

PROPUESTA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UNA PLANTA DE BIOOXIDACIÓN DE CONCENTRADO DE FLOTACIÓN ARSENOPIRÍTICO APLICANDO LA MATRIZ DE LEOPOLD

Anolan Díaz Fernández ⁽¹⁾, **Miguel Ángel Anaya Alfonso** ⁽¹⁾, **Juana Zoila HortaJunco** ⁽²⁾, **Mileydis Padilla Carta** ⁽¹⁾, **Nilcida Álvarez Maxan** ⁽¹⁾.

¹Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica. Carretera de Varona 12028 km 1½ Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfono 6439036. anolan@cipimm.minbas.cu, ²Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Facultad de Ingenierías. Centro de Estudios de Medio Ambiente y Energía de Matanzas. juanazoila.junco@umcc.cu

RESUMEN

Entre las metodologías más conocidas y utilizadas para la evaluación del impacto ambiental está la matriz interactiva desarrollada por Leopold et. al. 1975, en la que se considera cada acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental. No obstante, su aplicación en procesos relacionados con la minería resulta un material de interés. El objetivo del trabajo es presentar la evaluación del impacto ambiental del proyecto de una planta de biooxidación de concentrado de flotación arsenopirítico. Se utilizó la matriz de Leopold adaptada a las características del proyecto, que se elaboró considerando las 24 acciones identificadas en cada una de las fases de ejecución del proyecto: construcción, pre-operación o puesta en marcha, operación producción y la fase de abandono, cierre y recuperación hasta la elaboración- ejecución de un programa de seguimiento de rehabilitación y los 24 componentes de 9 factores ambientales de posible afectación. De la evaluación resultaron 15 impactos perjudiciales y 9 impactos beneficiosos, concentrándose el 25 % de los impactos perjudiciales durante la fase de construcción de la infraestructura, con períodos de duración cortos, y que cesan cuando ésta termina. Se afectaron negativamente 16 componentes y 8 componentes positivamente. Se caracterizaron los impactos distribuidos en las categorías de severos 6 de ellos 4 positivos en factores sociales, 2 negativos, 16 moderados negativos y 2 compatibles también negativos. Se demuestra la viabilidad ambiental del proyecto. La aplicación de esta metodología identifica las acciones más perjudiciales y los factores ambientales más afectados, por lo que permite proponer las soluciones ambientales más adecuadas, aplicables a proyectos de planta similares. La evaluación del impacto ambiental del proyecto puede resultar material de intercambio de experiencias entre investigadores del sector minero.

ABSTRACT

Among the good known and used methodologies for the evaluation of the environmental impact it is the interactive womb developed by Leopold et al 1975, in which is considered each action and their impact potential on each environmental element. Nevertheless, its application in processes related with the mining is a material of interest. The objective of this work is to present the evaluation of the environmental impact of the project of a bio-oxidation plant of concentrated of arsenopirític flotation. The womb of Leopold was used adapted to the characteristics of the project that it was elaborated considering 24 actions identified in each one of the phases of execution of the project: construction, pre-operation or setting in march, operation production and the phase of abandonment, closing and recovery until the elaboration - execution of a program of rehabilitation pursuit and the 24 components of 10 environmental factors of possible affectation. Of the evaluation they were 15 harmful impacts and 9 beneficial impacts, concentrating 25% of the harmful impacts during the phase of construction of the infrastructure, with short periods of duration, and that they cease when this finishes. They were affected negatively 16 components and 8 components positively. The impacts were characterized distributed in the categories of severe 6 of them, 4 positive in social factors, 2 negatives, negative moderate 16 and 2 compatible also negative. The environmental viability of the project is demonstrated. The application of this methodology allows identifying the most harmful actions and the affected environmental factors, for what allows proposing the most appropriate environmental solutions, applicable to similar plant projects. The evaluation of the environmental impact of the project can be material of exchange of experiences among investigators of the mining sector.

INTRODUCCIÓN

Se denomina impacto ambiental al efecto que las actividades humanas ejercen sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales o transformados. Se define también como la alteración que produce un proyecto o acción en alguno de los componentes del medio, que abarcan dos ámbitos integradores: el humano y el ecológico se consideran en relación con los aspectos físicos, biológicos y humanos del ambiente, todo lo cual requiere de un estudio indispensable (Salinas, 2002)

La evaluación del impacto ambiental requirió de un estudio que comprendió un análisis del proyecto a ejecutar, la descripción del entorno, la identificación de las acciones del proyecto que producirían impactos, los componentes ambientales afectados, la aplicación de técnicas para la evaluación del impacto y su evaluación, la propuesta de medidas que mitiguen los impactos causados y una valoración integral de los efectos que pudiera producir la ejecución del proyecto. (Junco, 2007).

El análisis del proyecto de biooxidación de concentrado de flotación arsenopirítico permitió definir sus objetivos y problemática: El empleo de la biooxidación de los concentrados arsenopiríticos (Karavaiko, 1988) del yacimiento La Demajagua como tecnología alternativa a la tostación para eliminar la contaminación ambiental que produce el arsénico y elevar la eficiencia de recuperación del oro (Lawrence, 1983), que se justifica, por la necesidad de sustituir una tecnología contaminante y obsoleta. Se requirió demostrar la viabilidad tecnológica y ambiental del proyecto de la planta de biooxidación del concentrado de flotación arsenopirítico. (Van Aswegen, 1991)

La descripción y estudio del entorno fue la base fundamental para diagnosticar los posibles impactos, así como para proponer las alternativas de solución más viables y funcionales en dependencia de las características propias del lugar donde se construya la planta de biooxidación, aunque por su extensión no forma parte del presente trabajo.

De extraordinaria importancia resultó el conocimiento de la tecnología para la biooxidación del concentrado de flotación arsenopirítico, lo que permitió la identificación de las principales acciones posibles productoras de impacto. (Liz, 1989; Díaz, 1990; Arias, 2002)

El proceso tecnológico de biooxidación consta de las siguientes etapas de producción (Anexo 1):

- Remolienda y clasificación.
- Biooxidación, preparación de nutrientes.
- Lavado y decantación a contracorriente.
Preparación de pulpa de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, acondicionamiento de los residuos.
- Precipitación, filtración y disposición de sólidos arsenicales.
Obtención de sulfato férrico por biooxidación de sulfato ferroso.
- Cianuración y recuperación de oro y plata, lavado y activación del carbón.

