

ESCUELA DE POSGRADO NEWMAN

MAESTRÍA EN
GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL



“Elaboración de una propuesta de mejora de la gestión de residuos en la minería artesanal de oro en la provincia de Napo - Ecuador”

**Trabajo de Investigación
para optar el Grado a Nombre de la Nación de:**

Maestro en
Gestión Minera y Ambiental

Autor:

Bach. Ledesma Bastidas Diego Natan

Docente Guía:

Mag. Espinoza Villalobos Luis Enrique

TACNA – PERÚ

2022

“El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad del (los) autor (es)”

Ledesma Bastidas Diego Natan

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.epneumann.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

Submitted to Universidad Internacional de la Rioja

Trabajo del estudiante

2%

3

apps.who.int

Fuente de Internet

1%

4

www.minambiente.gov.co

Fuente de Internet

1%

5

cesed.uniandes.edu.co

Fuente de Internet

<1%

6

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

www.iisd.org

Fuente de Internet

<1%

8

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

9

www.researchgate.net

Fuente de Internet

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I.....	11
1.1 Título del Tema.....	11
1.2 Planteamiento del Problema.....	11
1.3. Objetivos.....	12
1.3.1. Objetivo general.....	12
1.3.2. Objetivos específicos.....	12
1.4. Justificación.....	13
1.4.1. Teórica.....	13
1.4.2. Metodológica.....	13
1.4.3. Práctica.....	13
1.5. Metodología.....	14
1.5.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
1.5.2. Población y muestra.....	15
1.5.3. Técnicas e instrumentos.....	16
1.5.4. Tratamiento y procesamiento de la información.....	17
1.5.5. Análisis e interpretación de datos.....	17
1.5 Definiciones.....	18
1.6 Alcances y Limitaciones.....	18
1.6.1. Geográficas.....	18
1.6.2. Temporales.....	18
CAPÍTULO II.....	19
2.1. Gestión de Residuos Sólidos.....	19
2.1.1. Etapas de la Gestión de Residuos Sólidos.....	21
2.1.2. Importancia de la Gestión de Residuos Sólidos.....	24
2.1.3. Objetivos de la Gestión de Residuos Sólidos Mineros.....	26
2.1.4. Modelos de Mejora de la Gestión de Residuos de minería de oro.....	28
2.2. Minería artesanal de oro.....	30
2.2.1. Métodos de explotación artesanal de Oro.....	33
2.2.2. Residuos de minería artesanal de oro.....	33
2.2.2. Clasificación de los residuos de minería de oro.....	35
2.2.3. Impactos sociales y en la salud de los residuos de minería de oro.....	40
2.2.4. Impactos ambientales de los residuos de minería de oro.....	42
2.3. Análisis comparativo.....	45
2.4. Análisis crítico.....	46

CAPÍTULO III	48
3.1. Reseña histórica	49
3.2. Filosofía organizacional	49
3.2.1. Misión	49
3.2.2. Visión	49
3.2.3. Valores	50
3.3. Diseño organizacional	50
3.4. Productos y/o servicios	51
3.5. Diagnóstico organizacional	52
3.6. Marco legal	53
3.6.1. Instituciones	53
3.6.2. Leyes	55
CAPÍTULO IV	57
4.1. Diagnóstico	57
4.1.1. Observación en el sitio	57
4.1.2. Entrevistas	60
4.1.3. Encuestas	61
4.2. Diseño de la Mejora	64
4.3 Descripción de las Etapas	65
4.4. Mecanismos de Control	76
4.4 Resultados esperados	80
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	17
<i>Instrumentos utilizados para la recolección de información.</i>	17
Tabla 2.....	32
<i>Categoría de la actividad minera de oro</i>	32
Tabla 3.....	41
<i>Impactos sociales y en la salud asociados a la minería artesanal de oro.</i>	41
Tabla 4.....	46
<i>Comparativa de las definiciones de Gestión de Residuos Sólidos.</i>	46
Tabla 5.....	57
<i>Observaciones realizadas en la Comunidad Yutzupino</i>	57
Tabla 5 (continuación).....	58
Tabla 6.....	60
<i>Entrevista a mineros artesanales en la Comunidad Yutzupino.</i>	60
Tabla 7.....	61
<i>Respuestas a la encuesta realizada a mineros</i>	61
Tabla 8.....	64
<i>Residuos sólidos generados en la empresa Sinchikuy.</i>	64
Tabla 9.....	65
<i>Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos</i>	65
Tabla 10.....	66
<i>Especificaciones de la formación del personal</i>	66
Tabla 11.....	67
<i>Contenido programático de la Formación del Personal.</i>	67
Tabla 12.....	67
<i>Cronograma de Formación del Personal.</i>	67
Tabla 13.....	68
<i>Especificaciones del cambio de tecnología.</i>	68
Tabla 14.....	69
<i>Cronograma para implementar el cambio de tecnología.</i>	69
Tabla 15.....	69
<i>Especificaciones de la legalización de la empresa</i>	69
Tabla 16.....	70
<i>Cronograma para Legalización de la empresa.</i>	70
Tabla 17.....	71
<i>Especificaciones para la asociación con otras empresas y organizaciones del sector</i>	71
Tabla 18.....	71
<i>Cronograma para Asociación con otras empresas y organizaciones del sector.</i>	71
Tabla 19.....	72
<i>Especificaciones para la valorización de los residuos.</i>	72
Tabla 20.....	73
<i>Cronograma para la valorización de los residuos.</i>	73
Tabla 21.....	74
<i>Especificaciones para el plan de cierre de la explotación</i>	74
Tabla 22.....	74
<i>Cronograma para el plan de cierre de la explotación.</i>	74
Tabla 23.....	75
<i>Especificaciones para el plan para una adecuada disposición final de los residuos.</i>	75
Tabla 24.....	76
<i>Cronograma para la Disposición final.</i>	76

Tabla 25.....	77
<i>Matriz de mecanismos de Control</i>	77
Tabla 26.....	78
Formato para el registro de Controles	78
Tabla 27.....	79
Cronograma general	79
Tabla 28.....	80
<i>Presupuesto estimado</i>	81
Tabla 29.....	81
<i>Resultados esperados</i>	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	21
<i>Jerarquía de una Gestión de Residuos</i>	22
Figura 2	24
<i>Etapas de la Gestión de residuos sólidos</i>	24
Figura 3	37
<i>Mineros artesanales con pilas de arena a su alrededor.</i>	37
Figura 4	40
<i>Emisión de mercurio al ambiente durante los tratamientos de la amalgama</i>	40
Figura 5	51
<i>Estructura organizativa de la empresa minera Sinchikuy</i>	51
Figura 6	52
<i>Análisis FODA de la minera artesanal Sinchikuy</i>	52
Figura 7	54
<i>Organigrama de la gestión gubernamental de la minería en Ecuador</i>	54
Figura 8	59
<i>Diagrama de proceso de la empresa Sinchikuy</i>	59
Figura 9	62
<i>Respuestas de la encuesta realizada a mineros</i>	62
Figura 10	82
<i>Diagrama de proceso esperado de la empresa Sinchikuy</i>	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	92
Anexo 2	93
Anexo 3	94
Anexo 4	95
Anexo 5	96
Anexo 6	97

RESUMEN

La minería artesanal de oro aluvial en nuestro país se desarrolla principalmente en riberas de ríos, trayendo consigo una serie de impactos en el ambiente que no se pueden catalogar más que negativos, entre los cuales se cuentan la deforestación de los bosques primarios, el establecimiento de comunidades sin los servicios de saneamiento y la generación de efluentes, emisiones atmosféricas y residuos sólidos contaminantes. Por lo cual, se realizó una observación en el sitio, entrevistas y encuestas, y con la información recabada se elaboró una matriz FODA y se organizaron los resultados en tablas y gráficos de barra. Se logró realizar el diagnóstico de la gestión actual determinándose que la misma era ineficiente, de manera que, se diseñó y propuso una mejora en la gestión de residuos de una empresa de minería artesanal de oro de Napo – Ecuador, y se establecieron métricas e indicadores para el control del desarrollo de las propuestas de mejora de gestión de residuos sólidos en la empresa de Minería artesanal de oro. El presupuesto estimado de la propuesta de mejora obteniendo una cifra de 13.495 \$ y el tiempo estimado para la implementación de la propuesta de mejora, según el cronograma es de 12 meses.

Palabras clave: Gestión de Residuos Sólidos, Minería artesanal de oro, Residuos de Minería.

ABSTRACT

Artisanal alluvial gold mining in our country is carried out mainly on riverbanks, bringing with it a series of impacts on the environment that can only be classified as negative, among which are the deforestation of the primary forest, the establishment of without sanitation services, generation of effluents, atmospheric emissions and solid waste. Therefore, an observation was carried out on the site, interviews and surveys and with the information collected a SWOT matrix was elaborated and the results were organized in tables and bar graphs. It was possible to carry out the diagnosis of the current management, determining that it was inefficient, so that an improvement in the waste management of an artisanal gold mining company in Napo - Ecuador was designed and proposed, and metrics and indicators were established for control of the development of proposals for improving solid waste management in the artisanal gold mining company. The estimated budget of the improvement proposal, obtaining a figure of \$13,495 and the estimated time for the implementation of the improvement proposal, according to the schedule, is 12 months.

Keywords: Solid Waste Management, Artisanal Gold Mining, Mining Waste.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos ancestrales, ha existido en Ecuador la minería de oro como medio de subsistencia para quienes la practican, ejecutándose de manera artesanal con instrumentos manuales, con los cuales se extraen pocas cantidades del metal y obteniendo apenas ganancias para el sustento familiar.

Pero, lamentablemente esta actividad trae consigo una serie de impactos negativos al ambiente, que perjudican no solo el ecosistema, sino la salud y vida de las comunidades cercanas a la extracción minera. Estos impactos ambientales son causados principalmente por la excavación, la deforestación y la generación de residuos sólidos propios de la actividad, que contienen gran cantidad de químicos altamente tóxicos y perjudiciales.

De allí que, se hace urgente y necesario la implementación de una Gestión de Residuos Sólidos de minería eficiente, que permita el adecuado manejo y disposición de estos residuos, así como la formación y capacitación de todos los involucrados en el proceso de explotación minera.

Por lo cual, en el Capítulo I, se plantean los antecedentes del estudio, el planteamiento del problema, así como la justificación y objetivos del mismo. Adicionalmente, se plantea la metodología que se aplicará en el desarrollo de la investigación, algunas definiciones importantes, los alcances y las limitaciones del estudio.

Seguidamente, en el Capítulo II se presenta información conceptual de los tópicos relevantes del estudio, así como su importancia y los análisis comparativos y críticos de las mismas.

El tercer Capítulo, muestra las características generales del área donde se centra la investigación, la cual se presenta de una manera que va desde la descripción nacional, hasta la región específica donde se encuentran las actividades mineras. Además, se incluye en este capítulo el marco legal que regula esta actividad en el país.

Se presenta en el Capítulo IV, el diagnóstico de la problemática estudiada, elaborado a partir de la información obtenida y mostrada en tablas y gráficos de barra, así como también la propuesta de mejora de la Gestión de Residuos y los mecanismos para su control y seguimiento.

Finalmente, se plantean las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los resultados obtenidos y al cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación.

CAPÍTULO I

Antecedentes del Estudio

1.1 Título del Tema

Elaboración de una propuesta de mejora de la gestión de residuos en la minería artesanal de oro en la provincia de Napo - Ecuador.

1.2 Planteamiento del Problema

En los pueblos originarios del Ecuador la minería de oro se encuentra profundamente enraizada puesto que ha sido una labor tradicional para su subsistencia desde hace más de un siglo. Esta ha sido ejecutada utilizando principalmente instrumentos manuales, de manera que se ha definido como minería artesanal y está básicamente asentada en el trabajo familiar, extrayendo cantidades muy bajas del mineral, logrando obtener ganancias que solo sirven para mantener la economía de la familia (Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible [MMSD], 2002).

Actualmente, la minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) de oro en nuestro país se desarrolla principalmente en cinco zonas, y en estas se han identificado 25 lugares mineros (Ministerio del Ambiente, 2020). Estas actividades de extracción minera identificadas se desarrollan tanto de manera primaria en galerías, como de manera aluvial en riberas de ríos (Ministerio del Ambiente, 2020).

A partir del aumento de la extracción artesanal de oro en el río Napo en la década de los 80, se han suscitado una serie de impactos en el ambiente que no se pueden catalogar más que negativos (MMSD, 2002).

Entre los principales problemas ambientales que acarrea la minería artesanal de oro se cuentan la deforestación del bosque primario, el establecimiento de

comunidades sin los servicios de saneamiento, manejo de efluentes y de residuos, la cianuración, el uso de mercurio en el proceso de amalgamación y la descarga en ríos y quebradas de escombros, colas y arenas de relave cargados de metales, sulfatos y sulfuros (MMSD, 2002).

De allí que, se hace necesario la elaboración de una gestión de residuos eficiente para ser aplicada en las zonas de explotación minera artesanal de oro en la provincia de Napo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de mejora de la gestión de residuos en la minería artesanal de oro en la provincia de Napo - Ecuador.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico de la actual gestión de residuos en la minería artesanal de oro de Napo – Ecuador.
2. Diseñar una propuesta de mejora del sistema de gestión de residuos de la minería artesanal de oro en Napo – Ecuador.
3. Establecer mecanismos de seguimiento y control de la propuesta diseñada.

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

Según Espinoza (2016), una gestión de residuos eficiente contribuye no solamente a cambiar la conducta y hábitos de los diferentes participantes de la actividad minera artesanal de oro, sino que también hace importantes aportes a la tecnología, al ordenar procesos y tecnificar las prácticas de extracción, permitiendo la aplicación de la misma en diferentes zonas mineras. De allí que, una propuesta de mejora de gestión de residuos en la minería artesanal de Napo – Ecuador, puede ser fundamentada en los resultados que se lograrán con el diagnóstico y la mejora de la gestión actual, así como también, en el desarrollo de buenas prácticas, tanto de carácter operativo, como ambiental.

1.4.2. Metodológica

Por lo cual, resulta necesario el diagnóstico de los procedimientos actuales y de sus deficiencias, a través del desarrollo de entrevistas, observaciones minuciosas y la aplicación de instrumentos y encuestas, para de esta manera recolectar la información requerida, y se pueda presentar posteriormente una propuesta de mejora que aporte nuevos conocimientos en el manejo de los residuos producidos en la minería artesanal de oro y sistematice los procedimientos de esta extracción minera (Valdivia, 2021).

1.4.3. Práctica

Además, la minería artesanal de oro al ser aplicada indiscriminadamente y sin control acarrea impactos ambientales negativos al utilizar componentes hídricos del ecosistema como ríos, lagunas y pantanos, los cuales son severamente afectados con los químicos usados para la separación del metal (PNUD, 2021, p. 23). Sumado a

esto, en los proyectos mineros de explotación artesanal se descartan materiales sólidos finos llamados relaves, de composición variada, que, unido a la contaminación química de las aguas, traen consecuencias a la biodiversidad del ambiente y a las personas (Espín *et al*, 2017, p. 5).

Por lo tanto, resulta inminente la implementación de una gestión de residuos eficiente para minimizar estos impactos.

1.5. Metodología

Para realizar la propuesta de mejora de la gestión de residuos, inicialmente se realizará una revisión bibliográfica exhaustiva de investigaciones, estadísticas gubernamentales y de otros organismos nacionales e internacionales, con el fin de hacer un diagnóstico previo de la situación; luego se procederá a realizar una observación en el sitio, además de entrevistas y encuestas a mineros artesanales y habitantes de la zona en estudio; las preguntas en estos instrumentos serán claras, cortas y fáciles de entender de manera que los colaboradores no se aburran y pierdan interés en participar. Los datos obtenidos serán ordenados y tabulados para su interpretación, y los resultados se presentarán en tablas y diagramas de barra. Con esa información se identificarán las debilidades, los problemas y las necesidades, y se procederá a elaborar el diseño de la propuesta de mejora de la Gestión de Residuos por etapas, según la jerarquía de la gestión de residuos sólidos, que traiga respuestas y oriente acerca de las acciones correctivas a seguir, así como también los mecanismos de control y seguimiento.

