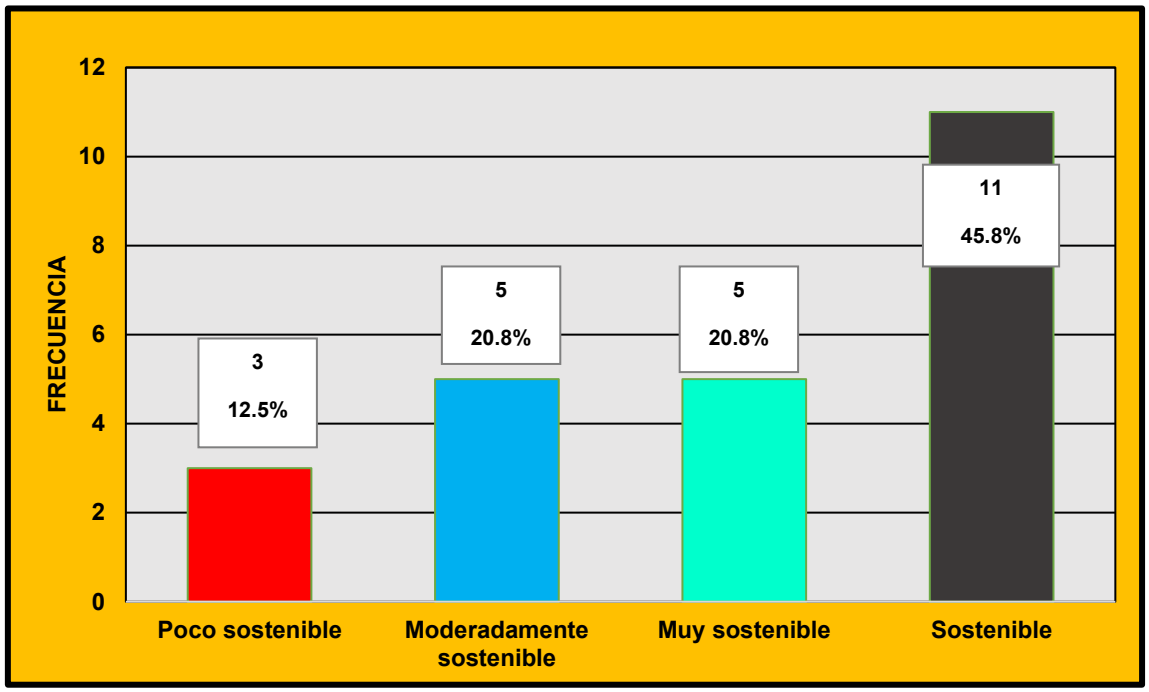
Tabla 23

¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos?

	Frecuencia	Porcentaje
Poco sostenible	3	12.5
Moderadamente sostenible	5	20.8
Muy sostenible	5	20.8
Sostenible	11	45.8
Total	24	100.0

Interpretación: De la distribución de frecuencias, se evidencia que para el 45.8 % (11) de los datos recopilados, la eficiencia del indicador de residuos sólidos respecto al aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos es sostenible, el 29.8% (5) siguiente de los datos que la eficiencia del indicador de residuos sólidos respecto al aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos es moderadamente sostenible y muy sostenible y el 12.5% (3) de la información restante que la eficiencia del indicador de desempeño de residuos sólidos respecto al aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos es poco sostenible.

Figura 18 ¿En qué nivel de eficiencia considera el indicador de desempeño de residuos sólidos de la Unidad Andaychagua respecto al aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos?



Prueba de hipótesis general:

Ha: Los indicadores de agua y residuos sólidos se relacionan con el desempeño ambiental.

Ho: Los indicadores de residuos sólidos y agua no se relacionan con el desempeño ambiental.

- ***Nivel de significancia:*** *(Alfa) al 5 % = 0.05.*
- ***P valor o grado de significancia < alfa; se acepta la*** H_a***.***
- ***P valor o grado de significancia ≥ alfa; se acepta la*** H_o***.***

Tabla 24.

Correlación entre Indicadores de residuos sólidos y agua y desempeño ambiental.

		Indicadores de residuos sólidos y agua	Desempeño ambiental
Indicadores de residuos sólidos y agua	Correlación de Pearson	1	,860
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
Desempeño ambiental	Correlación de Pearson	,860	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

Interpretación: La correlación entre la variable **Indicadores de residuos sólidos y agua** y **Desempeño ambiental** es una correlación positiva considerable según la tabla de correlación Pearson, dando ,860 o un 86 %. Por lo tanto, se observa que la significancia es (0,000 < 0,05); por lo que se acepta la hipótesis de investigación, asimismo se rechaza la hipótesis nula.

