

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN
AMBIENTAL PARA LA PREVENCIÓN DE IMPACTOS
AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA MINERA**

Presentada por

CARLA LUCÍA MENDOZA CERRÓN

Trabajo Monográfico para Optar el Título de

INGENIERO AMBIENTAL

Lima - Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN
AMBIENTAL PARA LA PREVENCIÓN DE IMPACTOS
AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA MINERA**

Presentada por

CARLA LUCÍA MENDOZA CERRÓN

Trabajo Monográfico para Optar el Título de
INGENIERO AMBIENTAL

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Ph.D. Sergio Pacsi Valdivia
PRESIDENTE

Mg. Sc. Víctor Miyashiro Kiyán
MIEMBRO

Dra. Rosemary Vela Cardich
MIEMBRO

Mg. Sc. Víctor Miyashiro Kiyán
ASESOR

AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a mí por mi persistencia, a mis papas por la paciencia, a mis amigas por el soporte emocional y económico, a los profesores por posibilitar la meta, a las empresas donde generé mi experiencia profesional por la oportunidad y sobretodo a Dios por permitir mi existencia.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. CONTEXTO DE LA INDUSTRIA MINERA EN EL PERÚ PERIODO 2006-2008	3
2.2. PRODUCTO BRUTO INTERNO	4
2.3. EL APORTE DEL SECTOR MINERÍA AL PBI NACIONAL	4
2.4. LAS FORMAS LABORALES DE LA MINERÍA PERUANA A TRAVÉS DE LA HISTORIA.....	5
2.5. SUSTENTABILIDAD MINERA	6
2.6. ISO 14000 – GESTIÓN AMBIENTAL	6
2.7. IDENTIFICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA RECURSOS NO RENOVABLES	6
2.7.1. Análisis de ciclo de vida	6
2.7.2. Análisis de riesgos ambientales	7
2.7.3. Estudio de impacto ambiental	8
2.7.4. Análisis de flujo de sustancia o materia	9
2.7.5. Análisis de materia y energía	9
2.7.6. Fiscalización ambiental	10
2.7.7. Auditoría	10
2.7.8. Aspectos ambientales	10
2.7.9. Impactos ambientales	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1. MATERIALES	11
3.2. METODOLOGÍA	11
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1. EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN APLICABLES AL SECTOR MINERO RESULTADOS.....	12

4.1.1. Elaboración de matriz integrada para la gestión ambiental del proyecto minero en fase de operación	13
4.1.2. Significancia de aspectos ambientales.....	17
4.2. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	21
V. CONCLUSIONES	25
VI. RECOMENDACIONES	27
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
VIII. ANEXOS	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Perú PBI por actividad económica 2006-2016	4
--	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución promedio de PBI por sector productivo: 2006 – 2016.....	5
---	---

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Certificación ambiental para proyectos mineros.....	30
Anexo 2: Evaluación de las herramientas de gestión ambiental aplicables a recursos no renovables para la industria minera	31
Anexo 3: Listado de componentes para proceso minero metalúrgico caso Pataz.....	35
Anexo 4: Descripción de los índices de significancia	36
Anexo 5: Resumen de aspectos ambientales con alta significancia en etapa de operación	37

RESUMEN

La industria minera cuenta con alternativas de herramientas de gestión ambiental de pronóstico para la etapa de aprobación de proyecto antes de su ejecución. Actualmente las herramientas utilizadas requieren gran cantidad de recursos humanos, tiempo e información recopilada a fin de que su resultado (los posibles impactos ambientales de la actividad) sea lo más cercano posible a la realidad. Si bien sirven estas como pauta, para la etapa de planificación del proyecto los aspectos ambientales manifestados en etapa de operación difieren de la realidad en magnitud y frecuencia. Por lo anteriormente mencionado se evaluarán las herramientas de gestión ambiental aplicadas en la industria minera mediante su identificación, y propondrá una matriz integrada a fin de contar con una herramienta de gestión ambiental aplicable a un proyecto minero de socavón en fase de operación.

Palabras clave: gestión, ambiental, herramienta, industria minera, mina, etapa ejecución.

ABSTRACT

The mining industry has environmental management tools alternatives to forecast environmental impacts for the project approval stage before its implementation. This analysis provides an overview of the environmental management tools applied to the mining industry. The tools that are usually applied require great amount of human +resources, time and information compiled so that the tool output can estimate the real environmental, while they serve as a guideline for the project planning stage, the environmental aspects manifested at the stage of operation differ from reality in magnitude and frequency. The purpose is to evaluate the environmental management tools applied in the mining industry through its identification, to culminate with a proposal of integrated matrix in order to have an environmental management tool applicable to a mining project of underwater in operation phase.

Keywords: management, environmental, tool, mining industry, mine, execution stage.

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se basa en el análisis de las herramientas de gestión ambiental utilizadas para la industria minera, mostrando sus limitaciones cuando son aplicadas durante la ejecución del proyecto ya que estas son herramientas pronóstico diseñadas para utilizarlas durante la etapa de planificación del proyecto. La evaluación de las herramientas más comúnmente usadas para este tipo de proyectos mineros, se rescata las concordancias entre los enfoques y alcances propios de cada metodología; adicionalmente se mencionan y reconocen la necesidad de contar con tiempo, recursos y personal destinado solo para la utilización y mantenimiento de la herramienta a trabajar.

La compleja aplicación de las herramientas para el manejo de aspectos ambientales durante la fase de operación genera la necesidad de contar con una herramienta de gestión fácilmente aplicable, que utilice el conocimiento adquirido con los años de experiencia de los responsables de las áreas operativas y de soporte; permitiendo jerarquizar los aspectos ambientales para poder hacer el seguimiento y evaluación continua indirecta de los controles ya implementados en un proyecto minero durante la fase de operación.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las herramientas de gestión ambiental aplicadas en la industria minera peruana.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las herramientas de gestión ambiental aplicables a recursos no renovables que permitan estudiar el proceso y establecer controles, en la industria minera.
- Evaluar las herramientas de gestión ambiental aplicables a recursos no renovables que permitan estudiar el proceso y establecer controles, en la industria minera.
- Proponer una matriz integrada de significancia de aspectos ambientales como herramienta de gestión ambiental de un proyecto minero de socavón en fase de operación

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONTEXTO DE LA INDUSTRIA MINERA EN EL PERÚ PERIODO 2006-2008

Según el Instituto de Minas del Perú (MEM, Ministerio de Energía y Minas, 2010) el aporte económico de la industria minera al país es uno de los pilares que sostiene la dinámica económica por los siguientes beneficios aportados.

- Al año 2008, los recursos del sector minero representan el 60% de lo recaudado en las regiones y 39% a los municipios, llegando a ser hasta 90% en las zonas con presencia de la actividad minera.
- El monto recaudado por el estado debido al aprovechamiento de recursos naturales es de 73.7%, a comparación de los otros sectores de mayor aporte que representan en promedio el 5%, entre sector petrolero y gasífero.
- Las actividades enfocadas al desarrollo sostenible de las ciudades abarcaron 117 provincias influenciado de esa manera a 7 millones de personas. El empleo local incrementó su financiamiento en 159 en el año 2008 respecto del año 2007.
- El empleo directo generado se estima en 127 mil puestos de trabajo y el indirecto en 508 mil beneficiados.