Por lo cual, esta propuesta de mejora de la gestión de residuos está planteada para ser desarrollada utilizando una metodología descriptiva, observacional y prospectiva, puesto que de esta manera no se interviene, ni se manipulan los factores

del estudio, simplemente se observa, se mide, se analiza para finalmente dar respuesta a las interrogantes, en este caso específico realizar la propuesta de mejora (García S., 2017, p. 3).

1.5.1. Tipo y diseño de investigación

1.5.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicable, ya que estará basada en diferentes investigaciones acerca de la gestión de residuos en la minería artesanal de oro en Napo – Ecuador. Por otra parte, es transversal, puesto que estará enfocada en un lapso de tiempo comprendido entre cinco meses, para realizar el diagnóstico de los diferentes elementos involucrados en el manejo de los residuos mineros.

1.5.1.2. Diseño de la investigación

El estudio es de tipo no probabilístico, puesto que no se aplicará ninguna ecuación o fórmula para determinar la muestra de estudio.

1.5.2. Población y muestra

1.5.2.1. Población

La población en estudio serán los mineros artesanales de oro presentes en Napo.

1.5.2.2. Muestra

La muestra estará constituida por 15 mineros artesanales de oro, los cuales serán seleccionados por la facilidad de ubicación y acceso.

1.5.3. Técnicas e instrumentos

1.5.3.1. Técnicas

Técnica bibliográfica: es la revisión de material bibliográfico que pueda existir, referido a un estudio. Es uno de los principales pasos en el desarrollo de una investigación, además incluye la selección de las diferentes fuentes de información (Garay, 2020).

Observación: según Castellanos (2017), la observación es una técnica de investigación que involucra observar fenómenos, sucesos, casos, objetos, personas, acciones, situaciones, entre otros aspectos, con la finalidad de obtener información necesaria para el desarrollo de una investigación. Por lo tanto, se aplicará una observación directa, de tipo abierta, no participante.

Entrevista: es una técnica muy utilizada en los estudios descriptivos y en las fases de exploración para diseñar instrumentos, y en la investigación cualitativa para recabar datos (Díaz *et al*, 2013). De allí que, se realizarán entrevistas semiestructuradas a mineros artesanales de oro de Napo, con cierto grado de flexibilidad, con el fin de obtener información acorde con los propósitos del estudio.

Encuesta: esta es una técnica usada dentro de un diseño de investigación descriptiva para producir y recoger información de calidad a nivel cualitativo y/o cuantitativo, de manera ordenada (López & Fachelli, 2015). Está se realizará a un grupo de mineros artesanales de Napo, utilizando un cuestionario.

1.5.3.2. Instrumentos

Para abordar los problemas, y además, lograr extraer y recopilar la información se utilizarán los recursos, según la técnica usada, presentados en la

Tabla 1

Instrumentos utilizados para la recolección de información.

Técnica	Instrumento
Técnica bibliográfica	Dispositivo electrónico (computadora).
Observación	Cuaderno de notas, cuadros, dispositivos mecánicos (cámara fotográfica). (Ver Anexo 1).
Entrevista	Cuaderno de notas, cuadros. (Ver Anexo 2).
Encuesta	Cuestionario previamente diseñado. (Ver Anexo 3).

1.5.4. Tratamiento y procesamiento de la información

Técnicas y recolección de datos

La recopilación de datos e información se realizará a través de una revisión bibliográfica, observando a los mineros durante la extracción del mineral, realizando entrevistas y aplicando una encuesta a mineros.

1.5.5. Análisis e interpretación de datos

Una vez recopilada la información y obtenidos los datos, estos se ordenarán en tablas y cuadros, se presentarán en diagramas circulares o de torta para facilitar su análisis e interpretación, y finalmente se realizará el diagnóstico y la propuesta de mejora.

1.5 Definiciones

- **Gestión de residuos sólidos:** se refiere a las actividades de tipo administrativas, técnicas, de planificación, de diseño y evaluación de programas, estrategias y planes en el manejo de forma apropiada de los residuos sólidos de una actividad (Corporación Eléctrica del Ecuador Empresa Pública [CELEC EP], 2012).
- **Minería artesanal de oro:** esta minería se define como la actividad que está caracterizada por ser mayoritariamente un trabajo individual y directo de extracción rudimentaria de oro, con el empleo de equipos sencillos, manuales, y portátiles, a través de técnicas artesanales (Espinoza, 2016).
- **Residuos de minería:** están definidos como todos los sólidos, gases, líquidos y lodos residuales que se producen en una extracción minera, incluyéndose en esta lista los rechazos, los estériles de minas, las colas del proceso, los relaves, las escorias, los escombros y los desmontes (Fernández, 2020).

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1. Geográficas

El presente trabajo estará enfocado geográficamente en la Provincia de Napo, la cual está situada al centro norte del país, en la región amazónica. Específicamente en la Parroquia Puerto Napo, perteneciente al cantón Tena, capital de la Provincia; donde la minería artesanal está principalmente concentrada en el río Yutsupino afluente del río Napo.

1.6.2. Temporales

Este estudio será desarrollado en el lapso de tiempo comprendido entre el segundo y tercer trimestre del año 2022 (abril – septiembre).

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1. Gestión de Residuos Sólidos

Una Gestión de Residuos Sólidos está definida como toda actividad técnica y administrativa, legal y financiera que incluye la planificación, coordinación, diseño, y evaluación de políticas, planes, estrategias y programas de acción en el manejo eficiente de los residuos sólidos (CELEC EP, 2012).

Como se puede observar, una Gestión de Residuos Sólidos incluye en su desarrollo la interacción de actividades administrativas, financieras, legales, de planificación e ingeniería de una manera conjunta para lograr un manejo adecuado de los residuos (Rondón *et al*, 2016).

De manera similar, Tello y otros (2018) establecen que una gestión de residuos sólidos se define como un sistema articulado de diferentes procesos que dependen unos de otros entre sí, entre los cuales se encuentran generalmente:

- a) Separación en la fuente y almacenamiento.
- b) Recolección
- c) Transferencia o transporte
- d) Tratamientos y valorización
- e) Aprovechamiento energético
- f) Disposición final

Además, se propone que cada uno de los procesos mencionados va a requerir un plan para alcanzar las metas y objetivos conforme a los lineamientos y las normativas del país donde se desarrolle la gestión, pero siempre bajo los criterios de sostenibilidad ambiental y económica.

Para lograr los objetivos de la gestión de forma eficiente, es necesaria una planificación específica y pormenorizada que involucre la participación de algunos actores sociales importantes, que logren apropiarse de los objetivos para el correcto desarrollo de las actividades y acciones, y así alcanzar las metas y los indicadores y estos puedan ser cuantificables (Tello y otros, 2018).

Por otro lado, Fernández (2020) plantea que la Gestión de Residuos Sólidos se enfoca principalmente en la prevención, reducción, el tratamiento, la recuperación y la eliminación de los residuos sólidos, considerando la sostenibilidad del proceso y que el mismo no represente un peligro para las personas y el medio ambiente. Siendo todas estas etapas integradas en un proyecto constructivo.

Enfocando la Gestión de Residuos Sólidos a la extracción minera, se define como aquella gestión que incluye exclusivamente los residuos generados como resultado de las actividades de exploración y de explotación de extracciones mineras. Es decir, los desechos o efluentes producidos en operaciones mineras de materiales: rocosos, minerales y metalúrgicos. Estableciendo que los residuos generados en actividades humanas complementarias se gestionarán según las regulaciones específicas para estos (Ministerio de desarrollo productivo, 2021).

De igual manera, se debe considerar en la gestión de residuos de minería, los planes de clausura de las extracciones, de forma que estén orientados a minimizar o eliminar las consecuencias negativas al ambiente.

Según el Ministerio de Desarrollo productivo (2021), la Gestión de Residuos de Minería debe regirse por ciertos principios para su adecuado desarrollo, estos se presentan a continuación:

- Principio preventivo: cuando exista la posibilidad de un peligro, la adopción de medidas preventivas para impedir daños ambientales irreversibles no debe

postergarse por motivos de costos o falta de información científica certera.

- Principio de reducción en la fuente: la generación de residuos en la fuente debe ser reducida lo más posible, tanto en la cantidad producida, como en la peligrosidad y consecuencias negativas de los mismos.
- Principio de cercanía o proximidad: los residuos deben ser eliminados lo más próximo posible de su generación, con el fin de disminuir riesgos en su transporte, salvo que por razones económicas y ambientales deban ser tratados en instalaciones especializadas distantes del lugar donde fueron generados.
- Principio de igualdad generacional: la gestión de residuos debe ser garante de que las generaciones presentes, y también las futuras puedan disfrutar del ambiente.

2.1.1. Etapas de la Gestión de Residuos Sólidos

Teniendo como fundamento el principio de un desarrollo sostenible, una Gestión de Residuos Sólidos en líneas generales, se desarrolla siguiendo el curso de una serie de etapas, según un orden de jerarquía, como lo son la reducción, la reutilización y reciclaje, el tratamiento y la disposición final, pero que se adecuan a las características de cada actividad de producción de residuos (Ver Figura 1). Es decir, que estas etapas se adaptan fácilmente a las particularidades de la extracción minera de metales y a la región geográfica donde esta se desarrolle, garantizando que la explotación no signifique un daño a la salud de los mineros, el medio ambiente y sus recursos hídricos, vegetales y animales (Fernández, 2020).

Figura 1

Jerarquía de una Gestión de Residuos



Nota: Tomada de <http://www.ptolomeo.unam.mx>

A continuación, se presentan las etapas o fases de una Gestión de Residuos Sólidos según lo planteado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible del Gobierno de Argentina (2022), adaptadas a la minería artesanal de oro.

- **Diagnóstico**

En esta primera etapa se busca identificar el estado o situación actual de la Gestión de Residuos Sólidos implementada en la zona en estudio. Para lo cual se consideran aspectos como: Información técnica de la extracción minera (métodos, equipos), información poblacional, educación ambiental de los participantes de la extracción y servicios que se disponen.

- **Generación**

Etapa en la cual se revisa la producción de residuos en la extracción minera, tipo, cantidad, y frecuencia de producción de los mismos.

- **Reducción y reuso**

En esta etapa se trata de aplicar el concepto de Producción Limpia y Consumo Sustentable, para así lograr una transformación significativa de los modelos actuales de producción y consumo, con la utilización responsable de los recursos, previniendo de esta manera la contaminación ambiental.

Además, se trata de lograr la utilización de los recursos tantas veces como sea posible, antes de descartarlos de manera definitiva.

- **Separación en la fuente**

Esta fase es fundamental en la Gestión de Residuos Sólidos, pues se deben separar selectivamente los residuos en la etapa del proceso de extracción minera en la cual se generan, para que luego puedan iniciar las actividades conducentes a su gestión.

- **Recolección, transporte y transferencia**

Esta etapa consiste en trasladar los residuos entre los diferentes lugares donde se desarrolle la gestión, y va a depender del tratamiento final que se le dará a los residuos, así como también el lugar del mismo.

- **Tratamiento**

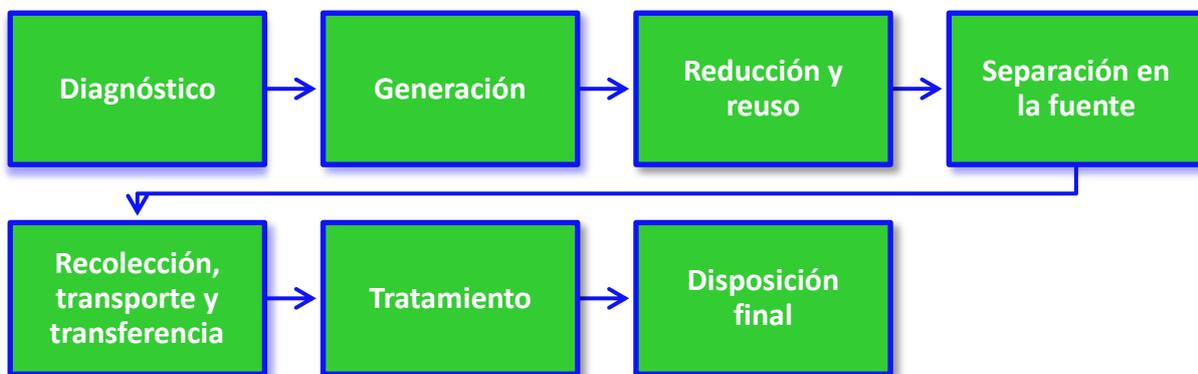
Los residuos en esta etapa, son sometidos a tratamientos de acuerdo a su naturaleza y composición, bien sea para posterior utilización o para su disposición final.

- **Disposición final**

Esta es la última etapa en el manejo de los residuos, se trata de la aplicación de un conjunto de operaciones que tienen como propósito depositar de manera permanente los residuos de la minería, producto del rechazo inevitable a causa de que carecen de valor(Ver Figura 2).

Figura 2

Etapas de la Gestión de residuos sólidos



2.1.2. Importancia de la Gestión de Residuos Sólidos

Según plantea Lozada (2016), en un trabajo titulado “Opciones para una minería de oro que cumpla con las normas ambientales, en la Guayana venezolana”, debido a que la minería de oro es una explotación que causa alto impacto ambiental en cualquiera de sus tipos, y que en la actualidad, es social y económicamente inviable su prohibición definitiva, una adecuada Gestión de Residuos Sólidos de Minería resulta ser la vía más pertinente para que estas explotaciones puedan cumplir con la normativa legal ambiental vigente y así evitar que continúen ocurriendo daños graves al ambiente (Lozada, 2016).

De igual manera, Lozada (2016), en este estudio resalta que toda extracción que traiga perjuicios en el ambiente o en las personas, debe ser obligada a cumplir con un mecanismo de Gestión Ambiental para controlar que estos daños sean en gran medida relevantes. Además, el autor agrega que se ha evidenciado que existen explotaciones de minería aurífera que cumplen con la normativa legal ambiental, pues quienes las practican han desarrollado un sistema de control del impacto ambiental en aspectos sociales, físicos y naturales.

Ha sido tanto la relevancia de este control, que se ha logrado la restauración de áreas donde la vegetación se había degradado a causa de los residuos de minería e igualmente se ha logrado evitar que cuerpos de agua se contaminen con cianuro (Lozada, 2016).

Por otra parte, en un estudio titulado “Manejo de Residuos en Minería: La Regulación como Herramienta de Desarrollo”, Gutiérrez (2014), resalta que aun cuando la explotación minera es mundialmente, una de las actividades económicas de más importancia, la cantidad de residuos que produce, así como también los daños ambientales asociados a estos residuos, son realmente preocupantes.

De allí que, los procesos de Gestión de Residuos Sólidos y el desarrollo de alternativas eficientes de control, resultan ser factores importantes al momento de la protección, tanto del medio ambiente, como de la salud humana, en el marco de la aplicación de legislación ambiental (Gutiérrez, 2014).

En el Proyecto “Hacia una producción más limpia en la minería: Programa para minimizar la contaminación generada por la minería en el sur y occidente colombiano”, Abu *et al.*, (s.f.), exponen que es sumamente necesario introducir en la minería de oro, sistemas de gestión ambiental y proyectos de producción competitiva que permitan la identificación, valoración y calificación los daños ambientales, que causan las

explotaciones mineras, para así desarrollar una planificación adecuada del sector minero.

Estos proyectos deben estar orientados al manejo y control ambiental en las extracciones mineras y a la recuperación de las áreas que han sufrido daños, cumpliendo con la legislación ambiental. Conociendo que, los residuos son los responsables, en gran medida, de los efectos perjudiciales al ambiente y que el manejo y control son parte fundamental de una Gestión de Residuos Sólidos, se debe animar a formular e implementar programas de planificación que involucren la Gestión de Residuos Sólidos Mineros (Abu *et al.*, s.f.).