Prueba de hipótesis especifica 1:

Ha: Existe relación entre los indicadores de agua y el desempeño ambiental de la actividad minera.

Ho: No existe relación entre los indicadores de agua y el desempeño ambiental de la actividad minera.

- ***Nivel de significancia:*** *(Alfa) al 5 % entonces es 0.05.*
- ***P valor o grado de significancia < alfa; se acepta la*** H_1***.***
- ***P valor o grado de significancia ≥ alfa; se acepta la*** H_o***.***

Tabla 25.

Correlación entre Indicadores de agua y el Desempeño ambiental.

		Indicadores de agua	Desempeño ambiental
Indicadores de agua	Correlación de Pearson	1	,678
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
Desempeño ambiental	Correlación de Pearson	,678	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

Interpretación: La correlación entre la variable **Indicadores de agua** y **Desempeño ambiental** es una correlación positiva media según la tabla de correlación Pearson, dando ,678 o un 67,8 %. Por lo tanto, se observa que la significancia es (0,000 < 0,05); por lo que se acepta la hipótesis de investigación, asimismo se rechaza la hipótesis nula.

Prueba de hipótesis especifica 2:

Ha: Los indicadores de residuos sólidos contribuyen al desempeño ambiental de la actividad minera.
Ho: Los indicadores de residuos sólidos no contribuyen al desempeño ambiental de la actividad minera.

- ***Nivel de significancia:*** *(Alfa) al 5 % entonces es 0.05.*
- ***P valor o grado de significancia < alfa; se acepta la*** H_a***.***
- ***P valor o grado de significancia ≥ alfa; se acepta la*** H_o***.***

Tabla 26.
Correlación entre indicadores de residuos sólidos y desempeño ambiental.

		Indicadores de residuos sólidos	Desempeño ambiental
Indicadores de residuos sólidos	Correlación de Pearson	1	,671
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
Desempeño ambiental	Correlación de Pearson	,671	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

Interpretación: La correlación entre la variable **Indicadores de residuos sólidos** y **Desempeño ambiental** es una correlación positiva media según la tabla de correlación Pearson, dando ,671 o un 67,1 %. Por lo tanto, se observa que la significancia es (0,000 < 0,05); por lo que se acepta la hipótesis de investigación, asimismo se rechaza la hipótesis nula.

CAPITULO VI. DISCUSIONES

En la presente investigación se pudo verificar de manera contundente, los objetivos planteados, el cual fue determinar el grado de correlación de los indicadores de residuos sólidos y agua en el desempeño ambiental de la actividad minera.

De esta manera obteniendo los siguientes resultados: el coeficiente de Pearson resultante de la variable desempeño ambiental e indicadores de agua y residuos sólidos fue de r= ,860 a un nivel de significancia de 0,000 < 0,05; siendo de esta manera una correlación positiva considerable, pudiendo aceptar la hipótesis de investigación y por ende rechazar la hipótesis nula.

Del mismo modo para el objetivo 1, el coeficiente de Pearson resultante de la variable indicador de agua y desempeño ambiental fue de r= ,678 a un nivel de significancia de 0,000 < 0,05 siendo de esta manera una correlación positiva media, pudiendo aceptar la hipótesis de investigación y por ende rechazar la hipótesis nula. Para el objetivo 2, el coeficiente de Pearson resultante de la variable indicadores de residuos sólidos y desempeño ambiental fue de r= ,671 a un nivel de significancia de 0,000 < 0,05 siendo de esta manera una correlación positiva media, pudiendo aceptar la hipótesis de investigación y por ende rechazar la hipótesis nula.

Por otro lado, se pudo evidenciar estadísticamente que existe relación entre indicadores de residuos sólidos y agua con el desempeño ambiental, se acepta la hipótesis general que me permite concluir que estas dos variables se relacionan entre sí. Pudiéndose demostrar que respecto al consumo de agua unitaria el 41,7 % es muy sostenible; al vertimiento de efluentes el 29,2 % es moderadamente sostenible; generación de residuos minerales el 33,3 % es sostenible; generación de residuos no minerales no peligrosos el 41,7% es poco sostenible; recirculación de agua industrial el 41,7 % es poco sostenible; aprovechamiento de residuos minerales el 37,5 % es muy sostenible y aprovechamiento de residuos sólidos no minerales no peligrosos el 45,8 % es sostenible.