La evaluación del impacto ambiental del proyecto de la planta de biooxidación para el procesamiento del concentrado de flotación de la mina La Demajagua, comprendió las siguientes etapas:

- Infraestructura.
- Preparación o puesta en marcha
 - Traslado y almacenamiento del concentrado.
 - Desagüe del pozo de la mina
 - Bombeo de agua
- Producción
 - Remolienda y clasificación.
 - Biooxidación.
 - Precipitación de arseniato férrico.
 - Depósito de sólidos arsenicales.

– Abandono, Cierre de las instalaciones, recuperación

Del conocimiento del yacimiento, el proceso y como resultado de los análisis realizados se plantean las principales acciones derivadas de las etapas de ejecución del proyecto:

- La construcción de un área para el depósito de concentrado de flotación.
- La construcción de una sección de remolienda y clasificación.
- La construcción de una planta de biooxidación, que incluye, el lavado a contracorriente de los sólidos y la preparación de soluciones y nutrientes.
- La construcción y montaje de la sección de precipitación de arseniato, espesamiento, filtración y área de depósito del sólido precipitado.
- El transporte de insumos para la planta, comedor, talleres, y otros.
- La construcción de áreas de trabajo, oficinas, talleres, almacén de reactivos e insumos en general, comedor, baños.
- Construcción de vías de comunicación, calles, carreteras que den acceso al lugar.
- La planta está concebida para operar a un régimen de 3 600 t/a
- Maquinaria a emplear: equipos definidos en la tarea técnica.
- Mano de obra necesaria: la planta operará en régimen de dos turnos de 12 horas con un total de 8 trabajadores por turno.

Para la identificación y predicción de los impactos se elige el uso de matrices, tablas de doble entrada donde en un eje aparece las actividades y operaciones que se llevan a cabo en el proyecto y que pueden ser productoras de impacto y en el otro eje, los elementos característicos y procesos ambientales susceptibles de ser afectados por la actividad minera. Como resultado de este trabajo, se obtiene una lista de posibles impactos que de forma resumida se utilizarán posteriormente para la confección de la matriz de evaluación de impactos. Anexo 2.

Identificados los factores ambientales y las acciones productoras de impacto se puede acometer la evaluación del Impacto ambiental, mediante la aplicación del método de matriz interactiva desarrollada por Leopold, 1975, (Leopold, 1971) ejemplo de matriz simple, instrumento de *screening* útil para desarrollar la identificación de impactos y comunicar las principales acciones que causen impactos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

- Para la descripción y estudio del entorno como base fundamental para diagnosticar los posibles impactos, así como para proponer las alternativas de solución más viables y funcionales, se aplicó la técnica documental, que se basó en la obtención y registro de información contenida en libros, publicaciones e informes científicos.
- Para la identificación de las causas que genera la acción, se empleó el método de la matriz simple, cualitativa.
- Para la identificación de los factores del medio y de sus efectos se utilizaron los datos que reporta la literatura. Se sustentó en los métodos teóricos histórico - lógico y análisis - síntesis. Se valoró la interacción de todos los elementos o factores de los diferentes subsistemas del medio con la acción detectada.
- Para la evaluación del impacto ambiental se utilizó la matriz de Leopold. Se evalúan cuantitativamente los impactos y los factores impactados a partir de la importancia y la magnitud del impacto y se proponen las acciones de mitigación y solución de los impactos del proyecto.
- Metodología de elaboración de la matriz de Leopold. (Andreottola, 1989)
 1. Se elabora un cuadro (columna), donde aparecen las acciones del proyecto.
 2. Se elabora otro cuadro (fila), donde se ubican los factores ambientales.
 3. Se construye la matriz con las acciones (columnas) y las condiciones ambientales (filas).
 4. Para la identificación se confrontan ambos cuadros, se revisan las filas de las variables ambientales y se seleccionan aquellas que pueden ser influenciadas por las acciones del

proyecto.

5. Se evalúa la magnitud e importancia en cada celda, para lo cual se realiza lo siguiente:
 - 5.1 Se traza una diagonal en las celdas donde puede producirse un impacto
 - 5.2 En la esquina superior izquierda de cada celda, se coloca un número entre 1 y 10 para indicar la magnitud del posible impacto (mínima = 1) delante de cada número se colocará el signo (-) si el impacto es perjudicial y (+) si es beneficioso.
 - 5.3 En la esquina superior derecha se coloca un número entre 1 y 10 para indicar la importancia del posible impacto (por ejemplo regional frente a local).
6. Se adicionan dos filas y dos columnas de celdas de cómputos.
 - 6.1 En la primera celda de computo se suma los índices (-) del producto de la magnitud e importancia.
 - 6.2 En la segunda celda se suma los índices (+) del producto de la magnitud e importancia.
 - 6.3 Los resultados indican cuales son las actividades más perjudiciales o beneficiosas para el ambiente y cuáles son las variables ambientales más afectadas, tanto positiva como negativamente.

7. Identificados los efectos se describen en términos de magnitud e importancia.

- Para la caracterización de los impactos se utilizó la matriz de importancia. Criterios empleados para la caracterización de los impactos (Conesa, 1997)

N- naturaleza (Signo).

El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de la acción que va a actuar sobre los distintos factores considerados.

In-intensidad (grado de destrucción)

Este término refiere el grado de incidencia del impacto sobre el factor, en el ámbito en que se actúa.

EX -extensión (área de influencia)

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad. En el caso de que el efecto, se produzca en un lugar crítico (vertido próximo y aguas arriba de una toma de agua, degradación paisajística en una zona muy visitada o cerca de un centro urbano) se le atribuirá un valor de 4 unidades por encima del que le correspondería en función del porcentaje de extensión en que se manifiesta.

MO - momento (plazo de manifestación)

El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del efecto (t_1) sobre el factor del medio considerado.

PE - persistencia (permanencia del efecto)

Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.

RV- reversibilidad

Se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deje de actuar sobre el medio.

SI- sinergia (Potenciación de la manifestación)

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea.