2.2. PRODUCTO BRUTO INTERNO

El Producto Bruto Interno (PBI) es el valor de los bienes y servicios finales producidos durante un período de tiempo en un territorio. Sólo se refiere a bienes y servicios finales porque sus precios incorporan el valor de los bienes intermedios (Instituto Peruano de Economía, 2015).

2.3. EL APORTE DEL SECTOR MINERÍA AL PBI NACIONAL

El sector minería es un sector económico importante en el crecimiento del PBI nacional. Como se aprecia en la Figura 1, el promedio de su aporte en los últimos 10 años es del 11 por ciento.

Tabla 1: Perú PBI por actividad económica 2006-2016

Año	Agricultura	Pesca	Extracción de petróleo y minería	Manufactura	Electricidad y agua	Construcción	Comercio	Servicios Gubernamentales	Otros Servicios
2016	6.5%	0.5%	8.7%	12.7%	2.2%	6.3%	11.1%	5.7%	46.3%
2015	6.5%	0.5%	8.0%	13.2%	2.1%	6.6%	11.0%	5.6%	46.5%
2014	6.4%	0.4%	8.7%	13.9%	1.9%	7.1%	10.7%	5.5%	45.4%
2013	6.0%	0.6%	10.4%	14.8%	1.7%	6.9%	10.9%	5.0%	43.6%
2012	6.3%	0.4%	12.2%	15.2%	1.7%	6.5%	11.1%	4.8%	41.9%
2011	6.3%	0.8%	14.6%	15.1%	1.7%	5.8%	10.9%	4.6%	40.1%
2010	6.2%	0.6%	12.3%	15.6%	1.7%	6.2%	10.8%	4.8%	41.8%
2009	6.7%	0.7%	10.4%	15.3%	1.9%	5.9%	10.8%	5.1%	43.1%
2008	6.5%	0.7%	12.6%	16.3%	1.8%	5.6%	11.1%	4.4%	41.1%
2007	6.0%	0.7%	14.4%	16.5%	1.7%	5.1%	10.2%	4.3%	41.1%
2006	5.8%	0.8%	14.4%	16.5%	1.8%	4.8%	10.4%	4.6%	41.0%

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

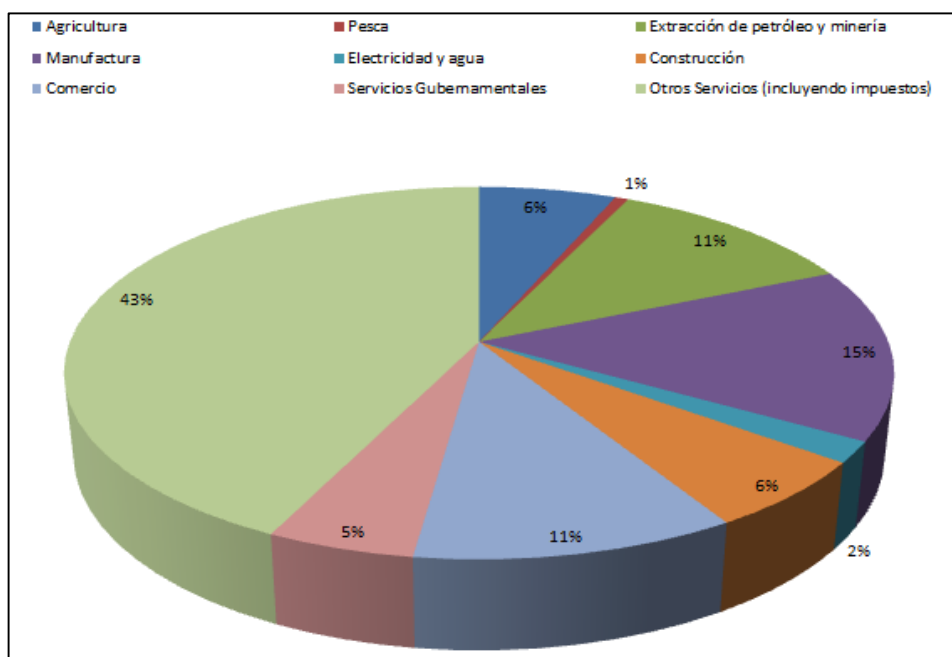


Figura 1: Distribución promedio de PBI por sector productivo: 2006 – 2016

FUENTE: Elaboración propia (2017)

2.4. LAS FORMAS LABORALES DE LA MINERÍA PERUANA A TRAVÉS DE LA HISTORIA

Se mencionan las características del trabajo en el rubro de la minería desde la etapa preinca hasta la etapa republicana. Según Dammert y Molinelli (2007), durante periodo colonial y el periodo republicano el desarrollo de la industria minera requería gran cantidad de mano de obra y las pobres condiciones laborales establecidas bajo diferentes figuras (mita, enganche y cachorro en sus respectivos periodos) trajeron como consecuencia conflictos con el campesinado circundante a los asentamientos.

Según Dammert Lira, las razones por las que se suscitan conflictos entre la población campesina y la actividad minera son:

- La población tiene mayor conciencia de sus derechos, y de los cambios irreversibles en su ambiente próximo producidos por las actividades mineras.
- Actualmente debido al desarrollo en la tecnología aplicada a minería, requiere mano de obra calificada haciendo menos accesible puestos de trabajo para los

pobladores circundantes a la actividad.

2.5. SUSTENTABILIDAD MINERA

En América Latina no se aprecia la reducción de la pobreza en los focos de desarrollo minero y la desigualdad en la distribución de la pobreza se ha ampliado, llevando a concluir que los costos ambientales y sociales inmediatos o de largo plazo, ocasionado por los pasivos ambientales de la actividad no llegan a ser sopesados con las ganancias adquiridas mediante este sector (Robilliard, 2006), por lo que es importante poner atención especial.

2.6. ISO 14000 – GESTIÓN AMBIENTAL

La Organización Internacional para la Estandarización desarrolla estándares voluntarios orientados a abordar un tema. En el caso particular la ISO 14000 es una familia de normas orientadas a trabajar el tema ambiental dentro de los procesos de la organización para cumplir objetivos específicos (ISO, 1945).

2.7. IDENTIFICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA RECURSOS NO RENOVABLES

Procedimientos cuyo fin es el de valorar los impactos ambientales generados por la actividad que se desarrolla en un área geográfica, para determinar las medidas de control a implementar dentro del proceso. Según Moreno y Espí, existen ocho herramientas ambientales aplicadas a los recursos no renovables, estas son:

2.7.1. Análisis de ciclo de vida

Esta herramienta de gestión ambiental es una técnica usada para analizar (identificar, cuantificar y caracterizar) impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto o servicio desde la adquisición de la materia

prima requerida hasta la disposición final (ISO, 2006)

Según Blanca Romero este análisis busca rediseñar el producto o servicio e implementar mejoras de reingeniería durante el proceso bajo criterios de la maximización de la eficiencia en el uso de los recursos y la orientación de la gestión de los residuos generados. Esta herramienta de gestión involucra altos costos, y consume mucho tiempo para la implementación de las medidas de control (EPA Guía, 2001).

A pesar de que esta herramienta cuenta con más de treinta años de desarrollo y la posterior estandarización del procedimiento gracias a la ISO; en la actualidad estos análisis son realizados parcialmente por las industrias y sesgado mayormente al área logística, dejando muchas veces de lado el proceso productivo (Rodríguez, 2003).