Similares resultados se obtuvieron en el estudio de Díaz (2019) en su artículo “Indicadores ambientales en una minería sostenible” donde se concluye que, en base a los resultados obtenidos del análisis de indicadores ambientales, es necesario que la industria minera opte por el ideal desarrollo sostenible de indicadores ambientales que permitan medir el progreso de una empresa en, asimismo que el uso de esta mejora en la gestión y calidad ambiental de las empresas mineras.

Rivera (2021), en su tesis de investigación titulado “Relación entre el nivel de implementación de un sistema de gestión de riesgos ambientales y los indicadores de desempeño ambiental de la unidad minera Animón 2019” en el cual usó como instrumento de medición encuestas para recopilación de datos de expertos en la materia, analiza la relación significativa existente de los indicadores de desempeño ambiental implementados en esta unidad minera (consumo de agua, vertimiento de agua, generación de residuos peligrosos, consumo de energía) con el SGA basado en 8 Riesgos Críticos Ambientales. Asimismo, tuvo como resultados que el nivel de cumplimiento del SGA y los indicadores de desempeño ambiental de agua (consumo de agua y vertimiento de efluentes por mineral extraído) son mutuamente dependientes concluyendo que los cambios que se puedan hacer en estos indicadores impactarán en el SGA. Asimismo, obtuvo como resultados que los indicadores de residuos sólidos (generación de desmonte, generación de relaves y desechos minerales) son mutuamente dependientes con el nivel de cumplimiento del SGA concluyendo que los cambios que se puedan hacer en estos indicadores impactarán directamente en el SGA; similares resultados se obtuvieron con el indicador de electricidad utilizada.

(Polanco, 2006) en su artículo científico “Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones” donde se evidencia que los indicadores ambientales ayudan a resolver problemas ambientales, en tanto que el desconocimiento de estos conlleva a deficiencias en el sistema. Del mismo modo (Acuña et al. 2016) en su artículo científico “Influencia de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 en las organizaciones: caso estudio empresas manufactureras de Barranquilla” donde se evidencia que los indicadores de productividad y calidad no deben estar desligados de las variables de control ambiental; garantizando así mayor responsabilidad en cada

uno de los eslabones de la cadena productiva. Del mismo modo (Loayza y Silva, 2013) en su artículo científico “Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales” donde se evidencia que el diseño de procesos industriales sostenibles es importante emplear los fundamentos de la Química Verde (con los aportes del concepto de la síntesis ideal), la Ingeniería Verde, la estrategia integrada de la cuna a la cuna y la Biomimética.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES

1. Según los resultados procesados se obtuvo un valor de significancia bilateral de 0.000 < 0.05, donde se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula; afirmando que existe relación significativa entre los indicadores de agua y el desempeño. Los resultados mostraron un valor de la correlación equivalente a 0.678 correspondiente a una correlación positiva media, concluyendo que los cambios que se quieran ejecutar en los indicadores de desempeño ambiental impactarán moderadamente en el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua.

2. Según los resultados procesados se obtuvo un valor de significancia bilateral de 0.000 < 0.05; donde se puede aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula; pudiendo afirmar que existe relación significativa entre los indicadores de residuos sólidos y el desempeño ambiental de la actividad minera. El valor de la correlación obtenido es de 0.671 que es correspondiente a una correlación positiva media, concluyendo que cualquier cambio que se quieran ejecutar en los indicadores de residuos sólidos impactará moderadamente en el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua.

3. Los resultados obtenidos muestran, que el valor de significancia bilateral es 0.000 < 0.05, donde se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula; afirmando que existe relación significativa entre los indicadores de residuos sólidos y agua con el desempeño ambiental. El valor de la correlación obtenida es igual a 0.860 lo que es corresponde a una correlación positiva considerable, concluyendo que al ejecutar cambios en los indicadores de residuos sólidos impactará considerablemente en el desempeño ambiental de la Unidad Minera Andaychagua.

CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES

1. El desempeño ambiental en la actividad minera requiere de un adecuado manejo de los indicadores ambientales, con el propósito fundamental de proporcionar información que respalde la toma de decisiones y la implementación de acciones destinados a mejorar sus actividades enmarcándolas en el camino de la sostenibilidad.

