



***NOMINADO AL PREMIO ANUAL DE ECONOMÍA
“RAÚL LEÓN TORRÁS”
2020***

***PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN
SOCIOAMBIENTAL Y ECONÓMICA EN
LA REHABILITACIÓN MINERA***

Autor: Dr.C. Yordanis Torres Batista

Holguín

Ficha de Autores

Nombre y apellidos: Yordanis Torres Batista

Carnet de identidad: 84122823166

Dirección particular: Edif. 20 Apart. 18 Las Coloradas Nuevas

Categoría científica: Dr. C

Categoría docente: Asistente

Centro de trabajo y dirección: Universidad de Moa

Avenida: Calixto García Íñiguez No. 15 entre Avenida 7 de diciembre y Calle Reynaldo Laffita
Rueda, Reparto: Caribe, Moa, Holguín, Cuba.

Contactos: 24 60-4014 ybatista@ismm.edu.cu; ybatista@gmail.com

Sección de base de la ANEC: 330

| Índice | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| SÍNTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | 7 |
| PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN SOCIOAMBIENTAL Y ECONÓMICA EN LA REHABILITACIÓN MINERA | 8 |
| 1.1 Nociones teóricas del procedimiento de gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera | 8 |
| 1.2 Análisis de las distintas etapas y pasos | 10 |
| 1.2.1 Etapa I: Preparación previa | 11 |
| 1.2.2 Etapa II: Caracterización de la línea base del ecosistema objeto de estudio | 12 |
| 1.2.3 Etapa III: Identificación de los impactos socioambientales del ecosistema afectado | 19 |
| 1.2.4 Etapa IV: Proyección de la rehabilitación minera | 23 |
| 1.2.5 Etapa V: Ejecución del plan de la rehabilitación del área minada | 29 |
| 1.2.6 Etapa VI: Seguimiento de las acciones del proceso de rehabilitación minera | 34 |
| 1.2.7 Retroalimentación | 35 |
| APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN SOCIOAMBIENTAL Y ECONÓMICA EN LA REHABILITACIÓN MINERA EN LA EMPRESA COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA | 36 |
| 2.1 Caracterización de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara | 36 |
| 2.2 Aplicación del procedimiento para la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara | 37 |
| 2.2.1 Etapa I: Preparación previa | 37 |
| 2.2.2 Etapa II: Caracterización de la línea base del ecosistema objeto de estudio (Yacimiento Camarioca Este) | 39 |
| 2.2.3 Etapa III: Identificación de los impactos socioambientales del ecosistema afectado | 47 |
| 2.2.4 Etapa IV: Proyección de la rehabilitación minera | 51 |
| 2.2.5 Etapa V: Ejecución del plan de la rehabilitación del área minada | 56 |
| 2.2.6 Etapa VI: Seguimiento de las acciones del proceso de rehabilitación minera | 64 |
| CONCLUSIONES | 66 |
| BIBLIOGRAFÍA | 67 |

INTRODUCCIÓN

Los recursos minerales constituyen una fuente importante de materia prima para el desarrollo económico de las naciones. Sin embargo, su explotación provoca severas afectaciones a los ecosistemas donde se localizan; por lo que se hace imprescindible perfeccionar el proceso de rehabilitación minera para permitir su recuperación.

La explotación minera puede clasificarse en dos grandes grupos: la subterránea, que se elige en función de la morfología del cuerpo (regular-irregular) y las características geotécnicas del macizo de roca. Este tipo de minería cuenta con sistemas de ventilación y drenaje de aguas subterráneas que permiten el desarrollo seguro de las operaciones. La segunda clasificación, minería a cielo abierto, se caracteriza por la remoción de la capa vegetal, extracción de los niveles meteorizados o estériles y la extracción de los minerales o rocas aprovechables (Oyarzun Muñoz, 2011).

En Cuba predomina la explotación minera a cielo abierto de toba, zeolita, arcilla, plomo, zinc y caliza, utilizadas en la industria de materiales de la construcción; se explotan además las salinas y los yacimientos lateríticos (níquel, hierro, cobalto, sílice, magnesio y manganeso). En el caso del níquel, sus producciones principales son: sínter de níquel, sulfuro mixto de níquel y cobalto y óxido de níquel.

Según datos de la ONE, en los últimos siete años, la producción de níquel estuvo aproximadamente entre 52 000,00 y 65 000,00 toneladas lo que trajo consigo la devastación de 9 450, 49 hectáreas de terreno, debiéndose rehabilitar a un mismo ritmo de extracción, sin embargo, la desproporción entre la tasa de explotación y la tasa de rehabilitación ha provocado la acumulación progresiva de 776, 91 hectáreas de terreno minado cuyo estado no permite su reutilización con fines ambientales o sociales (Palacios Castillo, 2018).

Desde el triunfo de la Revolución en el año 1959, el Estado cubano ha trazado diferentes políticas de desarrollo, que han tenido como prioridad la protección del medio ambiente, fundamentalmente en actividades económicas relacionadas con la utilización de recursos naturales, con especial atención en los ecosistemas impactados por la actividad minera.

La Ley No. 76/1995, Ley de Minas, plantea en su artículo 41 que los concesionarios están obligados a preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área, elaborando estudios y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar el impacto derivado

de la actividad minera, tanto en esta área como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que puedan ser afectadosll

- La Ley No. 81/1997, Ley del Medio Ambiente, establece la obligación de minimizar o mitigar los efectos negativos al medio ambiente, amparado en los artículos 58, 85, desde el 120 hasta el 124 del capítulo VIII relacionados con la investigación científica e innovación tecnológica, la protección a las especies de carácter endémico afectadas por la minería y el resarcimiento de los daños ambientales.

- La Ley 85/1998, Ley Forestal, en su artículo 35 inciso (a) plantea que -la forestación o reforestación será de carácter obligatorio en los terrenos donde se haya realizado extracción de minerales a cielo abiertoll

- La Estrategia Ambiental Nacional, Provincial y Municipal, elaborada para el quinquenio 2016-2021 es el documento rector de la dimensión ambiental, donde se recogen las principales problemáticas relacionadas con el medio ambiente y los objetivos para revertir la situación.

- Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 aprobados en el VII Congreso del Partido Comunista de Cuba, celebrado del 16 al 19 de abril de 2016, en el capítulo VII de la Política Agroindustrial, expone en el Lineamiento No. 158: -sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente, evaluar impactos económicos y sociales de eventos extremos, y adecuar la política ambiental a las proyecciones del entorno económico y socialll

- El Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el año 2030 incorpora en los objetivos 179,180 y 181, del Eje estratégico: Recursos naturales y medioambientales, que tiene como objetivo lograr estabilidad con el medio ambiente mediante el mejoramiento, protección,prevención y control del mismo.

- En la Constitución de la República de Cuba, aprobada el 24 de febrero de 2019 mediante referendo, el título IV Derechos, deberes y garantías, en su capítulo II, relacionado con los derechos, el artículo 75 plantea que (...) El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país (...).

En correspondencia con las normativas jurídicas cubanas, las empresas mineras tienen, dentro de sus prioridades, la protección del medio ambiente. Para cumplir con estos fines, las empresas elaboran y aprueban un plan de rehabilitación, regido por el Manual de procedimiento minero de la Oficina Nacional de Recursos Minerales, el cual establece el contenido que debe contemplar un proyecto minero, a cielo abierto y subterráneo.

El análisis de la aplicación del plan de rehabilitación, permitió identificar como insuficiencia, que su contenido, sólo se circunscribe a la identificación de los impactos ambientales y las medidas mitigadoras o correctoras, al plan de rehabilitación del medio ambiente alterado, al plan de seguimiento y control, y al presupuesto del medio ambiente.

El estudio realizado de las leyes, resoluciones y normativas nacionales que establecen las obligaciones con relación al medio ambiente, evidencian la existencia de limitaciones, al no mostrar las vías o acciones que permitan ejecutar o realizar la preservación, rehabilitación o conservación del ecosistema afectado en la ejecución del proyecto minero.

El artículo 12 de la Ley No. 76/1995, Ley de Minas, establece que: -la actividad minera se divide en las siguientes fases: reconocimiento, investigación geológica, explotación, procesamiento y comercialización, las cuales deben ser organizadas debidamente, si no, pueden causar afectaciones importantes fuera del área de explotación. Sin embargo, no contemplan la rehabilitación minera como parte del proceso minero, trae consigo, la existencia de espacios minados carentes de una rehabilitación que permita la aplicación de la gestión socioambiental y económica que asegure el desarrollo sostenible del ecosistema afectado.

De ahí la importancia de proyectar el trabajo de la rehabilitación minera enfocado desde el análisis de las dimensiones económica, social y ambiental, como eje transversalizador que permita la consecución de la rehabilitación, bajo los preceptos del desarrollo sostenible del ecosistema afectado.

Otaño Noguel (2013) señala que la minería es el conjunto de actividades referentes al descubrimiento y la extracción de recursos minerales que se encuentran bajo la superficie de la tierra; esta trae aparejada altas degradaciones del suelo, contaminación (emisiones a la atmósfera y contaminación sónica, productos químicos y desechos peligrosos, residuales líquidos y residuos sólidos), carencia y dificultades con la disponibilidad y calidad del agua, pérdida de la biodiversidad, en la que se destacan las pérdidas de la flora, especialmente de la cobertura forestal, la fauna, lo que repercute negativamente en el paisaje, en las relaciones ecológicas, la geología, geomorfológica, que contribuyen a las afectaciones del cambio climático. Además, afecta la salud humana. En este sentido, el desarrollo minero genera grandes impactos ambientales en los países donde se realiza esta actividad.

Aunque los impactos más evidentes ocurren en la zona minera, son frecuentes las afectaciones en los lugares adyacentes y pueden alcanzar zonas muy alejadas del foco de contaminación. Estos impactos ambientales poseen dos elementos que los interrelacionan: el movimiento de las masas de aire y, sobre

todo, el ciclo hidrológico del planeta; en ocasiones son extremadamente graves, incluso pueden tener carácter terminal (difícil de recuperar mediante técnicas de tratamiento de residuos, rehabilitación, restauración o combinación de varios). (Rendón Díaz, 2011)

En Cuba se han realizado diversos estudios sobre la rehabilitación minera, entre los que se pueden citar: Manual para el desarrollo de mecanismos de pago/compensación por servicios ambientales (Cordero, Moreno Diaz y Kosmus, 2008); Reforestación para la rehabilitación de terrenos degradados por la industria minera a cielo abierto en la región Nicaro – Mayarí, Holguín, Cuba (Herrero Echevarría, Bruzón Sánchez, Batista Martínez y Herrera Oliver, 2009); Propuesta metodológica para valorar el impacto de las actividades económicas en áreas costeras (Moreno Díaz, 2009); Principales problemas que confronta el proceso de rehabilitación de áreas impactadas por la minería del níquel en Cuba (García et al., 2011); Algunas consideraciones de rehabilitación minera en la minería del níquel: municipio de Moa, Cuba (Chaviano Beitra, Cervantes Guerra y Pierra Conde, 2011)

Otras investigaciones realizadas son: La valoración económica de impactos ambientales de los proyectos de generación de hidroelectricidad: el caso del Salto del Buey, Colombia (Correa Restrepo y Londoño, 2011); Rehabilitación de áreas devastadas por la minería en la región nororiental de Cuba (Bruzón Sánchez, Herrero Echavarría, Salazar Diez y Batista Martínez, 2012); Procedimiento para la rehabilitación minero-ambiental de yacimientos piríticos polimetálicos cubanos (Milián Milián, Ulloa Carcasés, Jornada Krebs y Rosario Ferrer, 2012); Propuesta de planes de manejo como instrumento para la rehabilitación de canteras. Estudio de caso: Cantera la Zamora, Matanzas (Fuentes Sardiña, 2013) y Metodología para el mejoramiento y rehabilitación de ecosistemas degradados por la extracción de níquel en áreas de la empresa Comandante René Ramos Latour (Batista Martínez, 2016).

Un análisis crítico de las investigaciones estudiadas sobre la rehabilitación minera permitió considerar lo siguiente:

- Las investigaciones relacionadas con el proceso de rehabilitación minera que fueron analizadas, han estado dirigidas a la incidencia de la extracción minera en los aspectos ecológicos y forestales.
- No se cuenta con un presupuesto que permita rehabilitar el total de áreas explotadas en el año, lo que implica que las mismas pasen a formar parte de pasivos ambientales que ya suman casi 800 hectáreas, una extensión significativa de superficie inactiva.

- No se realizan valoraciones económicas de los bienes y servicios ecosistémicos que permitan su cuantificación antes del proceso de prospección, durante la extracción y posterior a la rehabilitación minera lo que limita determinar el impacto real del proceso minero y los beneficios obtenidos por la rehabilitación.
- En el lineamiento 179 de la política económica y social vigente plantea: prestar atención prioritaria al impacto ambiental asociado al desarrollo industrial, en particular en la rama de la minería y en especial en el níquel, pero en ningún momento define la política a seguir para la rehabilitación de impacto ambiental ni la responsabilidad de las empresas en ello.
- Al no cumplir los estándares establecidos para la rehabilitación del ecosistema a partir de la estabilidad química y física de los terrenos, el retorno de especies florísticas autóctonas, el crecimiento y diámetro de las especies plantadas y el retorno de la fauna silvestre, no ha sido posible la entrega de las áreas rehabilitadas como patrimonio forestal según establece el reglamento forestal.
- La rehabilitación minera es concebida actualmente sólo a partir de la actividad forestal, al obviar el posible uso urbanístico e industrial, recreativo, agrícola, conservación de la naturaleza, refugio ecológico y otros.
- El Plan nacional de desarrollo económico y social hasta el 2030 reconoce en el párrafo 161 que -se demandan políticas y soluciones efectivas para minimizar el dilema existente entre naturaleza y desarrollo, capaces de propiciar el desarrollo económico y social sostenible al que aspiramos| pero en la actualidad son insuficientes las acciones para dar solución a este conflicto.
- No se cuenta con metodologías, procedimientos, guías o proyectos que, sustentados en el análisis de las dimensiones económica, social y ambiental, permita mitigar paulatinamente, las afectaciones de los ecosistemas desde el proceso de prospección hasta el cierre del yacimiento, lo que provoca grandes afectaciones al medio natural, al medio social y a la economía del país.

Por lo antes expuesto se identifica el siguiente **problema científico de investigación**: la rehabilitación minera se realiza sin un método científicamente argumentado que garantice una gestión sostenible del ecosistema degradado lo que provoca grandes afectaciones al medio natural, social y económico.

Se propone como **objeto de investigación**: la gestión socioambiental y económica.

Se plantea como **objetivo general**: Desarrollar un procedimiento que propicie la gestión socioambiental y económica en el proceso de rehabilitación de ecosistemas degradados por la minería.

Para dar cumplimiento al objetivo general se trazaron los siguientes **objetivos específicos**:

1. Diseñar un procedimiento para la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera.
2. Validar la propuesta del procedimiento mediante su implementación en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Se formula como **hipótesis**: un procedimiento que propicie la gestión socioambiental y económica en el proceso de rehabilitación minera, contribuirá con la recuperación y la sostenibilidad del ecosistema degradado.