2.1.3. Objetivos de la Gestión de Residuos Sólidos Mineros

La gestión de residuos sólidos de la minería de oro está orientada al establecimiento de criterios de gestión de los residuos mineros sólidos durante el tiempo que perdure la explotación, y que a su vez permita desarrollar esos criterios en los principios de la economía circular, de manera que la extracción minera este fundamentada en la sostenibilidad y la preservación del ambiente (Ministerio de desarrollo productivo, 2021).

Por lo cual, se presentan los principales objetivos de la gestión de residuos sólidos de la minería de oro según lo expresado por el Ministerio de Desarrollo Productivo (2021):

1. Disminuir y evitar la producción de residuos y sus consecuencias negativas al ambiente, teniendo en cuenta:
 - a. El modelo de gestión de residuos desde su etapa de diseño, de acuerdo al método usado en la extracción y beneficio del metal.
 - b. Los cambios que se desarrollen en los residuos del proceso de extracción por

- el aumento de la superficie y por la exposición al aire libre.
- c. Un relleno para colocar los residuos mineros excavados en la explotación, siempre y cuando sea técnica, económica y ambientalmente factible.
 - d. El recubrimiento de la superficie terrestre de las instalaciones de residuos con tierra vegetal natural, donde se pueda colocar una capa vegetal. De no ser posible, se tratará de utilizar esa tierra vegetal en otro lugar.
 - e. De ser estrictamente necesario el uso de sustancias químicas peligrosas, se debe limitar su utilización en la menor cantidad posible y con mucha precaución durante la extracción y beneficio del recurso mineral.
2. Dirigir la gestión de residuos mineros a la valorización de estos mediante un reprocesamiento para recuperar el mineral o un tratamiento para uso directo o como insumo en otro proceso productivo.
 3. Lograr que la gestión de residuos garantice la segura eliminación, tanto a corto como a largo plazo, de los residuos de minería, la adecuada gestión de las instalaciones para residuos durante la extracción, debiendo planificar que luego del cierre el modelo de gestión seleccionado tienda a:
 - a. Necesitar solo un control mínimo y que las instalaciones cerradas, no requieran de ninguna gestión, ni seguimiento.
 - b. Prevenir o disminuir en lo posible, toda consecuencia negativa a largo plazo, producto de la liberación de sustancias químicas peligrosas y contaminantes provenientes del sitio de disposición final de los residuos.
 - c. Garantizar una estabilidad geotécnica permanente de los diques de cola y de las escombreras colocadas sobre el nivel del terreno.

2.1.4. Modelos de Mejora de la Gestión de Residuosde minería de oro

Con respecto a la Gestión de residuos de minería, se tiene que en algunos países ha sufrido una evolución paralelamente al desarrollo de esta industria, de la tecnología y del cuidado ambiental. Por lo que se han establecido algunos métodos en el manejo de los residuos sólidos, que, aunque no son totalmente favorables al ambiente, resuelven la disposición final de los mismos, como lo son las pilas de residuos y los *Tailings Storage Facility* relaves. Además, el interés por obtener un mejor desempeño ambiental permitió el establecimiento de métodos como el retrolleado y de técnicas de explotación *in situ* como la lixiviación (Gutiérrez, 2014).

Estos *Tailings Storage Facility* relaves, son un pondaje para la retención de residuos (*tailings*) donde se coloca el lodo formado en el proceso de extracción para su decantación; estos lodos están conformados por los efluentes generados en el proceso extractivo, los minerales que no fueron separados o extraídos, minerales, restos de químicos y aguas residuales (Gutiérrez, 2014).

La ocurrencia de incidentes en los *Tailings Storage Facility* ha servido para demostrar que este método potencialmente trae consigo afectación a la población circundante cuando las estructuras de contención fallan; por esta causa, y por el hecho de que la explotación continua de los recursos minerales disminuyen su concentración aumentando además el volumen de residuos que debe ser manejado, las leyes y normas para su restricción han sido fortalecidas (Gutiérrez, 2014).

Seguidamente surgió la necesidad de buscar nuevas alternativas tecnológicas y modelos de gestión de residuos para el mejoramiento de la explotación minera, presentándose la deshidratación de los relaves como una opción de manejo, con un doble beneficio, la recirculación de las aguas residuales y la reutilización de los sólidos para otros fines, disminuyendo así el impacto ambiental. Se estableció que

para que este método resultara exitoso era necesario estudiar detalladamente la composición química del residuo, la capacidad de oxidación y fijación de metales, la composición física, la estabilidad respecto a la erosión y capacidad de densificarse luego de la disposición final (Gutiérrez, 2014).

Para ser aplicada en extracciones de minerales metálicos a cielo abierto surgió la gestión de residuos a través de la construcción de pilas, debido a que comúnmente en este tipo de extracción se realizan excavaciones grandes con una generación cuantiosa de residuos sólidos. Además, se tiene que, al utilizar cianuro en el proceso de segregación, se produce un volumen grande de lixiviados, lo que dificulta la recuperación del ambiente para darle un nuevo uso luego de cerrada la explotación (Gutiérrez, 2014).

De igual manera, se propuso el retrolenado como una alternativa a las pilas o relaves, pues este modelo mezcla los residuos con otros compuestos estables como el cemento para ser usado como relleno de pozos y excavaciones, hechas inicialmente por la extracción, aportando beneficios a la explotación como un mejor soporte a la estructura de la mina, extracción de pilar ricas en el metal de interés, mínimo riesgo de estallido rocoso y mayor posibilidad de recuperación de aguas residuales; adicionalmente tiene como ventajas ambientales la disminución de problemas causados por la generación de polvos, mínimo impacto visual y poco riesgo de contaminar las aguas superficiales y de causar inundaciones(Gutiérrez, 2014).

Este modelo de gestión tiene como desventaja los altos costos de operación debido a que los residuos deben tener bajo contenido de humedad para que el proceso sea eficaz, se deben utilizar equipos especializados de bombeo y mantenimiento y mano de obra extra; otras desventajas que presenta son en el aspecto ambiental debido a que: 1) de ocurrir una licuefacción de los residuos por altos niveles de

saturación, puede traer consigo la ocurrencia de eventos como sismos, 2) los efluentes de los residuos pueden drenar a depósitos de agua cercanos a causa del cambio en las condiciones de humedad, temperatura y composición original del mineral (Gutiérrez, 2014).

En relación a la utilización como método de explotación la extracción por lixiviación *in situ* se puede decir que realmente este no involucra propiamente una gestión de residuos, sino que está referido principalmente al proceso de extracción, puesto que está fundamentado en el *fracking* usando una solución lixiviante del metal en vez del agua con aditivos utilizada en la fracturación, la cual es extraída luego que ocurre la disolución (Gutiérrez, 2014).

2.2. Minería artesanal de oro

A nivel mundial, existen polémicas acerca de la minería de oro artesanal, debido a que esta, a pesar de producir a pequeña escala, es una fuente importante de subsistencia a millones de personas y muchas veces eclipsada por las industrias de gran escala. Además, contribuyen de manera significativa al gran mercado del oro mundial, generando muy buenos ingresos locales (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2018).

Según la ONU (2018), el 15% del oro extraído en el mundo, es proveniente de minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) y alrededor de 15 millones de personas laboran en este sector de la economía, representando un 90% de la fuerza laboral total de la minería de oro, apoyando a su vez, de forma indirecta, a unos 100 millones de personas con el simple hecho de inyectar dinero a las economías locales.

En la Ley de Minería del Ecuador, de fecha 29 de enero del 2009 y con una última modificación en agosto del 2018, la denominación de minería artesanal se

refiere a todas las unidades económicas populares, unipersonales, familiares y domésticas que realicen labores de minería en áreas libres.

Además, esta Ley establece que la minería artesanal se caracteriza por la utilización de maquinarias y equipos rudimentarios y con capacidades muy limitadas de carga y de producción.

Sin embargo, la Ley también establece que, debido a su naturaleza, las actividades de minería artesanal, no están obligadas al pago de regalías, ni al pago de patentes, pero si están obligadas al régimen tributario, para que de esta manera se garanticen ingresos al Estado derivados de la minería artesanal.

Por otro lado, según Espinoza (2016), la minería artesanal de oro está definida como una actividad antigua caracterizada en el trabajo individual y directo en la extracción rudimentaria de oro, con la utilización de equipos manuales, sencillos y portables, con técnicas artesanales.

Es indiscutible el hecho que la minería artesanal de oro produce grandes cambios en el medio ambiente donde se desarrolla. Comenzando con la expansión del área donde se asientan los mineros, la migración repentina a las zonas de explotación que a su vez desencadena la deforestación primaria y secundaria (Machácek, 2019). Adicionalmente, la naturaleza nómada de la extracción artesanal origina una degradación que se extiende a diferentes ecosistemas y tierras con potencial para el cultivo.

Por otra parte, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA] (2014), define la minería aurífera artesanal como el proceso de extracción aurífera realizada de manera individual por mineros o por empresas pequeñas con producción limitada y bajo capital invertido.

En el año 2012, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], publicó un estudio realizado en Colombia en el cual se define que la minería artesanal está referida a las explotaciones realizadas en depósitos de minerales de oro en una escala reducida, utilizando métodos manuales o con equipos muy sencillos, y que esta actividad generalmente es realizada por mineros individuales o pequeños grupos o empresas con una inversión de capital muy limitado y una producción muy baja. Además, estas empresas poseen una precaria capacidad tecnológica y de gestión.

En la Tabla 2, se presentan de manera clasificada las categorías de la actividad minera de oro, así como también su capacidad máxima de producción y el número de trabajadores que involucra.

Tabla 2

Categoría de la actividad minera de oro

Escala de la actividad minera	Número de trabajadores mineros	Capacidad máxima	
		de producción toneladas/día de material primario	de procesamiento Toneladas/año
A (Minería artesanal)	1 – 9	-	-
B (Pequeña minería)	10 – 49	Menor a 350	Menor a 130000
C (Mediana minería)	50 – 249	Entre 350 y 4400	Entre 130000 y 370000
D (Gran minería)	250 y más	Mayor a 4400	Mayor a 370000

Nota: **A:** persona, bien sea natural, jurídica u organizaciones con labores artesanales. **B:** organismos de pequeña escala que se caracterizan por el uso intensivo de mano de obra. **C:** organismos de mediana escala que se caracterizan por uso de mano de obra y de capital. **D:** organismos de gran escala que se caracterizan por el uso intensivo de capital.

NTM: número de trabajadores mineros. **VPMP:** capacidad de producción. **VPTA:** capacidad de procesamiento. Tomado del Ministerio del Poder Popular de Desarrollo Minero Ecológico del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela (2022).

2.2.1. Métodos de explotación artesanal de Oro

El método de explotación artesanal de oro será definido fundamentalmente por el tipo de depósito, el cual puede ser aluvial o de filón. Cuando el depósito es aluvial, la explotación se puede realizar de diferentes formas, que variarán según el grado de tecnificación, según Ayala, y otros (2019) pueden ser las siguientes:

- El barequeo es la más artesanal, y en ocasiones se realiza con apoyo de motobombas de succión pequeñas para remover el material, que luego es pasado por un proceso de lavado en bateas y de amalgamación con mercurio, para aumentar la extracción del oro libre presente en los sedimentos.
- La extracción con utilización de dragas de succión es otro método, en el cual estas son colocadas en el cauce del efluente para extraer el material contentivo del oro del fondo, y luego de la separación los residuos sólidos o sedimentos se devuelven al cauce o se disponen a las orillas del mismo.

El método aluvial contempla también el empleo de retroexcavadoras para realizar pequeños estanques a las orillas de los cauces y de monitores que producen erosión en los márgenes de los ríos con la intención de lograr el desprendimiento del aluvión y liberar así el oro (Ayala, y otros, 2019).

El método de filón o de extracción subterránea se realiza con procesos de apiques y de galerías, es decir, por túneles que van siguiendo la veta con presencia de oro, que luego de extraído es triturado y molido para la purificación por cianuración y amalgamación (Ayala, y otros, 2019).

2.2.2. Residuos de minería artesanal de oro

La extracción minera comúnmente es desarrollada a través de mecanismos de concentración de minerales brutos a concentrados comercializables, donde se

incluyen procesos como la clasificación, la trituración, la molienda, la amalgamación, la cianuración y la destilación que generan residuos en su transcurso (Ministerio del Medio Ambiente, s.f.).

De allí que, los residuos mineros se definen como todos aquellos residuos sólidos, gaseosos, líquidos o lodos producidos en el aprovechamiento de un recurso de minería, entre los cuales se incluyen las ganadas del todo-uno, rechazos, estériles de mina, colas de proceso, subproductos abandonados, los desmontes, las escombreras, los relaves, los desechos y las escorias. Quedando excluidos de esta lista los que no provienen directamente de la explotación, aunque se generen durante el desarrollo de la misma como implementos y equipos al final de su vida útil, restos alimenticios y sanitarios, entre otros (Fernández, 2020).

Otra definición de residuos de minería de oro establece que es todo desecho sólido generado en la industria minera aurífera, principalmente en los procesos de lixiviación, tales como relaves, minerales de baja ley, estériles y escorias. Estos residuos pueden llegar a contener concentraciones atractivas del metal y de los reactivos utilizados en el proceso de extracción, especialmente los llamados relaves.

Estos residuos representan hasta un 95% de la materia procesada total en la industria minera y debido a su contenido en sustancias químicas pueden ser altamente contaminantes y afectar las aguas subterráneas y superficiales, el medio ambiente y a los habitantes de que circundan la explotación aurífera (Gobierno de Chile, 2021).

Por otro lado, los residuos mineros también están definidos como todas aquellas emisiones o liberaciones realizadas al medio ambiente y que son producidas en las actividades de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala, pudiendo estos ser sólidos, líquidos y gaseosos (PNUMA, 2012).

2.2.2. Clasificación de los residuos de minería de oro

Según Renca y Aguirre (2018), entre los diferentes residuos generados en la minería de oro los más abundantes y que causan mayor impacto ambiental son los residuos cianurados, los residuos de mercurio y los relaves.

Residuos Cianurados

Con respecto a estos residuos, se tiene que en las actividades de extracción del oro se utilizan soluciones de cianuro de sodio (NaCN), entre 0.01% y 0.05% de cianuro (100 a 500 partes por millón). Este proceso en el cual ocurre la disolución de metales es denominado lixiviación. El cianuro de sodio es disuelto en agua, en condiciones oxidantes, y así ocurre la disolución del oro contenido en el mineral. Esta solución contentiva de oro se denomina "*solución cargada*". Posteriormente, a la solución cargada se le agrega zinc o carbón activado, con el fin de recuperar el oro, extrayéndolo de la solución.

La solución carente de oro puede ser recirculada para así extraer más oro o puede ser enviarse a un tratamiento, puesto que sigue conteniendo cianuro y los impactos ambientales causados por estos residuos cianurados son muy relevantes, debido a la toxicidad de los cianuros solubles sobre la fauna y flora circundante (Renca y Aguirre, 2018).

Residuos de mercurio

El mercurio es usado en la minería artesanal de oro con el fin de separar y extraer el metal de las rocas o piedras en las que se encuentra. Este se adhiere al oro formando una amalgama que permite la separación del material. Después, la amalgama es calentada y el mercurio se evapora quedando solo el oro. Este vapor de mercurio es liberado al ambiente durante el calentamiento, causando graves daños a

la salud de las personas expuestas a este. Además, este se dispersa en los sistemas acuáticos propiciando la contaminación por metilmercurio, con un poder tóxico mayor al mercurio elemental (Español, 2012).

Relaves

Estos residuos se refieren a los sólidos finamente molidos, que pueden contener o no, una porción del metal, y que son vertidos en las fuentes de aguas próximas a la explotación minera, causando efectos adversos en la salud de las personas y en el ecosistema. Estos residuos debido a que se generan en volúmenes importantes, y a que generalmente contienen metales pesados, deben ser dispuestos responsablemente en el ambiente (Díaz *et al*, 2018).