2. Gestionar el agua de forma sostenible para contribuir en las operaciones de la Unidad Minera Andaychagua, aumento en la recirculación del agua tratada, disminución en vertimiento de agua industrial y consumo racional de este recurso.

3. Disminuir la cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios, aumentar el reúso de residuos, generar compost a partir de residuos orgánicos, aumentar convenios con instituciones para reciclaje de residuos aprovechables y disminuir en la generación per-cápita.

Referencias bibliográficas

Asto, W. H., & Artica, K. W. (2018). Indicadores de desempeño ambiental en la pequeña Minería Concesión Minera Albertino, Compañía Nacional de Mármoles S.A. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Balboa C, C., & Dominguez Somonte, M. (2104). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. *Informador Técnico Colombia, 78*.

Barragan Martinez, Y. C., & Barragan Vargas , M. I. (2017). *Economía Circular y Desarrollo Sostenible: Retos y Oportunidades de la Ingeniería Ambiental.* Milagro, Ecuador.

Benavides Ganoza, R. (2012). *La Minería Responsable y sus Aportes al Desarrollo del Perú.* Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Obtenido de http://www.mzweb.com.br/bvn/La_Mineria_Responsable_y_sus_Aportes_al_Desarrollo_del_Peru_Por_Roque_Benavides_Ganoza.pdf

Bermejo Gomez de Segura, R. (2014). Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis. (Hegoa, Ed.) *Instituto de Estudios sobre el Desarrollo y Cooperación Internacional*.

Carpio, E., Angulo, L., & Rosado, L. (2008). Diseño de un sistema de indicadores ambientales para minería del carbón en Colombia. *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Cesar, 6*(1).

Compañía Minera Antapaccay S.A. (2016). *Cuarto informe técnico sustentatorio-U.M. Antapaccay Expansión Tintaya: componentes inicio operación zona norte.* Lima: Antapaccay.

Damonte, G., Godfrid, J., & López, A. (2020). *Minería, escasez hídrica y la ausencia de una planificación colaborativa.* Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).

Díaz, J. (2019). Indicadores ambientales en una minería sostenible. *Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG - UNMSM, 22*(43), 37-44.

Rivera, L. (2021). Relación entre el nivel de implementación de un sistema de gestión de riesgos ambientales y los indicadores de desempeño ambiental de la unidad minera Animón 2019. Universidad Nacional de Ingeniería.

D'Onofrio Crestani, A., Guzmán Niño de Guzmán, S. M., Mori Rivera, M. E., & Sanjinez Mena, G. G. (2015). *Planeamiento Estratégico de la Extracción de Cobre con Enfoque de Economía Circular.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14888/D'ONOFRIO_MORI_PLANEAMIENTO_COBRE.pdf?sequence=1.

Ego Aguirre & Smuda S.A.C. (2017). *Resumen Ejecutivo - Modificación del EIA en relación al Proyecto de Ampliación de la Planta Concentradora Andaychagua - Plan Integral para la Implementación de LMP de Descarga de Efluentes Minero Metalúrgicos y Adecuación a los ECA para Agua - Año 2017.* Lima: Volcan Compañía Minera S.A.A. Obtenido de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Resumen%20Ejecutivo%20Andaychagua.pdf.

Ellen Macarthur Foundation. (2014). *Hacia una economía circular.* Obtenido de https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_Spanish_exec_pages-Revise.pdf.

Environmental Protection Agency. (2019). *Cómo manejar sus residuos peligrosos: Una Guía para la pequeña empresa.* EPA.

Hao, L., Ji, X. & Zhang, Y. (2012). Analyses of Japanese Circular Economy Mode And its inspiration significance for China. Advances in Asian Social Science, 3(4), 725-730. Recuperado de http://www.worldsciencepublisher.org/journals/index.php/AASS/article/view/1002.

Hudbay. (2018). *Memoria Anual y de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) 2018.* Lima: HUDBAY PERU SAC.

INEI. (2017). *Censo de Población y de Vivienda .* Lima: INEI.

Internacional Council on Mining & Metals. (s.f.). *Guía práctica para la gestión del agua en áreas de captación para la industria minera y metalúrgica.*

ISO. (1999). *Norma Internacional ISO 14031 Gestión ambiental - Evaluación del desempeño ambiental - Directrices.* Ginebra: Secretaría General de ISO.

Marcet, X., Marcet, M., & Vergés, F. (2018). *Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio.* Barcelona: Asociación Pacto Industrial de la Región Metropolitana de Barcelona.