La **novedad científica de la investigación** se enmarca en:

Un procedimiento para la gestión socioambiental y económica que permite, mediante la aplicación de sus diferentes etapas y pasos, el análisis de las dimensiones económica, social y ambiental como ejes transversales que contribuyen al proceso de la rehabilitación minera y la recuperación integral del ecosistema afectado.

El **impacto económico** se manifiesta mediante la eficiencia de la gestión económica en el cumplimiento de las acciones diseñadas según el plan de rehabilitación minera con un enfoque integrador en la cual la incorporación de la valoración económica es determinante.

El **impacto social** responde a que la valoración socioambiental y económica mediante el procedimiento presentado, ayudará a los directivos de empresas mineras y al gobierno local a tomar decisiones en cuanto a la planificación y organización del ecosistema. Contribuirá además con la generación de nuevas fuentes de empleo, la disminución de los impactos ambientales y al incremento del bienestar social.

El **impacto ambiental** se evidenciará en el mejoramiento del ecosistema mediante la rehabilitación minera con un enfoque sistémico que propicie el desarrollo sostenible o la sostenibilidad de las áreas que serán rehabilitadas.

SÍNTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La existencia y explotación de los yacimientos minerales contribuye con el desarrollo económico de las naciones que cuentan con estos recursos. Sin embargo, su procesamiento provoca severas afectaciones a los ecosistemas donde se localizan, por lo que se hace imprescindible lograr un mejor proceso de rehabilitación minera. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un procedimiento que propicie la gestión socioambiental y económica en el proceso de rehabilitación de ecosistemas degradados por la minería. Se define el concepto de -gestión socioambiental y económica y se aplica sobre la base de la integración de áreas conceptuales y teóricas asociadas a la gestión, la gestión socioambiental y la económica; se determinan las etapas y pasos que estructuran el procedimiento para su implementación. El mismo es validado mediante criterio de expertos y se aplica en el yacimiento Camarioca Este perteneciente a la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Se constató el cumplimiento de la hipótesis planteada en la investigación, un procedimiento que propicie la gestión socioambiental y económica en el proceso de rehabilitación, contribuirá con la recuperación y la sostenibilidad del ecosistema degradado.

PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN SOCIOAMBIENTAL Y ECONÓMICA EN LA REHABILITACIÓN MINERA

1.1 Nociones teóricas del procedimiento de gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera

En la medida en que la interrelación entre las actividades sociales, la base económica que las sostiene en el tiempo y el medio ambiente, sustentan la vida en el planeta, se hace necesario lograr la sensibilización de la sociedad sobre los problemas del medio ambiente y el desarrollo, hacerla participe en su solución, así como fomentar un sentido de responsabilidad personal, colectiva y una mayor motivación y dedicación con respecto al desarrollo sostenible mediante la gestión socioambiental y económica.

Esto implica, no sólo resolver y mitigar conflictos en la relación proyecto-medio ambiente-comunidad, sino evaluar con precisión las potencialidades de la rehabilitación minera que le permita al ecosistema otros usos futuros como respuesta a las necesidades sociales, que garantice su permanencia en el tiempo y espacio

Como resultado de los diferentes enfoques metodológicos analizados respecto a la rehabilitación minera en el mundo y Cuba, se decidió profundizar en el plan de rehabilitación, regido por el Manual de procedimiento minero (1997) de la Oficina Nacional de Recursos Minerales de la República de Cuba, el cual establece las medidas mitigadoras y correctoras para los impactos ambientales, el plan de rehabilitación del medio ambiente alterado, el plan de seguimiento y control y por último, el presupuesto del medio ambiente.

El estudio anterior permitió el diseño de un procedimiento para la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera, que aporta elementos metodológicos no abordados en las metodologías referenciadas, como son la caracterización de la línea base del ecosistema, la identificación y valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos, la propuesta de diferentes usos futuros y el diseño de indicadores para su seguimiento.

El procedimiento propuesto se adapta a las particularidades de las empresas mineras cubanas. A continuación, se describen los principios en los que se sustenta el mismo, así como las premisas para su aplicación.

Principios

Integralidad entre los distintos niveles de la organización, para la toma de decisiones de manera lógica.

Racionalidad en el manejo de los recursos.

Sentido de pertenencia con la empresa, para realizar aportes al desarrollo institucional.

Mejora continua, para establecer métodos de trabajo que coadyuven a la solución de problemas en el corto, mediano y largo plazo a través de estándares organizacionales encausados hacia la excelencia y la calidad.

Premisas

Consistencia lógica: secuencia lógica, interrelación de aspectos y consistencia interna.

Sencillo y comprensible: que sea asequible tanto a los especialistas medioambientales como al personal técnico o de dirección de los organismos e instituciones que tendrán incidencia de una forma u otra en ella. Será simple y didáctico. Explícito, en cuanto a los pasos que se seguirán por los participantes.

Flexible: capaz de adaptarse a diferentes escenarios que puedan presentarse, a la diversidad de yacimientos, a las diferentes etapas del proyecto y que se pueda incorporar la información que se reciba en cualquier momento de la marcha del estudio.

Objetivo: que esté a la par del nivel del conocimiento científico-técnico, en general, y ambiental, en particular; que exista en la actualidad.

Reproducibile: que los resultados estén libres de subjetivismo, en la medida que ello sea posible, de manera que los investigadores que lo utilicen puedan llegar de forma independiente a resultados semejantes.

Sistematicidad: asegura el control y vigilancia sistemática coadyuvando el establecimiento de sinergias con las estrategias de desarrollo local, el cumplimiento de la legislación ambiental vigente propiciando la información necesaria para la mejora continua del sistema.

Este procedimiento tiene como finalidad contribuir, con su establecimiento, a la sistematicidad de la gestión socioambiental y económica que favorezca la rehabilitación de áreas afectadas por la explotación minera y

contemple etapas y pasos para su consecución. La figura 1.1 muestra el procedimiento para la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera, estructurado por seis etapas y 14 pasos.

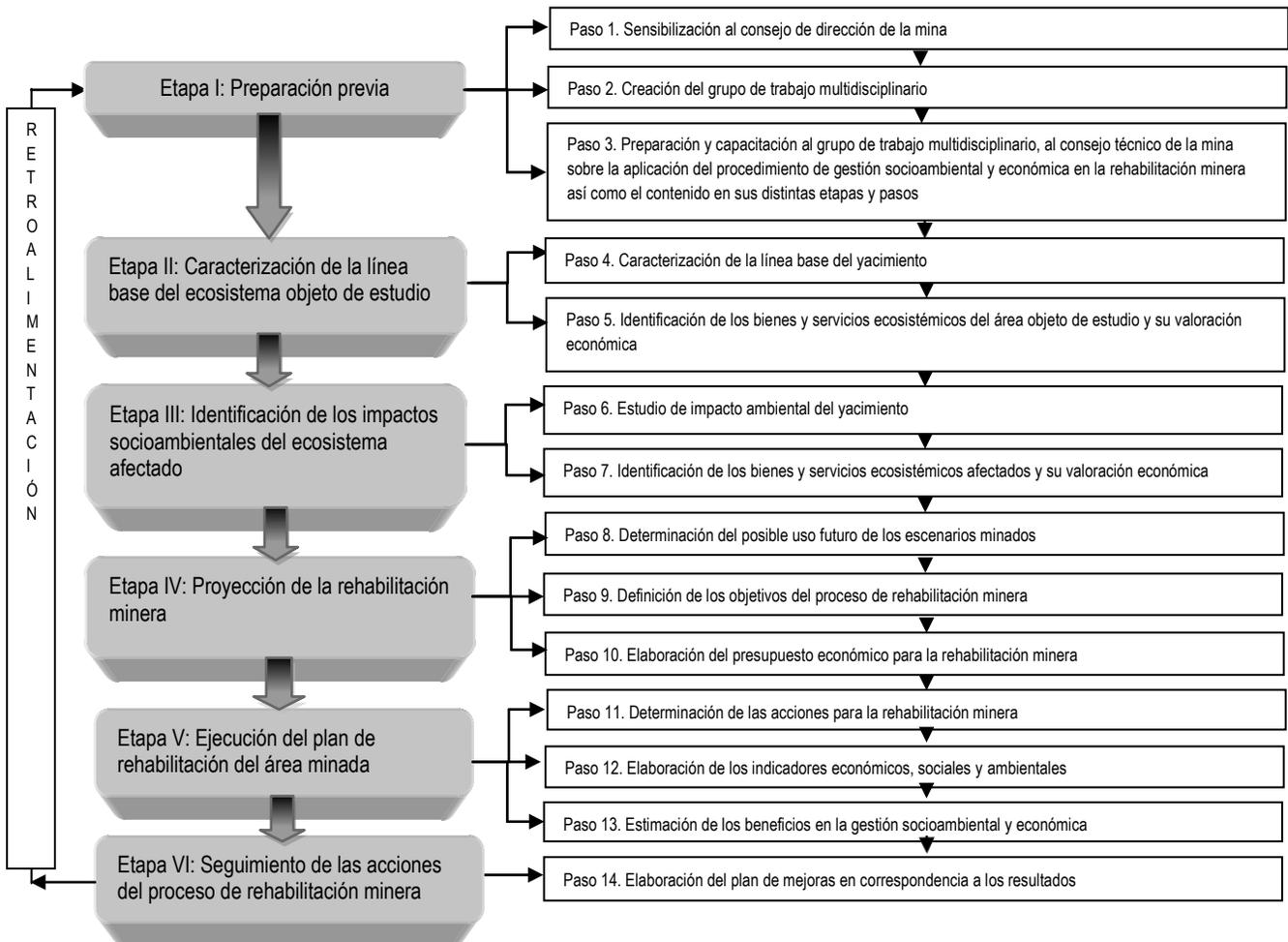


Figura 1.1 Procedimiento para la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera Fuente: Elaboración Propia

Para la confección de cualquier proyecto de explotación minera se debe tener en cuenta la rehabilitación, no como un elemento aislado, pues debe ser proyectada desde sus inicios como una de las principales vías para resarcir los daños provocados por la actividad económica al medio ambiente. El procedimiento elaborado permitirá que la rehabilitación se tenga en cuenta en todo el proceso de la explotación minera, con el objetivo de lograr la recuperación del ecosistema y así contribuir con su desarrollo sostenible.

1.2 Análisis de las distintas etapas y pasos

A continuación, se realiza una explicación detallada y cronológica de las etapas y pasos que integran el procedimiento propuesto.

1.2.1 Etapa I: Preparación previa

Objetivo: Preparar al consejo de dirección de la Mina y al grupo de trabajo multidisciplinario para la comprensión de la importancia, significado y repercusión de la aplicación del procedimiento para la gestión socioambiental y económica de la rehabilitación minera.

Paso 1. Sensibilización al consejo de dirección de la mina

Descripción: Se programarán talleres, seminarios y conferencias para la sensibilización de los miembros del consejo técnico de la mina, con el objetivo de concientizar a los actores responsables de la necesidad de implementar el procedimiento de gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera, para lograr alcanzar un estadio superior en la rehabilitación del ecosistema y favorecer la sistematización y generalización del mismo.

Se expone por el investigador las limitaciones existentes en los manuales, metodologías, procedimientos o proyectos que desarrollan el proceso de rehabilitación minera y los beneficios que se pueden alcanzar con la implementación de la gestión socioambiental y económica, el cual se ajusta a las normas ambientales vigentes en el país. Este paso lo desarrollará el investigador, el especialista de medio ambiente en conjunto con el jefe técnico de la mina, el cual facilita la creación del grupo multidisciplinario responsable del cumplimiento estricto de las etapas y pasos del procedimiento.

Técnicas: Tormenta de ideas.

Una vez sensibilizado el consejo de dirección de la mina se procederá a la conformación del grupo multidisciplinario.

Paso 2. Creación del grupo de trabajo multidisciplinario

Descripción: Se constituye el grupo de trabajo multidisciplinario, responsables de dar cumplimiento a la implementación del procedimiento y el desarrollo exitoso de las seis etapas y 14 pasos propuestos.

Este grupo deberá estar representado por expertos que mantengan un alto grado de conocimiento en el proceso de rehabilitación minera, que integren las diferentes especialidades como la Minería, Geología, Biología o Microbiología, Química, Forestal, Sociología y Economía, así como especialistas que trabajan directamente en el departamento e implementan esta tarea, el departamento del CITMA y algún directivo del consejo técnico, el mismo viabilizará cada una de las etapas y pasos del procedimiento. La

implementación de este paso se realizará por el investigador y el especialista encargado de atender la actividad de medio ambiente en la empresa.

Técnicas: entrevistas no estandarizadas.

A partir de la creación del grupo multidisciplinario se procederá con la preparación y capacitación del mismo y al consejo técnico de la mina.

Paso 3. Preparación y capacitación al grupo de trabajo multidisciplinario, al consejo técnico de la mina sobre la aplicación del procedimiento de gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera así como el contenido en sus distintas etapas y pasos

Descripción: En este paso se prepara y capacita al grupo de trabajo multidisciplinario creado, los trabajadores que implementarán el procedimiento y al consejo técnico de la mina sobre la investigación. Se precisa la situación problémica identificada en la empresa y el problema científico elaborado, la novedad científica y los impactos económicos, sociales y ambientales que se analizarán durante la investigación. También se les dará a conocer mediante encuentros con expertos las principales experiencias en el ámbito nacional e internacional en materia de rehabilitación minera, cuáles son las limitaciones que se aprecian en el campo de acción tratado, lo que fundamenta el diseño del procedimiento propuesto en materia de gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera.

Posteriormente se realizará una actividad dinámica donde se expone cada una de las etapas y pasos que integran el procedimiento para la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera, el que permitirá alcanzar un desarrollo sostenible en el ecosistema de las áreas explotadas, según los objetivos trazados a corto, mediano y largo plazo.

Técnicas: Tormenta de ideas, trabajo en equipo

Culminada la etapa I se logra la preparación previa de los administrativos, los cuales se identifican con el procedimiento y se constituye el grupo de trabajo multidisciplinario que lo implementará. Lo expuesto en los pasos anteriores permitirá la caracterización de la línea base del ecosistema objeto de estudio.

1.2.2 Etapa II: Caracterización de la línea base del ecosistema objeto de estudio

Objetivo: Diagnosticar el ecosistema objeto de estudio a partir de sus componentes lo que permitirá conocer los bienes y servicios ecosistémicos y su valoración económica.

Paso 4. Caracterización de la línea base del yacimiento

Descripción: Para la caracterización de la línea base del ecosistema objeto de estudio, es imprescindible conocer el ex ante mediante el análisis del medio físico, la biota y el medio socioeconómico que lo componen, esto se realizará por el grupo de trabajo multidisciplinario y el especialista del medio ambiente en la empresa, según plantea Rodríguez Córdova, (2005) en su libro *Evaluación de impacto ambiental*. Lo que permitirá entender la composición del ecosistema antes de su explotación, lo que coadyuvará a establecer precisiones para la propuesta de futuros escenarios.

La caracterización del medio físico debe tener en cuenta:

Geología

- Litología, tipos de rocas, formación a la que pertenece, estructura tectónica, historia geológica, condiciones sísmicas e historiales, características geotectónicas, depósitos minerales, grado de estudio y reservas.