Otra clasificación de los residuos de minería aurífera es la presentada por PNUMA (2012) donde se plantea que en las diferentes actividades de la minería de oro artesanal se producen liberaciones y emisiones que pueden ser clasificadas según el estado en que se liberan al ambiente en:

Liberaciones sólidas

Este grupo incluye todo residuo de consistencia semisólida o sólida, que se produce en las etapas de amalgamación y fundición. A su vez, se clasifican en:

Arenas y lodos: se generan y forman en la separación y la molienda primaria, entran a la etapa de amalgamación, y al estar en contacto con el mercurio, se impregnan de este, contaminándose con el metal. Posteriormente, las arenas son depositadas en el mismo lugar de la explotación, en montones o pilas al aire libre, junto a las orillas de los ríos, y los lodos, por su tamaño, se escapan a las corrientes de aguas, tal como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Mineros artesanales con pilas de arena a su alrededor.



Nota: tomada de ecologíaverde.com, 2018.

El mercurio presente en estos residuos al permanecer al aire libre, forma otros compuestos como el Sulfuro de mercurio (HgS) y el Sulfato de mercurio (HgSO_4), ambos muy contaminantes.

Cuando estos residuos se someten a cianuración, una parte del mercurio es lixiviado, y otra se queda en las llamadas colas de cianuración con una humedad alrededor del 15%, las cuales arrastran además de la otra parte del mercurio, oro y otros metales. Estas colas posteriormente son vertidas a las corrientes de aguas, muchas veces sin ser previamente neutralizadas.

Además, por tratarse de un metal líquido y de peso molecular alto, el mercurio presente en estos residuos sólidos, va a las capas bajas de los ríos, donde desarrolla procesos de metilación.

Escorias de fundición: una vez que el oro es recuperado, bien sea por amalgamación, cianuración o por separación química, es sometido a fundición en hornos a temperaturas de 1200°C , con la utilización de fundentes. Durante este

proceso, una parte del mercurio todavía presente, se volatiliza y otra forma sales y complejos estables los cuales quedan en forma de escoria. Esta escoria es depositada en pilas al aire libre en los espacios de la extracción.

Liberaciones líquidas

Entre estos residuos líquidos provenientes del beneficio artesanal de oro se determinan cuatro tipos:

Aguas mercuriosas: son las aguas residuales provenientes de la amalgamación primaria del oro en sistemas de aluvión, en la cual se usa el mercurio; este mercurio o finísimas gotas de él, se desplazan sobre la superficie del agua usada en el proceso, siendo arrastradas a las corrientes de aguas naturales.

Aguas cianuradas o ciánicas: cuando las colas de cianuración son neutralizadas con hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio o peróxido de hidrógeno, se forman complejos nuevos como el cloruro mercúrico (HgCl_2), el cloruro mercurioso (HgCl), el hidróxido de mercurio ($\text{Hg}(\text{OH})_2$), siendo arrastrados a los suelos y a las corrientes de agua.

Aguas de la destilación ácida: estas son las aguas producidas cuando la amalgama se disuelven en ácido nítrico puro o en mezclas de los ácidos nítrico, clorhídrico y sulfúrico en caliente, con el fin de disolver el oro y el mercurio presentes en la amalgama. Luego el oro es precipitado y fundido, el mercurio es recuperado por precipitación con cobre o hierro y la solución ácida restante es diluida con agua y neutralizada con cal para ser vertida en los suelos y las aguas.

Aguas de la purificación del oro: durante el proceso de purificación se generan residuos líquidos, al diluir en ácido nítrico el botón de oro salido de la fundición, con el fin de separar algunos metales que pudiera contener, y así aumentar

la pureza. Posteriormente, se precipita el oro y la solución restante es neutralizada con cal y arrojada a los suelos y a las fuentes de agua.

Emisiones gaseosas

Durante los procesos de destilación de amalgamas, evaporación de mercurio y destilación de gases de fundición, se producen emisiones en forma de vapores corrosivos y tóxicos, como se explica a continuación:

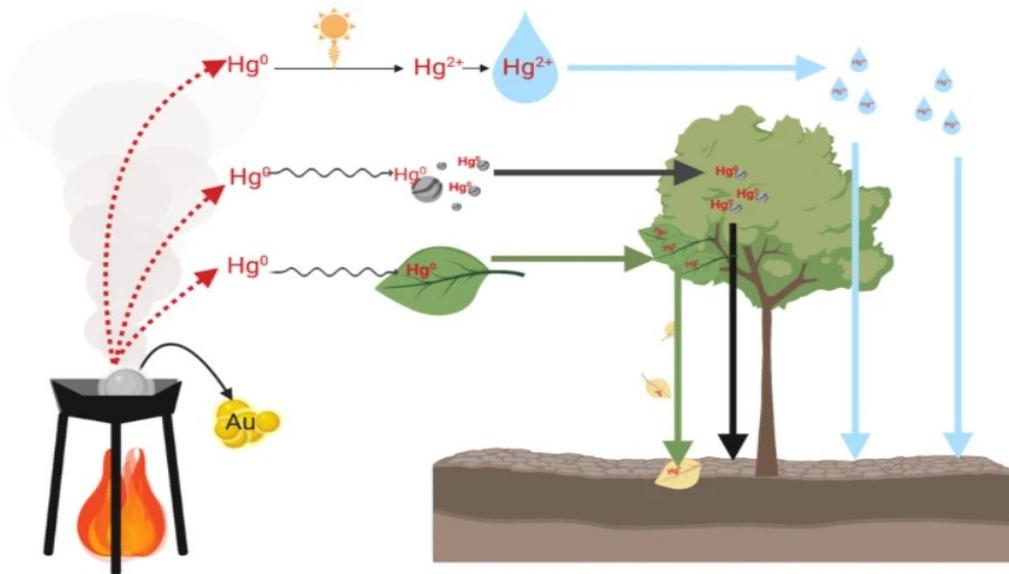
Mercurio metálico: producido en la evaporación de forma espontánea durante el almacenamiento del mercurio en envases destapados, sobre la superficie de las amalgamas, en los canalones contaminados y secos y en las pilas o montones de arenas contaminadas.

Mercurio metálico y Óxido de mercurio: producto de la destilación de las amalgamas en espacios abiertos, cuando son sometidas a la acción del fuego en recipientes metálicos que son colocados encima de fogones o por la llama directa de sopletes; durante este proceso, que es denominado a circuito abierto, el mercurio es evaporado y arrastrado al aire donde se condensa, como se observa en la Figura 4. Los vapores generados están constituidos principalmente por complejos como el óxido de mercurio en pequeñas concentraciones y por mercurio metálico.

Mercurio elemental y compuestos inorgánicos de mercurio: durante la destilación de la amalgama con soluciones calientes de ácidos a temperaturas próximas a los 60°C, se forman vapores de mercurio elemental y de compuestos inorgánicos de mercurio, entre los cuales se tienen los nitratos, los sulfatos y los cloratos, los cuales se liberan a la atmósfera.

Figura 4

Emisión de mercurio al ambiente durante los tratamientos de la amalgama



Nota: Tomada de <https://t.co/KP9ZNt5KMR> / Twitter

2.2.3. Impactos sociales y en la salud de los residuos de minería de oro

La contaminación ambiental producida por la extracción artesanal de oro generalmente conlleva al surgimiento de riesgos medioambientales con consecuencias a la salud y bienestar de mineros y comunidades adyacentes. La degradación y erosión de los suelos, las emisiones de mercurio, la acumulación de sedimentos y residuos sólidos, la contaminación de las aguas, son algunos de los riesgos más comunes y los que mayor impacto causan tanto en la salud, como en el desarrollo social de las zonas geográficas donde se encuentra ubicada la extracción (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017).

En la Tabla 3 se presenta un compendio de los impactos sociales y en la salud asociados a la minería artesanal aurífera, según lo planteado por la OMS (2017).

Tabla 3

Impactos sociales y en la salud asociados a la minería artesanal de oro.

Impactos	Fuente	Consecuencias
Sociales	Consumo de drogas y alcohol por estilo de vida transitorio	Inflamación del hígado, enfermedades neurológicas. Casos extremos: violencia contra la pareja, los compañeros de trabajo y otros miembros de la comunidad
	Factores relacionados con el estilo de vida como pobreza, separación de la familia, largas jornadas de trabajo, aislamiento social, condiciones de vida precarias, pérdida del trabajo debido a las lesiones, miedo a las autoridades o miedo a las lesiones o a la muerte.	Reacciones por estrés como ansiedad, depresión, insomnio, somnolencia y cambios en el apetito.
	Largos turnos de trabajo, cargas muy pesadas, tareas repetitivas.	Fatiga, predisposición a las lesiones.
	Actividad sexual de alto riesgo y comportamientos sanitarios inseguros.	Infecciones de transmisión sexual, VIH.
En la salud	Emisión de mercurio durante los procesos de amalgamación del oro.	Eretismo (nerviosismo), irritabilidad, insomnio, salivación grave, gingivitis, temblores, enfermedades renales, efectos gastrointestinales agudo, neumonitis química, edema pulmonar
	Consumo de mercurio bioacumulado en el medio ambiente y en la cadena. alimentaria (pescados y mariscos)	Trastornos visuales (escotomas y limitación del campo visual), ataxia, pérdida auditiva, disartria, deterioro mental, temblor muscular, trastorno locomotor. Exposición grave: parálisis y muerte. Exposición prenatal: toxicidad fetal, retraso y discapacidad cognitiva y motora.
	Elevación de cargas pesadas, posturas de trabajo inadecuadas, posturas incómodas, tareas repetitivas utilizando herramientas no mecanizadas, uso de equipo inadecuado.	Trastornos de los hombros, dolor lumbar, lesiones crónicas, fatiga, distensión muscular, tendinitis, pinzamiento nervioso como el síndrome del túnel carpiano.
	Ruido fuerte y vibración	Discapacidad o pérdida de la audición

Nota: Estos riesgos no están necesariamente presentes en todos los contextos de la minería artesanal de oro. Tomado de: Organización Mundial de la Salud, 2017.

2.2.4. Impactos ambientales de los residuos de minería de oro

Gracias a sus características propias, la extracción minera es un sector que desde el punto de vista ambiental y de sustentabilidad ecológica resulta muy cuestionable, existiendo opiniones que llegan a afirmar que el término “minería limpia” es contradictorio, puesto que la extracción minera es una industria altamente contaminante, a pesar del avance que ha tenido en el control de la polución y de los impactos ambientales que esta genera. Sin embargo, se considera que el esfuerzo del sector para la innovación tecnológica en la producción minera limpia ha sido minimizado debido al desconocimiento y al manejo mediático que se ha dado al mismo (Meller & Meller, 2021).

Por causa de la complejidad de sus procesos y las dimensiones de las excavaciones, la actividad de la minería tiene impactos importantes en las zonas en que se desarrolla, y si se evalúan las formas más antiguas de extracción con los criterios evaluativos actuales, seguramente el resultado distará de ser satisfactorio y los problemas ocasionados al ambiente asociados a la extracción estarán fundamentados en la alta demanda de agua y energía, la producción de relaves y otros materiales y las emisiones de gases de efecto invernadero, derivando en impactos desfavorables en las zonas donde se encuentra la extracción minera (Meller & Meller, 2021).

Sin embargo, en algunos países como Chile, estos impactos se asocian a la minería a gran escala, pues se tiene que las grandes empresas mineras generan el 95% de la producción, y las empresas pequeñas y/o artesanales solo el 5%. De allí que, a la extracción minera a pequeña escala o artesanal, se le atribuyan solo impactos sociales, y a la producción a gran escala se responsabilice de generar serios problemas ecológicos, trayendo controversias entre los responsables de las

regulaciones mineras y las comunidades adyacentes que son las grandes afectadas (Meller & Meller, 2021).

Se considera principalmente que la minería pequeña y artesanal solo produce impactos sociales, más que ecológicos y económicos, al comparar su baja producción con la de la minería a gran escala, pero no solo por eso, sino que debido a su característica heterogénea, se presume que el impacto al ambiente es de igual manera, por lo tanto, se desestima (Meller & Meller, 2021).

Según Meller & Meller (2021), la minería artesanal y pequeña presenta otras características en cuanto a la generación de impactos que conllevan a la subestimación de los mismos, estas son las siguientes:

- Áreas de explotación con escasa fauna y flora.
- Impacto menor, comparada a la minería tradicional que utiliza explosivos, mayor cantidad de agua y mayor remoción de materiales.
- Bajos niveles de producción.
- Dispersión geográfica.
- Enfocada en la extracción en los yacimientos y no en la refinación del material.

Resulta importante señalar que, como la prioridad de los pequeños mineros es la supervivencia y lograr que los costos de producción no superen el precio del producto, el cuidado y preservación del medio ambiente solo les implicaría un incremento en el costo de producción, de allí, el poco o nulo interés en el tema (Meller & Meller, 2021).

A pesar de la apreciación anterior, la percepción general es que al igual que a gran escala, la minería pequeña y artesanal resulta sucia y muy contaminante. Estudios han demostrado que esta es significativamente más

contaminante que la de gran escala, aunque hay excepciones que confirman que la producción artesanal y a pequeña escala puede ser económicamente factible y responsable con el ambiente al mismo tiempo (McMahon *et al*, 1999).

Por otro lado, al evaluar los diferentes procesos de la minería pequeña y artesanal en latinoamérica, se tiene que la extracción aurífera es la que genera problemas serios de contaminación, al utilizar amalgamas de mercurio, debido a que este proceso se puede adaptar fácilmente a diferentes escala de producción y permite obtener un producto de gran valor comercial. Pero, esta producción con mercurio trae consigo graves problemas a la salud, tanto de los mineros, como del ambiente, destacando entre estos, de acuerdo a Meller & Meller (2021):

- Exposición de los mineros en diferentes etapas del proceso, a los gases y al contacto directo con mercurio.
- Gran parte del mercurio termina en las aguas de los ríos, y esta es la que consumen los mineros y la población cercana a la zona donde se encuentra la explotación.
- Otra parte del mercurio va al aire en forma de vapores.

De igual manera, según lo expresado por Ayala y otros (2019), se tiene que el mercurio está considerado como un metal pesado y muy contaminante debido a que en forma de metil mercurio, el cual es un compuesto iónico altamente tóxico, posee gran capacidad de biomagnificación y bioacumulación, causando un impacto alto y negativo en la biota del agua.

La bioacumulación que se realiza comúnmente a través del metil mercurio, se desarrolla en toda la extensión de la cadena trófica, incluyendo los microorganismos, los organismos bentónicos y los depredadores de niveles superiores como los peces,

los mamíferos y las aves acuáticas. De igual manera, la vegetación acuática, lamentablemente es reservorio del metil mercurio, el cual es almacenado en las raíces y posteriormente incluido en la actividad microbiana (Ayala, y otros, 2019).

Respecto a los relaves o residuos sólidos es importante señalar que debido a la generación de estos durante la actividad minera tare consigo impactos desfavorables importantes en las zonas en que se desarrolla, los cuales se presentan a continuación, de acuerdo a lo planteado por Ayala y otros (2019):

- Producción de sólidos suspendidos y turbidez en las aguas, que causan una restricción en el uso del recurso para otros propósitos (consumo humano, doméstico e industrial) y la alteración de los procesos naturales de fotosíntesis.
- Alteración en los cauces naturales de las aguas y erosión que aumenta con el dragado en los lechos y márgenes, y el uso de retroexcavadoras y de monitores de lavado.
- Colmatado de lechos de los cauces, que a su vez aumenta el riesgo de inundaciones y desbordamientos.
- Pérdida de la capa natural del suelo y de la vegetación, cambios geomorfológicos y en las condiciones del paisaje.
- Afectación a la fauna íctica y a los ecosistemas de la zona.

2.3. Análisis comparativo

De acuerdo a los dos principales conceptos de Gestión de Residuos Sólidos evaluados podemos afirmar que ambos incluyen actividades administrativas como punto de partida; además, en ambos la planificación es un eje fundamental del proceso, así como también el cumplimiento de las regulaciones ambientales. Sin embargo, la definición de la CELEP EP (2012), no deriva en la Gestión de Residuos

los aspectos referidos a la parte de ingeniería, tal como lo incluye la definición que hicieron al respecto Rondón *et al* (2016). En la Tabla 4, se observa la comparación de ambas definiciones, en cuanto a los aspectos que abarca.