Montero Peña, J. (2019). The Indicators of Sustainability and the Approaches to Measure Sustainable Development. 10.

Pardavé Livia, W. (2015). *Estrategias Ambientales de las 3R a las 10R.* Bogotá: ECOE EDICIONES. Obtenido de https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2015/07/Estrategias-ambientales-de-las-3R-a-las-10-R-1ra-Edici%C3%B3n.pdf

Polanco, Camilo (2006). Indicadores ambientales y modelos internacionales para la toma de decisiones. Gestión y Ambiente, 9(2), 27-41. ISSN: 0124-177X. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169420986007

Vallejo, O., & Guardado, R. (2000). Propuesta de Indicadores Ambientales Sectoriales para el territorio de MOA. *Mineria y Geologia, XVII*(3-4).

Volcan Compañía Minera SAA. (2020). *Reporte de Sostenibilidad Volcan 2020.* Lima.

Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago

ANEXOS

Ficha de validación de instrumento de recojo de información

Juicio de expertos

I. Datos Informativos

Apellido y nombre del informante	Especialidad de evaluador (a)	Cargo o institución donde labora	Nombre de instrumento de evaluación	Autor (a) del instrumento
Dr. Msc. Ing. Alberto Huiman Cruz	Residuos sólidos	Gerente General	Encuesta	Bach. Erick Jerson Tiraccaya García

Título: "Evaluación del desempeño ambiental con indi+cadores de residuos sólidos y agua en la Unidad Minera Andaychagua 2020 - 2021, distrito de Huay Huay, región Junín"

II. Aspectos de validación

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20%)	Regular (21-40%)	Buena (21-60%)	Muy buena (61-80%)	Excelente (81-100%)
1. **Claridad**	Está formulado con lenguaje apropiado			X		
2. **Objetividad**	Está expresado en conductas observables.			X		
3. **Actualidad**	Adecuado de la ciencia y la tecnología.				X	
4. **Organización**	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica.				X	
5. **Suficiencia**	Comprende aspecto, cantidad y calidad.				X	
6. **Intencionalidad**	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
7. **Consistencia**	Basado en aspectos teórico científicos.				X	
8. **Coherencia**	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9. **Metodología**	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10. **Pertinencia**	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	

III. Opinión de aplicación

Aplicable [X]	Aplicable después de corregir [ ]	No aplicable [ ]

IV. Promedios de validación

Cuidad universitaria, marzo 23 de 2022	41459167		+51988177806

Lugar y fecha	DNI	Firma del experto	Teléfono

Cuidad universitaria, marzo 23 de 2022

Juicio de expertos (Ing. María Elena Cieza Calderón)

I. Datos Informativos

Apellido y nombre del informante	Especialidad de evaluador (a)	Cargo o institución donde labora	Nombre de instrumento de evaluación	Autor (a) del instrumento
María Elena Cieza Calderón	Residuos sólidos	Ing. Ambiental	Encuesta	Bach. Erick Jerson Tiraccaya García

Título: "Evaluación del desempeño ambiental con indicadores de residuos sólidos y agua en la Unidad Minera Andaychagua 2020 - 2021, distrito de Huay Huay, región Junín"

II. Aspectos de validación

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20%)	Regular (21-40%)	Buena (21-60%)	Muy buena (61-80%)	Excelente (81-100%)
11. **Claridad**	Está formulado con lenguaje apropiado				X	
12. **Objetividad**	Está expresado en conductas observables.				X	
13. **Actualidad**	Adecuado de la ciencia y la tecnología.				X	
14. **Organización**	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica.				X	
15. **Suficiencia**	Comprende aspecto, cantidad y calidad.				X	
16. **Intencionalidad**	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
17. **Consistencia**	Basado en aspectos teórico-científicos.				X	
18. **Coherencia**	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
19. **Metodología**	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
20. **Pertinencia**	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	

III. Opinión de aplicación

Aplicable [X]	Aplicable después de corregir [ ]	No aplicable [ ]

IV. Promedios de validación

Cuidad universitaria, marzo 23 de 2022	45123106		+51997595184

Lugar y fecha	DNI	Firma del experto	Teléfono

Cuidad universitaria, marzo 23 de 2022

Juicio de expertos (Ing. Edith Karina Huanca Flores)