Geomorfología

- Relieve, incluyendo el análisis de pendientes según rangos y su distribución porcentual, unidades geomorfológicas, balance geomorfodinámico y características hidrológicas.

Suelos

- Caracterización de los suelos y su clasificación, uso potencial. Estructura, composición química, física y biológica. Descripción del perfil del suelo. La superficie utilizada en las distintas actividades (agrícola, industrial). Las tierras fértiles y su afectación. Posibles impactos, nuevas actividades que van a generar pérdidas de rentabilidad de tierras fértiles; si existen pérdidas por el cambio del uso del suelo.

Clima

- Descripción regional y local del clima, tomando como base una serie climática no menor de 30 años, que incluya máximos, mínimos y medios y su distribución espacio temporal donde se analice, temperatura del aire, precipitaciones (frecuencia, días con lluvia, intensidad, duración y distribución), humedad relativa, evaporación, insolación, evapotransporación y vientos (dirección y velocidad preponderante)

- Frecuencia de ocurrencia e intensidad de tornados, huracanes y tormentas severas, áreas potencialmente inundables por eventos lluviosos extremos
- Factores modificadores del clima especialmente los que inciden en los cambios globales.

Aire

- Descripción de la calidad del aire, concentraciones de los principales contaminantes
- Inventario de las fuentes contaminantes gaseosas, líquidas o de aportes de sedimentos, incluyendo los malos olores
- Relación entre las condiciones meteorológicas y la calidad del aire en la zona de influencia del proyecto
- Contaminación por ruidos y vibraciones.

Agua

- Manejo territorial del recurso agua
- Aguas superficiales: inventario y caracterización hidrológica, que incluye calidad de las masas de aguas cercanas o que pudieran ser afectadas por el proyecto
- Subterráneas: inventario y caracterización de los acuíferos de la zona que pudieran ser afectados en relación con la extracción y recarga
- Calidad del agua: determinación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

En la caracterización de la biota se analiza:

Vegetación y recursos forestales

- Determinación, caracterización y mapeo de los tipos de vegetación y formaciones vegetales, terrestres, acuáticas y marinas. Grado de conservación
- Análisis dasométrico y sobre lotes y rodales de las poblaciones de especies forestales
- Localización de especies raras, endémicas o en peligro de extinción, de valor comercial y susceptibles de aprovechamiento

- Análisis de la biomasa y productividad de las especies dominantes
- Presencia de ecosistemas frágiles o de alta vulnerabilidad. Áreas protegidas, límites y categorías de manejo.

Fauna

- Inventario y distribución de la fauna terrestre, acuática y marina
- Localización de los sitios tróficos de importancia para las especies
- Estado y grado de conservación de las especies
- Localización de especies raras, endémicas o en peligro de extinción, de valor comercial, deportivo y ornamental
- Asociación de los hábitats de la fauna con determinados ecosistemas
- Migraciones o movimientos de las especies de importancia. Potencial del recurso (pesquerías, domésticos o silvestres), problemas de cacería furtiva.

Relaciones ecológicas

- Áreas de sensibilidad ambiental, altas limitaciones que estas ofrecen al proyecto
- Determinación de la estabilidad de los ecosistemas
- Identificación de las cadenas tróficas. Ecología de vectores
- Ciclos bioquímicos
- Determinación de procesos de interdependencia tales como clima-vegetación-suelo, clima-relieve-vegetación.

En el medio socioeconómico se estudia:

Población

- Demografía: características de la población según el último censo y tendencias de la evolución de la región en el futuro previsible donde se tiene en cuenta un rango de edades, sexo, composición clasista, nivel de ingreso

- Población económicamente activa, nivel de empleo, porcentaje de ocupación según la actividad económica y tendencia, lugar de residencia
- Asentamientos poblacionales, estado de la vivienda
- Porcentaje de la población servida con saneamiento básico (manejo de desechos sólidos y líquidos, desinfectación del agua, trabajo con vectores)
- Disponibilidad de viviendas y su estado
- Distribución de núcleos familiares por vivienda
- Hacinamiento habitacional y barrios marginales.

Salud

- Niveles y tipos de enfermedades en base a las tasas de morbilidad y mortalidad
- Distribución geográfica
- Servicios de salud
- Porcentaje de la población con servicio de salud
- Accidentes de trabajo
- Niveles actuales de lesiones y muertes asociadas con accidentes de transporte
- Infestación por vectores.

Economía

- Caracterización de la economía y la estructura económica estableciendo diferencias según el tipo de propiedad. Actividades y encadenamientos. Volumen de producción
- Uso y tendencia de la tierra en las áreas ocupadas por el proyecto. Ubicación de centros poblados, áreas de recreación, áreas de valor histórico y arqueológico
- Infraestructura: disponibilidad de servicios comunales, educación, salud, energía y sus fuentes, turismo y recreación, cultura, agua potable, disposición de residuales líquidos y sólidos. Vialidad y transporte.

Cultura

- Patrimonio natural y cultural. Arquitectura actual. Monumentos y áreas protegidas
- Áreas de valor histórico y arqueológico.

Técnicas: Trabajo de campo, Métodos descriptivos (proyectos de explotación minera)

Una vez determinada las características del ecosistema objeto de estudio, se procede a la identificación de los bienes y servicios ecosistémicos, que permitirá calcular el valor económico total de los mismos.

Paso 5. Identificación de los bienes y servicios ecosistémicos del área objeto de estudio y su valoración económica

Descripción: Después de caracterizada la línea base del ecosistema objeto de estudio, que permite la identificación de los bienes y servicios del ecosistema, se está en condiciones de realizar la valoración económica del mismo. Para proponer la incorporación del capital natural perteneciente al yacimiento en estudio a la contabilidad de la empresa, se deben determinar los bienes y servicios ambientales que brinda el ecosistema (el ex•ante de su explotación); cuáles son los valores de uso directos o los valores de no uso indirectos que facilitarán la aplicación de la guía metodológica para la valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos (BSE) y daños ambientales, confeccionada por los autores Dra. Gloria de las M. Gómez País, de la Dirección de Medio Ambiente, CITMA; Dr. Carlos Gómez Gutiérrez, del MES y Ms. C. Raúl Rangel Cura, del Instituto de Geografía Tropical, CITMA, en el año 2015.

Después de establecer los bienes y servicios ambientales se procede a la aplicación del método de valoración económico-ambiental donde se utiliza la fórmula de Valor Económico Total que permita conocer cuantitativamente el valor de los bienes y servicios ecosistémicos.

La valoración económica total (VET) se realiza en correspondencia con las funciones que desempeña el ecosistema y que son declarados los tipos de usos por los distintos usuarios de este ecosistema, para estimar su valor de uso y de no uso. La ventaja de esta clasificación radica en que evita cualquier problema de doble contabilidad porque solo valoriza los beneficios finales.

Por tanto, el VET no es más que la suma de los estimados económicos de los valores de uso (valor de uso directo, valor de uso indirecto) y los valores de no uso (valor de opción y valor de existencia), o sea:

Valor Económico Total = Valor de Uso directo (VUD)+ Valor de uso indirecto (VUI) + Valor opción + Valor de existencia (Gómez Pais, G. d. I. M., Gómez Gutiérrez, C. y Rangel Cura, R, 2015)

Valor de uso directo: incluye los bienes y servicios de los ecosistemas, de los cuales el hombre puede beneficiarse de manera directa. Pueden formar parte de esta función productos asociados a actividades comerciales y no comerciales. En el primer caso se incluyen todos aquellos productos y servicios provenientes del ecosistema que son comercializados, tales como la extracción de madera, productos de la pesca, recreación y turismo, entre otros.

En general el valor de dichos productos y servicios son de fácil determinación, ya que existe un mercado definido para los mismos, aunque los precios no siempre sean los adecuados. En el segundo caso se incluyen todos aquellos productos destinados a la subsistencia de la población local y que no pasan por el mercado: alimento, agua, energía, materiales para vivienda, otros. En este caso el valor económico de los mismos resulta más difícil de medir, razón por la cual, y con mucha frecuencia, estos productos no mercantiles no son incluidos ni tenidos en cuenta en las decisiones de desarrollo.

Valor de uso indirecto: está representado por servicios ambientales que brinda el ecosistema. Desde el punto de vista económico la tarea consiste en la determinación de un estimado económico de dichos servicios, partiendo de la base de que los mismos no poseen precio en el mercado y no son comercializables. Existen dos alternativas posibles para ello. La primera se basa en el hecho de que generalmente protegen o soportan actividades económicas que sí tienen valores medibles directamente, por lo que resulta posible inferir el valor de los mismos. La segunda vía está condicionada por el hecho de que en el mercado podrían existir sustitutos perfectos con lo que podría inferirse el valor de ellos.

Valor de opción: representa potencialmente el posible uso futuro del ecosistema, ya sea de forma directa o indirecta. En tal caso se aplicaría cualquiera de las variantes anteriormente mencionadas a un posible valor de uso directo o indirecto, según corresponda.

Valores de no uso: están relacionados con el valor que encierra el ecosistema para el conocimiento futuro. Desde el punto de vista puramente económico esta función suele definirse como la disposición a pagar por la sociedad con el objetivo de preservar el recurso natural por el solo hecho de que este exista dado el valor intrínseco que encierra. La biodiversidad es un ejemplo fehaciente de esta función, ya que refleja el valor de existencia, como hábitat crítico de especies incluso en peligro de extinción, así como el valor que encierra, desde el punto de vista de la información genética que contiene.

Este paso será desarrollado por el grupo de trabajo multidisciplinario y especialistas de medio ambiente con la ayuda de profesionales en las Ciencias Económicas de las Universidades.

Técnicas: Búsqueda de información en diversas fuentes, entrevistas no estandarizadas

Al culminar la etapa II del procedimiento los directivos de la empresa y el grupo trabajo multidisciplinario habrán podido caracterizar los bienes y servicios del ecosistema, con prioridad en las especies endémicas de la región y las que se encuentran en peligro de extinción, lo que potencia el valor natural del ecosistema objeto de estudio y hace necesario que la rehabilitación minera sea dirigida a garantizar su preservación, así como la existencia de servicios ecosistémicos que no sólo benefician al hombre sino que constituyen fuente fundamental de supervivencia de los bienes y servicios naturales existentes. Esta información les permitirá a los empresarios un inventario del ecosistema para su posterior recuperación.

1.2.3 Etapa III: Identificación de los impactos socioambientales del ecosistema afectado

Objetivo: Identificar los impactos ambientales que son producidos por la explotación minera y cuantificar la repercusión económica en el ecosistema.

Paso 6. Estudio de impacto ambiental del yacimiento

Descripción: Para dar cumplimiento a este paso por el grupo de trabajo multidisciplinario se debe proceder a la identificación de los impactos ambientales provocados por la minería a cielo abierto mediante la aplicación del método Delphi. Es considerado uno de los métodos subjetivos de pronósticos más confiables que permite contar con la evolución estadística de opiniones de expertos o usuarios en el tema tratado.

La esencia del método Delphi está en la organización de una comunicación anónima entre expertos consultados individualmente, con el objetivo de obtener un consenso general. La confrontación de las opiniones se realiza mediante una sucesión de encuestas donde la información es sometida a un procesamiento estadístico.

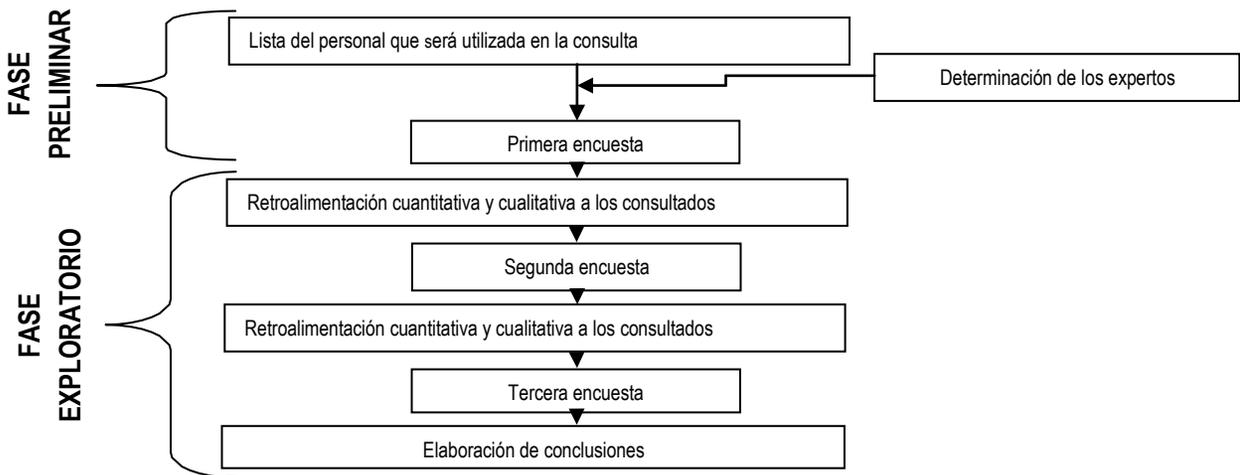


Figura 1.2 Secuencia lógica del método Delphi Fuente: Procedimiento para la valoración económica y ambiental en la actividad minera de níquel. (Tesis Doctoral) de Clara Luz Reynaldo Argüelles (2013).

Fase preliminar: se determinan los expertos y se establecen los elementos básicos que serán sometidos a consulta. Posteriormente se aplica la primera ronda de la encuesta.

Fase exploratoria: se retroalimentan los expertos consultados

La aplicación del método debe considerar algunos aspectos metodológicos como la elaboración de las encuestas y la selección de expertos. La elaboración de las encuestas debe cumplir con los principios de la teoría de la comunicación. La encuesta debe mostrar preguntas abiertas que permitan evidenciar la capacidad de valoración del tema al experto consultado. Esto constituye un elemento importante para derivar posteriores conclusiones sobre lo indagado y eliminar, incluir o cambiar la denominación de algún aspecto analizado.

El tamaño de una muestra representativa que reúna las características de la población de expertos para aplicar las encuestas, responde a la fórmula estadística:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{d^2 * (N-1)}{(Z\alpha/2)^2 p * q}}$$

Donde:

$Z\alpha/2$ = Valor de la tabla de la distribución normal con $1-\alpha$ de confianza

p y q = Probabilidades $p=0,50$ y $q=0,50$ $p+q=1$

d = error máximo permisible

N = tamaño de la población o universo

El investigador es quien elige el margen de error con el que desea trabajar.

Selección de los expertos: se entiende por experto al individuo con conocimientos y competencias probadas para ofrecer valoraciones conclusivas de un problema y hacer recomendaciones útiles en su solución.