Tabla 4

Comparativa de las definiciones de Gestión de Residuos Sólidos.

Aspecto	Definición CELEP EP (2012)	Definición Rondón <i>et al</i> (2016)
Administrativo	✓	✓
Técnico	✓	✓
Planificación	✓	✓
Coordinación	✓	✓
Diseño	✓	✓
Evaluación	✓	✓
Políticas	✓	✓
Estrategias	✓	✓
Programas	✓	✓
Financiera	✓	✓
Legal	✓	✓
Ingeniería	✗	✓

2.4. Análisis crítico

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se puede observar que las definiciones de Gestión de Residuos Sólidos tienen en común muchos aspectos y que principalmente están orientadas a una planificación administrativa estratégica que conlleve a un manejo de residuos centrados en la sostenibilidad y en evitar daños a las personas y al ambiente.

Además, se puede ver que dentro de esta planificación administrativa se incluyen actividades de coordinación, ingeniería, financieras y legales, combinadas con una serie de etapas que van desde la reducción y tratamiento, hasta la recuperación y eliminación, pero todas con el fin de lograr una adecuada Gestión de Residuos.

De estas definiciones, la que más se alinea a los objetivos de este trabajo es la planteada por CELEP EP (2012), que incluye actividades de programación, coordinación, diseño y evaluación de estrategias de planificación, sin introducirse en aspectos de ingeniería.

Entonces, lograr una Gestión de Residuos Sólidos eficiente en el ámbito de la minería de oro en Napo – Ecuador implica un desafío, puesto que el entorno donde se genera el sujeto objeto de estudio, es decir los residuos, tiene sus características muy particulares, como lo es la poca educación ambiental en la población en general, el difícil acceso a las zonas de generación de residuos, limitaciones económicas, limitaciones tecnológicas y deficiencia en los servicios públicos.

CAPÍTULO III

Marco Referencial

El presente trabajo está enfocado en una pequeña empresa artesanal ubicada en la Provincia de Napo, la cual está al centro norte de la República del Ecuador en la región amazónica del país. Su capital es Tena y debe su nombre al río Napo. Al norte limita con la provincia Sucumbíos, con Pastaza al sur, al este con Orellana y por el oeste limita con Cotopaxi, Pichincha y Tungurahua. Está dividida en 5 cantones (Tena, Archidona, Carlos Julio Arosemena Tola, Quijos y El Chaco), 5 parroquias urbanas y 20 parroquias rurales (Prefectura de Napo, 2022).

Esta provincia posee unas características ambientales especiales, por lo cual el 71% de su geografía está administrado por un sistema ambiental conservacionista, por lo cual es llamada la provincia ecológica, lo que lo convierte en una potencia turística sostenible. Sin embargo, afronta un manejo de los recursos inadecuado, siendo el principal de estos un uso de suelos cambiante (Gobierno Provincial De Napo, 2015).

Cuenta con una superficie de 1.253.310 hectáreas, un clima templado, muy húmedo y frío de sierras, y otro tropical, lluvioso y con mucha evaporación en las áreas planas amazónicas. Presenta una precipitación media por encima de 3.000mm y una temperatura promedio de 25°C. Además, esta provincia posee una variedad importante de recursos no renovables, entre los cuales se encuentran el petróleo, el material pétreo y el oro (Gobierno Provincial De Napo, 2015).

En esta provincia, la minería de oro es una actividad que se ha desarrollado de forma artesanal con participación de los pobladores locales, en las orillas del río Napo y sus afluentes el Yutzupino y el Jatunyaku; según el censo del 2010, el 0,98% de su

población trabajadora se dedica a la extracción minera de oro (Gobierno Provincial De Napo, 2015).

3.1. Reseña histórica

La minera artesanal “Sinchikuy” es una pequeña empresa familiar dedicada a la extracción de oro en operaciones mineras de aluvión y a cielo abierto, con la utilización de pocos y sencillos equipos. Fue creada en el año 2000 por un miembro de la familia y desde entonces se han incorporado más personas a esta labor, todas pertenecientes al núcleo familiar.

La empresa actualmente está ubicada en la Cuenca del Río Napo, específicamente en la Parroquia Puerto Napo, Comunidad Yutzupino, en las riberas del río Napo, pero es itinerante según la existencia en la zona del metal de su interés.

3.2. Filosofía organizacional

3.2.1. Misión

Colaborar con el desarrollo socio económico de la zona geográfica donde nos desenvolvemos beneficiando a nuestros trabajadores, a otros mineros artesanales, comerciantes y a la comunidad, para lograr la aceptación y ser vistos como una pequeña empresa minera artesanal responsable y solidaria.

3.2.2. Visión

Lograr alcanzar buenos beneficios a través de la explotación artesanal del recurso minero empleando prácticas sostenibles que protejan el ambiente y la salud y bienestar de los trabajadores.

3.2.3. Valores

- Respeto a la cultura y a las costumbres de los pobladores del entorno.
- Responsabilidad con los trabajadores, con los recursos naturales, con la comunidad y con la legislación.
- Preservación del medio ambiente con el uso de prácticas de extracción sostenibles.
- Compromiso social y de salud con nuestros trabajadores, con la comunidad que nos rodea, con otros mineros artesanales.

3.3. Diseño organizacional

La empresa en estudio actualmente cuenta con 17 trabajadores, pertenecientes a un mismo grupo familiar, que desarrollan diferentes funciones, tal como se muestra en el organigrama de la Figura 5, y se explica a continuación:

Director general: es el encargado de dirigir las actividades referidas a la extracción, definir el lugar y el tiempo de permanencia de la explotación. En esta empresa, la función de director general es ejercida por el padre de familia.

Administrador: es la figura encargada de las compras de insumos, equipos de trabajo y de seguridad. Además, se encarga de la comercialización del producto obtenido y de los respectivos pagos al personal. Este cargo es ejercido por un hermano del director general y padre de familia.

Jefe de personal: las funciones del jefe de personal es entrenar a los nuevos trabajadores y distribuir equipos de seguridad. Así como también, velar por la utilización de los equipos de seguridad. Este cargo es ocupado por la madre de familia.

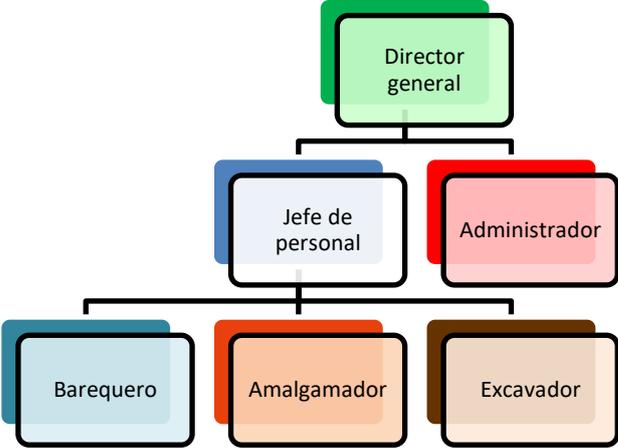
Barequero o bateador: es el encargado de lavar las arenas superficiales de las playas, con el fin de separar y recoger el oro presente en los lechos y las corrientes de los ríos. Esta función es realizada por 8 trabajadores de la empresa.

Amalgamador: se encarga de realizar el proceso de amalgamación del oro, función que debe ser ejercida por personas con experiencia, por su peligrosidad. En la empresa existen actualmente 2 amalgamadores expertos.

Excavador: encargado de remover y excavar las arenas, con la ayuda de picas y palas con el fin de extraer el oro en el fondo del agua y agregarlas en los canalones para su lavado; posteriormente se encarga de acarrear las arenas agotadas al lugar de disposición final. Esta función es realizada por 4 trabajadores.

Figura 5

Estructura organizativa de la empresa minera Sinchikuy



3.4. Productos y/o servicios

La empresa de minería artesanal Sinchikuy purifica el oro extraído de su fuente natural por métodos artesanales ancestrales, para llevarlo al mercado de intermediarios en forma de pepitas semipuras y comercializarlo según su peso.

3.5. Diagnóstico organizacional

Con la utilización de la herramienta de análisis organizacional FODA, se presentará el diagnóstico de la empresa minera artesanal Sinchikuy, tal como se observa en la Figura 6.

Figura 6

Análisis FODA de la minera artesanal Sinchikuy

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none">• Elaboración de una propuesta de mejora de la gestión de residuos• Implementación de un Sistema de Gestión de residuos sólidos que valore los residuos.• Amplio conocimiento del proceso de extracción artesanal de oro.	<ul style="list-style-type: none">• Implementar prácticas ambientales sostenibles.• Capacitación del personal en materia de cuidado del ambiente.• Precio del producto en el mercado.• Apoyo de organismos internacionales.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none">• Incumplimiento de la normativa legal.• Método de producción que afecta el ambiente y la salud.	<ul style="list-style-type: none">• Mala imagen de la empresa y del sector minero artesanal en la región.• Legislación ambiental estricta.• Publicidad negativa del sector productivo.

Del análisis FODA se puede inferir que la propuesta de mejora de la gestión de residuos y su implementación representa una fortaleza que permitirá a la empresa optar por la legalización y la asociación con grupos y cooperativas del sector y aprovechar los beneficios de organismos internacionales a empresas que implementen procesos productivos sostenibles; puesto que precisamente el

incumplimiento de la normativa legal y un proceso de extracción que causa afección al ambiente son sus principales debilidades.

De igual forma, la capacitación del personal en materia de protección ambiental y de prácticas sostenibles ayuda a mejorar la imagen de la empresa y del sector minero artesanal ante la opinión pública local, regional y nacional.

3.6. Marco legal

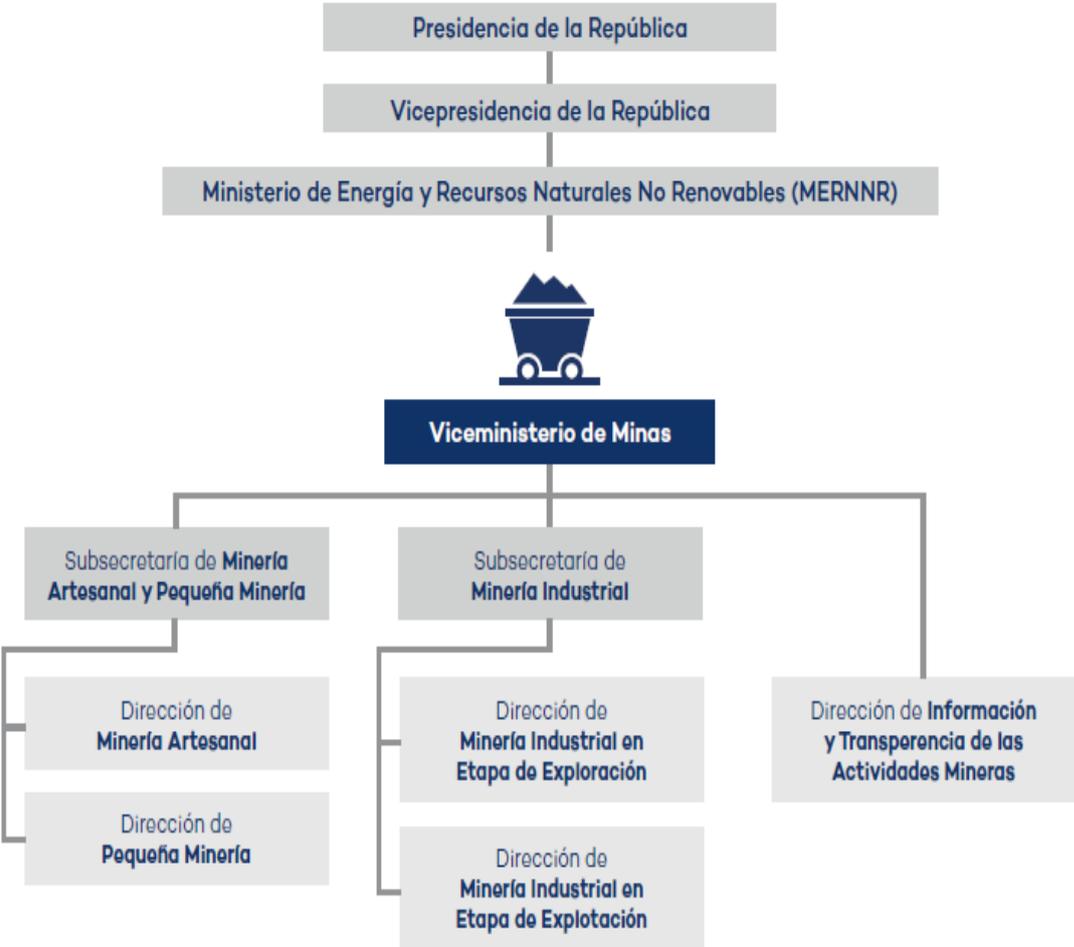
En la República del Ecuador existen entes, leyes, reglamentos y códigos que regulan las diferentes actividades de extracción minera; por lo cual, a continuación, se hará referencia a las instituciones y leyes más importantes que legislan la minería de oro, según lo publicado por el Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible [IGF], (2019).

3.6.1. Instituciones

Como se ha expresado anteriormente, la minería artesanal de oro ha venido en aumento desde la década de los 80 trayendo consigo una serie de problemas sociales, sanitarios y ambientales, por lo cual resultó inminente la creación de dependencias gubernamentales que se encarguen de regular esta actividad y hacer cumplir las leyes en materia de minería, todas bajo las órdenes del Viceministerio de Minas, tal como se observa en la Figura 7.

Figura 7

Organigrama de la gestión gubernamental de la minería en Ecuador



Nota: Tomado de Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2018).

Además, se han instituido tres organismos que dependen del Viceministerio de Minas, es a saber, la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) y la Empresa Nacional Minera de Ecuador (ENAMI), (IGF, 2019).

La Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) se encarga de controlar y regular las actividades de extracción minera en el territorio; el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) es el encargado de la generación de

informaciones de tipo geológicas y a la vez de brindar capacitación al sector minero artesanal; y la ENAMI es la concesionaria minera del gobierno en áreas de valioso potencial para desarrollar (IGF, 2019).

3.6.2. Leyes

A continuación, se presentarán resumidamente las leyes y regulaciones en materia de minería más importantes del Ecuador.

3.6.2.1. Constitución Nacional (2008): en la carta magna de nuestra nación se contemplan principios ambientales y derechos que protegen tanto a los pueblos originarios, como al ambiente, los ecosistemas y la biodiversidad. Respecto a la minería, la Constitución respeta la existencia funciones y estructura y promueve la adopción de medidas para mitigar sus consecuencias (IGF, 2019).

3.6.2.2. Ley de Minería (2009): encargada de regular el sector estratégico minero del país, su administración, obligaciones del sector en cuanto a salud y seguridad y protección ecológica y social frente a los impactos de esta actividad, sujetándola a la sostenibilidad ambiental (IGF, 2019).

3.6.2.3. Reglamento General a la Ley de Minería (2009): este Reglamento se encarga de establecer la normativa y lineamientos para aplicar la Ley de Minería antes citada. Además, incorpora consejos para el registro de catastro minero (IGF, 2019).

3.6.2.4. Reglamento Ambiental de Actividades Mineras: trata acerca de la regulación nacional de la Gestión Ambiental en las extracciones mineras, en sus diferentes fases. Es complementada con Instructivos de Estudios Ambientales Mineros y Aprovechamiento de Aguas (IGF, 2019).

3.6.2.5. Código Orgánico del Ambiente (COA): vigente desde el 2018, sustituye a la Ley de Gestión Ambiental de 2004, y es el marco legal que regula cualquier afectación ambiental proveniente de actividades diversas. (IGF, 2019).

CAPÍTULO IV

Propuesta de mejora

4.1. Diagnóstico

Una vez realizada la revisión bibliográfica, la cual permitió recabar información acerca de la ubicación geográfica del área en estudio, los antecedentes de la investigación, así como también del marco legal que rigen las actividades mineras, y siguiendo la metodología planteada, se procedió a realizar observaciones en la empresa de minería en estudio y en el lugar, entrevistas y encuestas a mineros y habitantes de la comunidad Yutzupino, obteniendo resultados presentados a continuación.