El análisis actualmente es desarrollado en base a las familias de normas ISO 14040 que comprende: 14040: Manejo Ambiental – Análisis del Ciclo de Vida- Principios generales y metodología, 14041 Manejo Ambiental – Análisis del Ciclo de Vida – Determinación de metas y alcance y análisis del inventario, 14042 Manejo Ambiental – Análisis del Ciclo de Vida – Valoración del impacto en el ciclo de vida, 14043 Manejo Ambiental – Análisis del Ciclo de Vida – Interpretación del ciclo de Vida, 14047, 14048 y 14049 Brinda ejemplos de aplicación de las metas, alcance e implementación de la normas (ISO, 2006).

Un ejemplo de la inclusión de esta herramienta de gestión en la industria minera se da en Chile, quien suscribe en el año 2002 un Acuerdo Marco de Producción Limpia para la Gran Minería en la que se contemplan 6 materias temáticas para su desarrollo (Robilliard, 2006).

2.7.2. Análisis de riesgos ambientales

El Análisis de Riesgos Ambientales es una herramienta que se implementa desde la fase de planificación del proyecto en la que se propone identificar los problemas asociados con las condiciones existentes, así como las posibles opciones disponibles para su

manejo, involucrando formalmente a todos los actores interesados, permitiendo la comunicación transversal entre las etapas de identificación, evaluación y definición de los controles (NAS, 1983).

Según NAS (1983), como se cita en Ize (2010), para la evaluación del riesgo ambiental se utilizan datos y observaciones científicas que permiten estimar la magnitud de los impactos asociados con un compuesto tóxico, ya sea sobre los seres humanos o los ecosistemas.

2.7.3. Estudio de impacto ambiental

Es un documento jurídico-administrativo para identificar, predecir e interpretar los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, y adicionalmente, considerar medidas de valoración, prevención y corrección de estos efectos impactantes que recopila y analiza la información del proyecto y del medio físico, biológico y socio-económico; del área en la que se emplazará la actividad permitiendo de esta manera que los actores involucrados (partes interesadas) cuenten con información referente al riesgo ambiental que podría generar la nueva actividad (Conesa-Fernandez, 1997).

Weitzenfeld nos dice que un estudio de impacto ambiental es una herramienta de gestión que permite incorporar la variable ambiental en el proceso de la estructuración de un proyecto en específico. Adicionalmente Peinado, indica que es un instrumento de planificación y prevención que introduce la variable ambiental al diseño de la actuación ofreciendo la información sobre las consecuencias ambientales y sociales que pueden esperarse.

En el Perú, las condiciones para realizar un EIA han cambiado, actualmente el ente encargado de otorgar las certificaciones ambientales SENACE (Anexo 1) se involucra desde el inicio del proceso-facilitándose al titular minero una reunión en la que en vivo puedan despejar dudas al momento de plantear el resumen ejecutivo, el plan de manejo ambiental y el plan de participación ciudadana; para la evaluación inicial; con ello se

cuenta con un panorama más real del proyecto

Según el SENACE la primera parte del estudio de impacto ambiental consiste en establecer una línea base para determinar las características iniciales de la calidad del ambiente en que se emplaza el proyecto. Posteriormente se modela y predicen los impactos ambientales evaluando el cambio en la calidad ambiental para estimar la significancia, con el fin de establecer controles adecuados

Para el establecimiento de controles se utiliza la jerarquización establecida por el SENACE que busca en primera instancia prevenir los impactos, en segundo lugar mitigar su intensidad o severidad, en tercer lugar recuperar o rehabilitar elementos del medio ambiente que pudiesen ser afectados, y de no poder disminuir la significancia del impacto ambiental negativo evaluado se recurre a compensarlo mediante la habilitación de un área ecológicamente equivalente a la impactada.

2.7.4. Análisis de flujo de sustancia o materia

Es el análisis de una sustancia durante el proceso elegido, a raíz del cual se genera un inventario sistemático de materiales que se generan a partir de la transformación a medida que esta avanza en el proceso. El insumo principal que se utiliza en este tipo de análisis es el balance de masa, este análisis se ejecuta desde tres perspectivas distintas: la ambiental (biósfera), el sustrato (geósfera) y económica antropósfera. Por brindar información sesgada a una sola sustancia del proceso, no se tomará en cuenta durante el desarrollo del tema.

2.7.5. Análisis de materia y energía

Es el método precursor del ciclo de vida, el cual se enfoca en los materiales más importantes del proceso. Ello permite tener una visión general de los elementos generados que pueden ocasionar modificaciones en su medio. Utiliza la misma base de datos que el análisis de ciclo de vida. Por brindar información de menor detalle que el análisis del ciclo de vida del producto no se tomará en cuenta durante el desarrollo del

tema.

2.7.6. Fiscalización ambiental

Según la ley N° 28611 *«La fiscalización ambiental comprende las acciones de vigilancia, control, seguimiento, verificación y otras similares, que realiza la Autoridad Ambiental Nacional y las demás autoridades competentes a fin de asegurar el cumplimiento de normas y obligaciones establecidas en la presente ley, así como en sus normas complementarias».*

En Perú, el ente encargado de la fiscalización ambiental actualmente es el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, quien mediante el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (PLANEFA) programa las actividades de fiscalización en los sectores de minería, hidrocarburos y electricidad.

2.7.7. Auditoría

«Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los criterios de auditoría» (ISO, 2015).

2.7.8. Aspectos ambientales

“Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente. Un aspecto ambiental puede tener asociado uno o más impactos ambientales” (ISO, 2015).

2.7.9. Impactos ambientales

«Cambio en el medio ambiente, adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización» (ISO, 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

- Computadora
- Internet
- Fuentes bibliográficas
- Reuniones de concientización y capacitación

3.2. METODOLOGÍA

Durante esta etapa del estudio, la descripción de las herramientas se realizó en base al libro Introducción al uso de las herramientas ambientales aplicadas a los recursos no renovables (Moreno y Espí, 2007).

Se evaluaron las herramientas de gestión aplicables al sector minero, mediante el uso de una matriz comparativa desarrollada por fuente propia. Dentro de la evaluación se consideraron los siguientes criterios: tipo de herramienta de gestión a evaluar; etapa del proyecto en la que se utiliza la herramienta; alcance de la herramienta de gestión; enfoque, input (documentación requerida), output (resultados que brinda la implementación de la herramienta) y restricciones al aplicar las metodologías.

Se elaboró una matriz integrada para la identificación de aspectos ambientales y la valoración de impactos ambientales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN APLICABLES AL SECTOR MINERO RESULTADOS

Todas las herramientas de evaluación que se utilizan tienen la característica de ser metodologías de pronóstico, es decir estas estiman la magnitud y probabilidad de la ocurrencia en función a la información recaudada y el análisis realizado por personal técnico calificado. Estas son aplicadas durante la fase de planificación del proyecto, y se encuentran orientadas a controlar los aspectos ambientales significativos del proyecto, dejando en segundo lugar los no significativos. La evaluación completa de las herramientas de gestión se puede observar en el Anexo 2. Para evaluar las herramientas de gestión mencionadas se consideran los siguientes criterios:

a. Criterios de evaluación de herramientas ambientales:

- Tipo de herramienta de gestión a evaluar: Mencionan las herramientas de gestión ambiental más completas para la identificación y cuantificación de los impactos ambientales que puedan generarse durante el proyecto.
- Etapa del proyecto en la que se utiliza la herramienta: Menciona durante que etapa del proyecto se aplica la herramienta de gestión ambiental.
- Alcance de la herramienta de gestión: Determina hasta que parte del proceso puede abarcar la herramienta de gestión ambiental, así como si considera o no a los actores (partes interesadas) dentro de la evaluación del impacto ambiental.