AC- acumulación (Incremento progresivo)

Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

EF-Efecto (Relación causa-efecto)

Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta. En caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.

PR- periodicidad (Regularidad de la manifestación)

La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico) de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

MC- recuperabilidad (Reconstrucción por medios humanos)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia de la actividad acometida es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

- Para la valoración global de las características del impacto y del resultado del dictamen, del efecto de la acción, su magnitud, según la siguiente escala de niveles de impactos:
-

Compatible: Impacto de poca entidad. En el caso de impactos compatibles adversos habrá recuperación inmediata de las condiciones originales tras el cese de la acción. No se precisan medidas correctoras. <25

Moderado: La recuperación de las condiciones originales requiere cierto tiempo y es aconsejable la aplicación de medidas correctoras. De 25 a <50

Severo: La magnitud del impacto exige la recuperación de las condiciones iniciales del medio, la introducción de prácticas correctoras. La recuperación, aún con estas prácticas, exige un período de tiempo dilatado. De 50 a <75

Crítico: La magnitud del impacto es superior al umbral aceptable. se produce una pérdida permanente en la calidad de las condiciones ambientales sin posible recuperación de dichas condiciones. Es poco factible la introducción de prácticas correctoras. >75 Críticos

- Para plantear las alternativas de mitigación, se identificaron los factores más afectados por las acciones del proyecto y se propusieron las soluciones.(Manual de restauración de terrenos ITGEspaña, 2002))

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se identificaron las actividades o acciones del proyecto de biooxidación susceptibles de producir impacto.

La Tabla I resume las actividades identificadas que se realizan en las distintas fases del proyecto de biooxidación susceptibles de provocar impactos ambientales.

Tabla I Acciones productoras de impacto y actividades derivadas del proyecto de una planta de biooxidación de concentrado de flotación.

Acciones productoras de impactos o alteraciones	Principales operaciones, infraestructura y modelados de las actividades del proyecto de biooxidación
1. Investigación	1.1 Ensayos metalúrgicos 1.2 Elaboración del proyecto de ingeniería
2. Infraestructura	2.1 Remoción de la vegetación, desbroce y terraplenado 2.2 Transporte de materiales de construcción 2.3 Construcción de carreteras y viales 2.4 Construcción de edificios para oficinas, plantas, depósito de concentrado, almacén de reactivos e insumos, talleres de mantenimiento, automotriz, eléctrico, comedor. 2.5 Preparación de área de depósito de concentrado (<i>stock</i>) 2.5 Construcción de área para disposición de residuos arsenicales
3. Puesta en marcha y producción	3.1 Carga y transporte de concentrado 3.2 Desagüe del pozo de la mina, bombeo aguas subterráneas 3.3 Remolienda del concentrado. 3.4 Operación de planta de biooxidación de concentrado 3.5 Precipitación de arsénico 3.6 Operaciones auxiliares (limpieza de instalaciones) 3.7 Mantenimiento del equipamiento de la planta 3.8 Disposición de residuos de arseniato férrico
4. Abandono o cierre de la instalación, recuperación	4.1 Remoción de insumos y residuos 4.2 Desmantelamiento y retirada de la instalación 4.3 Eliminación de caminos de acceso no necesarios para la rehabilitación de la instalación

El desarrollo de la biooxidación y la construcción de una planta con esta tecnología para el procesamiento de los concentrados arsenopiríticos, con atención de la dimensión ambiental, permitió identificar las acciones productoras de impacto y actividades derivadas utilizando una matriz simple. Anexo X

En la etapa de investigaciones tecnológicas, se identificó que se producen acciones con afectación mínima al medio ambiente. Las pruebas ejecutadas a escala ampliada se realizaron de forma controlada y en instalaciones del centro de investigaciones minero metalúrgicas, diseñadas especialmente a tales efectos, con procedimientos previstos para el tratamiento que corresponde a cada caso.

En la etapa de la infraestructura se identificaron:

- Remoción de la vegetación, movimiento de tierra, desbroce y terraplenado.
- Transporte de materiales de construcción.
- Creación del área de depósito de concentrado (*stock*).
- Se producirán ruidos con el transporte, la carga y descarga de minerales y de material estéril sobrante de la mina, así como en la generación de energía.
- La operación de la planta se basará solamente en el uso de los concentrados producidos y acumulados en épocas anteriores, por lo que se requiere la construcción de un área de depósito para acumular el concentrado que se alimentará a la planta. Obviamente, el proyecto no incluye la planta de beneficio, ya que no se realizarán operaciones de beneficio del mineral.
- Para ejecutar el procesamiento de los concentrados, se requiere la construcción de los edificios necesarios para ubicar la planta metalúrgica con todo su equipamiento, laboratorio, almacenes

de reactivos e insumos, oficinas para la administración, talleres de mantenimiento, talleres diversos, automotriz, cocina, comedor, instalaciones sanitarias y otras.

- La construcción de nuevas vías de acceso, carreteras, caminos, viales para facilitar la transportación de materiales y personal.
- El aire puede contaminarse con impurezas sólidas, por la promoción de polvo y combustibles tóxicos o inertes, capaces de penetrar hasta los pulmones, provenientes de diversas fases del proceso.

•

En la etapa de pre-operación, puesta en marcha:

- Previo al comienzo de las operaciones en la planta, el pozo de la mina estará inundado y será necesario realizar la evacuación de las aguas acumuladas, seguramente con presencia de ácido y arsénico disueltos, las cuales serán objeto de análisis para definir la necesidad de tratamiento previo a su vertimiento.
- Se producirán alteraciones de los caudales subterráneos producto del bombeo de agua de los niveles freáticos seccionados.
- Del mismo modo, como consecuencia del desagüe del pozo de la mina, se pudiera provocar el cambio de las condiciones ambientales dentro del pozo que faciliten el proceso de crecimiento de microorganismos acidófilos que activen la producción de ácido sulfúrico y compuestos arsenicales, pudiéndose identificar su presencia con la elevación de la acidez y la concentración de arsénico disuelto en las aguas que emanan de la mina.