4.1.1. Observación en el sitio

Descripción del lugar

De las observaciones realizadas en el lugar donde está instalada la empresa y la comunidad cercana, se realiza un resumen en la Tabla 5.

Tabla 5

Observaciones realizadas en la Comunidad Yutzupino

Aspecto a observar	Características observadas
Habitantes	La mayoría de los habitantes son de origen étnico, aunque también se observaron personas de origen mestizo y algunos blancos, hay mucha presencia de niños y gente joven, pero también se observaron ancianos; se pudo observar la presencia de hombres y mujeres por igual. Los habitantes son gente amable y tienen dominio del español, aunque un poco mezclado con acentos de sus lenguas.

Comunidad En la comunidad se observó un crecimiento sin planificación, viviendas mal construidas y deterioradas, ausencia de servicios y espacios públicos, calles sucias y deterioradas.

Tabla 5 (continuación)

Observaciones realizadas en la Comunidad Yutzupino

Aspecto a observar	Características observadas
Río	Se observaron aguas turbias, revueltas, contaminadas, con gran presencia de excavaciones y cauce desviado. Se observaron mineros en la zona y personas dirigentes (mafias) que impedían el uso de teléfonos celulares.
Residuos sólidos	Se pudo observar gran presencia de arenas y relaves, dispuestos en las orillas o playas del río, o en el centro del cauce (islas). No se observó otro tipo de residuos sólidos.
Ambiente	En el área en la cual estaba asentada la empresa se observó la ausencia de vegetación y vapores en el aire.

Descripción de la empresa minera Sinchikuy

La observación realizada nos permite hacer la descripción de la empresa, iniciando con la explicación del proceso productivo, donde se presentarán las etapas del mismo con sus entradas, salidas, residuos y las cantidades de cada uno.

El proceso de minería artesanal de oro inicia con la extracción de las arenas del lugar determinado para ser llevadas a la alimentación de los canalones (200Kg/h), donde se hará el lavado, con agua (6000L/h) proveniente del mismo río donde se extrae la arena, utilizando una motobomba.

En los canalones las arenas son lavadas y cribadas según su densidad y tamaño, las de mayor tamaño caen de la canal (192 Kg) y las más finas (8kg) se depositan en el fondo de la canal, en una alfombra o goma situada debajo de la rejilla,

a la cual se le ha añadido previamente 1 kg de mercurio. Este proceso se realiza por carga, invirtiendo 1 hora en cada carga, por lo cual se realizan 7 cargas al día.

La arena fina atrapada en la alfombra se lava con agitación en envases de plástico y se retira la superficial, quedando solo la más pesada que va al fondo, la cual es llevada a una batea de plástico donde se ha depositado adicionalmente 200g de mercurio, y se procede al barequeo de la arena para mejorar la separación.

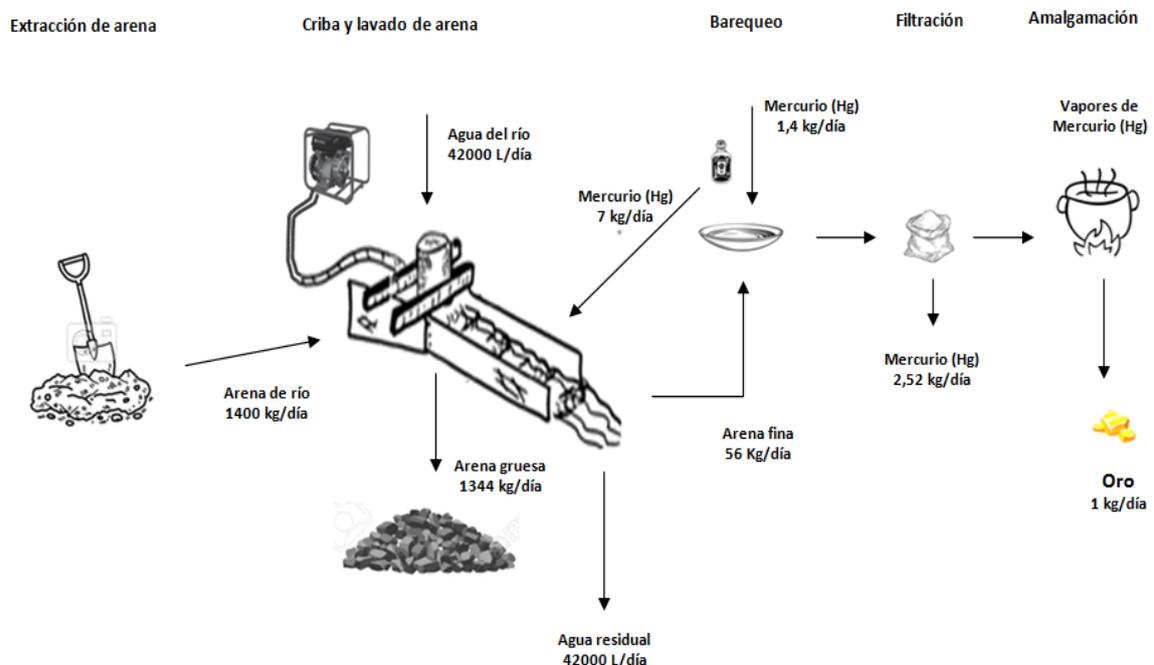
La arena se va retirando de la batea y se deja solo la amalgama de oro con mercurio, que posteriormente es pasada por una tela filtrante para retirar el mercurio residual el cual es recuperado en un 30%. Una vez se han obtenido las bolas de amalgama de un día de trabajo, se llevan a un envase metálico, donde se somete a calentamiento a llama directa de fogón.

Los vapores de mercurio se liberan a la atmósfera y el oro queda en el recipiente libre de impurezas, logrando obtener aproximadamente 1 kg/día.

El proceso de minería artesanal de oro aluvial se puede observar en el diagrama presentado en la Figura 8, con los flujos de entrada y salida calculados para un día de trabajo.

Figura 8

Diagrama de proceso de la empresa Sinchikuy



4.1.2. Entrevistas

En Tabla 6, se presenta un resumen de la información obtenida en 5 de las diferentes entrevistas realizadas.

Tabla 6

Entrevista a mineros artesanales en la Comunidad Yutzupino.

Nro.	Resumen de respuesta
1	Se trata de un minero artesanal, habitante de la comunidad, que aprendió el oficio desde pequeño de su padre. No está legalizado, sabe que la minería contamina el ambiente y los químicos son peligrosos, pero no tiene otra manera de ingresos para el sostenimiento de la familia.
2	Se trata de una mujer que práctica la minería artesanal, habitante de la comunidad, que aprendió el oficio de su esposo. No está legalizada, sabe que la minería contamina el ambiente y los químicos son peligrosos, pero no tiene otra manera de ingresos para el sustento de la familia.
3	Este entrevistado es habitante de la comunidad, aprendió a minar con sus vecinos, no está legalizado, conoce que la minería contamina el ambiente y los químicos son peligrosos, pero no ha conseguido otro empleo.
4	Se trata de un adolescente, que estudia algunos días y otros días ayuda a sus padres a minar, de quienes está aprendiendo el oficio. No sabe que la minería contamina el ambiente, ni que los químicos son peligrosos.
5	Este es el caso de un minero artesanal que vive en otra comunidad y se traslada a Yutzupino a minar para llevar sustento a su casa. Sabe que existen leyes y que la minaría causa daños al ambiente.

4.1.3. Encuestas

Se realizó la encuesta a 15 mineros artesanales de la Comunidad de Yutzupino, y a continuación se presentan en la Tabla 7 y en la Figura 9, las respuestas a cada pregunta realizada.

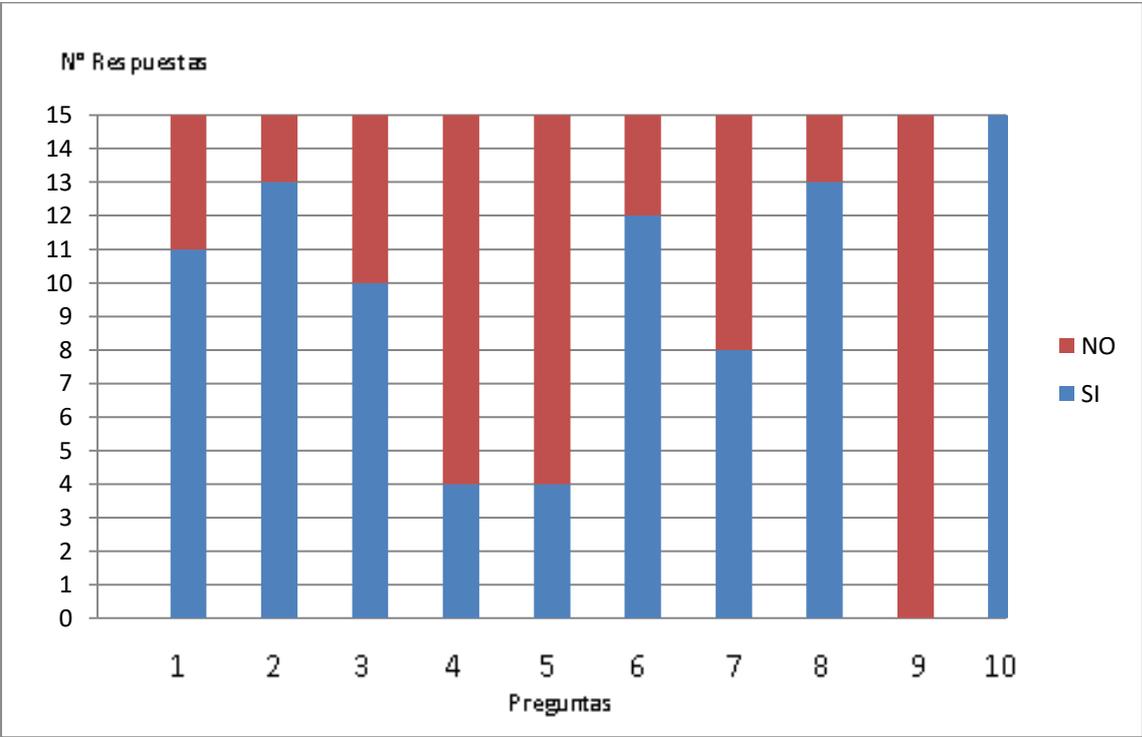
Tabla 7

Respuestas a la encuesta realizada a mineros

N°	Pregunta	SI	NO	No sabe/ No responde
1	¿Eres habitante del lugar?	11	4	0
2	¿Trabajas en minería artesanal de oro?	13	2	0
3	¿Aprendiste la minería con tu familia?	10	5	0
4	¿Sabes cuál es la peligrosidad de la minería?	4	11	0
5	¿Conoces los daños que causa la minería artesanal al ambiente?	4	11	0
6	¿Estás de acuerdo con la extracción de oro en la zona?	12	3	0
7	¿Sabes que hay leyes que regulan la minería?	8	7	0
8	¿Sabes que es importante cuidar el ambiente?	13	2	0
9	¿Has recibido capacitación de cómo cuidar el ambiente?	0	15	0
10	¿Te gustaría recibir capacitación?	15	0	0

Figura 9

Respuestas de la encuesta realizada a mineros



Según los resultados obtenidos a las preguntas, se puede observar que la mayoría de los mineros artesanales que laboran en Yutzupino, son habitantes de la comunidad, sin embargo, hay algunos que habitan en otra comunidad y solo vienen a trabajar en la extracción minera; 13 trabajan en la minería artesanal de oro y 2 de ellas respondieron que no, porque trabajan en extracción minera, pero no artesanal sino para una empresa; que 10 aprendieron a minar oro artesanalmente con su familia, es decir, que este oficio ha sido el medio de ingresos a la familia por años, y que solo 5 aprendieron el oficio con otras fuentes.

De igual manera se observa que, solo 4 respondieron saber que la minería artesanal es una actividad peligrosa, y 11 manifiestan desconocer el peligro que trae consigo esta actividad; solo 4 encuestados responden estar en conocimiento que la

actividad de extracción artesanal de oro ocasiona daños ambientales, y 11 dicen desconocer esto, alegando que solo usan palas y bateas en la actividad y que 12 encuestados manifiestan estar de acuerdo con la minería artesanal de oro, pues esta es una actividad que hacían sus antepasados y no causan daños al ambiente, y 3 dicen no estar de acuerdo con esta actividad, pero es su única fuente de ingresos.

Además, se observa que 8, de 15 encuestados expresan saber que existen leyes que regulan la minería artesanal de oro, mientras que 7, expresan que desconocen estas leyes y que 13 mineros saben y entienden que es importante cuidar el ambiente, y solo 2 manifiestan no saber la importancia del cuidado del entorno ambiental.

En cuanto a la capacitación en el cuidado ambiental, el total de los encuestados responden que nunca han recibido capacitación, pero que están interesados en recibirla.

Finalmente, aplicada la metodología para el diagnóstico de la situación actual de la minería artesanal de esta región, y analizando la información obtenida a través de la aplicación de la observación en sitio, las entrevistas y las encuestas, se puede decir que, actualmente en la empresa en estudio la Gestión de Residuos Sólidos es totalmente deficiente e inadecuada, pues los residuos sólidos generados durante el proceso (Ver Tabla 8), son dispuestos junto a las orillas del río sin ningún tratamiento previo, y que las personas dedicadas a esta actividad desconocen lo importante de realizar una gestión adecuada de residuos sólidos, de legalizar la minería artesanal, de conocer la peligrosidad que implica la utilización de químicos y la necesidad de hacer que esta actividad sea sostenible y respetuoso con el ambiente, por lo cual a continuación se realiza una propuesta de mejora de la Gestión de Residuos Sólidos para la empresa de minería artesanal Sinchikuy.

Tabla 8

Residuos sólidos generados en la empresa Sinchikuy

Residuo	Kg/hora	Kg/día
Arena gruesa	192	1344
Arena fina	7,8	55
Total	199,8	1399

4.2. Diseño de la Mejora

Luego de realizar y analizar el diagnóstico de la gestión de residuos sólidos en la empresa minera artesanal de oro Sinchikuy, se presenta en la Tabla 9, una propuesta de mejora de gestión, fundamentando la misma en las etapas de la pirámide de jerarquía del manejo de residuos sólidos mostrada en la Figura 1, aplicada a la minería artesanal de oro y que a su vez esté orientada hacia la sostenibilidad, para poder cumplir con las exigencias ambientales nacionales e introducirse en el cumplimiento de los criterios ESG que involucran factores ambientales, sociales y de gobierno corporativo para la transición a una minería ambiental y socialmente responsable.

Posteriormente, se describirá cada una de las mejoras propuestas, con la utilización de tablas, detallando los recursos, los responsables de cada una y el tiempo necesario para su implementación.

Tabla 9

Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos

Etapas	Propuesta de mejora
Reducir	<ul style="list-style-type: none">• Formación del personal en la protección ambiental.• Cambio de tecnología.• Legalización de la empresa.• Asociación con otras empresas y organizaciones del sector.
Reciclar	<ul style="list-style-type: none">• Valorización de los residuos al venderlo a otra empresa.
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none">• Elaborar un plan para el cierre adecuado de la explotación.
Disposición final	<ul style="list-style-type: none">• Elaborar plan de adecuada disposición final de los residuos.

4.3 Descripción de las Etapas

Etapas: Reducir

- **Formación del personal en la protección ambiental.**

Se plantea dictar cursos y/o talleres de formación y sensibilización para el personal, que incluyan temas como la importancia del cuidado ambiental y los recursos naturales, tecnologías sostenibles de extracción minera, normativa legal de la minería artesanal de oro, para lo cual se invitarán expertos en cada uno de los temas. En la Tabla 10 se presentan las especificaciones de esta propuesta.