La competencia de los expertos se determina a través de una encuesta. A los resultados de las preguntas 1, 2 y 3 de la encuesta se les aplica la fórmula:

$$K_{cm} = \frac{1}{2} (k_c + k_a)$$

Donde,

K_{cm}: coeficiente de competencia

k_c: coeficiente de conocimiento. Es la información que tiene el experto acerca del problema. Se calcula multiplicando por 0,1 el conocimiento que el propio experto manifiesta (en una escala de 0 a 10).

k_a: coeficiente de argumentación. Está relacionado con las fuentes que le permiten argumentar sus criterios. El grado de influencia alto (A) tendrá valores entre 0,8 y 1; el grado de influencia medio (M) oscilará entre 0,5 y 0,8; el grado de influencia bajo (B) será evaluado de 0 a 0,5. Los valores serán promediados por grado de influencia y el valor mayor será utilizado en la fórmula para determinar el coeficiente de competencia.

Los expertos seleccionados serán aquellos que obtengan como coeficiente de competencia un valor igual o superior a 0,8: (K_{cm} > 0,8) (Legrá Lobaina y Silva Diéguez, 2011)

Después de haber seleccionado los expertos se procede a realizar entrevistas y encuestas para determinar el total de los impactos ambientales que son producidos por la explotación minera.

Para efectuar la evaluación de los impactos ambientales es imprescindible conocer el proceso minero y así precisar las acciones que afecta al medio ambiente. Dichas acciones provocan impactos ambientales y estos incidirán en las variables que influyen de forma directa en el yacimiento que se explota como el medio físico (geológico, geomorfológico, hidrológico superficial y subterránea, suelo, clima, aire y ruido), en

la biota (flora, fauna, relaciones ecológicas y paisaje) y socioeconómica (población, salud, economía y cultura), lo que permitirá, sobre la base de la información recopilada y la aplicación de método estadístico Delphi, una evaluación de los impactos ambientales.

Técnicas: encuestas, entrevistas, método Delphi, trabajo en grupo

Este paso les facilita a los directivos conocer el nivel de afectación producido por el proceso de exploración y explotación minera así como la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos, lo que permite identificar puntualmente los bienes y servicios afectados, y su posterior valoración económica.

Paso 7. Identificación de los bienes y servicios ecosistémicos afectados y su valoración económica

Descripción: Para una adecuada identificación de los bienes y servicios ecosistémicos se debe trabajar con los expertos seleccionados y el grupo multidisciplinario, los que precisarán los bienes y servicios del ecosistema afectado por la exploración y explotación del yacimiento. Se contará con la caracterización del área en cuanto al medio físico, la biota y el medio socioeconómico ya realizada en la etapa II en el paso cinco, así como los impactos determinados en la etapa III en el paso seis, que proporciona cuáles son los bienes y servicios ecosistémicos afectados y el nivel de afectación.

Las acciones provocadas por el hombre o por la naturaleza conllevan afectaciones al ecosistema, las cuales inciden en los recursos que en él se encuentran, de ahí que sea necesario identificar los bienes y servicios afectados por los impactos sobre los componentes del medio natural: biótico y socioeconómico en el ecosistema. Para el mismo se tendrá en cuenta la identificación de los bienes y servicios ecosistémicos (ex-ante), así como su valoración económica que permita calcular la afectación producida por la explotación minera.

Para calcular la afectación económica producida durante la explotación del ecosistema, donde se localiza el yacimiento, se utiliza la fórmula de valoración económica total explicada en la etapa II en su segundo paso, donde se tendrán en cuenta los valores de uso: directo e indirecto, y los valores de no uso: opción y existencia. Para ejecutar esta etapa el grupo multidisciplinario procederá nuevamente a la aplicación de la guía metodológica para la valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos (BSE) y daños ambientales.

Técnicas: Búsqueda de información en diversas fuentes, entrevistas no estandarizadas, trabajo de campo.

La siguiente etapa permite la proyección de la rehabilitación minera a partir de la identificación de los bienes y servicios ecosistémicos afectados y su valoración económica, fundamentados en los impactos ambientales producidos por la explotación minera, además del nivel de afectación física y química del ecosistema, de acuerdo a los niveles máximos permisibles de contaminación ambiental previstos en la normativa ambiental cubana.

1.2.4 Etapa IV: Proyección de la rehabilitación minera

Objetivo: Planificar y organizar el proceso de rehabilitación minera al tener en cuenta el uso futuro de los escenarios minados.

Paso 8. Determinación del posible uso futuro de los escenarios minados

Descripción: La rehabilitación minera se debe tener en cuenta a partir del inicio de la prospección geológica hasta el uso final de los yacimientos una vez terminada la explotación del mismo. Además de precisar las limitaciones y potencialidades que produzcan en el entorno social, paisajístico y ecológico del territorio, así como las condiciones técnicas y económicas que se derivan de la explotación minera.

El uso potencial de cada área se define como la capacidad natural que poseen las tierras para producir o mantener una cobertura vegetal. Esta capacidad natural se puede ver limitada por factores condicionantes como; la presencia de procesos erosivos severos, por la profundidad efectiva, el grado de pendiente, las características químicas y físicas de cada suelo y los niveles freáticos fluctuantes. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, 1985)

En las prácticas nacionales e internacionales a las diferentes áreas degradadas por la explotación minera se les puede dar diversos usos futuros: agrícola, forestal, hábitat natural, actividades recreativas, urbanismo, industrial o vertederos de residuos. Los de mayor empleo son forestal, agrícola y recreativo, este último busca establecer las relaciones con la vegetación para lograr un hábitat natural. La Asociación Nacional de Empresarios de Fabricantes de Áridos (ANEFA) (2006) emite el Manual de restauración de minas a cielo abierto en Rioja, España, donde expone los siguientes tipos de uso, con las características que debe tener cada uno y los aspectos necesarios para tener en cuenta (figura 1.3):

| TIPO DE USO | CARACTERÍSTICAS | ASPECTOS NECESARIOS |
|--|---|--|
| AGRÍCOLA  | <ul style="list-style-type: none"> - Plantación de frutales (almendros, olivos...) - Cereales - Vides - Pastizales - Forrajes | <ul style="list-style-type: none"> - Pendientes suaves - Sistema de drenaje - Suelo fértil bien reconstituido - Tipo de cultivo adaptado a la disponibilidad de agua y a las características del suelo |
| FORESTAL  | <ul style="list-style-type: none"> - Plantación de árboles para la explotación de madera, incremento de la biodiversidad, lucha contra la erosión, etc. | <ul style="list-style-type: none"> - Pendientes moderadas - Suelo fértil bien reconstituido - Sistema de drenaje - Selección de especies |
| HÁBITAT NATURAL  | <ul style="list-style-type: none"> - Recuperación del entorno natural o creación de nuevo hábitat - Reserva (flora y fauna) | <ul style="list-style-type: none"> - Suelo fértil bien reconstituido - Selección de especies - Modelado de orillas y hueco |
| ACTIVIDADES RECREATIVAS  | <ul style="list-style-type: none"> - Senderismo - Contacto con la naturaleza - Observatorio de especies o área de interés geológico - Escalada - Casa - Pesca - Deportes náuticos - Campos para la práctica deportiva (atletismo, tenis, fútbol, golf, motocross, ciclocross, etc.) - Aeródromos - Parque zoológico - Jardín botánico - Museo de la explotación | <ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad de las taludes - Buenas propiedades geotécnicas del suelo restaurado - Accesos - Proximidad a núcleos urbanos - Medidas de seguridad para los usuarios - Buen acondicionamiento del hueco (deportes náuticos) |
| URBANISMO  | <ul style="list-style-type: none"> - Urbanizaciones - Parques y zonas verdes - Auditorios - Iglesias - Bodegas | <ul style="list-style-type: none"> - Pendientes suaves - Buenas propiedades geotécnicas del suelo restaurado (cimentaciones) - Accesos - Proximidad a núcleos urbanos - Medidas de seguridad para los usuarios |
| INDUSTRIAL  | <ul style="list-style-type: none"> - Suelo para establecimiento de polígonos industriales - Aparcamientos - Depósito de agua para consumo humano o riego - Piscifactoría | <ul style="list-style-type: none"> - Infraestructuras (líneas eléctricas, alcantarillado, agua potable, carreteras de acceso, etc.) - Buen acondicionamiento y sellado del hueco (vertederos, depósitos, piscifactoría) |
| VERTEDERO DE RESIDUOS  | <ul style="list-style-type: none"> - Vertedero de residuos | |

Figura 1.3 Determinación del posible uso futuro de los escenarios minados Fuente: ANEFA (2006)

Según Montes de Oca Risco (2017) para determinar el uso final de las áreas degradadas por la explotación minera se deben tener en cuenta las exigencias y factores condicionantes.

Agrícola

El uso agrícola es probablemente uno de los más utilizados en la recuperación de los terrenos afectados por las actividades mineras. Esto parece estar justificado, fundamentalmente, por motivos económicos, en aquellas zonas donde el uso original era el agrícola. En cualquier caso, el establecimiento de la vegetación es más barato y la rentabilidad económica es mayor e inmediata, pues compensa los gastos ocasionados en la recuperación.

Las excavaciones finales con una topografía suave, una gran extensión y que estén próximas a zonas cultivadas pueden destinarse a usos agrícolas cuando las operaciones mineras tienen una duración limitada y se ha tomado la precaución de conservar la tierra vegetal y el material de cobertura.

Esas tierras almacenadas son ricas en arcillas y en materia orgánica y, por tanto, aptas para constituir un medio óptimo para el aprovechamiento agrícola, una vez colocadas o extendidas sobre las plataformas creadas en las explotaciones. Debe garantizarse el drenaje de la zona recuperada y verificar que el nivel freático se encuentre a más de 50 cm por debajo de la superficie, donde las máquinas agrícolas trabajen adecuadamente. En caso contrario, será preciso efectuar un relleno con materiales rocosos, escombros inertes, arena, cenizas volantes y residuos de lavadero tras un análisis previo de sus propiedades edáficas para no contaminar el agua, y extender sobre ellos la capa de suelo recuperado.

Limitaciones:

- Químicas: acidez/alcalinidad; nutrientes y toxicidad
- Físicas: pedregosidad > 15%. Imposible el uso agrícola; pendiente < 15° pastizal; pendiente < 5° cultivos arables; disponibilidad de agua; riesgo de erosión; excavaciones grandes y poco profundas.

Forestal

Este tipo de uso resulta más económico que el agrícola, ya que puede ser una buena alternativa en aquellas tierras de peor calidad. No obstante, su rentabilidad es más baja y los resultados se obtienen a más largo plazo.

La reforestación se efectúa en superficies de cierta extensión (>0,25 ha) y puede ser utilizada en suelos de fertilidad media, en taludes con pendientes de hasta el 70% (35°) y en sitios pedregosos. Los pH bajos, la falta de nutrientes, el exceso de metales tóxicos y la compactación del sustrato pueden limitar su crecimiento.

Para repoblar forestalmente un terreno son necesarios suelos con características físicas para retener el agua que necesitan las especies arbóreas en el desarrollo de sus raíces; químicas y biológicas para disponer de elementos nutrientes y condiciones óptimas.

Hábitat natural

La conservación se define como el manejo idóneo de un área y sus recursos naturales, con el fin de mantenerlos en el tiempo. Generalmente se aplica a aquellas áreas naturales que, por presentar características singulares en cuanto a geomorfología, suelos, riqueza biológica, nacimientos de agua, potencial turístico e investigativo, entre otros, deben conservarse. El parque natural es el método más común para el manejo de áreas de conservación, pueden ser complementados con otras categorías de manejo; una vez tomadas en conjunto, pueden suministrar a los planificadores un amplio marco de opciones legales y de gestión para la conservación y manejo de los recursos del territorio.

Por último, se puede contemplar este uso con una finalidad paisajística, y un componente visual muy importante que requiere un largo período de tiempo para su establecimiento. Puede llegar a convertirse en un valioso recurso y permitir la combinación con otros usos, en especial el turístico.

Actividad recreativa

En áreas urbanas y residenciales, los terrenos abandonados próximos a ellas pueden ser adecuados para desarrollar diferentes actividades recreativas, especialmente para los jóvenes, siempre que se trate de terrenos secos. Es posible usarlos como parques de aventuras, circuitos para ciclismo, campos de fútbol, de tenis, instalaciones de tiro con pistola. Si se dispone de agua suficiente, podrán construirse estanques o lagos para practicar deportes como piragüismo, remo, natación.

En todos esos aprovechamientos las áreas deben acondicionarse con la remodelación del terreno, se establecen los taludes y se retira todo vestigio minero que pudiera dar lugar a accidentes. Muchas de estas actividades exigen el desarrollo de ciertas estructuras especiales para su funcionamiento, se tienen en cuenta las ventajas que conllevan a la planificación del uso que se establecerá, a priori de la actividad minera.

Las zonas de explotación ubicadas en áreas rurales tienen un potencial similar para un uso recreativo menos intensivo, especialmente si se encuentran situadas próximas a zonas naturales muy visitadas como un parque natural. Las especies seleccionadas deben ser de baja profundidad, normalmente de crecimiento lento y resistentes a las pisadas de las personas. Algunos de los criterios para cumplir en estas áreas son: estabilidad de los taludes, retiro de elementos que puedan dar lugar a accidentes, el uso

recreativo requiere grandes superficies, que pueden sobrepasar las 10 ha en muchos casos y la localización cerca de núcleos urbanos y rurales

Uso urbanístico e industrial

Las excavaciones realizadas en áreas urbanas o muy próximas a estas, pueden aprovecharse para construir zonas residenciales o comerciales. Las formas del terreno son, en muchos casos, ideales y se han llevado a cabo explanaciones que facilitan la construcción de edificaciones y la integración en el medio urbano.

Los factores condicionantes se derivan de la estabilidad de los taludes, del drenaje y de las propiedades geotécnicas de los terrenos para las cimentaciones. El área húmeda, el terreno blando o mal drenado, pueden imposibilitar su uso. Estas situaciones requieren un tratamiento adecuado del terreno para poder efectuar su uso como: estabilidad de los taludes y control de la erosión, estudio de propiedades geotécnicas de los terrenos para las cimentaciones y la localización cerca de núcleos urbanos y rurales.

Vertedero de residuos

Como en muchas ocasiones, los yacimientos se encuentran próximos a áreas urbanas e industriales, un uso muy frecuente de los huecos finales de la excavación es el de depósito de basuras, escombros y residuos industriales sólidos. El relleno habitualmente se realiza en áreas de pequeñas dimensiones de 0,3 a 1 ha, para reducir la superficie descubierta y poder proceder a la recuperación simultánea de otras zonas.

Este uso de los huecos de las minas abandonadas es el menos noble, porque pueden llegar a convertirse en puntos altamente desagradables y molestos si los vertidos se realizan de manera incontrolada, con emisión continua de humos, olores e incluso de agua contaminada. No obstante, es el uso más codiciado por algunas autoridades.

El vertido de esos residuos debe llevarse a cabo de forma completamente controlada, especialmente si no tienen las características de los residuos inertes. Se debe realizar un estudio inicial de las propiedades hidrogeológicas de las formaciones rocosas sobre las cuales se va a construir, las condiciones climatológicas, geográficas y las limitaciones socioeconómicas. También se deben considerar los residuos industriales que cuando están constituidos, en parte, por líquidos contaminantes, un requisito previo antes de su vertido es la realización de un estudio hidrogeológico y la ejecución de obras impermeabilizantes del hueco receptor.