•

En la etapa de producción:

- La remolienda del concentrado se efectuará en molino de bola, equipo caracterizado por producir ruidos molestos y vibraciones.
- La operación de la planta comprende la biooxidación, sedimentación y lavado, preparación de sulfato férrico, precipitación, filtración, malas operaciones, descuido, derrame, que pueden conducir a la contaminación de las aguas superficiales.
- Diques de cola, depósito de sólidos arsenicales y lagunas de oxidación mal construidas o mal mantenidas, e inadecuado manejo, almacenamiento o transporte de insumos (como combustibles, lubricantes, reactivos químicos y residuos líquidos), pueden conducir a la contaminación de las aguas superficiales.
- El ciclo de producción prevé la limpieza y mantenimiento de los equipos tecnológicos, por lo que se pueden producir contaminación con hidrocarburos y aguas contaminadas durante estas acciones.
- El depósito de residuos de arseniato férrico conlleva la ocupación del suelo y la pérdida de vegetación, ocupará un área especialmente preparada con las incidencias propias de un depósito de un desecho.
- La ocurrencia de problemas operacionales que pudieran incidir en la contaminación del área con arsénico, por derrame

•

En la etapa de abandono o cierre de las instalaciones:

- Remoción de insumos y residuos.
- Desmantelamiento y retirada de la instalación.
- Eliminación de caminos de acceso no necesarios para la rehabilitación de la instalación.
- Revegetación y recuperación de áreas degradadas.

•

3.2 Se identificaron factores y los componentes ambientales susceptibles de ser afectados por las acciones del proyecto

Los factores (físicos y bióticos) y socioeconómicos susceptibles de ser impactados por las acciones antes mencionadas del proyecto son:

- a) Atmósfera
- b) Aguas

- c) Suelos
- d) Vegetación
- e) Fauna
- f) Procesos ecológicos
- g) Procesos geofísicos
- h) Morfología y paisaje
- i) Socio culturales

Como resultado se identificaron las posibles alteraciones ambientales producidas por el proyecto de biooxidación del concentrado.

En la Tabla II se relacionan los factores y componentes ambientales con las posibles alteraciones que se pueden producir por las acciones del proyecto de biooxidación, acorde con la ubicación de la planta (fuente propia)

Tabla II Factores y componentes ambientes, y posibles y alteraciones provocadas por acciones del proyecto.

Factor	Componente	Posible alteración
Atmósfera	Composición de la atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del aire con polvo • Ruido
Aguas	Alteración de la red de drenaje natural	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del agua superficial • Inundación de área próximas • Alteración de redes naturales
Suelos	Usos del suelo	Pérdida del suelo por erosión
	Características edáficas	Pérdida de comunidades vegetales
Flora	Especies y comunidades vegetales	Afectación de la vegetación de áreas cercanas
Fauna	Especies y población de animales	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de la vida silvestre • Alteración de población de animales
Procesos ecológicos	Cadenas y redes tróficas	Alteración de las redes tróficas
Procesos geofísicos	Inundación	Alteración de corrientes superficiales
	Erosión	Pérdida de suelo
	Sedimentación	Afectación del suelo
	Inestabilidad	Cambios físico-químicos del suelo
	Sismicidad, vibraciones	Compactación del suelo
	Subsidencia	Afectación del suelo
Morfología y paisaje	Modificación en el paisaje	Alteración del paisaje

Relación de los impactos ambientales identificados

1. Contaminación fundamentalmente por partículas sólidas, polvo, gases, derivadas de las acciones:
 - Remoción de la capa vegetal, apertura de huecos.
 - Tráfico de camiones, tráfico de máquinas pesadas.
 - Creación de depósito de concentrado, creación de depósito de residuo sólido.
 - Construcción de caminos, edificios, oficinas plantas, almacenes, y otros.

En todos los casos enunciados, estos efectos son temporales, asociados con el período funcional de las construcciones.
2. Contaminación sónica, ruidos, impactos temporales, pero severos durante las acciones:
 - Apertura de huecos.
 - Creación de depósitos de concentrado, tráfico de camiones y maquinaria pesada.

Impactos temporales y de menor intensidad durante la construcción de caminos e infraestructura.

- Remolienda de concentrado, operación de equipos de la planta, reactores de biooxidación, reactores agitados en general. Impactos temporales y de menor intensidad durante la operación de la planta.
 - Alteración permanente de los drenajes superficiales, severa en el caso de construcciones de áreas de depósito de concentrado y residuos sólidos, y moderada en el de la implantación de viales e infraestructura.
3. Contaminación de aguas superficiales:
 - Turbiedad por partículas sólidas, elementos tóxicos disueltos.
 - Acidificación derivada de la oxidación e hidratación de sulfuros y arsenopirita.
 - Precipitación química de compuestos de hierro derivada de la oxidación bacteriana. Impactos temporales y de intensidad media asociados a la apertura de la mina por las operaciones necesarias para la creación de depósitos de concentrado y de residuos sólidos.
 4. Impacto sobre el acuífero por inundaciones, bombeo y descarga de efluentes y de implantación de viales e infraestructura. Impactos temporales y de menor intensidad durante la construcción, puesta en marcha y operación de la planta.
 5. Contaminación de acuíferos con aceites, hidrocarburos, etc., temporal y de efectos preocupantes, derivadas del mantenimiento de la maquinaria.
 6. Ocupación irreversible de suelo fértil por la creación de huecos y depósitos de concentrado y residuos sólidos (impactos críticos y severos), y por la construcción de caminos, edificios, y plantas de tratamiento (impactos moderados).
 7. Pérdida de la cubierta vegetal, así como provocación de dificultades para la regeneración de la vegetación (pérdida de elementos fértiles, aumentos drásticos de la pendiente y erosión). Impactos de magnitud moderada.
 8. Pérdida de la comunidad vegetal.
 9. Eliminación o alteración de hábitats vegetales terrestres para la fauna, así como provocación de dificultades para la regeneración de la vegetación (Impactos de magnitud moderada).
 10. Cambios en las pautas de comportamiento de la fauna por la perturbación causada por el tráfico de camiones y maquinaria pesada, y por la creación de caminos.
 11. Alteración de redes tróficas
 12. Pérdida de suelo, aumento de la erosión derivada de las operaciones que son precisas para la creación de depósitos y caminos de la propia existencia del depósito y del tráfico de camiones y maquinaria pesada. Impacto de magnitud moderada, aunque temporal en el caso del tráfico.
 - 13 Aumento de la carga de sedimentación de aguas abajo, producido por la adición de material sólido derivado de la creación de depósitos, de caminos e infraestructura.
 - 14 Cambios físicos y químicos del suelo.
 15. Compactación del suelo.
 - 16 Hundimiento del suelo, aumento del riesgo de subsidencia producido por la creación de los depósitos. Impacto permanente de carácter moderado.
 - 17 Perturbación del carácter global del paisaje. De menor entidad por su mayor facilidad de control y temporalidad, las derivadas de la construcción de accesos, edificios y plantas.
 - 18 Aumento de la densidad de tráfico sobre las vías públicas, con el consiguiente peligro de accidentes, deterioro de firmes, así como embarrado de las carreteras.
 - 19 Reinicio de operaciones mineras.
 - 20 Ingreso de divisas al país, producción y venta de oro.
 - 21 Incremento de las fuentes de empleo, salarios.
 - 22 Incremento de demanda de productos, servicios y actividades económicas y sociales.
 - 23 Salud y seguridad, incremento de enfermedades relacionadas con la minería.
 - 24 Mejora de la calidad de vida de los pobladores, incremento de autoestima de mineros.
- Para la Evaluación de impactos se utilizó el método de matriz interactiva desarrollada por Leopold ,1975 como ejemplo de matriz simple para la evaluación del impacto ambiental del proyecto de biooxidación. Al utilizar la matriz de Leopold se consideró cada acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental.