- Enfoque: Que conceptos maneja la herramienta de gestión para evaluar los impactos ambientales probables del proceso.
- Input: Información base requerida para análisis y evaluación de los aspectos ambientales.
- Output: Resultado del análisis y evaluación de los aspectos ambientales
- Restricciones; Resultado del análisis y evaluación de los aspectos ambientales.

Para la elaboración de la matriz integrada, se integrarán las siguientes herramientas de gestión ambiental: Análisis de Riesgos, Estudios de Impacto ambiental y Análisis del ciclo de vida del producto.

4.1.1. Elaboración de matriz integrada para la gestión ambiental del proyecto minero en fase de operación

a. Reconocimiento del proceso

Durante el análisis del caso planteado se inició con la categorización de los macroprocesos según los componentes que involucran generando así las categorías de: Componentes Operativos y Componentes de Soporte. Posterior a esta categorización se definen los procesos que se llevan a cabo dentro de estos componentes y se subdividen en etapas dando a lugar a 21 etapas en las que se identificarán los aspectos ambientales y su interacción con el medio.

Estos macroprocesos identificados son: Corte de roca, relleno de labores, acarreo y transporte, sostenimiento, *blending* y abastecimiento a planta concentradora, chancado, molienda, flotación, cianuración, separación del concentrado, procesos del depósito de relaves, de la planta de tratamiento de efluentes, de mantenimiento de equipos, de mantenimiento de infraestructura, procesos en casa fuerza, procesos de oficinas y campamentos, procesos del relleno sanitario, procesos de la planta de agua potable y de la planta de tratamiento de aguas.

En primera instancia se requiere identificar las etapas del proceso y asociarlas con los aspectos ambientales que pueden producir tomando en consideración: los materiales que utilizan, los residuos que generan, los lugares de almacenamiento que presentan sus áreas de trabajo, condiciones normales de trabajo y posibles condiciones anormales que pudieran presentarse en sus actividades.

b. Descripción del Proyecto en Fase de Operación

- **Extracción del Mineral Aurífero – Caso:**

En el caso evaluado, la explotación se realiza a través de la extracción subterránea del mineral aurífero y se encuentra segmentada por 6 niveles de explotación, los cuales tienen como referencia de la cota máxima superior 2700 y la cota máxima inferior de 2100 msnm. El método de minado utilizado es el de corte y relleno.

- **Corte de la roca: Perforación y voladura:**

El corte de la roca apertura labores de extracción del mineral, se realiza mediante la perforación de la roca para carga de explosivo manual mediante mallas diseñadas especialmente; esta actividad está a cargo del área de ingeniería de minas.

- **Relleno de las labores:**

El relleno de las labores es diseñado por el área de planeamiento minero, se realiza utilizando relleno detrítico que consiste en cerrar las labores mediante la inclusión del desmonte de mina, el cual es extraído de los echaderos y transportados mediante volquetes hacia el punto donde es requerido. También se utiliza el relleno hidráulico, este material es lodo de mina el cual es depositado mediante un sistema de cunetas y pozas de bombeo, a diferentes niveles, bombean el material inerte hacia un hidro ciclón que separa el material grueso del material líquido. Este último reingresa a interior mina por una red de tuberías para su aplicación en el cierre de labores ello dependiendo de las recomendaciones del área de geomecánica.

- **Acarreo y transporte:**

El acarreo y transporte del mineral y desmonte (material inerte) se acumula en puntos designados dentro de la mina utilizando los echaderos, y su transporte global se realiza mediante volquetes de 40 m³ de capacidad hacia la bocamina. El excedente del desmonte no utilizado es directamente trasladado hacia la desmontera autorizada y el mineral es acopiado sobre una losa de acumulación de mineral al ingreso de la planta concentradora.

- **Sostenimiento:**

El sostenimiento del socavón se encuentra a cargo del área de geomecánica quienes según la evaluación geomecánica de la roca definen el tipo de sostenimiento que requiere instalarse pudiendo ser sostenimiento convencional mediante marcos de madera y bolsas con concreto, o sostenimiento mecanizado mediante mallas metálicas, pernos hidrabolt, cemento, acelerantes, y cimbras.

c. Descripción del proceso de Concentrado del Mineral Aurífero

La planta beneficio se diseña para procesar 1000 tn día de mineral que, para el procesamiento del caso, equivalen a 8 kg de concentrado de oro. Según la zona de la que se extraiga la concentración del mineral varía, así mismo la eficiencia del proceso, por ello se requiere del muestreo del área de geología para determinar la concentración de la muestra y definir las cantidades de desmonte requeridas a fin de contar con una concentración de mineral homogénea durante la concentración del mineral.

- **Blending y abastecimiento del mineral:**

Durante la etapa previa a la concentración de planta, el mineral es muestreado por el área de geología con el apoyo del laboratorio metalúrgico, ayudados por una retroexcavadora el mineral es mezclado con desmonte de mina hasta alcanzar la dilución requerida por el área de planta.

- **Chancado:**

El mineral ingresa a la planta concentradora consiste en la separación

granulométrica mediante fajas transportadoras, luego el material más grueso es enviado a las chancadoras para asegurar la granulometría requerida en el proceso que es menor a ½ pulgada de diámetro.

- Molienda:

El material con la granulometría apropiada (200 mm) es alimentada a los molinos de bolas y en este punto se separan el material fino del grueso. El denominado *underflow* de este proceso pasa al circuito de flotación y el *overflow* alimenta molinos secundarios.

- Flotación:

Al *underflow* se le aplican xantatos, espumantes, reactivos patentados, a fin de producir espuma con concentrado, floculantes, posteriormente esta mezcla es pasada por un tamiz que separa la solución rica de astillas, mechas de explosivos y dramix del sostenimiento. Finalmente, esta solución pasa por carbón activado para la retención del mineral de donde será transportado hacia Lima para su posterior fundición.

- Cianuración:

En los molinos secundarios se aplican el cianuro y la lechada de cal a fin de corregir el pH de la mezcla e iniciar el proceso de concentración mediante Cianuración. Después esta solución rica pasa a tanques de Cianuración para incrementar tiempo de contacto del reactivo con el mineral.

- Separación de concentrado:

La solución es enviada al proceso de Merrill Crowe en donde mediante el uso de aire, presión, se clarifica y con ayuda de polvo de Zinc y acetato de plomo se precipitan los metales valiosos. Por último, este precipitado es retenido en el filtro prensa para su secado y posterior refinación y comercialización por una empresa especializada.

Finalmente se tiene un listado de componentes para el proceso descrito según el Anexo 3.

4.1.2. Significancia de aspectos ambientales

a. Definición de aspectos ambientales

Para la definición de los aspectos ambientales se incluyó la forma en la que estos interactúan con su medio, utilizando palabras clave como: consumo, generación, emisión y derrame, ayudando a describir dicha interacción con el fin facilitar la etapa de evaluación de los aspectos ambientales. La herramienta describe los índices de evaluación en base al comportamiento de los aspectos ambientales ya conocidos por la organización; por ello posteriormente a su planteamiento requieren ser contrastadas una primera vez para que todos índices incluyan dentro de su definición la posibilidad de valorar todos los aspectos planteados puedan ser valorados es probable experiencia de la actividad en operación (Ver Anexo 4).