Tabla 10

Especificaciones de la formación del personal

Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>			Etapa: Reducir
Propuesta	Recursos	Responsable	Tiempo
Taller de sensibilización sobre la importancia del cuidado ambiental y los recursos naturales.	Asesor experto, sala, mesas, sillas, papel, lápices, equipo para reproducción audiovisual.	Jefe de personal	1 sesión 1 semana
Curso de tecnologías sostenibles de extracción minera.	Asesor experto, sala, mesas, sillas, papel, lápices, equipo para reproducción audiovisual.	Jefe de personal	1 sesión 1 semana
Taller de la normativa legal de la minería artesanal de oro en Ecuador.	Asesor experto, sala, mesas, sillas, papel, lápices, equipo para reproducción audiovisual.	Jefe de personal	2 sesiones 2 semanas

Nota: una sesión se desarrollará en un tiempo de 3 horas.

Tal como se observa, los recursos necesarios para la formación se han determinado considerando las condiciones socioeconómicas y educativas del sector.

En la Tabla 11 se presenta el contenido programático de cada una de las capacitaciones propuestas para la formación del personal y en la Tabla 12 el cronograma para la implantación de la capacitación.

Tabla 11

Contenido programático de la Formación del Personal.

Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>		Etapa: Reducir
Propuesta	Contenido	
Taller de sensibilización sobre la importancia del cuidado ambiental y los recursos naturales.	<ul style="list-style-type: none"> • Conceptos de ambiente y recursos naturales. • Medio ambiente de la zona geográfica. • Importancia de la conservación de los recursos naturales. • Impactos de la minería artesanal de oro al ambiente. 	
Curso de tecnologías sostenibles de extracción minera.	<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación de la minería artesanal con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2030. • Tecnologías sostenibles del proceso de extracción del oro. 	
Taller de la normativa legal de la minería artesanal de oro en Ecuador.	<ul style="list-style-type: none"> • Marco jurídico del sector minero. • Requisitos Obligatorios para optar por la legalización. 	

Tabla 12

Cronograma de Formación del Personal.

Cronograma para la implantación de la capacitación del personal de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>		Etapa: Reducir					
Actividades	Semana						
	1	2	3	4	5	6	
Contactar y asegurar facilitadores.							
Reunir recursos.							
Dictar 1era capacitación.							
Dictar 2da capacitación.							
Dictar 3era capacitación.							

- **Cambio de tecnología.**

Dado que los residuos generados en la empresa minera *Sinchikuy* tienen alto contenido de mercurio, resulta inminente cambiar el proceso de extracción por un método que no utilice este contaminante químico, y de esta manera se reduce el impacto de los residuos al ambiente y a la salud humana.

La tecnología propuesta es un método de extracción por gravedad para la obtención del oro libre que utiliza la fuerza centrífuga para la concentración del metal. Esta tecnología no requiere la utilización de mercurio en el proceso, sino solo de agua, y logra procesar más de 10 toneladas de material por hora, es aplicable a minería aluvial por dragado, y permite la obtención de altas concentraciones de oro fino.

Por lo cual, se propone en la Tabla 13, sustituir la tecnología anterior por una ecológica y sostenible como las presentadas en los Anexos 4 y 5; además, en la Tabla 14 se presenta el cronograma para su ejecución.

Tabla 13

Especificaciones del cambio de tecnología.

Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>			Etapa: Reducir
Propuesta	Recursos	Responsable	Tiempo
Cambio de la tecnología del proceso de extracción del oro	Equipos de extracción de oro sostenibles, presupuesto según la tecnología seleccionada**.	Director general y administrador	6 meses

Nota: ** ver anexos 4 y 5.

Tabla 14

Cronograma para implementar el cambio de tecnología.

Cronograma para implementar el cambio de tecnología					Etapa: Reducir	
Actividades	Mes					
	1	2	3	4	5	6
Evaluación y selección de alternativas						
Conseguir recursos.						
Adquirir tecnología seleccionada.						
Implementación de tecnología						

- **Legalización de la empresa.**

Con el fin de lograr que la empresa formalice sus operaciones, cumpla con toda la normativa legal minera y se registre como tal ante los entes respectivos, para poder obtener por parte de los entes respectivos, la autorización para la explotación del material metálico en un polígono determinado, en función de la información legal, lo cual redundará en beneficios, entre los cuales se tienen solicitar créditos, ayuda técnica y capacitación a organismos gubernamentales e internacionales y asociarse con otras empresas del sector (Ver Tabla 15).

Tabla 15

Especificaciones de la legalización de la empresa

Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>				Etapa: Reducir
Propuesta	Recursos	Responsable	Tiempo	
Legalización de la empresa	Documentación de la empresa leyes y normas, pago de aranceles e impuestos.	Administrador	6 meses	

Considerando que para el funcionamiento legal de una explotación minera artesanal se requiere un registro ambiental el cual involucra una serie de trámites que deben ser realizados en el portal del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), se propone un cronograma de carácter tentativo en la Tabla 16, ya que el tiempo necesario para el cumplimiento de esta propuesta dependerá de la agilidad de los trámites en los entes respectivos.

Tabla 16

Cronograma para Legalización de la empresa.

Cronograma para Legalización de la empresa						Etapa: Reducir
Actividades	Mes					
	1	2	3	4	5	6
Recaudar los requisitos.						
Realizar el proceso administrativo para solicitar el permiso.						
Obtener Concesión para permiso de minería artesanal.						

Nota: La obtención de la Resolución para permiso dependerá de los procesos internos de los entes correspondientes, por lo tanto, este cronograma es de carácter figurativo.

- **Asociación con otras empresas y organizaciones del sector.**

Establecer relaciones con empresas del sector permitirá intercambiar experiencias y conocimientos, programar planes de capacitación en conjunto, solicitar beneficios sociales para la comunidad y beneficios laborales para sus trabajadores (Ver Tabla 17); además, entre las políticas mineras que se están implementando en el país destaca que el gobierno tiene la disposición de entregar concesiones a asociaciones de pequeña minería (Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible [IGF], 2019), por lo que la

implantación de esta propuesta facilitaría la legalización de la empresa minera artesanal de oro *Sinchikuy*.

Tabla 17

Especificaciones para la asociación con otras empresas y organizaciones del sector

Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>			Etapa: Reducir
Propuesta	Recursos	Responsable	Tiempo
Asociación con otras empresas y organizaciones del sector	Programas, espacios de reunión.	Director general	6 meses

Tabla 18

Cronograma para Asociación con otras empresas y organizaciones del sector.

Cronograma para Legalización de la empresa					Etapa: Reducir	
Actividades	Mes					
	1	2	3	4	5	6
Identificar empresas mineras artesanales.						
Contactar con empresas mineras artesanales.						
Realizar un registro de las empresas mineras artesanales.						
Conformar asociaciones de empresas mineras artesanales						

Etapa: Reciclar

- Valorización de los residuos al venderlo a otra empresa.

En vista que el proceso de criba y lavado aplicado en la empresa no permite un mayor tiempo de contacto del material extraído con el mercurio para una completa amalgamación, los residuos generados pueden ser valorizados al ser vendidos a otras empresas de mayor capacidad que cuentan con procesos y equipos que permiten un tiempo de contacto mayor, de esta manera se logra la reutilización y disposición adecuada de los residuos sólidos, dando un valor agregado a estos, obteniendo a la vez un ingreso económico adicional.

Las especificaciones de la propuesta se presentan en la Tabla 19, y el cronograma para la ejecución de las actividades se presenta en la Tabla 20.

Tabla 19

Especificaciones para la valorización de los residuos.

Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>			Etapa: Reciclar
Propuesta	Recursos	Responsable	Tiempo
Valorización de los residuos	Balanza industrial, transporte para acarreo.	Administrador	3 semanas

Tabla 20

Cronograma para la valorización de los residuos.

Cronograma para la valorización de los residuos.		Etapa: Reducir		
Actividades	Semana			
	1	2	3	
Identificar y cuantificar promedios de flujos diarios y semanales de recursos y residuos.				
Implementar procesos de recirculación de agua.				
Evaluar el reuso y/o disposición adecuada de residuos.				
Contactar empresas mineras medianas o grandes.				
Valorizar los residuos.				

Etapa: Tratamiento

- Elaborar un plan para el cierre adecuado de la explotación.

Esta etapa está referida a los procedimientos a realizar una vez el mineral se agote en el lugar donde se lleva a cabo la extracción minera (Ver Tabla 21). Es decir, que para el cierre de la misma, los equipos e instalaciones se deben retirar del lugar, la vegetación retirada se debe restituir, y los impactos ambientales causados deben ser minimizados o corregidos; el cronograma de estas actividades se presenta en la Tabla 22.

Tabla 21

Especificaciones para el plan de cierre de la explotación

Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>			Etapa: Tratamiento
Propuesta	Recursos	Responsable	Tiempo
Plan para el cierre adecuado de la explotación	Información del tema, papel, herramientas de extracción, trabajadores.	Director general, Excavador.	3 semanas

Tabla 22

Cronograma para el plan de cierre de la explotación.

Cronograma del plan de cierre de la explotación.		Etapa: Reducir		
Actividades	Semana			
	1	2	3	
Planificación del cierre				
Evaluación del impacto ambiental				
Retiro de equipos y disposición de residuos				
Cierre de la extracción				
Restitución de vegetación				
Minimización de impactos				

Etapa: Disposición final

- Elaborar plan de disposición final de los residuos.

Se elaborará un plan para la disposición final al ambiente de los residuos, en el

cual se realizarán análisis a los mismos para conocer su nivel de contaminación y se evaluará el lugar correcto para su ubicación de manera que no afecte la vegetación, ni el curso natural del río, preferiblemente se debe regresar el residuo a su lugar original (Ver Tabla 23).

Tabla 23

Especificaciones para el plan para una adecuada disposición final de los residuos.

Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>			Etapa: Disposición final
Propuesta	Recursos	Responsable	Tiempo
Plan para una adecuada disposición final de los residuos.	Herramientas de extracción, trabajadores.	Director general, Excavador.	.3 semanas

Las actividades para la implementación de la disposición final de los residuos sólidos que involucra la evaluación de los residuos y del sitio escogido para la disposición, y la disposición misma, así como también el cronograma para la ejecución de las mismas, se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24

Cronograma para la Disposición final.

Cronograma para la Disposición final		Etapa: Reducir		
Actividades	Semana			
	1	2	3	
Evaluación de los residuos				
Evaluación del sitio de disposición final				
Disposición de residuos				

4.4. Mecanismos de Control

A continuación, se establecen métricas o indicadores para controlar el desarrollo de las propuestas de mejora de gestión de residuos sólidos de la Minería artesanal de oro Sinchikuy (Ver Tabla 25).

Finalmente se presenta un formato para el registro de los controles realizados en la Tabla 26 y un cronograma general para la implementación de las propuestas de mejora y sus respectivas actividades en la Tabla 27.

Tabla 25**Matriz de mecanismos de Control**

Propuesta de mejora	Métrica	Indicador	Frecuencia de medición	Responsable
Formación del personal en la protección ambiental.	Evaluación de conocimiento al final de cada sesión	Porcentaje de aprobados	1 vez a la semana	Jefe de personal
Cambio de tecnología.	Obtención de presupuesto	Cantidad monetaria (USD)	1 vez a la semana	Administrador
Legalización de la empresa.	Avances en la documentación exigida	Nro. de documentos obtenidos	1 vez a la semana	Administrador
Asociación con otras empresas y organizaciones del sector.	Acercamientos realizados	Nro. de organizaciones contactadas	1 vez a la semana	Director general
Valorización de los residuos al venderlo a otra empresa.	Residuos vendidos	Porcentaje de residuos vendidos	1 vez a la semana	Administrador
Elaborar un plan para el cierre adecuado de la explotación.	Avance del plan	Porcentaje de avance	1 vez a la semana	Director general
Elaborar plan de adecuada disposición final de los residuos.	Avance del plan	Porcentaje de avance	1 vez a la semana	Director general

Tabla 26

Formato para el registro de Controles

<p align="center">Empresa Minera Artesanal de Oro “Sinchikuy”</p> <p align="center">Control de Implementación de Propuesta de Mejora</p>							
<p>Empresa:</p>					<p>Fecha: Hora:</p>		
<p>Motivo de realización del control:</p>							
Etapa	Actividad	Métrica	Indicador	Frecuencia de medición	Estado de Implementación la Propuesta		
					Avanzado	Medio	Inicial
<p>Observaciones:</p>							
<p>Responsable:</p>			<p>Firma:</p>		<p>Fecha: Hora:</p>		
<p>Cargo:</p>							

Tabla 27

Cronograma general

Cronograma General de la Propuesta de mejora de Gestión de Residuos Sólidos de la Minería Artesanal de Oro <i>Sinchikuy</i>														
Etapas	Propuesta	Meses												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Reducir	Formación del personal en la protección ambiental.	■	■											
	Cambio de tecnología.	■	■	■	■	■	■							
	Legalización de la empresa.	■	■	■	■	■	■							
	Asociación con otras empresas y organizaciones del sector.							■	■	■	■	■	■	■
Reciclar	Valorización de los residuos al venderlo a otra empresa.											■	■	
Tratamiento	Elaborar un plan para el cierre adecuado de la explotación.												■	■
Disposición final	Elaborar plan de adecuada disposición final de los residuos.													■

4.4 Presupuesto estimado de la propuesta de mejora

Tabla 28

Presupuesto estimado

Etapa	Recurso	Precio unitario(\$)	Precio total(\$)
	Escritorio	200	200
	Mesas - Sillas	50	500
	Papel	5	10
Reducir	Lápices	2,5	5
	Equipo audiovisual	40	40
	Computador portátil	500	500
	Asesores	30	120
	Legalización de la empresa	2.000	2.000
	Concentrador de oro	7.700	7.700
Reciclar	Balanza industrial	120	120
Tratamiento	Excavadora pequeña	2.300	2.300
Total general			13.495 \$

4.5 Resultados esperados

Debido a que el tiempo para la implantación de las propuesta de mejora de la Gestión de Residuos sólidos se estableció para 12 meses y que la empresa actualmente no cuenta con presupuesto para la ejecución de la misma, sino que debe esperar su legalización para optar por planes de financiamiento, se presenta a continuación en la Tabla 28 una lista de los resultados esperados una vez implantada la propuesta, siendo comparados con los resultados actuales del proceso.