Especial cuidado debe tenerse en aquellas situaciones donde se requiera el drenaje de las aguas de lluvia que hayan percolado sobre los depósitos y la colocación de dispositivos para la evacuación de los gases producidos durante los procesos de fermentación anaerobia.

Otra experiencia en la utilización de las áreas minadas, aunque de menos uso, es como:

Depósito de agua y abastecimiento

Las excavaciones profundas en las extracciones de los yacimientos, pueden utilizarse como depósitos de almacenamiento de agua con diversos fines. El agua, ya sea subterránea o superficial, presenta la posibilidad de utilizarse en diversas actividades orientadas al aprovechamiento del recurso: consumo humano y doméstico, agropecuarias, preservación de la flora y fauna, recreación y generación de energía eléctrica. (Montes de Oca Risco y Ulloa Carcassés, 2013)

Así, para la determinación del posible uso futuro mencionado anteriormente de los escenarios minados, se propone de forma prioritaria el nivel de influencia del uso, en función de los bienes y servicios ecosistémicos que prestaba anteriormente.

En la aplicación de este paso participan los miembros del grupo de trabajo multidisciplinario, expertos seleccionados y la participación ciudadana.

Técnicas: Método Delphi, encuesta, entrevistas no estandarizadas, trabajo en grupo

Una vez determinado el uso futuro del escenario minado se procede a la elaboración de los objetivos a corto, mediano y largo plazo que posibilitará el cumplimiento del proceso de rehabilitación minera.

Paso 9. Definición de los objetivos del proceso de rehabilitación minera

Descripción: En el proceso de rehabilitación deben estar bien definidos los objetivos, siempre listándolos por el orden de prioridad e importancia, para obtener una rehabilitación integral del terreno. Se deberá tener un objetivo general del proceso y los objetivos a corto, mediano y largo plazo. Este paso lo ejecutará el grupo de trabajo multidisciplinario constituido en la primera etapa del procedimiento.

Técnicas: Tormenta de ideas, consulta a expertos, trabajo en grupo

En función de los objetivos para desarrollar la rehabilitación minera se elabora el presupuesto económico que permitirá enfrentar las acciones diseñadas en el proceso de rehabilitación integral del ecosistema.

Paso 10. Elaboración del presupuesto económico para la rehabilitación minera

Descripción: Para la elaboración del presupuesto se deben utilizar todas las técnicas económicas y contables existentes en el territorio nacional; se tiene en cuenta el presupuesto de años anteriores en materia de rehabilitación minera que permita conocer los historiales en las acciones desarrolladas y los gastos en que se incurren, el mercado en la adquisición de las semillas para la siembra de la especies seleccionadas y otras tareas como la conformación y protección de los taludes, el mantenimiento a las plantaciones y la corrección de cárcavas, así como la incorporación de la recuperación en tiempo de las capas vegetales desbrozadas, para lograr mayor fertilidad en la recuperación de los suelos, entre otros.

Técnicas: económicas y contables

Esta etapa ayudará al grupo de trabajo multidisciplinario establecer las líneas de trabajo al tener en cuenta el nivel de afectación producido por el proceso minero según la determinación del uso futuro proyectado, los objetivos planteados y el presupuesto aprobado para la ejecución de la rehabilitación minera.

1.2.5 Etapa V: Ejecución del plan de la rehabilitación del área minada

Objetivos: Ejecutar el proceso de rehabilitación minera según las acciones propuestas al tener en cuenta la consecución de las dimensiones económicas, sociales y ambientales que permita lograr un estadio superior en el proceso de rehabilitación minera y su sostenibilidad.

Paso 11. Determinación de las acciones para la rehabilitación minera

Descripción: La forma de rehabilitación de las áreas degradadas por la explotación minera debe realizarse en los sectores donde se producen las degradaciones. Las zonas implicadas en el proceso de rehabilitación ambiental son las que se encuentran en explotación o ya han concluido la extracción, donde se han realizado excavaciones, explotaciones en bancos o taludes, áreas de depósitos de estériles y residuos, escombreras y en las vías de acceso y circulación al yacimiento que se explotará.

En el análisis de los diferentes elementos que integran el proceso de rehabilitación se definen cuatro momentos a tener en cuenta, una vez concluida la explotación minera.

1. Preparación técnica del terreno: ayuda a la conformación de terrazas de plataformas constantes que permiten mitigar los procesos erosivos de las áreas afectadas por la minería, garantizan el

aumento de la infiltración del agua en el suelo, la reducción de la escorrentía superficial, la disminución de la velocidad de las lluvias y la retención de los sedimentos transportados por el flujo hídrico.

2. La remediación del terreno: facilita diferentes técnicas de tratamiento para neutralizar, eliminar o transformar los elementos o sustancias contaminantes presentes en el medio ambiente producto de la explotación y así conseguir la estabilidad química.
3. La rehabilitación biológica y social del terreno permite la selección y clasificación de las especies que utilizarán en las áreas degradadas, facilita la recuperación biológica del suelo con inserción de plantas artificiales e intercalamiento, la reducción y control de la erosión, la estabilización de terrenos inestables, la protección de los recursos hídricos y la integración paisajística de los ecosistemas. Al lograr las acciones previstas anteriormente permite mejorar la calidad de vida de la población colindante a los yacimientos explotados o en explotación.
4. La recuperación económica permitirá obtener beneficios en materia de la recuperación de los bienes y servicios ecosistémicos, así como su valor económico y reducir los gastos en materia de rehabilitación minera.

Técnicas: Revisión documental, tormenta de ideas, trabajo de campo, entrevistas no estandarizadas.

Para el siguiente paso se deberá tener en cuenta la línea base del ecosistema identificado en la etapa II lo que permitirá recuperar el área lo más rápido posible, mediante las acciones propuesta según el uso futuro determinado. Este paso se ejecutará a través del grupo de trabajo multidisciplinario, la empresa de Rehabilitación Minera (REMIN) y el especialista a cargo de la actividad de medio ambiente.

Paso 12. Elaboración de los indicadores económicos, sociales y ambientales

Descripción: Para evaluar el proceso de rehabilitación minera deben diseñarse indicadores económicos, sociales y ambientales como parte del sistema de información en la gestión socioambiental y económico, lo que proporciona las herramientas para mejorar las decisiones empresariales y gubernamentales y permite el seguimiento y control de la actuación de las instancias correspondientes en la preservación del medio ambiente.

Los indicadores proporcionan información a terceros, relacionadas con la rehabilitación minera en toda la extensión del término, por lo que en su definición se requiere del cumplimiento de los requisitos cualitativos: relevancia, fiabilidad, medibilidad, verificabilidad, confiabilidad y seguridad.

Según Reynaldo Argüelles (2013) el diseño de indicadores para el proceso de rehabilitación minera responde metodológicamente a una serie de criterios que normalizan su definición, determinan la eficacia de su empleo y la utilidad de la información proporcionada, expuestos a continuación:

Nombre del indicador: se debe utilizar un nombre claro, conciso y asequible al usuario (cliente interno o externo) que defina exactamente lo que muestra el indicador.

Descripción corta del indicador: se debe realizar una descripción corta de lo que muestra el indicador, sobre todo cuando este recibe un nombre más bien científico o técnico.

Relevancia o pertinencia del indicador: se debe especificar la importancia del indicador propuesto en la valoración sobre el medio ambiente. Se necesita relacionar el contenido económico del indicador con los factores ambientales y sociales.

Gráfico o representación, con frase de tendencia: se debe elaborar una representación gráfica del indicador. A menudo se descubren errores y potencias no previstas desde el análisis de los gráficos.

Tendencia y desafíos: debajo del gráfico se puede elaborar un breve párrafo donde se transmita al usuario la tendencia y los desafíos que muestra el comportamiento del indicador.

Alcance (qué mide el indicador): se deben especificar las dinámicas que muestra el indicador.

Limitaciones (qué no mide el indicador): se deben aclarar las dimensiones y dinámicas que no pueden ser capturadas o vistas a partir del indicador.

Fórmula de cálculo del indicador: debe especificar las operaciones y procesamientos de las variables que son necesarias para obtener el valor del indicador y la unidad de medida.

Definición de las variables: cada variable que compone el indicador debe ser definida con detalle, de manera que no quede lugar para posibles interpretaciones erradas.

En esta etapa del procedimiento se diseñan indicadores económicos, sociales y ambientales los cuales aportarán información para especialistas, técnicos y directivos que tienen bajo su responsabilidad el proceso de rehabilitación minera.

Técnicas: Revisión documental, tormenta de ideas, trabajo en grupo, entrevistas no estandarizadas, método de especialista

Estos resultados se pueden exponer en tablas, gráficos o mediante métodos estadísticos que permiten mejor visualización.

Tabla 1.1 Indicadores económicos, sociales y ambientales para la rehabilitación minera

| Dimensiones | Fórmula | Indicadores o Variables | U/M | Interpretación | Periodo |
|-------------|------------------------------|--|----------|--|---------|
| Económico | $EERM = \frac{GRARM}{GAPRM}$ | EERM: Eficacia económica de la rehabilitación minera GRARM: Gasto real anual en la rehabilitación minera GAPRM: Gasto anual planificado para la rehabilitación minera | UM/ % | Porcentaje de gastos reales en la ejecución de la rehabilitación minera en relación con los gastos planificados para el propio concepto. | Anual |
| | $CPRM = \frac{HE}{HPR}$ | CPRM: Cumplimiento del Plan de rehabilitación minera HE: Hectáreas en ejecución HPR: Hectáreas planificadas a rehabilitar | U/% | Porcentaje de hectáreas en ejecución en relación con las planificadas | Mensual |
| | $CCARM = \frac{CARM}{CTRM}$ | CCARM: Comportamiento de los costos ambientales de la rehabilitación minera CARM: Costos ambientales reales de la rehabilitación minera CTRM: Costos totales de la rehabilitación minera | U/% | Porcentaje de costos ambientales en la rehabilitación minera con respecto a los costos totales | Anual |
| Económico | $CR = \frac{THR}{THE}$ | CR: Comportamiento de la rehabilitación THR: Total de hectáreas rehabilitadas THE: Total de hectáreas explotadas | U/% | Porcentaje de hectárea rehabilitada por cada hectárea explotada | Mensual |
| Ambiental | $EPARM = \frac{ARRM}{ARRM}$ | EPARM: Efectividad del plan de acciones por la rehabilitación minera ARRM: Acciones realizadas por la rehabilitación minera | | Acciones realizadas para la rehabilitación minera en relación con las planificadas | Mensual |

| | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|--|-----|---|---------|
| | APRM | APRM: Acciones planificadas en la rehabilitación minera | U | | |
| Económico Ambiental Social | ERFLA= $\frac{TFR}{TFA}$ | RFLA: Eficacia en la recuperación de la flora afectada TFR: Total de hectáreas de flora recuperadas TFA: Total de hectáreas de flora afectadas | ha | Total de hectáreas de flora recuperadas teniendo en cuenta las autóctonas y las que están en peligro de extinción con respecto al total de hectáreas de flora afectada | Anual |
| | ERFA= $\frac{TEFR}{TEFA}$ | ERFA: Eficacia en la recuperación de la fauna afectada TEFR: Total de especies de la fauna recuperadas TEFA: Total de especies de fauna afectadas | U | Total de especies de la fauna recuperada teniendo en cuenta las autóctonas y las que están en peligro de extinción en relación con total de especies de fauna afectada | Anual |
| Social | CST= $\frac{TTE}{TTS}$ | CST: Calidad de la salud del trabajador TTE: Total de trabajadores enfermos por inadecuadas condiciones de trabajo TTS: Total de trabajadores | U/% | Porcentaje de trabajadores enfermos debido a las condiciones inadecuadas de trabajo en relación con el total de trabajadores sanos vinculados al área objeto de estudio | Anual |
| | TEERA= $\frac{NCERA}{TCER}$ | TEERA: Tasa específica de enfermedades respiratorias agudas NCERA: Nuevos casos con enfermedades respiratorias agudas por inadecuadas condiciones de trabajo TCER: Total de casos con enfermedades respiratorias | U/% | Porcentaje de casos nuevos con enfermedades respiratorias agudas por inadecuadas condiciones de trabajo con respecto al total de casos por la propia enfermedad. | Anual |
| Social Ambiental | EQT= $\frac{TTTDC}{TTTDP}$ | EQT: Estabilidad química del terreno TTTDC: Total de trampas de sedimentación, trincheras y diques filtrantes conformadas TTTDP: Total de trampas de sedimentación, trincheras y diques filtrantes planificadas | U/% | Porcentaje de trampas de sedimentación y diques filtrantes conformada en relación con las planificadas | Mensual |
| | | CCT: Calidad de la conformación del terreno | | Porcentaje de hectáreas conformadas en relación con las | |

| | | | | | |
|-----------|-----------------------------|--|-----|--|------------|
| Ambiental | CCT= $\frac{THC-THPE}{THC}$ | THC: Total de hectáreas conformadas THPE: Total de hectáreas con proceso erosivo | U/% | erosionadas | Trimestral |
| | EFT= $\frac{TTC}{TTP}$ | EFT: Estabilidad física del terreno TTC: Total de taludes conformados TTP: Total de taludes planificados | U/% | Porcentaje de taludes conformados en relación con los planificados | Mensual |

Fuente: Elaboración propia

La evaluación sistemática de la rehabilitación minera se realizará mediante los indicadores diseñados, los cuales se ajustan a la norma NC ISO 14001/2015 que establece el Sistema de Gestión Ambiental Internacional, los que permitirán conocer los componentes ambientales, económicos y sociales del ecosistema y su comportamiento, con la finalidad de examinar las medidas de manejo ambiental y el cumplimiento de las acciones propuestas, lo que permite mejorar la toma de decisiones.

Paso 13. Estimación de los beneficios en la gestión socioambiental y económica

Descripción: Después de identificar los momentos del proceso de rehabilitación minera se procede a realizar el análisis económico que permita evaluar los gastos de esta actividad para su incorporación al presupuesto de la empresa (partida de repoblación forestal), y para ello se tiene en cuenta los beneficios obtenidos en las dimensiones económicas, sociales y ambientales con la implementación del procedimiento, al igual que la integración de las entidades gubernamentales con la protección o conservación del medio ambiente a través del proceso de rehabilitación minera.

Técnicas: Trabajo de campo, tormenta de ideas, técnicas económicas

El cumplimiento de la etapa ayudará al grupo de trabajo multidisciplinario elaborar un plan de mejora en función de lo que se tenía antes de la explotación, lo que se perdió por la explotación minera, el uso futuro, los objetivos aprobados y las acciones diseñadas para el proceso de rehabilitación minera.

1.2.6 Etapa VI: Seguimiento de las acciones del proceso de rehabilitación minera

Objetivo: Evaluar las acciones de rehabilitación minera mediante los indicadores diseñados y el trabajo en el campo que permita elaborar un plan de mejora en función de la línea base del ecosistema objeto de estudio.