En este caso se consideraron: consumo de insumos químicos fiscalizables e insumos químicos no fiscalizables, consumo de energía eléctrica, consumo de agua, consumo de agua potable, consumo de agua industrial, consumo de consumo, combustible, consumo de madera, consumo de agregados, derrame de insumos químicos, derrame de hidrocarburos, generación de residuos fecales, generación de residuos peligrosos tóxicos, de residuos peligrosos inflamables, de residuos no peligrosos aprovechables, derrame de mineral, generación y derrame de relave de flotación, generación y derrame de relave de cianuración, generación y relave de lodos de mina, generación y relave de lixiviados, emisión de gases, emisión de polvo, generación de ruido, generación de efluentes y generación de residuos.

Estos aspectos ambientales fueron clasificados a su vez según su naturaleza para fines de evaluación de manera más práctica y, en un posterior análisis facilitar su vinculación a la base de la matriz legal asociada a cada uno de ellos. Las categorías propuestas fueron: Consumo de agua, consumo de recursos naturales, consumo de materiales peligrosos, residuos no peligrosos, residuos peligrosos aprovechables, residuos peligrosos no reaprovechables, generación de desmonte de mina, calidad del aire.

b. Definición de índices ambientales

La definición de los índices se realiza en base a la experiencia de los jefes y supervisores involucrados en los procesos, a los responsables del mantenimiento del sistema de gestión ambiental de la empresa, a criterios de:, permanencia de las sustancias, área de influencia del posible impacto que generarían, afectaciones a las poblaciones dentro y fuera del área del proyecto, capacidad de dilución del contaminante y la resiliencia del medio, frecuencia de ocurrencia de los eventos, competencia entre la empresa y las poblaciones por el consumo del recurso, daños extremos al ecosistema circundante, capacidad de reutilización y correcta disposición final del aspecto ambiental evaluado, vinculación directa con la legislación vigente, compromisos ambientales adquiridos voluntariamente, y conflictos sociales generados por el aspecto ambiental.

Una vez definidos los aspectos ambientales identificados y su interacción con el medio y la definición de los índices se inicia la evaluación de estos.

c. Evaluación de Aspectos Ambientales del Proyecto en Fase de Operación

Dentro de un proceso que ya se encuentra en marcha, se requiere priorizar la orientación de los recursos a asignar, para continuar con la implementación de los controles.

La valoración de los aspectos ambientales requiere hacerse en una mesa de diálogo aprovechando al personal con mayor experiencia en la operación de la etapa elegida y con mayor experiencia en la gestión ambiental de la empresa, a fin de que sean ellos quienes califiquen, según los índices ambientales de significancia mencionados en el anexo 4, teniendo en cuenta que, por cada Aspecto Ambiental asociado se determina el Índice de Significancia del Aspecto Ambiental. En esta valoración los aspectos ambientales que presenten la mayor puntuación serán los prioritarios al momento de asignar recursos para sus controles el cual se obtiene de la siguiente forma:

$$\mathbf{SIA = IP + IS + IA + IC+ IAL+ IPL+ IPI}$$

- IP: Índice de Probabilidad
- IS: Índice de Severidad
- IH: Índice de Ahorro
- IE: Índice de Expuestos
- IC: Índice de Compromiso Ambiental
- IAL: Índice de Aspecto Legal
- IPI: Partes Interesada

d. Significancia de aspectos ambientales

Para la priorización de aspectos ambientales a los que se requiere asignar controles, se establecen rangos de significancia en base a la puntuación mínima y máxima que puede resultar de los índices definidos. Para este caso, el mínimo de puntuación da un valor de 7 y el máximo un valor de 24, dado el rango total, el corte de significancia se estableció bajo el principio de Pareto en el que al abordar los aspectos ambientales igual o mayores a 19 serán los significativos, es decir estos aspectos ambientales son los que se requieren controlar con mayor prioridad, mientras los que se encuentren por debajo de este rango se asumen como no prioritarios. El 20% de mis causas es el 80% de mis impactos ambientales negativos generados por la operación.

En el caso planteado se obtuvo un grupo de trece aspectos ambientales ubicados en los procesos de extracción del mineral, procesado del mineral, depósito de relave de flotación, del relave de cianuración, planta de tratamiento de efluente minero-metalúrgico, mantenimiento de equipos, relleno sanitario e industrial, y la planta de agua potable.

Dentro de estos procesos, las etapas asociadas con los aspectos ambientales requieren controlarse debido a que su situación actual es como se describe a continuación:

- La falta de control de las emisiones de gases dentro de las operaciones mineras; fallas en el transporte del desmonte del mineral hacia la

desmontera el cual se realiza utilizando la carretera nacional por lo que los derrames del material afectan a las poblaciones ubicadas a lo largo de la vía.

- La generación del lixiviado ocasionado por el contacto del mineral con la precipitación cuyo lugar no cuenta con impermeabilización por lo que los lixiviados impactan directamente sobre el suelo del área de almacenamiento por no tener un sistema de cobertura.
- Las emisiones de polvo generadas en los depósitos de relave de filtrado y de flotación por estar expuestos a remoción del viento y no contar con cerco vivo ya que un sistema de cobertura no es factible por la dimensión del área superficial del depósito.
- El derrame de lodos de mina por no tener un sistema eficiente de tratamiento para contener los sólidos sedimentados con la humedad adecuada para su traslado mediante volquete;
- La emisión de gases ocasionada por los equipos en interior mina y superficie por su antigüedad y la falta en el cumplimiento de los mantenimientos preventivos.
- El consumo de agua para uso potable e industrial en época de estiaje ya que el caudal baja al punto de no poder abastecer a la vez a las operaciones y a la población aledaña ya que no cuentan con un sistema de almacenamiento generando así conflictos frecuentes durante los meses de abril a agosto.
- Los derrames de lixiviados generados en el relleno sanitario por no contar con un sistema adecuado para su almacenamiento, tratamiento y transporte del líquido.

La puntuación final de la evaluación de significancia de los aspectos se observa en el Anexo 5.

4.2. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La determinación del alcance en el análisis del Ciclo de Vida, no estaba estandarizado, por ello normalmente al aplicar la herramienta se elegía el sub proceso que menos afectara al proceso principal ello hacía que los resultados no reflejen los impactos más significativos.

El suelo presenta funciones antrópicas y funciones naturales como recurso, y dentro del análisis del Ciclo de Vida no se encuentra definido el nivel de detalle para su evaluación o las funciones a considerar dejándolo plenamente desde el juicio del evaluador, el cual está muchas veces sesgado y es por eso que el impacto por el cambio de uso de suelo no es estimado en su totalidad, y solo se considera desde funciones de bienes o servicio que le brinda al ser humano dejando de lado su función de desarrollo y soporte para los ecosistemas: seres vivos y elementos parte del ecosistema como el agua subterránea.

En esta herramienta la temporalidad en cuanto a la evaluación de los recursos abióticos, queda por completo a manos del evaluador quien según sus objetivos puede elegir valorar los recursos abióticos en un escenario presente o futuro.

Durante la primera etapa del Análisis de Riesgo se identifican los elementos del sistema cuya interacción afectar significativa o no significativamente los elementos de la naturaleza. Estos elementos pueden ser identificados a partir de: los tipos de fuentes contaminantes, tipo de superficie sobre la que se desarrolla la actividad, cantidades de sustancias utilizadas y lugar de almacenamiento, legislación vigente del sector competente.