La matriz aplicada al proyecto de una planta de biooxidación condujo al establecimiento del número de 24 acciones y el número de factores ambientales en 24.

El diseño de la matriz del proyecto de biooxidación identificó impactos en las fases temporales del proyecto: construcción o infraestructura, preoperación o puesta en marcha, explotación y producción, y de abandono y recuperación. Se incluyeron impactos asociados a ámbitos espaciales, asociados con el territorio, así como factores ambientales que reflejan el medio socio económico.

En el anexo 3 se presenta la evaluación de impacto ambiental del proyecto de biooxidación de concentrados de flotación arsenopirítico en una matriz de Leopold.

El anexo 4 presenta la matriz de importancia utilizada para caracterizar los impactos ambientales identificados y evaluados.

La matriz elaborada, comprendió las acciones que se realizan durante las diferentes fases de la ejecución del proyecto, y permitió identificar los componentes ambientales susceptibles de ser afectados por las acciones del proyecto. Resultó que de 24 impactos identificados, relacionados, descritos y evaluados en la matriz de Leopold 15 son negativos y 9 son positivos. Una simple observación vertical de la matriz, mostró que en la fase de infraestructura, período en el que se construyen las instalaciones, caminos y otros, se concentra el 25 % de los impactos, provocados por acciones perjudiciales, de carácter temporal, que cesan una vez que termina esta fase, con excepción de los correspondientes a las áreas destinadas al depósito de colas y de residuales sólidos que ostentan los mayores valores negativos (545, 527) y se mantiene hasta el cierre de las instalaciones.

La etapa de preproducción es muy corta, se producen tres impactos, valores entre 115 y 120, dos de carácter temporal. Alguna de las acciones perjudiciales que provocan impacto como el desagüe del pozo de la mina, ocurre de forma puntual, solo durante la puesta en marcha de las instalaciones. Otras representan impactos beneficiosos, el uno, representado por el establecimiento de controles analíticos del agua y otro perjudicial referente al bombeo.

En la etapa de producción se producen 11 acciones que generan impactos, de ellos 6 adversos, con valores entre 2 y 226 unidades y 5 beneficiosos, con valores entre 262 y 421 unidades.

Cuatro impactos se producen en la fase de cierre, abandono y recuperación, uno solo de ellos, de efecto perjudicial los restantes beneficiosos.

La matriz también permite la evaluación de los componentes ambientales. De 9 factores y 24 componentes ambientales, 16 son afectados negativamente y 8 de forma positiva.

El aire y las aguas superficiales, resultan afectados negativamente El aire, en su composición y calidad con la presencia de polvo, gases y contaminación sónica. Sobre el aire no se producen cambios significativos en el componente, se presenta en corto plazo y existen acciones que mitigan sus efectos del mismo modo.

Resultan afectadas de forma negativa las aguas subterráneas, contaminadas con hidrocarburos y aceites producto de la limpieza y mantenimiento de equipos.

También resulta afectado negativamente las aguas subterráneas por la alteración de flujos por bombeo e inundaciones, contaminación derrames producto de malas operaciones.

El componente fauna se afecta negativamente, por el cambio en las pautas de comportamientos debido a la perturbación que provoca en los animales la construcción de caminos y el incremento del

tráfico de camiones y maquinarias pesadas, y otros. En el componente fauna el efecto se revierte a mediano plazo, una vez que cesen las operaciones de la planta y se ejecute la eliminación de caminos de acceso no necesarios para la rehabilitación, que elimine la perturbación causante de impacto.

El componente suelo se afecta negativamente debido a la ocupación irreversible del suelo por la construcción del depósito de mineral y del mismo modo el paisaje por las construcciones, caminos y otros que conlleva la planta.

El componente procesos ecológicos también se afecta negativamente en las redes tróficas producto de la contaminación de las aguas superficiales porque se vierten licores arsenicales por malas operaciones, y el posterior consumo del agua contaminada por la fauna marina, el uso del agua en regadíos agrícolas, y el posible consumo por el hombre de agua y alimentos contaminados, causante de enfermedades derivadas de la presencia de arsénico.

De gran significación en el componente socio - económico. Uno relacionado con el territorio: la apertura de las operaciones mineras, dos de tipo económico: la entrada de divisas al país y la generación de empleos. Ambos de singular importancia como resultado de la construcción y puesta en marcha de la planta.

El componentes socio económico se afecta positivamente en cuanto a lo social, por el incremento de actividades comerciales, la mejora de la calidad de vida, con elevación evidente de la autoestima de antiguos mineros que, por el cierre de la mina y planta de beneficio, tuvieron que abandonar la labor que durante años desempeñaron, teniéndose que incorporar a labores agrícolas y de la pesca, entre otras.