Paso 14. Elaboración del plan de mejoras en correspondencia a los resultados

Descripción: En esta etapa corresponde al grupo de trabajo (especialistas encargados del medio ambiente de la mina y el consejo técnico de dirección de la mina) reunirse para proponer acciones encaminadas a revertir las deficiencias detectadas en las diferentes dimensiones, así como otras acciones que permita llegar lo más semejante a la línea base del ecosistema. Este grupo analiza diariamente los resultados en las acciones proyectadas para reevaluación o reformatión de acciones adoptadas, y de esta forma alcanzar una rehabilitación integral.

Técnicas: Tormenta de ideas, trabajo en grupo

1.2.7 Retroalimentación

Descripción: La retroalimentación es el proceso de mejora continua que permite el desarrollo de las etapas y pasos del procedimiento, en correspondencia con los cambios que se produzcan al ser implementado. En los cuales participan el grupo de trabajo multidisciplinario y el consejo técnico de la mina.

Técnicas: Tormenta de ideas, trabajo en grupo

APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN SOCIOAMBIENTAL Y ECONÓMICA EN LA REHABILITACIÓN MINERA EN LA EMPRESA COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA

2.1 Caracterización de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara

La empresa ECG se ubica en el macizo montañoso Moa-Baracoa, a cinco kilómetros de la ciudad de Moa, a 177 km de la ciudad de Holguín y a unos 950 km de la capital del país (Figura 2.1)

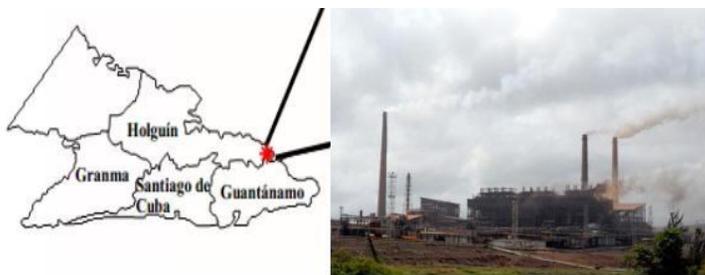


Figura 2.1 Ubicación geográfica de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara

Su actividad fundamental se basa en la Resolución 856/2013 del Ministerio de Economía y Planificación (MEP), es la producción y comercialización de níquel y cobalto, así como otros productos afines e inherentes al proceso minero.

La empresa fue diseñada con una capacidad productiva de 30 000 ton de níquel al año, meta que se ha visto afectada en ocasiones por las deficiencias en las tecnologías de extracción y la evolución de los precios de las materias primas en el mercado, fundamentalmente el petróleo.

En el período 2016-2018 la producción de níquel de la empresa osciló entre 19 500 ton y 18 500 ton. En igual período los precios de níquel disminuyeron drásticamente en el mercado internacional de 12 000,00 USD/ton a 11 000,00 USD/ton. (Principales indicadores económicos 2016-2018. Banco Mundial, 2018).

La actividad productiva de níquel inicia con la extracción y transportación de minerales en la Unidad Básica Minera; posteriormente tiene lugar el proceso de preparación del mineral, que es conducido por cinco plantas principales (hornos de reducción, lixiviación y lavado, sulfuro, recuperación de amoníaco, calcinación y sinter) y tres plantas auxiliares (termoeléctrica, servicios termoenergéticos y potabilizadora de agua) hasta totalizar los 10 procesos que intervienen en la obtención de los productos finales de níquel y cobalto.

En la UEB minera, los yacimientos se localizan próximos a la superficie y se extraen en minas a cielo abierto, con un costo menor al de su extracción en profundidades subterráneas, pero con un impacto mayor sobre el medio ambiente. Cuenta con cuatro yacimientos: Punta Gorda, Yagrumaje Norte, Yagrumaje Sur y Camarioca Este. El proceso de explotación se realiza a partir de la extracción de toda la altura de la capa vegetal mediante el desbroce con el uso de buldócer, el destape y la extracción del mineral con la utilización de dragalina y retroexcavadora.

Una vez concluido el proceso de extracción se procede a la rehabilitación minera mediante la conformación y preparación técnica del terreno, donde se tienen en cuenta parámetros técnicos: modelar la superficie del terreno, depositar los escombros en las zonas a rehabilitar y aprovechar los espacios minados como depósitos de agua. En el caso de la rehabilitación biológica se realiza la selección de las especies y se establece el marco de siembra y mejora edáfica del suelo.

2.2 Aplicación del procedimiento para la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara

Con el objetivo de realizar la caracterización integral de los yacimientos lateríticos previo a la explotación, en su transcurso y en la etapa de la rehabilitación, se propone la aplicación del procedimiento para la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera de la empresa ECG, el cual debe contribuir con la mejora de las decisiones empresariales en función de la gestión socioambiental y económica.

Para desarrollar la experimentación se selecciona el yacimiento Camarioca Este con solo tres años de explotación, considerado uno de los que más incide sobre el medio ambiente por su cercanía al parque Alejandro de Humboldt, Patrimonio de la Humanidad.

2.2.1 Etapa I: Preparación previa

Esta etapa está compuesta por tres pasos, con el fin de crear y preparar al grupo multidisciplinario, así como al consejo de dirección de la mina, los que estarán encargados de dar cumplimiento a la implementación del procedimiento en el yacimiento Camarioca Este de la empresa ECG.

Paso 1. Sensibilización al consejo de dirección de la mina

Se realizaron acciones de sensibilización con el consejo de dirección de la mina en la empresa ECG para implementar la gestión socioambiental y económica en el proceso de rehabilitación minera:

- Dos conferencias en conjunto con expertos para tratar ¿cuáles son los impactos producidos en los ecosistemas producto de la explotación minera?, ¿cuál es la necesidad de lograr una rehabilitación consecuente?, ¿qué es la gestión socioambiental y económica?, ¿Cuáles son las limitaciones existentes en los manuales, metodologías, procedimientos o proyectos que rigen el proceso de rehabilitación minera?, así como la necesidad de perfeccionar el procedimiento de la empresa en el proceso de la rehabilitación minera.
- Dos seminarios donde se expusieron los beneficios que se pueden alcanzar con la implementación de la gestión socioambiental y económica en el proceso de rehabilitación minera, el cual se ajusta a las normas ambientales vigentes en el país.
- Un taller integrador donde se mostraron las principales ventajas que se obtienen en las dimensiones económicas, sociales y ambientales con la utilización del procedimiento como una de las herramientas para perfeccionar la toma de decisiones empresarial.

Paso 2. Creación del grupo de trabajo multidisciplinario

El consejo de dirección de la empresa asignó el jefe técnico para supervisar el cumplimiento del procedimiento propuesto. Como resultado de la aplicación de las entrevistas para la selección de expertos, el grupo de trabajo multidisciplinario quedó conformado por diez miembros.

Paso 3. Preparación y capacitación al grupo de trabajo multidisciplinario, al consejo técnico de la mina sobre la aplicación del procedimiento de gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera así como el contenido en sus distintas etapas y pasos

Se capacitó al grupo de trabajo multidisciplinario y al consejo de dirección de la mina mediante sesiones de trabajo sobre las principales experiencias en el ámbito nacional e internacional en materia de rehabilitación minera, así como sus limitaciones con la participación de especialistas de la materia.

Posteriormente se realiza una actividad dinámica donde se presentó y analizó de forma exhaustiva el procedimiento elaborado con la incorporación de las dimensiones económica, social y ambiental y se profundizó en las etapas y pasos que lo conforman para favorecer la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera.

2.2.2 Etapa II: Caracterización de la línea base del ecosistema objeto de estudio (Yacimiento Camarioca Este)

La segunda etapa está compuesta por dos pasos: la caracterización de la línea base del yacimiento y la identificación de los bienes y servicios ecosistémicos que lo componen con el correspondiente cálculo del valor económico total.

Paso 4. Caracterización de la línea base del yacimiento

El yacimiento Camarioca Este tiene una extensión territorial de 262,15 hectáreas. Se localiza en el macizo Moa-Baracoa, en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa; abarca un área de 19,53 km², separados por áreas sin mineralizar o accidentes geográficos, tales como cañadas, arroyos y laderas pronunciadas. El yacimiento está dentro de los límites del macizo montañoso Moa-Baracoa y limitado por las coordenadas Lambert, X -704400, X- 706500 y Y-217400, Y-219800.

Desde el punto de vista ambiental requiere máxima atención, pues colinda con la zona de amortiguamiento del parque Alejandro de Humboldt, y otra parte cubre las cuencas de los ríos Cayo Guam y Punta Gorda. Sus límites naturales son: al norte por la línea convencional que lo separa del yacimiento Yagrumaje Sur y Yagrumaje Oeste; al este y sureste el río Cayo Guam; al oeste la línea convencional que lo separa del yacimiento Camarioca Norte y Moa Oriental.

Caracterización del yacimiento

El yacimiento Camarioca Este cuenta con diferentes minerales como: las menas lateríticas de balance (LB), menas serpentiniticas de balance (SB), serpentinita dura de balance (SD), menas lateríticas fuera de balance (LF), menas serpentiniticas de fuera de balance (SF), mena ferrosa fuera de balance (FF), roca estéril (RE); todas estas forman el área de estudio. Las utilizadas en el proceso del níquel y cobalto son las menas lateríticas de balance y las menas serpentiniticas de balance.

Clima

El clima en este yacimiento es subtropical, existen dos períodos de lluvias (mayo-junio y agosto-octubre). Las lluvias máximas en 24 h se corresponden con registros históricos, con valores medios de 450 mm, y para lluvias en una hora, en el orden de los 200 mm. La humedad relativa del aire es de un 79%, la temperatura promedio anual del aire es de 24 °C, con oscilaciones de 15 a 30 °C.

Relieve

El relieve geomorfológico de la región es de una zona de sedimentación premontañosa con una inclinación general hacia el norte de unos 6-7 grados, lo que constituye una superficie ondulante con dirección sureste-noroeste causada por la existencia de una sucesión de parte-aguas aplanadas y cañadas con pendientes que terminan en arroyos con aguas intermitentes y corrientes que siguen las direcciones noreste y noroeste, en el que coincide con los dos sistemas de fallas tectónicas principales que cortan el yacimiento.

Tectónica

La tectónica del desarrollo del macizo es muy compleja. En el proceso de orogénesis ocurrido a finales del cretácico tardío, las rocas del macizo se dividieron en grandes bloques, dando lugar a la formación de fallas limítrofes y grandes zonas de fracturación. Como ejemplos de las fallas, existen las que dieron lugar a los cauces de los ríos Yagrumaje, Los Lirios, Punta Gorda y Cayo Guam.

Hidrogeología

Conforme con los resultados obtenidos durante la investigación hidrogeológica efectuada en el yacimiento, la mayoría de los pozos perforados resultaron secos durante el avance de la perforación espiral hasta su culminación. No obstante, los pozos hidrogeológicos cortaron el agua en las proximidades del ocre estructural inicial y la roca del basamento, excepto el pozo 225614 que cortó el agua en los ocre inestructurales.

Con los resultados de los bombeos de pruebas se pudo apreciar que los niveles del agua en época de sequía descienden rápidamente y luego se mantienen estables, hasta tanto comienza la lluvia, donde ascienden rápidamente, y al terminar estas, en pocos días retornan al comportamiento de período de sequía prolongado.

Características geológicas

El yacimiento forma parte del grupo de yacimientos de la corteza de intemperismo ferroniquelífero, cobáltico del norte de la región oriental de Cuba, desarrollados a partir de rocas del corte ofiolítico, el complejo ultramáfico metamorfizado, compuesto por peridotitas normales, peridotitas piroxénicas, gabro-

peridotita, peridotitas plagioclásicas, gabroides olivínicos y gabroides normales; los cuales se localizan fundamentalmente en el flanco este del yacimiento.

Descripción del medio biológico

Se ha inventariado un total de 122 especies animales, de ellas 65 invertebrados pertenecientes a 21 familias y 57 vertebrados distribuidos en 32 familias. También se identificaron 38 especies endémicas, de las cuales 17 son de la región oriental y las restantes 21 son pancubanas. Las mariposas diurnas, dentro de los invertebrados, fue el grupo más representado, con 15 especies distribuidas en seis familias, *Calisto israelí* fue dominante por su abundancia en las áreas del yacimiento.

El grupo animal más representativo resultó la clase aves, con 28 especies distribuidas en 15 familias; la mejor representada fue la familia *Parulidae* con nueve especies, de ellas el 88.8% son migratorias neárticas, es decir, bajan del norte del continente a pasar el invierno en Cuba.

En cuanto a la flora en el yacimiento se reportaron 171 especies de plantas espermatofitas distribuidas en: 58 familias e incluidos en 107 géneros. Las familias con mayor número de especies son Rubiaceae (17), Asteraceae (11) y Apocynaceae (10). De esta lista el endemismo regional dentro del yacimiento fue representativo, ya que ascendió a 55,1%, lo que significa que el mayor porcentaje de las plantas determinadas son endémicas del Norte de Oriente.

Descripción del medio social

El asentamiento urbano Punta Gorda cuenta con una extensión de 18,5 km², con un total de 2 276 habitantes, de ellos 1 144 son del sexo femenino y 1 132 masculino. Desde el punto de vista demográfico el sexo femenino constituye el 50,3 % del total de la población y tiene una prevalencia de 0,6 % sobre el sexo masculino que representa el 49,7 %.

La infraestructura social y las condiciones de las viviendas presentan una notable diferencia. Existen 801 viviendas, de ellas 275 presentan buen estado técnico (construidas fundamentalmente con paredes y techo de mampostería), 238 regular (paredes de mampostería y cubierta de zinc u otro material) y 288 en mal estado (levantadas con cualquier material o materiales poco duraderos que representa el 36% del total y donde predominan los pisos de tierra).

Cuenta con establecimientos como: cafetería con servicio de almuerzos para personas de bajos ingresos, un correo, parque infantil, placita, hogar de ancianos, dos consultorios del médico de la familia y una casa que funciona como biblioteca, escuela primaria y bodega instalaciones estas que en su gran mayoría se encuentran con un alto grado de deterioro constructivo y estético.

Dentro de los servicios básicos está el servicio de recogida de desechos sólidos que no satisface a toda la población, lo que provoca la creación de vertederos, y por consiguiente la proliferación de vectores. No todas las viviendas se encuentran conectadas a la red de alcantarillado por lo que los residuales son evacuados en fosas que requieren de un servicio de limpieza que no siempre se realiza en los ciclos de tiempo demandados.

Hacia el asentamiento migran familias de zonas más intrincadas en busca de mejoras, esto ha creado la formación de barrios marginales como El Polvorín, sin ninguna infraestructura de servicio. Las viviendas son construidas con materiales de muy baja calidad; predominan los pisos de tierra y cubiertas de guano, además de letrinas para la evacuación de los residuales humanos en pésimas condiciones, provocando malos olores y la proliferación de vectores.

Según personal médico de la salud, que labora en los consultorios del médico de familia las enfermedades más representativas son: varicela, pediculosis, hipertensión arterial, asma bronquial, diabetes mellitus, respiratorias agudas, cardiopatía isquémica y neurofibromatosis; siendo el cáncer de pulmón la principal causa de muerte, esta enfermedad aumenta en este asentamiento y es consecuencia de enfermedades respiratorias agudas asociadas a la presencia de fuentes contaminantes en áreas aledañas al asentamiento.