En la segunda etapa del Análisis de Riesgo existen dos criterios básicos para la evaluación: Probabilidad y severidad. El rango con el que se valoran los criterios antes mencionados se construyen a partir de: cantidad de la sustancia emitida al entorno,

peligrosidad de la sustancia en cuanto a toxicidad o bioacumulación; espacio de influencia en el entorno, la capacidad de resiliencia del medio y la población afectada.

Las etapas asociadas con los aspectos ambientales requieren controlarse debido a que su situación actual es como se describe a continuación:

- La falta de control de las emisiones de gases dentro de las operaciones mineras; fallas en el transporte del desmonte del mineral hacia la desmontera el cual se realiza utilizando la carretera nacional por lo que los derrames del material afectan a las poblaciones ubicadas a lo largo de la vía.
- El control a aplicar debería estar orientado a la colección de los gases en chimeneas de ventilación que cuenten con sistemas de tratamiento para la captación y posterior tratamiento de gases antes de emitirse a la atmósfera.
- La generación del lixiviado ocasionado por el contacto del mineral con la precipitación cuyo lugar no cuenta con impermeabilización por lo que los lixiviados impactan directamente sobre el suelo del área de almacenamiento por no tener un sistema de cobertura.
- El control a aplicarse debería estar orientado a la implementación de técnicas de impermeabilización del área de almacenamiento y cobertura del mineral en condiciones de precipitación.
- Las emisiones de polvo generadas en los depósitos de relave de filtrado y de flotación por estar expuestos a remoción del viento y no contar con cerco vivo ya que un sistema de cobertura no es factible por la dimensión del área superficial del depósito.
- Considerando la extensión del área superficial de las presas de relave y la frecuente remoción del material particulado por turbulencia de vientos, debido a

la geografía de la zona de emplazamiento del depósito, y los cambios bruscos de temperatura, los controles requerirían orientarse a la instalación de cerco vivo con vegetación de tallo alto a fin de evitar la dispersión hacia poblaciones asentadas a favor del viento predominante.

- El derrame de lodos de mina por no tener un sistema eficiente de tratamiento para contener los sólidos sedimentados con la humedad adecuada para su traslado mediante volquete.
- El control a implementar para el tratamiento eficiente de lodos de mina considerando el caudal de generación, debe de considerar el rediseño del sistema de almacenamiento, tratamiento y posterior traslado hacia la disposición final.
- La emisión de gases ocasionada por los equipos en interior mina y superficie por su antigüedad y la falta en el cumplimiento de los mantenimientos preventivos.
- Se necesitaría modificar los precios unitarios de las empresas contratistas de transportes y de extracción del mineral en interior mina, de manera que estas consideren una antigüedad no mayor a dos años a fin de garantizar el buen estado del equipo. Así mismo se debe incrementar la frecuencia de supervisión al cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de equipos por parte del área encargada del sistema de gestión, hacia el área ejecutora (mantenimiento), y la eficiencia del mantenimiento en sí, con un programa de monitoreo de gases de los equipos y en interior mina.
- El consumo de agua para uso potable e industrial en época de estiaje. Durante esta época el caudal baja al punto de no poder abastecer a la vez a las operaciones y a la población aledaña ya que no cuentan con un sistema de almacenamiento generando así conflictos frecuentes durante los meses de abril a agosto.

- Acordar mecanismos de colaboración con el gobierno local para impulsar proyectos de inversión que permitan implementar sistemas de almacenamiento de agua para abastecimiento de la población, a fin de evitar conflictos sociales por la percepción errada de que la actividad “*consume toda el agua disponible*”, dejándolos sin recurso para su uso.
- El control a implementar para el tratamiento de los lixiviados, debe de considerar el rediseño del sistema de almacenamiento, tratamiento y posterior traslado hacia la disposición final.

V. CONCLUSIONES

1. Al utilizar como herramienta el análisis del ciclo de vida, no basta con ceñirse a la metodología estandarizada por la ISO, requerimos tener siempre presente que el objetivo final es la evaluación de los impactos ambientales y posibles controles para un proceso realizado en un espacio determinado; es por ello que conviene analizarlos en al menos tres distintos escenarios: presente, futuro y de emergencia.
2. La evaluación de los riesgos ambientales requiere estar contextualizada dentro de un área geográfica determinada ya que cada ecosistema tiene distinta capacidad de resiliencia y ello afecta directamente el criterio de severidad.
3. El establecimiento del rango se ve sujeto al sesgo que tenga el evaluador por lo que puede volverse una herramienta subjetiva, y a raíz de ello afectar directamente la significancia de los impactos ambientales determinados en el análisis. Por ello y mientras el rango describa más cercanamente el medio del proyecto, mayor será la coincidencia del análisis entre los riesgos estimados y los riesgos manifestados en la realidad.
4. Los controles además de estar sujetos a la jerarquización planteada por el SENACE, requieren evaluar el costo beneficio de la medida planteada, para poder asegurar la viabilidad del proyecto. En caso exista una discordancia extrema, queda a criterio del ente que aprueba la certificación ambiental del proyecto realizar las observaciones orientadas a la elección de los controles en esos casos.
5. Para establecer los rangos de valoración de los criterios se requiere tener conocimiento previo del comportamiento de los aspectos ambientales y sus posibles efectos en el medio ambiente que se desenvuelve la actividad.

6. El esquema de acompañamiento que plantea el SENACE durante todo el proceso, busca disminuir la cantidad de observaciones en la evaluación final de documento, y el tiempo que toma generar la certificación ambiental ya que desde un inicio se plantea más objetivamente los aspectos ambientales, los elementos del medio que se verían afectados; y cuáles serían los objetivos.
7. El análisis de Ciclo de Vida del Producto, el Análisis de Riesgo Ambiental y el Estudio de Impacto Ambiental son las herramientas con mayor alcance para la determinación de los riesgos o impactos ambientales de un proyecto.
8. El Análisis de Riesgo y el Estudio de Impacto Ambiental son las dos herramientas que, incluye a los grupos de interés dentro de las consideraciones para la evaluación del riesgo ambiental o impacto ambiental. El Análisis del Riesgo y el Estudio de impacto ambiental incluyen la legislación para la evaluación del riesgo o impacto ambiental.
9. Es común dejar de lado el análisis del tema ambiental durante la operación por requerir gran cantidad de expertos, tiempo y recursos para ejecutar las herramientas de gestión ambiental antes mencionadas, dejándola en manos de un grupo soporte (área SIG), sin embargo, aprovechar la experiencia del personal operativo y definir rangos que puedan ser respondidos por los responsables de las áreas responsables y sus colaboradores, facilita el seguimiento para la efectividad de los controles ya implementados y su evaluación.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para poder contar con un resultado más cercano a la realidad con la herramienta ACV; se debe delimitar el impacto de los elementos de ingreso y salida del proceso identificados en los escenarios de: presente, futuro y emergencia; así como delimitar los elementos del medio que podrían ser afectados por nuestras actividades, considerando todas las funciones, bienes o servicios que puede brindar al ser humano y ecosistema de manera que tengamos un resultado más cercano a la realidad.
2. Análisis de Riesgo: Durante la etapa de identificación además de listar los elementos o aspectos que interactuarán con el sistema, es importante definir de qué manera se realizará la interacción con el medio. Necesitamos incluir términos como “consumo”, “derrame” o “emisión de”; para tener una idea más concreta del efecto del aspecto ambiental; esta manera se facilita la asociación con el impacto que genera así como su evaluación.
3. Durante la etapa de evaluación el rango de valoración de los aspectos ambientales requiere contar con una descripción clara, para buscar disminuir la subjetividad al momento de evaluar, adicionalmente el evaluador debe tener presente que la herramienta busca priorizar aquellos aspectos que tengan mayor significancia a fin de que la asignación de los recursos de la empresa destinados al control, sea más eficiente. Cabe recordar que muchas veces en la elección de los controles el factor económico es de suma importancia para su implementación.
4. Es importante considerar que esta propuesta metodológica requiere ser replicada otras experiencias a fin de poder comprobarse como una metodología válida.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACS, A. 1998. Understanding Risk Analysis. Internet Edition.
- Atkinson, G. 2008. Environmental Cost Benefit Analysis. Londres, Gran Bretaña: Department of Geography and Environment and Grantham Research Institute on Climate Change and Environment.
- Canals, M. 2007. Elements in a Framework for Land Use Impact Assessment within LCA Int J Life Cycle Assess.
- Canter, L. 1998. Environmental Methods Review: Retooling Impact Assessment for the New Century. North Dakota: Fargo.
- CEPAL. 2002. Evaluación del Impacto Ambiental en America Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Chile, G. 2000. Acuerdo Marco Producción Limpia Gran Minería. Santiago de Chile.
- Conesa-Fernandez, V. 1997. Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid: Mundi-Prensa.
- Dammert, M. 2007. Panorama de la Minería en el Perú. Lima: OSINERGMIN.
- El Peruano. 2010. Actualización del Listado de Inclusión de los Proyectos de Inversión Sujetos al SEIA. (s.f.). p. N° 239-2010-MINAM.
- El Peruano. 2001. Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. p. Ley N° 27446.
- Espinoza, G. 2007. Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile: BID CED.
- INACAL. 2015. INACAL. Recuperado el 31 ago 2017, de <http://www.inacal.gob.pe/>
- Instituto Peruano de Economía. 2015. Producto Bruto Interno. Recuperado el 03 de Set 2017, de <http://www.ipe.org.pe/content/producto-bruto-interno>
- International Organization for Standardization. 1945. International Organization for Standardization. Recuperado el 31 Ago 2017, de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/standards.html>