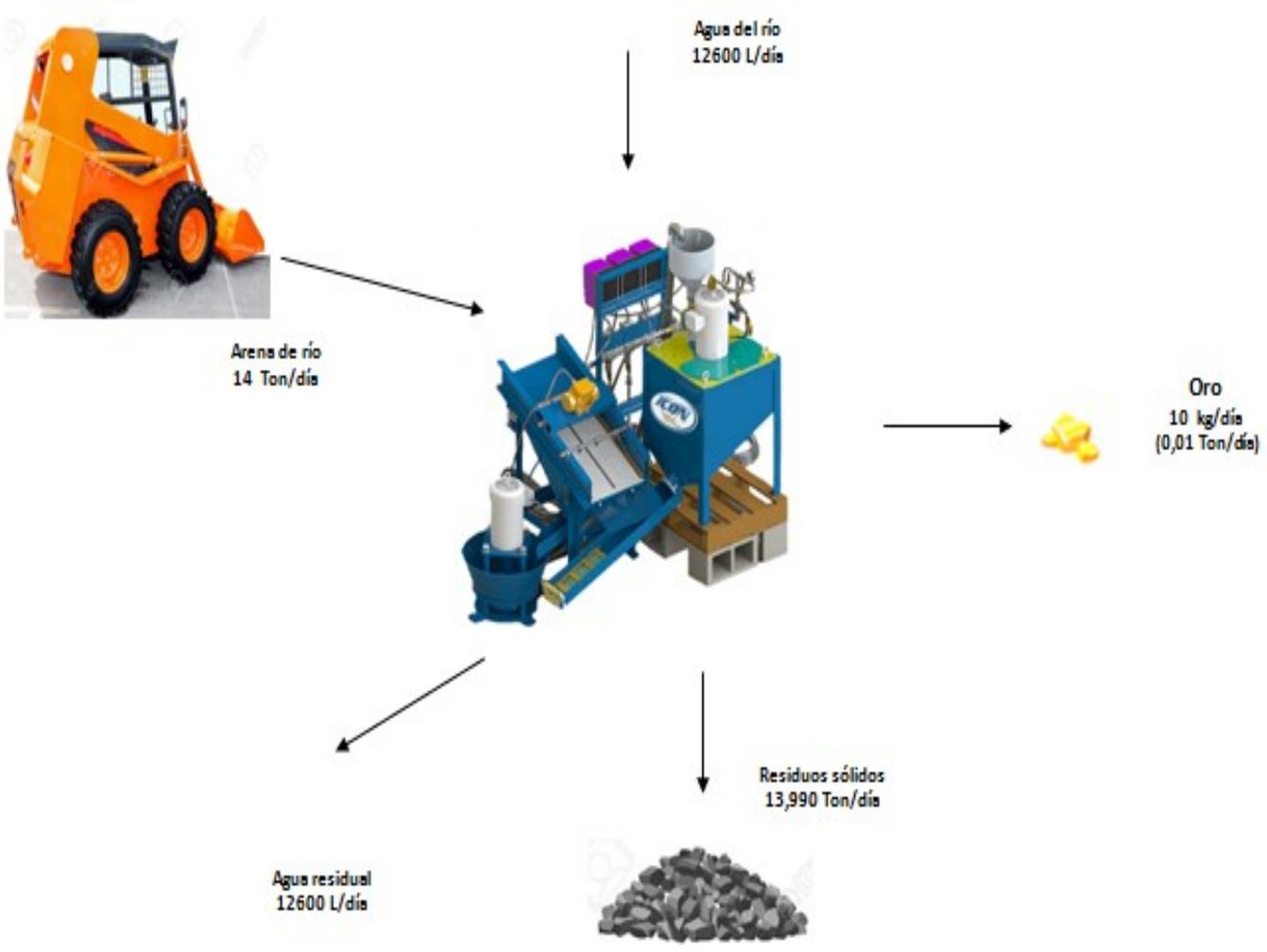
Tabla 29

Resultados esperados

Resultados esperados con la Propuesta de Mejora				
Etapa	Actividad	Gestión actual	Gestión propuesta	Aspecto
Reducir	Formación del personal en la protección ambiental.	Personal totalmente desinformado.	Personal capacitado y con conciencia ambiental.	Ambiental
	Cambio de tecnología	Producción contaminante	Producción Sostenible	Ambiental Económico
	Legalización de la empresa.	Empresa ilícita	Empresa registrada y lícita	Legal
	Asociación con otras empresas y organizaciones del sector.	Empresa aislada, desvinculada.	Empresa asociada e involucrada con otras empresas del sector.	Social Legal
Reciclar	Valorización de los residuos al venderlo a otra empresa.	Disposición final inadecuada de residuos.	Reciclado de material residual con contenido metálico.	Ambiental
			Valor agregado al residuo	Económico
Tratamiento	Elaborar un plan para el cierre adecuado de la explotación.	Impacto ambiental negativo en la zona de la extracción minera	Ambiente y zona de minería recuperado luego del cierre	Ambiental Social
Disposición final	Elaborar plan de adecuada disposición final de los residuos.	Disposición final inadecuada de residuos.		Ambiental Social

Figura 10

Diagrama de proceso esperado de la empresa Sinchikuy



CONCLUSIONES

- Se realizó un diagnóstico de la actual gestión de residuos en una empresa de minería artesanal de oro de Napo – Ecuador, a través del cual se obtuvieron datos para determinar la cantidad y tipo de residuos sólidos, las necesidades de formación de los mineros y diseñar de la propuesta.
- Se determinó que actualmente la empresa minera artesanal de oro Sinchikuy no cuenta con una Gestión de Residuos Sólidos adecuada, por lo cual los mismos son dispuestos al ambiente sin ningún tipo de tratamiento.
- Se diseñó una propuesta de mejora del sistema de gestión de residuos de una empresa de minería artesanal de oro en Napo – Ecuador, donde se presentan las acciones a seguir para la implementación de la misma y está fundamentada en las etapas de la pirámide de jerarquía del manejo de residuos sólidos, aplicadas a la minería artesanal de oro.
- Se calculó el presupuesto estimado de la propuesta de mejora obteniendo una cifra de 13.495 \$.
- El tiempo estimado para la implementación de la propuesta de mejora, según el cronograma es de 12 meses.
- Se establecieron mecanismos de seguimiento de la propuesta diseñada, los cuales se presentaron en una matriz de métricas o indicadores para controlar el desarrollo de la mejora de gestión de residuos sólidos de la empresa minera artesanal de oro Sinchikuy.

RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de contenido de mercurio a los residuos generados en la explotación y así poder inferir en el nivel de afectación al ambiente y a las personas.
- Llevar un registro estricto de todas las entradas y salidas diarias al proceso de extracción minera que permita una correcta valorización de los residuos.
- Elaborar una propuesta de Gestión Integral de Residuos donde se incluya el manejo de residuos líquidos y emisiones gaseosas.
- Instalar equipos con mejor tecnología que permitan aumentar la eficiencia y productividad de los procesos, entre estos uno que permita una alimentación mayor de material al proceso de extracción (excavadora sugerida en Anexo 6).
- Realizar estudios para la reutilización de relaves y estériles en desarrollar procesos de re conformación morfológica, retrolenado, recuperación del paisaje y obras civiles dentro y fuera de la zona de excavaciones mineras.
- Evaluar la Implementación de tecnologías que logren optimizar la recuperación de mineral aprovechable en los residuos sólidos.
- Realizar estudio de impacto ambiental e hídrico en las zonas de extracción minera, luego de cerrada la excavación.
- Elaborar un plan de manejo ambiental según requerimientos de normativas nacionales e internacionales.
- Desarrollar de proyectos de investigación e innovación tecnológica solicitando apoyo de la academia y de instituciones públicas.
- Realizar intercambio de buenas prácticas y experiencias con diferentes actores del sector.

- Implementar métodos de uso eficiente de recursos y procesos para identificar flujos y pérdidas.
- Implementar procesos para recirculación de agua.
- Realizar estudios para la utilización de subproductos y residuos sólidos de minería como aditivos o materia prima en procesos de construcción.

BIBLIOGRAFÍA

- Alianza por la Minería Responsable (2017). *Guía para el manejo responsable y alternativas de eliminación del mercurio en ambientes de trabajo del sector minero*. Primera edición. Colombia.
- Abu, I.; López, P.; Castro, A. y Apraez, N. (s.f.). *Hacia una producción limpia en la minería. Programa para minimizar la contaminación generada por la minería en el sur y occidente colombiano*. Colombia.
- Almeida, María (2019). *Estudio de caso sobre la gobernanza del sector minero en el Ecuador*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/56), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago.
- Aponzá P., Lucumi - Golú, H y Vidal, A. (2020). *Minería de Oro: tecnologías de extracción, ventajas y efectos*. Facultad de Ingeniería, Programa de Especialización en control de la contaminación ambiental, Universidad Santiago de Cali.
- Banco Central del Ecuador (2017). *Reporte de Minería*. Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica. Subgerencia de Programación y Regulación.
- Bansah, K. J., Dumakor-Dupey, N. K., Kansake, B. A., Assan, E., & Bekui, P. (2018). *Socioeconomic and environmental assessment of informal artisanal and small-scale mining in Ghana*. *Journal of Cleaner Production*, 202, 465–475.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.150>
- Colectivo Geografía Crítica (2021). *Informe geográfico sobre la situación territorial en la provincia de Napo sobre algunas zonas donde se está explotando minería metálica*. Napo – Ecuador.

Corporación Eléctrica del Ecuador Empresa Pública [CELEC EP], 2012). Instructivo para la gestión de residuos sólidos.

Díaz, C., Vásquez, L., Loaiza, L. Hernández, J. Villanueva, M. y Henríquez, M. (2018). Estudio de las tecnologías de tratamiento de efluentes procedentes de los procesos de extracción de oro y métodos de reutilización de relaves de la minería aurífera. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería.

Díaz, Laura; Torruco, Uri; Martínez, Mildred y Varela, Margarita (2013). *La entrevista, recurso flexible y dinámico*. Departamento de Investigación en Educación Médica, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.

Español Cano, Santiago (2012). Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica*. Instituto Nacional de Salud. Volumen 32, No. 3, Bogotá, D.C., Colombia.

Espín, D. y Jarrín, J. (2017). *Manejo, gestión, tratamiento y disposición final de relaves mineros generados en el proyecto Río Blanco*. Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa, Vol II, N° (4), 12

Espinoza, Yuri (2016). *Propuesta de gestión integral para los procesos de explotación de la minería artesanal*. Universidad Técnica de Machala. Cuenca – Ecuador.

Fernández Coto, José Manuel (2020). *Plan de Gestión de Residuos de la “Concesión Irene N° 5.385”*. Término Municipal de CRIVILLÉN, ESTERCUEL (TERUEL) – España.

- Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible [IGF] (2019). Evaluación del Marco de Políticas Mineras del IGF: Ecuador. Winnipeg: IISD.
- Garay, Camilo (2020). *Técnicas e instrumentos para la recolección de datos*. Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Bocas del Toro. Facultad De Ciencias De La Educación. Panamá. Recuperado el 15 de mayo de 2022 de: <https://crubocas.up.ac.pa/sites/crubocas/files/2020-07/3%20Módulo%2C%20%2C%20EVIN%20300.pdf>
- Gobierno de Chile (2021). *Recuperación de metales valiosos desde residuos mineros*. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Chile.
- Gobierno Provincial De Napo (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Provincia de Napo – Ecuador.
- Gutiérrez, Edna P. (2014). *Manejo de Residuos en Minería: La regulación como herramienta de desarrollo*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Bogotá, D.C., Colombia.
- López, Pedro y Fachelli, Sandra (2015). *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. Universidad Autónoma de Barcelona. Depósito digital de documentos. España.
- Lozada, José R. (2016). Opciones para una minería de oro que cumpla con las normas ambientales, en la Guayana venezolana. *Revista Geográfica Venezolana*. Vol. 58. Núm. 2, pp. 464-483, 2017. Universidad de los Andes.Venezuela.

Macháček, J. (2019). *Typology of environmental impacts of artisanal and small-scale mining in African Great Lakes Region*. Sustainability (Switzerland), 11(11).<https://doi.org/10.3390/su11113027>

Ministerio del Ambiente y Agua (2020). *Plan de Acción Nacional sobre el uso de Mercurio en la Minería Artesanal y de Pequeña Escala de Oro en Ecuador, Conforme la Convención de Minamata sobre Mercurio*. Ecuador.

[Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible](#) (2022). *Etapas de la gestión integral de residuos sólidos urbanos*. Argentina. Recuperado el 17 de mayo de 2022 de: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/rsu/etapas>

Ministerio de desarrollo productivo (2021), *Gestión Racional de Residuos Mineros*. Secretaría de minería. Argentina.

Ministerio del Ambiente (2020). *Línea de base nacional para la minería artesanal y en pequeña escala de oro en Ecuador, conforme la Convención de Minamata sobre mercurio*. Ecuador.

Ministerio del Ambiente (2015). *Taller Suramericano de minería artesanal y pequeña minería*. Plan de acción nacional MAPE. Ecuador.

Ministerio del Medio Ambiente (s.f.). Programa para minimizar la contaminación generada por la minería en el sur y occidente colombiano. Dirección General Ambiental Sectorial.

Ministerio de Minería (2016). *Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero*. Ecuador.

Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible [MMSD](2002). *Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable en América del Sur*. Quito: CIPMA

Oficina de Información Diplomática (2021). *República del Ecuador*. Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación del Gobierno de España.

Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2018). *¿Por qué la minería artesanal es tan contaminante?* Programa para el medio ambiente. Recuperado el 01 de septiembre de 2022, de: [¿Por qué la minería artesanal es tan contaminante? \(unep.org\)](https://www.unep.org/es/tema/contaminacion-y-ecosistemas/contaminacion/contaminacion-de-aire/contaminacion-de-aire-que-es-tan-contaminante)

Prefectura de Napo, 2022. La provincia de Napo. Recuperado el 26 de junio de 2022, de: <https://www.napo.gob.ec/website/index.php/2014-10-20-20-31-18/cantones/19-la-provincia>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], (2021). *Análisis TSA en el sector de la minería artesanal y de pequeña escala de oro en Ecuador*.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA],(2014). *Convenio de Minamata sobre el mercurio*. (<http://www.mercuryconvention.org/Convention/tabid/3426/Default.aspx>, consultado el 30 de mayo de 2022).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], (2012). *Reducción del uso de mercurio en la minería de oro artesanal y de pequeña escala*.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], (2012). *Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala*. Bogotá, Colombia.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], (2008). *El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*. Módulo 3.

- Rea, Antonio (2017). *Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador*. Universidad Central del Ecuador.
- Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería (2009). Decreto Ejecutivo 120. Registro Oficial Suplemento 67 de 16 noviembre de 2009.
- Renca, Sara & Aguirre, Abel (2018). Propuesta para tratar desechos de la minería de oro. UCASAL. Facultad de Ingeniería. Argentina.
- Rondón E., Szantó, M., Pacheco, F. y Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Naciones Unidas ed. Santiago: CEPAL.
- Salinas, E.; Rivera, I.; Carrillo, R.; Patiño, F.; Hernández, J. y Hernández, L. (2004). Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono. *Revista de la Sociedad Química de México*. Volumen 48. N°4. Ciudad de México.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (2014). La realidad de la minería ilegal en países amazónicos. Lima - Perú.
- Tello, Pilar; Campani, Darci y Sarafian, Diana (2018). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Paraguay.
- Tupiza, Jhonathan (2019). *Tecnologías limpias para el aprovechamiento de depósitos detríticos (oro aluvial) ubicados en la Provincia del Napo*. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Quito.
- Valdivia Odiaga, Iris Andrea (2021). *Propuesta para la mejora de la gestión de los residuos sólidos en las actividades realizadas por la empresa METALARC S.R.L. Cajamarca – 2020*. Escuela de Postgrado Neumann. Tacna – Perú.

ANEXOS

Anexo 1

Control de observaciones realizadas en la Comunidad Yutzupino.

Aspecto a observar	Características observadas
Habitantes	
Mineros Artesanales	
Comunidad	
Río	
Residuos sólidos	

Anexo 2

Entrevista semiestructurada

Algunas preguntas que se realizarán para orientar la entrevista, son:

	Ocupación:
	Sexo: M (9) F (6)
	Edad:
Nro.	Preguntas
1	¿Eres minero en la zona?
2	¿Conoces la técnica de extracción artesanal de oro?
3	¿Sabes cuál es la peligrosidad de la minería?
4	¿Conoces los daños que causa la minería artesanal al ambiente?
5	¿Estás de acuerdo con la extracción de oro en la zona?

Anexo 3

Encuesta

	Ocupación:		
	Sexo: M () F ()		
	Edad:		
Preguntas	Respuestas		
	Si	No	No sabe / No responde
1. ¿Eres habitante del lugar?			
2. ¿Trabajas en minería de oro?			
3. ¿Aprendiste la minería con tu familia?			
4. ¿Sabes cuál es la peligrosidad de la minería?			
5. ¿Conoces los daños que causa la minería artesanal al ambiente?			
6. ¿Estás de acuerdo con la extracción de oro en la zona?			
7. ¿Sabes que hay leyes que regulan la minería?			
8. ¿Sabes que es importante cuidar el ambiente?			
9. ¿Has recibido capacitación de cómo cuidar el ambiente?			
10. ¿Te gustaría recibir capacitación?			

Anexo 4

Máquina para extraer Oro iCON i350



Tomado de [Maquinas Para Extraer Oro \(911metallurgist.com\)](http://911metallurgist.com)

Anexo 5

Planta IGR 100

Planta Concentrador Gravimétrico Minería Artesanal i150



Tomado de [Maquinas Para Extraer Oro \(911metallurgist.com\)](http://911metallurgist.com)

Anexo 6

Máquina excavadora pequeña



Tomado de <https://es.123rf.com/>