Cabe destacar los impactos positivos sobre aguas subterráneas y en el ámbito socio – económico. El desarrollo de una actividad productiva provoca en el entorno un impacto socio -económico que se manifiesta por las relaciones de dependencia económica en diferentes sectores productivos, cuya incidencia se evalúa con indicadores tecnológicos y socio - económicos como son:

- Disminución del bombeo de aguas subterráneas para la operación de la planta por recirculación de licores limpios de arsénico.
- Recuperación de biomasa adaptada a las severas condiciones del proceso.
- Incremento del aporte de divisas al país por el valor de la producción de oro y plata en el territorio.
- Incremento de las actividades comerciales y socioculturales en el territorio, introducido como consecuencia del proyecto.
- Mejoras en la calidad de vida de los pobladores.

Para eliminar o mitigar los efectos negativos producidos por el proyecto de construcción de la planta de biooxidación se propone la adopción de medidas preventivas y correctoras. Se parte de la premisa que siempre es mejor no producir la alteración, que establecer una medida correctora, pues aparte de suponer un costo adicional de tiempo y dinero, en la mayoría de los casos, solamente eliminan una parte de la alteración, y en otros, ni siquiera estos.

Algunas de las medidas propuestas aunque pueden tener influencias en más de unos de los componentes solo se incluyen en un componente para evitar repeticiones.

Sobre la atmósfera:

- Riego periódico de caminos mineros con agua o disoluciones salinas.
- Pavimentación de acceso permanente a la planta.
- Reducción de la velocidad de circulación

- Estudio de la ubicación de la planta de tratamiento de acuerdo a las direcciones predominantes de los vientos.
- Situar las plantas lo más alejado posibles de las zonas habitadas.
- Emplear cintas transportadoras mejor que camiones.
- Realizar un mantenimiento preventivo adecuado y recubrir de goma los elementos metálicos que sufren los impactos de las rocas.
- Limitar el trabajo de las unidades más molestas a horas diurnas.

Sobre el agua superficial:

- Creación de sistemas de drenaje generales para la recogida de las aguas externas a la zona.
- Adecuación de la planta de tratamientos más conformes las características de los contaminantes del agua (depuración de bolsa de decantación, filtros, etc).
- Establecer un sistema de análisis que detecte variaciones y anomalías inamissibles en las características del agua, a la salida de la planta y antes de su entrada al receptor.
- Recogida de los aceites usados tras el mantenimiento de la maquinaria, si este se realiza en la zona de operaciones.

Sobre el suelo:

- Retirada y acopio de la tierra vegetal de las zonas ocupadas por la planta.

Flora y fauna:

- Revegetación con especies autóctonas de los ecosistemas afectados.
- Mejora del microclima (riego, abonado).

Riesgos geofísicos:

- Colocar sobre el terreno natural, antes del comienzo del depósito de concentrado y/o residuo sólido, una capa de espesor suficiente de material grueso drenante, seleccionado con el objeto de lograr en el interior del depósito un nivel freático bajo y para favorecer la estabilidad y el drenaje.
- Evitar ubicar el depósito en terreno pendiente.

Morfología del paisaje:

- Remodelar la topografía alterada, de modo que se ajuste lo más posible a lo natural.
- Medidas protectoras de la vegetación existente, como plantar, cercar los árboles grandes que ya existen, cuidar que no se corten raíces principales, jardines para mejorar la apariencia del lugar, regar y fertilizar.

Ambiente sociocultural:

- Construcción de caminos de uso interno.
- Mejora de carreteras ya existentes.
- Disposición de carteles indicadores de peligros.

El Plan de abandono y recuperación y el Programa de seguimiento y control, es la última fase de la evaluación y corresponde a dos apartados:

- El Plan de abandono y recuperación de la explotación, donde se detallarán todas aquellas labores que hay que realizar para recuperar el área que ha sido alterada.
 - Desmantelamiento y retirada del sitio de todas las instalaciones y sus facilidades
 - Eliminación de caminos no necesarios para la rehabilitación del sitio y actividades económicas posteriores al cierre, mediante la descompactación de suelos y reforestación.
- El Programa de seguimiento y control
Dicho programa pretende controlar el cumplimiento de todas las medidas correctoras que se hayan adoptado al realizar la evaluación del impacto, así como instrumentar un plan, a medio plazo, que establezca controles que detecten las desviaciones de los efectos previstos o en las medidas correctoras indicadas en la evaluación.

CONCLUSIONES

1. La matriz de Leopold permitió identificar los impactos ambientales y los componentes ambientales susceptibles de ser afectados por las acciones del proyecto, definiendo la viabilidad ambiental de la ejecución del proyecto.
2. La metodología resultó adecuada para la presentación del impacto ambiental y facilitó la visualización de los efectos de las acciones del proyecto sobre los factores ambientales.
3. El análisis de la matriz de Leopold arrojó que los factores más afectados negativamente con el proyecto son la atmósfera durante la fase de infraestructura, la ocupación irreversible del suelo por la construcción del depósito de concentrado seguido del aumento de la densidad de tráfico y la alteración del paisaje por la ejecución de las obras civiles de la planta.
4. De la evaluación ambiental resultó el factor social mejora de la calidad de vida de los pobladores el más favorecido positivamente seguido de los factores socioeconómicos reinicio de las operaciones mineras, incremento de las actividades comerciales y sociales y la generación de empleos.

RECOMENDACIONES

Continuar profundizando en el estudio del impacto ambiental y pasar de una matriz que permita la evaluación cuantitativa de los impactos ambientales.