- ISO. 2006. 14040. Suiza: ISO Secretaría Central.
- ISO, S. C. 2015. ISO 14001. Suiza: ISO.
- Ize, I. 2010. Introducción al Análisis de Riesgos Ambientales. Tlapan, México DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- L G, C. 2009. Economic Valuation of Mortality Risk Reduction: Review and Recommendations for Policy and Regulatory Analysis. Canada: Government of Canada.
- MEM (Ministerio de Energía y Minas). 2010. Minería Peruana: Contribución al Desarrollo Económico y Social. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.
- Montalvo, Y. 2009. Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales. Lima, Perú: Dirección General de Calidad Ambiental Viceministerio de Gestión Ambiental.
- Moreno, S. 2007. Introducción al uso de las. Madrid, España: RED Desir.
- NAS, N. 1983. Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. Washington DC.
- Potting, J. 2000. Spatial differentiation in life cycle assessment. Utrecht: University of Utrecht.
- El Peruano. 2009. Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental. p. N° 019-2009-MINAM .
- Robilliard, C. 2006. Los Ejes Centrales de una Minería Sostenible. Recuperado el 09 Set 2017, de file:///E:/2017/CURSO%20ACTUALIZACION/Monografía/Los%20Ejes%20Centrales%20de%20una%20Minería%20Sostenible.pdf
- Rodriguez, B. 2003. Recuperado el 10 Set 2017, de http://www.icesi.edu.co/blogs/mercadeosostenible2012_02/files/2012/10/ACV_MEDIO-AMBIENTE.pdf
- SENACE. 2016. Manual para la Evaluación de Estudio de Impacto Ambiental Detallado. Recuperado el 11 Set 2017, de SENACE: www.senace.gob.pe/publicaciones
- Yellishetty, M. 2009. Life cycle assessment in the minerals and metals sector: critical review of selected issues and challenges. Melbourne, Victoria, Australia: Alain Dubreuil.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Certificación ambiental para proyectos mineros

Categoría	Categoría Minera	Clasificación	Riesgos Ambientales	Herramienta de Gestión	Autoridad	Proceso
I	Minería Artesanal	Pequeño Producto Minero	Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos leves.	DIA	Dirección o Gerencia Regional de Energía y minas	1° Presentación de categoría propuesta por el titular
II	Pequeña Minería	Pequeño Producto Minero	Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos leves o moderados	DIA o EIA _{sd}	Dirección o Gerencia Regional de Energía y minas	2° Confirmación por parte de la autoridad regional de la aprobación de su herramienta de gestión ambiental
III	Mediana Minería	Mediana Minería	Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos moderados o graves	EIA _{sd} o EIA _d	SENACE	1° Aprobación de los TdR 2° Presentación de EIA ante SEIA.
IV	Gran Minería	Gran Minería	Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos negativos graves.	EIA _d	SENACE	

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 2: Evaluación de las herramientas de gestión ambiental aplicables a recursos no renovables para la industria minera

Herramienta de gestión	Etapas en la que se utiliza la herramienta	Alcance
Análisis del Flujo de Sustancia o Materia	Ejecución o desarrollo del proceso	El proceso principal de la materia prima a transformar
Análisis de Materia y Energía	Fase de operación	El proceso a estudiar
Análisis del Ciclo de Vida del Producto	Fase de operación	El proceso a estudiar
Análisis de Riesgos Ambientales	Fase de planificación del proyecto.	Considera todos los partes interesadas del proyecto.
Estudio de impacto Ambiental	Fase de planificación del proyecto	Considera las áreas que involucra el proyecto, todas las etapas del proyecto hasta el cierre, todas los actores interesados parte del proyecto
Fiscalización y Auditoría	Ejecución o desarrollo del proceso	Procesos de seguimientos a los compromisos legales o voluntarios.

Continuación...

Herramienta de gestión	Input requerido	Output
Análisis del Flujo de Sustancia o Materia	Balance de materia	Inventario de materiales generados.
Análisis de Materia y Energía	Balance de materiales y energía, eficiencia del proceso y merma	Balance de materia y energía
Análisis del Ciclo de Vida del Producto	Balance de materia y energía. Lista de elementos requeridos para el proceso.	Impactos ambientales cuantificados por etapas del proyecto y controles de ingeniería asociados.
Análisis de Riesgos Ambientales	Condiciones existente. Estudios epidemiológicos, toxicológicos, y estadísticas de ocurrencia. Listado de fuentes contaminantes, tipo de superficie sobre la cual se desarrolla la actividad, cantidad de sustancias manipuladas, lugares de almacenamiento, legislación vigente y compromisos de gestión.	Valoración de impactos: leve, moderado, grave. Listado de controles a aplicar.
Estudio de impacto Ambiental	Línea base física, biológica y socioeconómica. Ingeniería del proyecto.	Impactos ambientales significativos y controles: Planes de manejo ambiental, plant de vigilanca y control, plan de contingencia, plan de responsabilidad social, plan forestal, plan de cierre

Continuación...