Descripción del medio económico

Los asentamientos colindantes con los yacimientos pertenecientes a las empresas de níquel Comandante Ernesto Che Guevara y Pedro Sotto Alba generan fuentes de empleo, y el nivel de remuneración por la actividad minera es elevado, como la principal fuente de ingreso del municipio de Moa.

Las principales actividades socioeconómicas que se realizan en el municipio de Moa son la extracción de mineral por las dos empresas de níquel anteriormente citadas; la actividad forestal realizada por la empresa agroforestal; salud pública; educación; industria de la construcción; comercio, agricultura,

gastronomía y la actividad científica, por la Universidad de Moa y el Centro de Investigaciones del Níquel Capitán Alberto Fernández Montes de Oca (CEDINIQ).

Paso 5. Identificación de los bienes y servicios ecosistémicos del área objeto de estudio y su valoración económica

Para la identificación de los bienes y servicios ecosistémicos (ex-ante) se requiere del conocimiento e información del yacimiento antes del proceso de prospección. Para su ejecución se utiliza el método de valoración económica total, compuesto por los valores de uso directo, indirecto, de opción y de existencia, y su conformación responderá a las características de los ecosistemas que se analiza.

Tabla 2.1 Los bienes y servicios ecosistémicos del yacimiento Camarioca Este

| Valor de Uso Directo | |
|------------------------------------|--|
| Agua | Leña y Carbón |
| Minerales | Bejucos y troncos |
| Educación | Semillas forestales |
| Fauna | Investigaciones |
| Valor de Uso Indirecto | |
| Productos no maderables del bosque | Producción de oxígeno |
| Espacios para hábitat | Diseminación de especies vegetales (polinización) |
| Protección de suelos | Purificación de aguas residuales |
| Absorción y fijación de carbono | Mantenimiento de la capacidad productiva del suelo |
| Captación hídrica | Reducción de la contaminación atmosférica |
| Valor de opción | |
| Especies | Conservación de hábitat |
| Protección de la biodiversidad | |
| Valor de existencia | |
| Valor estético (paisaje, especies) | Valor científico y educativo |

Fuente: Elaboración propia

Se han identificado en esta primera etapa bienes y servicios ecosistémicos: madera, fauna, minerales, agua y remoción de carbono. Lo que permite conocer cual es el valor económico del ecosistema antes de ser explotado y si es factible o no su ejecución según el valor de uso directo e indirecto que se obtiene a partir de la información existente, donde se incorporaron los bienes y servicios que tienen respaldo con los precios predominantes en el mercado.

Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos

Madera

El estudio en el área ha permitido identificar como formaciones boscosas predominantes el semicaducifolio sobre suelo ácido con 262,15 ha con un total de 675,4 m³, en el cual predominan las principales especies como: *Calophyllum utile* (ocuje colorado), *Hyeronima nipensis* (sangre de doncella), *Cecropia peltata* (yagruma), *Diorymophanx morotonii* (yagruma macho), *Clusia rosea* (cupey), *Gutteria brainii* (purio fangar), *Gutteria moralesi* (purio prieto), *Metopium pigra* (guao), *Malpighia coccigera* (palo bronco), *Cyathea arborea* (helecho arborescente) y *Pinus cubensis* (pino).

La clase de calidad de madera predominante es B con 195,10 ha para un total de 375,4 m³ y su edad promedio es 25 años . El total de madera dura clase B existente en el yacimiento Camarioca Este es de 256,9 m³, valores determinados por el ordenamiento forestal correspondiente al año 2016 por la empresa Agroforestal de Moa. Los precios de la madera se establecen según la Resolución 372/2009 del Ministerio de Finanzas y Precios.

El listado oficial establece para maderas duras de clase B un valor medio de \$ 423,05 pesos por metro cúbico en CUP 211,17 y 211,88 CUC. El plan de manejo refiere la calidad B como predominante, por lo cual se asumen los valores establecidos para un total estimado de 256,9 m³ de madera dura de:

Calidad B 256,9 m³ x 211,17 CUP = 54 249,573 CUP

Calidad B 256,9 m³ x 211,88 CUC = 54 431,972 CUC

Para la madera blanda con clase B se obtiene un volumen de 90 m³, con un precio de \$ 279,66 pesos por metro cúbico en CUP 158,87 y 120,79 CUC

Calidad B 90 m³ x 158,87 CUP = 14 298,3 CUP

Calidad B 90 m³ x 120,79 CUC = 10 871, 1 CUC

Para coníferas con clase C se obtiene un volumen de 58,7 m³, con un precio de \$ 225,90 pesos por metro cúbico en CUP 123,52 y 102,38 CUC

Calidad B 58,7 m³ x 123,52 CUP = 7 250,624 CUP

Calidad B 58,7 m³ x 102,38 CUC = 6 009,706 CUC

En el yacimiento se produce con la restante madera un total de 269,8 m³ de leña con un precio establecido por las provincias de Camagüey y Granma de \$ 9.80 pesos por metro cúbico.

Leña 269,8 m³ x 9,80 CUP = 2644, 04 CUP

En resumen, el monto total de la madera existente en el yacimiento es:

54 249,573 CUP + 14 298,3 CUP + 7 250,624 CUP + 2 644,04 CUP =78 442,537 CUP

54 431,972 CUC + 10 871,1 CUC + 6 009,706 CUC = 7 1 312,778 CUC

Fauna

En el inventario realizado al yacimiento Camarioca Este se identificó la fauna existente. Para su cuantificación se tomaron los precios establecidos de oferta y demanda de los municipios de Gibara, Holguín y Rafael Freyre en la provincia de Holguín, por la tienda Tritón, Madrid, España, con el link <http://www.tritonreptiles.com> y en el link <http://www.shellauction.net>. Por lo tanto, se cuenta con un monto por individuo de 400,14 CUC y 350,00 CUP. Para identificar el monto total de la fauna es necesario realizar un estudio poblacional.

Mineral (Níquel y cobalto)

Para la cuantificación del níquel y cobalto producido por la empresa ECG, se procede al análisis del proyecto de apertura del yacimiento Camarioca Este, donde se detalla minuciosamente, según los estudios, las reservas planificadas para extraer por año. El yacimiento tiene un total de 319 050,56 toneladas de níquel y cobalto y se tomaron para su cálculo los valores establecidos en el mercado para el año 2016 por la Bolsa de Metales de Londres.

La eficiencia del níquel establecido por la empresa según las condiciones técnicas y metalúrgicas es de 0,7290 y para el cobalto es de 0,3679 por lo que se tomó estos valores para su estimación.

Níquel: 30 3074,55 t * 11 013,25 = 3 337 835 787,8 CUC

Cobalto: 15 976,01 t * 1 712,575 = 27 360 115,33 CUC

Los cálculos anteriores demuestran que en el año 2016 el yacimiento Camarioca Este estuvo valorado en 3 365 195 903,1 CUC, al considerar los precios del mercado en la composición de níquel y cobalto.

Agua

Para la realización del cálculo de los ríos colindantes al yacimiento se utilizó el Informe sobre el cálculo del escurrimiento de las aguas superficiales. La cuenca del río Cayo Guam aporta un volumen de escurrimiento en su caudal de 5,5 m³ por segundo, con un total de 173 448 000 millones de m³/año. Si se calcula el 8% de la corriente que es utilizado en las actividades del turismo que es del 3% y para la construcción del 5% de este valor se cuenta con 13 875 840 millones de m³/año. (Molina Núñez y Domínguez De la Cruz, 2016)

El valor del escurrimiento del río Cayo Guam se obtiene multiplicando los 693 792 millones de m³/año por 10 pesos que es el precio del m³ de agua que se le cobra a la construcción, sin incorporar el precio del turismo, ya que se encuentra en fase de contratación, se obtiene un valor total de 6 937 920 millones de pesos. El río Punta Gorda es de 2,5 m³ por segundo con un total de 216 000 mil de m³/año el cual tiene uso ecológico, es por esto que no se tiene en cuenta la corriente del mismo.

Carbono

Para la estimación del carbono retenido en suelos se tuvieron en cuenta estudios realizados por el Instituto de Investigación de la Agroforestal de La Habana en suelos forestales con características similares a la del yacimiento Camarioca Este. El mismo tiene suelo ferralítico rojo con textura arcillo-arenosa con composición máfica y ultramáfica que ocupa una superficie de 262.15 ha, caracterizado ampliamente desde el punto de vista edafológico forestal.

$$262,15 \text{ ha} * 159,99 \text{ t/ha} = 41\,941,3785 \text{ t}$$

$$41\,941,3785 \text{ t} * \$ 5,35 \text{ (SENDECO2, 2016)} = \$ 224\,386,37€ * 1,09 \text{ Tasa de cambio} = 244\,581,15 \text{ CUC}$$

Tabla 2.2 Resumen de la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos

| Servicios ecosistémicos | Valor económico CUP | Valor económico CUC |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Fauna | 350,00 | 400,14 |
| Madera m ³ | 78 442,537 | 71 312, 778 |
| Dióxido de Carbono | - | 244 581,15 |
| Níquel | - | 3 337 835 787, 8 |
| Cobalto | - | 27 360 115,33 |
| Agua | 6 937 920,00 | - |
| Total | 7 016 712, 537 | 3 365 512 197, 2 |

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Etapa III: Identificación de los impactos socioambientales del ecosistema afectado

La siguiente etapa cuenta con dos pasos, primeramente se identifican los impactos ambientales producidos en el proceso minero de forma directa o indirecta y los niveles de importancia, así como la valoración de los bienes y servicios ecosistémicos afectados y su valor económico.

Paso 6. Estudio de impacto ambiental del yacimiento

Con el objetivo de identificar los impactos ambientales provocados por la actividad minera en las 13 hectáreas utilizadas para la aplicación del procedimiento en el área objeto de estudio se utilizó el método Delphi, según se establece en el procedimiento propuesto. La muestra representativa que reunía las características de una población con dominio de los temas ambientales en la minería, dio como resultado 50 personas para encuestar y determinar los expertos. De ellas, 14 tuvieron un coeficiente de conocimiento igual a 1 ($K_c = 1$), una persona entre 0,8 y 0,9 ($0,8 \leq K_c \leq 0,9$) y nueve entre 0,9 y 1 ($0,9 \leq K_c \leq 1$). En relación con el coeficiente de argumentación, 26 personas no poseían criterios sustanciales sobre el medio ambiente y la minería, pues sus trabajos de investigación se realizaban en otro perfil.

De los 50 especialistas encuestados, 24 fueron evaluados como expertos con un coeficiente de competencia alto ($0,8 \leq K_{cm} \leq 1$). El criterio de los expertos en las encuestas aplicadas coincidió en 25 impactos ambientales provocados por esta actividad y siete fueron incluidos por los expertos para un total de 32 impactos ambientales provocados.

Con la ayuda del criterio de expertos en la aplicación del método Delphi, se elaboró la matriz de identificación de impactos ambientales ocasionados por la minería donde se identifican las acciones impactantes al tener en cuenta la fase de apertura y explotación del proyecto minero, los impactos que pueden ser producidos por estas acciones y los factores del medio que pueden ser afectados.

Posteriormente se procedió a la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos según el valor de importancia del efecto (IM), donde se alcanzó un total de 32 impactos identificados sobre el medio físico, la biota y el medio socioeconómico, de los cuales uno es positivo y 31 negativos, lo que representa el 96,88%. También se alcanzan 19 impactos clasificados en moderados para el 59,38 %, 12 severos con el 37,5 % y un crítico, lo que representa el 3,12 % del total.

Las afectaciones más significativas en el área objeto de investigación en cuanto al medio físico son: incremento del nivel de ruido por trabajo de equipos pesados y tráfico de camiones, contaminación de la

atmósfera, emisiones continuas atmosféricas de polvo, contaminación de las aguas fluviales, aumento de la sedimentación en las márgenes de los ríos, alteración de las condiciones de alimentación y descarga de las aguas subterráneas, incremento de la diversidad de la red vial y del tráfico terrestre por la construcción de caminos mineros y el agotamiento de los recursos minerales del área.



Figura 2.2 Incremento del nivel de ruido por trabajo de equipos pesados y tráfico de camiones



Figura 2.3 Contaminación de la atmósfera y emisiones continuas de polvo a la atmósfera



Figura 2.4 Contaminación de las aguas fluviales y aumento de la sedimentación en las márgenes de los ríos

En la biota los mayores impactos se producen en la pérdida de la cobertura forestal en áreas para minar por el trazado de caminos mineros, terraplén del transportador del mineral, pérdida de la capa vegetal y las especies. En el medio socioeconómico, los impactos de mayor incidencia se producen en la salud e integridad física de los trabajadores, habitantes y en el deterioro de las condiciones higiénicas de la población por aumento de los niveles de ruido y polvo.



Figura 2.5 Pérdida de la cobertura forestal y de las especies

Paso 7. Identificación de los bienes y servicios ecosistémicos afectados y su valoración económica

Se identifican los bienes y servicios ecosistémicos en las 13 hectáreas explotadas en el año 2018 una vez finalizada la explotación minera (post-explotación) en el yacimiento Camarioca Este y al tener como base la información obtenida del ex ante del área objeto de estudio, se procede analizar las afectaciones producidas en el ecosistema que permita conocer los daños reales causados por la minería.

Tabla 2.3 Los bienes y servicios ecosistémicos afectados

| Valor de Uso Directo | |
|------------------------------------|--|
| Agua | Leña y Carbón |
| Educación | Bejucos y troncos |
| Fauna | Semillas forestales |
| | Investigaciones |
| Valor de Uso Indirecto | |
| Productos no maderables del bosque | Producción de oxígeno |
| Espacios para hábitat | Diseminación de especies vegetales (polinización) |
| Protección de suelos | Purificación de aguas residuales |
| Absorción y fijación de carbono | Mantenimiento de la capacidad productiva del suelo |
| Captación hídrica | Reducción de la contaminación atmosférica |
| Valor de opción | |
| Especies | Conservación de hábitat |
| Protección de la biodiversidad | |
| Valor de existencia | |
| Valor estético (paisaje, especies) | Valor científico y educativo |

Fuente: Elaboración propia

Después de haber identificado los bienes y servicios ecosistémicos se procede a estimar el valor económico del ecosistema, el que permitirá conocer cuáles han sido las pérdidas económicas una vez concluida la explotación minera, por lo que se calcula los usos directos como: la madera, fauna, agua, remoción de carbono y en la salud humana.

Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos

El total de madera dura clase B existente en las 13 hectáreas explotadas en el yacimiento es de 68,9 m³, valores determinados por la oficina de Ordenamiento Forestal correspondiente al año 2018 por la empresa Agroforestal de Moa. Los precios de la madera se encuentran establecidos en la Resolución 372/2009 del Ministerio de Finanzas y Precios.