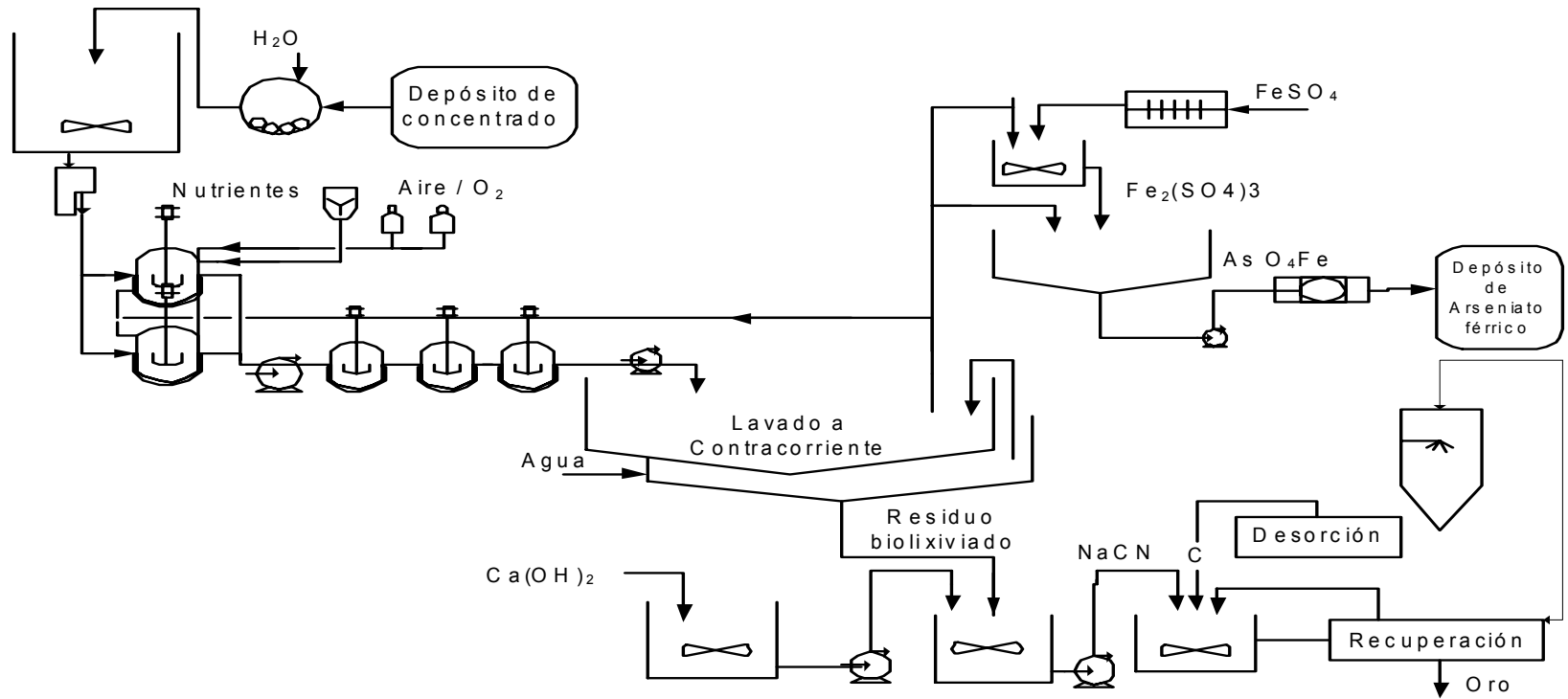
BIBLIOGRAFÍA

- Andreottola G., Cossu R., Serra R. 1989. Método para la evaluación del impacto ambiental de un relleno sanitario,. Institute of Sanitary Engineering Polytechnic of Milan Via F. Ili Gorlini 1, 1-20151 Milano, ITALY; Institute of Hydraulics University of Cagliari Piazza d'Armi, 1-09100 Cagliari, ITALY
- Arias Arce Vladimir, Coronado Falcón Rosa, Puente Santibañez Luis, Lovera Dávila Daniel. Refractoriedad de concentrados auríferos, Revista del Instituto de Investigación FIGMMG.Vol8, No 16, 5-14 (2005) Universidad Nacional Mayor de San Marcos ISSN:1561-0888/1628-8097 (electrónico)
- Conesa Fernández-Vítora, Vicente. 1997. "Estructura general de un estudio de impacto ambiental Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental". Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 1997. 3ª edición. Referencia de la biblioteca de Filosofía: FL/ TD 194.6.C66.
- Díaz Fernández A.; Anaya Alfonso M.A., 1990. Biolixiviación semicontinua de concentrado de flotación refractario. Segundo Congreso Latinoamericano de Biotecnología,
- Díaz Fernández A., Anaya Alfonso M.A. Limpieza de licores arsenicales en el proceso de biolixiviación de concentrado arsenopirita. Quimindustria 90
- Gordillo Espinosa Francisco P., Sanmartín Gutiérrez Víctor A., Carrión Mogrovejo
- Guía No. UAM – 010 – 01 para la elaboración de estudios de impacto ambiental para plantas de beneficio, fundición y refinación. Ministerio de Energía y Minas, República de Ecuador, 2002.
- Junco, J. Z.; González, J.C. 2007. Metodología para el Monitoreo y Control de la Contaminación. Curso de Maestría de Contaminación Ambiental. Junio, 18.
- Karavaiko, G.I., et al. 1988 Microbiological leaching of metals from arsenopyrite containing concentrates. Fundamental and applied Biohydrometallurgy, Elsevier, Amsterdam, pp 115-126 ,
- Lawrence and A. Brunesteyn. 1983 Biological pre-oxidation to enhance gold and silver recovery from refractory pyritic ores and concentrates. CIM. Bulletin, September. Division of Extractive Metallurgy B.C. Vancouver, B.C.
- Leopold, L. A procedure for evaluating environmental impacts. US Geological Survey Circular 645/1971. Washington, D.C. LIII(8), pp 2064-2066
- Liz M., Castellanos J. et al. , 2002 Investigación Bloque Experimental Delitas, CIPIMM 1989.
- Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Instituto Tecnológico Geominero de España

Salinas, Eleazar., Rivera, Isauro., Carrillo, F. Raúl., Patiño, Francisco., Sánchez Luis Enrique. 2002 II Curso Internacional de Aspectos geológicos de protección Ambiental, Departamento Engenharia de Minas, Escola Politécnica Universidad São Paulo,
Van Answegen Pieter C., et al. 1991 Development and innovations in bacterial oxidation of refractory ores. Fairview,

Anexo 1

Esquema del proceso de biooxidación del concentrado de flotación arsenopirítico
Yacimiento La Demajagua .



Anexo 2. Identificación de posibles alteraciones ambientales producidas por la biooxidación del concentrado.