Herramienta de gestión	Enfoque	Restricciones
Análisis del Flujo de Sustancia o Materia	Enfoque ambiental, de sustrato y económico	Sesgado, no considera el balance de energía. El análisis solo llega hasta el reconocimiento de las posibles sustancias los resultados dependen de los intereses del análisis.
Análisis de Materia y Energía	Maximización de eficiencia en el proceso	No llega a estudiar el proceso según el enfoque ambiental, como si ocurre en el análisis del ciclo de vida.
Análisis del Ciclo de Vida del Producto	Maximización de eficiencia en el proceso	Costo del estudio. Este método puede estimar impactos que difieran de los que se manifiestan en la realidad; ello debido a que la metodología no permite diferenciar los impactos espaciales y temporales (caso de gases atmosféricos secundarios), y a que la delimitación de los elementos del medio que pueden ser afectados, por el proceso son determinados según el sesgo del evaluador.

Continuación...

Herramienta de gestión	Enfoque	Restricciones
Análisis de Riesgos Ambientales	Criterios de evaluación: Severidad y probabilidad de ocurrencia del impacto; los escenarios para evaluar los impactos son: etapa de implementación, operatividad, cierre y abandono.	Está sujeto a la calidad de la recopilación de datos que estén disponibles para la realización de la evaluación. La calidad y eficiencia con que los controles manejen el impacto muchas veces está ligado a la recepción por parte de la población. Los rangos a establecer para determinar la significancia de los riesgos y su valoración, están sujetos al juicio de los evaluadores. A pesar de existir una jerarquización de establecimiento de medidas de control ambiental, estas se ven muchas veces afectadas por el factor costo-beneficio.
Estudio de impacto Ambiental	Evaluación de los impactos desde 3 ejes: socioeconómico, físico y biológico.	Requiere expertos para la evaluación multidisciplinaria. Alto costo. Tiempo requerido de entre 2 y 3 años.
Fiscalización y Auditoría	Cumplimiento legal y compromisos ambientales obligatorios y voluntarios	Aplicable solo a manera correctiva durante la ejecución de algún etapa del proyecto.
Fiscalización y Auditoría	Aplicable solo a manera correctiva durante la ejecución de algún etapa del proyecto.	

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 3: Listado de componentes para proceso minero metalúrgico caso Pataz

COMPONENTES OPERATIVOS	COMPONENTES SOPORTE
Mina socavón	Taller de Mantenimiento
Planta de Beneficio	Casa Fuerza
Depósito de Relaves de Flotación	Oficinas/ Campamentos
Depósito de Relave de Cianuración	Relleno Sanitario y de seguridad de Residuos Sólidos
Planta de Tratamiento de Efluente Minero/ Metalúrgico	Planta de Agua Potable
Planta de Degradación de Solución Cianurada	Planta de Tratamiento de aguas residuales domésticas

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 4: Descripción de los índices de significancia

Herramienta de Gestión asociada	Descripción	Criterios	Medio ambiente	Valor
Análisis del Ciclo de Vida del Producto Análisis de Riesgos Ambientales	Índice de Probabilidad (IP)	Común	Ocurre más de una vez a la semana	5
		Han ocurrido	Ocurre más de una vez al mes	4
		Pueden ocurrir	Ocurre menos o igual a una vez por año	3
		No es probable	Ocurre menos de una vez cada 5 años	2
		Prácticamente Imposible	Nunca ha ocurrido	1
Análisis del Ciclo de Vida del Producto Análisis de Riesgos Ambientales	Índice de Severidad (IS)	Catastrófico	Muerte de poblaciones de especies, deforestación, daño probado de la salud de las poblaciones dentro del área de influencia directa e indirecta.	5
		Daño Mayor	Aspecto ambiental sobrepasa la capacidad de resiliencia del elemento del ambiente abiótico que afecta (Contaminación del agua, Contaminación del suelo y/o subsuelo, contaminación de aire, Migración forzada de especies). Daño a la salud de las personas dentro del área de influencia directa.	4
		Daño Permanente	Consumo recursos compartidos con la población dentro el área de influencia directa. Daño a la infraestructura., Dispersión/dilución de contaminantes de aire, agua y suelo.	3
		Daño Temporal	Genera ineficiencias , Genera olores desagradables, Ruidos molestos, Altera el paisaje	2
		Daño Menor	El impacto ambiental generado influye solo en el medio inmediato (máx 20m ² de área) a donde se ejecuta la actividad.	1
Análisis de Ciclo de Vida del Producto Estudio de Impacto Ambiental	Índice de Ahorro (IH) –	Alto	Recurso: escasos compartidos con la población, que no pueden ser reutilizados dentro del proceso. Residuos: peligrosos, descartables. Emisiones de polvo y ruidos molestos	2
		Bajo	Recursos utilizados que no se comparten con la población o que se comparten pero no son escasos, que son susceptibles de recuperación óptima manejo adecuado. Residuos y recursos aún reutilizables, reciclables y que pueden ser reducidos, controlados y dispuestos según la normatividad.	1
Análisis de Riesgos Ambientales	Índice de Expuestos (IE)	Alta	Probabilidad de afectar personas externas al área del proyecto	3
		Media	Probabilidad de afectar personas dentro del área del proyecto	2
		Baja	Solo afecta personas dentro del área inmediata a la actividad	1
Análisis de Riesgo y Estudio de Impacto Ambiental	Índice de Aspecto Legal (IAL)	Normado	Se encuentra dentro de la legislación vigente	3
		Voluntario	Se acoge a otra especificación de acuerdo voluntario	2
		No Normado	No tiene referencia legal.	1
Análisis de Riesgos Ambientales Estudio de Impacto Ambiental	Índice de Partes Interesadas (IPI)	Aplica	Existe o existió acción legal contra la organización. Existe reclamo de la comunidad (insatisfacción justificada). Existe acuerdo firmado con un cliente o comunidad	3
		No Aplica	No existe acuerdo o reclamo	1

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 5: Resumen de aspectos ambientales con alta significancia en etapa de operación

Componente	Área	Proceso	Etapa	Aspecto Ambiental Identificado y su Interacción con el Medio	Suma
Componentes Operativos	Mina	Extracción de mineral	Corte de roca	Emisión de Gases (COx,CxHy,NOx)	21
Componentes Operativos	Mina	Extracción de mineral	Relleno de labores	Derrame de Efluentes Mineros	20
Componentes Operativos	Mina	Extracción de mineral	Relleno de labores	Emisión de Gases (COx,CxHy,NOx)	21
Componentes Operativos	Mina	Extracción de mineral	Acarreo y transporte	Derrame de Desmonte	19
Componentes Operativos	Mina	Extracción de mineral	Sostenimiento	Emisión de Gases (COx,CxHy,NOx)	20
Componentes Operativos	Planta	Procesado del mineral	Blending y abastecimiento	Generación de lixiviados	20
Componentes Operativos	Planta	Procesado del mineral	Blending y abastecimiento	Emisión de Gases (COx,CxHy,NOx)	20
Componentes Operativos	Planta	Depósito de Relave de Flotación	Depósito de Relave de Flotación	Emisión de Polvo	19
Componentes Operativos	Planta	Depósito de Relave de Cianuración	Depósito de Relave de Cianuración	Emisión de Polvo	20
Componentes Operativos	Planta	Planta de Tratamiento de Efluente Minero Metalúrgico	Planta de Tratamiento de Efluente Minero Metalúrgico	Generación de Lodos de Mina	19
Componentes Soporte	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento de Equipos	Emisión de Gases (COx,CxHy,NOx)	20
Componentes Soporte	Relleno Sanitario e Industrial	Relleno Sanitario e Industrial	Relleno Sanitario e Industrial	Derrame de Lixiviados	21
Componentes Soporte	Planta de Agua Potable	Planta de Agua Potable	Planta de Agua Potable	Consumo de Agua	19

FUENTE: Elaboración propia