I. Datos Informativos

Apellido y nombre del informante	Especialidad de evaluador (a)	Cargo o institución donde labora	Nombre de instrumento de evaluación	Autor (a) del instrumento
Edith Karina Huanca Flores	Residuos sólidos	Analista en Evaluación de Residuos Sólidos	Encuesta	Bach. Erick Jerson Tiraccaya García

Título: "Evaluación del desempeño ambiental con indicadores de residuos sólidos y agua en la Unidad Minera Andaychagua 2020 - 2021, distrito de Huay Huay, región Junín"

II. Aspectos de validación

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20%)	Regular (21-40%)	Buena (21-60%)	Muy buena (61-80%)	Excelente (81-100%)
21. **Claridad**	Está formulado con lenguaje apropiado			X		
22. **Objetividad**	Está expresado en conductas observables.			X		
23. **Actualidad**	Adecuado de la ciencia y la tecnología.				X	
24. **Organización**	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica.				X	
25. **Suficiencia**	Comprende aspecto, cantidad y calidad.			X		
26. **Intencionalidad**	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias			X		
27. **Consistencia**	Basado en aspectos teórico científicos.			X		
28. **Coherencia**	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
29. **Metodología**	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
30. **Pertinencia**	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	

III. Opinión de aplicación

Aplicable [X]	Aplicable después de corregir [ ]	No aplicable [ ]

IV. Promedios de validación

Lugar y fecha	DNI	Firma del experto	Teléfono
Cuidad universitaria, marzo 28 de 2022	44036980		+51942464079

Cuidad universitaria, marzo 28 de 2022

Ciudad universitaria, marzo 23 de 2022

Señor (a):

Alberto Huiman Cruz

Docente de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Presente:

Asunto: Validación de instrumento.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. Para saludarlo cordialmente y al mismo tiempo hacer de su conocimiento que me encuentro realizando la investigación científica sobre el tema:

"Evaluación del desempeño ambiental con indicadores de residuos sólidos y agua en una Unidad Minera 2020 - 2021, distrito de Huay Huay, región Junín"

Como especialista en investigación científica con amplia experiencia en el tema. Solicito su colaboración para que emita su opinión sobre los instrumentos de recolección de datos adjuntos, a fin de calcular indicadores subjetivos de validez, calificando elementos por elementos a partir de sus puntuaciones con la respectiva escala de respuesta.

Mucho apreciaré puede evaluar el referido adjunto lo siguiente:

1. El informe de validación, cuyo aspecto se servirá absolver.
2. La matriz de consistencia (cuyo comportamiento se busca medir) y otros aspectos que pueda ilustrar el sentido de la investigación.
3. Instrumento de recojo de información.

Agradezco a Ud. la atención, la presente como también deseo expresarle la consideración más distinguida.

Atentamente,

Firma del estudiante

Ciudad universitaria, marzo 23 de 2022

Señor (a):

Msc. Ing. María Elena Cieza Calderón

Presente:

Asunto: Aplicación de instrumento de recojo de información.

Yo, Erick Tiraccaya Garcia egresado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, escuela Profesional de Ingeniería Ambiental en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Identificado con DNI N° 72890256: Solicito a usted se me otorgue el permiso respectivo para realiza el recojo de información para la realización de la investigación de la tesis de grado en Ingeniería Ambiental, titulada:

"Evaluación del desempeño ambiental con indicadores de residuos sólidos y agua en una Unidad Minera 2020 - 2021, distrito de Huay Huay, región Junín"

Para lo cual solicito fecha para realizar la aplicación de esta.

Por la atención que la presente merezca le expreso mi agradecimiento personal.

Atentamente,

Firma del estudiante

Ciudad universitaria, marzo 23 de 2022

Señor (a):

Msc. Ing. Edith Karina Huanca Flores

Presente:

Asunto: Aplicación de instrumento de recojo de información.

Yo, Erick Tiraccaya Garcia egresado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, escuela Profesional de Ingeniería Ambiental en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Identificado con DNI N° 72890256: Solicito a usted se me otorgue el permiso respectivo para realiza el recojo de información para la realización de la investigación de la tesis de grado en Ingeniería Ambiental, titulada:

"Evaluación del desempeño ambiental con indicadores de residuos sólidos y agua en una Unidad Minera 2020 - 2021, distrito de Huay Huay, región Junín"

Para lo cual solicito fecha para realizar la aplicación de esta.

Por la atención que la presente merezca le expreso mi agradecimiento personal.

Atentamente,

Firma del estudiante