		Elementos característicos y procesos ambientales susceptibles de ser afectado por la actividad minera															
		Atmósfera		Agua		Suelos		Vegetación	Fauna	Procesos ecológicos	Procesos geofísicos					Morfología y paisaje	
Acciones productoras de impacto o alteraciones	Principales operaciones. Infraestructura y modelados de la planta de tratamiento biohidrometalúrgica	Composición de la atmósfera	Nivel de ruido	Agua superficial	A Subterránea	Características edáficas	Usos del suelo	Especies y comunidades vegetales	Especies y población de animales	Cadenas y redes tróficas	Inundación	Erosión	Sedimentación	Inestabilidad	Sismicidad, vibraciones	Subsistencia	Modificaciones en el paisaje
1. Investigación			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>				
2. Infraestructura	2.1 Construcción de la planta de edificios, talleres y almacenes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2 Nuevos viales y conducciones		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
	2.3 Construcción de área de depósito de concentrado		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
	2.4 Construcción de área de depósito de arseniato férrico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
	2.5 Construcción de canales para desagües y drenaje		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
3. Pre-operación y operación	3.1 Tráfico de equipos y maquinarias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	3.2 Transporte de materiales diversos y concentrado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>

Anexo 2. Identificación de posibles alteraciones ambientales producidas por la biooxidación del concentrado (Cont.)

		Elementos característicos y procesos ambientales susceptibles de ser afectado por la biooxidación															
		Atmósfera		Agua		Suelos		Vegetación		Fauna		Procesos ecológicos		Procesos geofísicos			Morfología y paisaje
Acciones productoras de impacto o alteraciones	Principales operaciones. Infraestructura y modelados de la actividad minera	Composición de la atmósfera	Nivel de ruido	Agua superficial	A Subterránea	Características edáficas	Usos del suelo	Especies y comunidades vegetales	Especies y población de animales	Cadenas y redes tróficas	Inundación	Erosión	Sedimentación	Inestabilidad	Sismicidad, vibraciones	Subsistencia	Modificaciones en el paisaje
		3. Pre-operación y operación (cont.)	3.4 Remolienda	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.3 Biooxidación del concentrado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	3.6 Precipitación de arsénico	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	3.7 Limpieza de equipos de planta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
	3.8 Mantenimiento de equipos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
	3.9 Depósito de residuos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
4. Modificaciones fisiográficas	4.1 Apertura de huecos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.2 Vertido de estéril	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5 Abandono o cierre	5.1 Desmantelamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>										<input checked="" type="checkbox"/>
4. Modificaciones fisiográficas	5.2 Eliminación de caminos de acceso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Manual de restauración de terrenos.

Nota: Cuando una acción determinada produce una alteración específica en un factor del medio ambiente, se anota en el punto de intersección de la fila con la columna

alteración no significativa alteración significativa.

Anexo 4. Matriz de importancia. Caracterización de los impactos.

MATRIZ DE IMPORTANCIA

Impactos	Intensidad		Extensión				Persistencia				Sinergia				Efecto			Periodicidad			Recuperabilidad				I													
	Pos	Neg	Baj	Med	Alt	MA	Pun	Par	Ext	crit	Lp	Mp	Inm	crit	Fug	Tem	Per	Cp	Mp	Irr	sim	sine	Ms	Sim		Acum	Ind	Dir	Aper	peri	cont	Rin	Mp	Mit	Irre			
	(+)	(-)	1	2	4	8	1	2	4	8	1	2	4	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1		4	1	4	1	2	4	1	2	4	8			
1. Contaminación con polvo		-1		2				2					4			2		1				2	1			1			2		1				-24	Compatible		
2. Contaminación atmosférica		-1		2				2					4			4				4		2	1			1			4		2				-32	Moderado		
3. Cont aguas sup turbidez, toxicidad,		-1			4				4			2				4		2				2			4		4			4			4			-46	Moderado	
4. Alterar flujos, nivel, inundaciones		-1		2			1						4			2		1				2			4	1		1				4				-27	Moderado	
5. Contaminación hidrocarb, aceites		-1	1					2					4			2		1				2		1		1			2			2				-21	Compatible	
6. Ocupac irreversible de suelo fértil		-1				8			4				4			4						2			4		4			4				8		-66	Severo	
7. Pérdida de la cubierta vegetal		-1			4				4				4			4		2	4	1			1				4		4			4		4		-46	Moderado	
8. Pérdida de vegetación		-1			4			2				2				4		2		1			1				4		4			4		4		-38	Moderado	
9. Eliminación de habitat		-1			4			2				2			2			2		1			1				4		4			4		4		-36	Moderado	
10. Cambio en pautas de comportam		-1			4			2				2				4		2		1			1				4		4			4		4		-38	Moderado	
11. Alteración de redes tróficas		-1			4			2				4				4		2			2			4		4		4		4			4		4		-44	Moderado
12. Pérdida de suelo por erosión		-1	2					2				2			2			2				2			4	1			4			4		4		-31	Moderado	
13. Aumento carga sedimentac		-1			4			2				2			2			2				2	1			1			4			4		4		-34	Moderado	
14. Cambios físicos y quim de suelo		-1	2					2			1					4		2				2			4	1			4					8		-36	Moderado	
15. Compactación del suelo		-1	2					2				2			2			2				2			4	1			4				4		-31	Moderado		
16. Hundimiento cavid mineras subterr		-1			4			2				2			2			2				2	1			1			4				4		-34	Moderado		
17. Alteración del paisaje		-1			8			4				4				4		4				2		4		4		4					8		-66	Severo		
18. Aumento densidad de tráfico		-1			4			2				4				4		2		1			1			1			2			2			-33	Moderado		
19. Reinicio operaciones mineras	1					8			4			2				4		4				4	4		4		4		4			4		4		62	Severo	
20. Ingreso de divisas al país	1					8			4			4				4	1					4	4		4		4		4			1			58	Severo		
21. Generación de empleos	1					8			4			4				4		4				4	4		4		4		2			1			59	Severo		
22. Incremento actividades comerc soc	1					8			4			4			2			2				2	1			1		1		1				46	Moderado			
23. Salud , y Seguridad inc enfermedades		-1				4			4			2			2			2				2			4	1			4				8		-45	Moderado		
24. Mejora de la calidad de vida	1					8			4			4				4		4				4	4		4		4						8		68	Severo		