Para las maderas duras de clase B se asumen los valores estimados para un total de 30 m³ de:

Calidad B 30 m³ x 211,17 CUP = 6 335,1 CUP

Calidad B 30 m³ x 211,88 CUC = 6 356,4 CUC

Para la madera blanda con clase B se obtiene un volumen de 10 m³

Calidad B 10 m³ x 158,87 CUP = 1 588,7 CUP

Calidad B 10 m³ x 120,79 CUC = 1 207,9 CUC

Para coníferas con clase C se obtiene un volumen de 8 m³

Calidad B 8 m³ x 123,52 CUP = 988,16 CUP

Calidad B 8 m³ x 102,38 CUC = 819,04 CUC

En el yacimiento se produce, con la restante madera, un total de 25,9 m³ de leña

Leña 25,9 m³ x 9,80 CUP = 253,83 CUP

En resumen, el monto total de la madera existente en el yacimiento es:

6 335,1 CUP + 1 588,7 CUP + 988,16 CUP + 253,83 CUP = 9 165,79 CUP

6 356,4 CUC + 1 207,9 CUC + 819,04 CUC = 8 383,34 CUC

Fauna

En las 13 hectáreas en que se realiza el proceso de explotación minera y las hectáreas adyacentes se muestra la pérdida de la fauna, por un total de 400,14 CUC y 350,00 CUP.

Agua

El río Cayo Guam, por encontrarse próximo al yacimiento y los impactos provocados por la actividad minera, se afecta un total de 13 875 840 millones de m³/año. Es por tanto que se calcula la corriente utilizada por la construcción, que es el 5%, el cual asciende a 693 792 millones de m³/año por 10 pesos, se obtiene un valor total de 6 937 920 millones de pesos.

Carbono

Para la estimación del dióxido de carbono con una composición máfica y ultramáfica con una superficie de 13 ha, se realiza una caracterización desde el punto de vista edafológico forestal.

$$13 \text{ ha} * 159,99 \text{ t/ha} = 2\,079,87 \text{ t}$$

$$2\,079,87 \text{ t} * \$ 15,88 \text{ (SENDECO2, 2018)} = \$ 33\,028,34€ * 1,09 \text{ tasa de cambio} = 36\,000,89 \text{ CUC}$$

Salud

Al existir 18 nuevos casos con enfermedades respiratorias agudas provocadas por la actividad minera en el año 2018 y al tener en cuenta el costo del sistema de salud en medicinas, personal y materiales para atender un paciente con problemas respiratorios, es de \$22,00 por día (Gómez Gutiérrez, 2016), por lo que se tiene un gasto de 396,00 pesos por día y con una atención general de 24 consultas aproximadamente al año asciende a un total de 9 504,00 CUP.

Tabla 2.4 Resumen de la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos

| Servicios ecosistémicos | Valor económico CUP | Valor económico CUC |
|-------------------------|---------------------|---------------------|
| Salud | 9 504,00 | |
| Fauna | 350,00 | 400,14 |
| Madera m ³ | 9 165,79 | 8 383,34 |
| Agua | 6 937 920,00 | |
| Dióxido de Carbono | | 36 000,89 |
| Total | 6 947 831,79 | 44 784,37 |

Fuente: *Elaboración propia*

Con la identificación y valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales producidos por la explotación minera, así como los bienes y servicios ecosistémicos, esto permitió incorporar al plan de rehabilitación nuevas acciones dirigidas a recuperar el nivel de afectación del ecosistema las que proporcionarán beneficios en las dimensiones económica y social que anteriormente no estaban contempladas.

2.2.4 Etapa IV: Proyección de la rehabilitación minera

El cumplimiento de esta etapa ayuda a la empresa a determinar las líneas de trabajo que debe seguir para lograr la rehabilitación del ecosistema afectado por la explotación minera. En un primer momento se

determinan los usos futuros de los terrenos, se elaboran los objetivos a corto, mediano y largo plazo y se confecciona el presupuesto para enfrentar la rehabilitación minera en el año 2018.

Paso 8. Determinación del posible uso futuro de los escenarios minados

Para la determinación del uso futuro de las 13 hectáreas para rehabilitar se elabora la matriz de compatibilidad de uso, en función de los factores ambientales y sociales, por lo que se utiliza el criterio de expertos, a través del método Delphi.

Primera ronda

En esta ronda se le presentaron a los expertos los factores ambientales y sociales propuestos para el análisis del yacimiento Camarioca Este y se adicionan cuatro por los expertos: limitaciones legales, erosión del suelo, características de la población y relieve del terreno. Finalmente, se aceptan 16 factores que pasan a la siguiente ronda:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Presencia de flora y fauna | 9. Localización |
| 2. Relieve del terreno | 10. Accesibilidad |
| 3. Calidad del paisaje | 11. Tamaño y forma del área |
| 4. Fertilidad del suelo | 12. Uso del terreno en el entorno |
| 5. Pendiente del terreno | 13. Propiedad de los terrenos |
| 6. Calidad del agua | 14. Tipo e intensidad del uso |
| 7. Erosión del suelo | 15. Características de la población |
| 8. Precipitación | 16. Limitaciones legales |

Segunda ronda

En la segunda ronda se elabora la tabla de frecuencia absoluta y después la tabla de frecuencia absoluta acumulada, como tercer paso se construye la tabla de frecuencia relativa acumulada. Posteriormente se buscan las imágenes de cada uno de los valores de las celdas, por la inversa de la curva normal y se comparan los resultados obtenidos en cada uno de los ítems con los respectivos puntos de corte, para llegar a conclusiones sobre la categoría que los expertos coinciden en ubicar el ítem o los ítems sometidos a su criterio.

Se obtuvo coincidencia entre los factores seleccionados por los expertos, con los aspectos previamente considerados por el autor para determinar el uso futuro del yacimiento Camarioca Este. En esta ronda se

procesan 16 criterios en orden descendente y las categorías evaluativas empleadas fueron: muy adecuado (MA), bastante adecuado (BA), adecuado (A), poco adecuado (PA) e inadecuado (I).

Tercera ronda

Se sometieron 16 factores ambientales y sociales al juicio de los 24 expertos, los que se ordenaron desde 1 a 16 (mayor a menor influencia), el cual determinó el grado de concordancia por el coeficiente de Kendall (K) según la fórmula:

$$K = \frac{12 \sum_{i=1}^P (S_i - S_{med})^2}{M^2 (P^2 - P)}$$

Donde:

(P) Número de criterios que se valoran

(M) Cantidad de expertos encuestados

(Si) Suma de los valores asignados por los expertos a cada criterio i

(Smed) Valor medio con respecto al número de criterio P

Una vez procesadas las encuestas se obtuvo el siguiente valor:

| Uso futuro | Urbanístico e industrial | Recreativo | Agrícola | Forestal | Conservación de la naturaleza y refugio ecológico | Depósito de agua | Vertedero |
|------------|--------------------------|------------|----------|----------|---|------------------|-----------|
| K = | 0,9925 | 0,8048 | 0,9433 | 0,8104 | 0,8908 | 0,8470 | 0,9058 |

Así se confirma la existencia de elevada concordancia entre los expertos.

Finalmente, para conocer los resultados de la prueba de hipótesis para el uso futuro de los escenarios minados, se debe realizar la prueba de significación con la que se determina la concordancia entre los criterios expresados por los expertos. Al respecto, se definen las siguientes hipótesis con un nivel de significación de 0,05:

Hipótesis nula: (H₀): no existe consenso entre los expertos en relación con los criterios emitidos (K=0)

Hipótesis alternativa: (H₁): los expertos están de acuerdo, hay consenso entre ellos (K≠0)

Criterio de decisión:

Si: x^2 Calculada < x^2 Tabulada, entonces se acepta H₀

Si: x^2 Calculada > x^2 Tabulada, entonces se rechaza H_0

De la tercera ronda se obtiene a K, lo que permite calcular

$$x^2 \text{ Calculada} = M (P-1) K$$

| | Urbanístico e industrial | Recreativo | Agrícola | Forestal | Conservación de la naturaleza y refugio ecológico | Depósito de agua | Vertedero |
|-----------------|--------------------------|------------|----------|----------|---|------------------|-----------|
| x^2 Calculada | 326,08 | 304,92 | 320,68 | 291,74 | 339,58 | 289,72 | 357,3 |
| x^2 Tabulada | 35,1725 | 35,1725 | 35,1725 | 35,1725 | 35,1725 | 35,1725 | 35,1725 |

Por tanto, se deberá calcular a x^2 mediante la fórmula propuesta.

En todos los casos se evidencia que x^2 calculada $\geq x^2$ tabulada se rechaza la hipótesis nula (H_0), por lo que se puede afirmar que existe concordancia entre los expertos.

Finalmente se procede a evaluar el grado de influencia que tienen los factores ambientales y sociales sobre los diferentes usos que se le pueden asignar al terreno. Para esto se determinó que cuando el criterio es con influencia máxima toma el valor 1; con influencia, el valor 2; sin influencia, el valor de 3 de la escala propuesta.

Una vez analizado el nivel de influencia que presentan los factores ambientales y sociales en el yacimiento Camarioca Este, se determinaron los usos futuros de más presencia: el hábitat natural, forestal y recreativo. Por tanto, de un total de 24 expertos consultados, 15 coinciden con el uso futuro de hábitat natural, lo que representa 62,5%; tres proponen que sea forestal, para el 12,5%; seis recreativo, para el 25%.

En la comunidad fueron entrevistados 230 pobladores mediante la entrevista no estandarizada, y concuerdan con el uso futuro de hábitat natural 195, lo que representa el 84,78%. También se evaluó con los organismos de Planificación Física y el CITMA al presentarles las características del yacimiento y las áreas adyacentes como el Parque Alejandro de Humboldt, los que concuerdan con el uso futuro hábitat natural.

Paso 9. Definición de los objetivos del proceso de rehabilitación minera

Para la determinación de los objetivos en el proceso de rehabilitación minera se realizó una tormenta de ideas con el grupo de trabajo multidisciplinario, constituido para la aplicación del procedimiento, fueron

invitados representantes del CITMA, la empresa agroforestal, rehabilitación minera y los especialistas que atienden dicha actividad en las empresas niquelíferas del municipio. Posteriormente fue presentado a los expertos y coincidieron con los siguientes objetivos:

El objetivo general del proceso de rehabilitación minera será alcanzar el estadio superior de forma integral en las dimensiones económica, social y ambiental mediante las acciones propuestas, que permita mejorar la recuperación y sostenibilidad del ecosistema degradado.

Los objetivos a corto plazo estarán en función de la preservación y control del proceso de erosión, el tratamiento y control de las aguas mineras contaminadas, remodelación de los depósitos y escombreras existentes, mejoramiento de las áreas explotadas y con escombreras, calidad de la capa vegetal, calidad de las semillas, siembra e implantación de la cobertura vegetal con intercalamiento en el área.

Los objetivos a mediano plazo se dirigirán a la extinción de los procesos erosivos, lograr la aparición de la fauna autóctona, las redes fluviales y el CO₂ que se deja de captar por la explotación minera.

Los objetivos a largo plazo garantizarán la autosustentación de los procesos de rehabilitación, y el equilibrio entre suelo-vegetación y especies, para lograr la venta de las especies pioneras plantadas y la incorporación de las áreas al parque Alejandro de Humboldt.

Paso 10. Elaboración del presupuesto económico para la rehabilitación minera

La planificación económica del proceso de rehabilitación minera en la empresa ECG responde a la cuenta repoblación forestal, cifra que constituye una provisión, de naturaleza acreedora (\$34,30 por cada tonelada vendida en el año anterior, según Resolución 198/2001), cuyo ingreso anual está por debajo del ritmo de explotación minera.

Sobre la base de la experiencia anterior con el presupuesto de la rehabilitación minera para 20 hectáreas que asciende a un monto de \$697 945,93 y al considerar el nivel de explotación minera, para el año 2018 se propuso un monto de \$529 306,06 para el desarrollo de la rehabilitación minera, cifra que es trabajada por la empresa de forma general sin desagregarla por procesos. Con el procedimiento se elabora el presupuesto por cada una de las actividades expresadas en indicadores de la siguiente forma:

Tabla 2.5 Presupuesto de la rehabilitación minera para el año 2018

| Indicadores | U/M | Cant. | Precio | | Total | Importe | | |
|-------------------------------|-----|-------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | CUP/ha | CUC/ha | | CUP | CUC | TOTAL |
| Preparación de suelos | ha | 13 | 981,17 | 295,66 | 1 276,83 | 12 755,21 | 3 843,58 | 16 598,79 |
| Plantación de casuarina | ha | 13 | 2 298,75 | 485,48 | 2 784,23 | 29 883,75 | 6 311,24 | 36 194,99 |
| Plantación guayaba y marañón | ha | 5 | 2 298,75 | 485,48 | 2 784,23 | 11 493,75 | 2 427,4 | 13 921,15 |
| Mantenimiento a plantaciones | ha | 13 | 609,72 | 173,44 | 783,16 | 7 926,36 | 2 254,72 | 10 181,08 |
| Barreras muertas | ha | 10 | 5 612,01 | 1 641,96 | 7 253,97 | 56 120,10 | 16 419,6 | 72 539,70 |
| Siembra de herbáceas | ha | 8 | 5 763,11 | 1 503,96 | 7 267,07 | 46 104,88 | 12 031,68 | 58 136,56 |
| C. de cárcavas MP | u | 60 | 746,24 | 237,27 | 983,51 | 44 774,40 | 14 236,2 | 59 010,60 |
| C. de cárcavas PP | u | 396 | 400,92 | 166,8 | 567,72 | 158 764,32 | 66 052,8 | 224 817,12 |
| Protección de talud con malla | ha | 1 | 16 912,38 | 20 993,69 | 37 906,07 | 16 912,38 | 20 993,69 | 37 906,07 |
| TOTAL | | | | | | 384 735,15 | 144 570,91 | 529 306,06 |

Fuente: Elaboración propia

2.2.5 Etapa V: Ejecución del plan de la rehabilitación del área minada

En esta etapa es donde se ejecutan las acciones en el yacimiento seleccionado para alcanzar los objetivos propuestos, al tener en cuenta el ecosistema antes del proceso de explotación minera con medidas preventivas y posteriormente con las acciones para el restablecimiento del ecosistema.

Paso 11. Determinación de las acciones para la rehabilitación minera

Para el desarrollo del plan de rehabilitación minera en el yacimiento Camarioca Este desde el proceso de prospección se adoptaron las siguientes medidas preventivas:

1. La extracción de la capa vegetal (superficie del suelo) se realizó de forma organizada y se conformaron escombreras cercanas al lugar de la explotación.
2. La capa vegetal se almacenó en lugares drenados y no excedieron de los 2 m de altura.
3. La capa vegetal almacenada no excedió de los seis meses para lograr efectividad en el proceso de rehabilitación minera y la regeneración de algunas especies autóctonas.
4. La capa vegetal fue removida periódicamente por los especialistas que desarrollan la actividad.
5. Se dejaron tres núcleos naturales donde no existe cuerpo mineral, lo que permitió una rápida incorporación de la biodiversidad biológica en los terrenos.

Después de cumplidas las acciones de prevención durante el proceso de explotación minera y una vez concluida la actividad, se prosigue a la etapa de rehabilitación minera del yacimiento, encaminada al restablecimiento del ecosistema, que permite lograr un estadio superior en cuanto a las dimensiones económica, social y ambiental. Determinado el uso futuro de los terrenos, las acciones propuestas se incorporan al plan ya existente en la empresa orientada a la estabilidad del medio físico, la biota y el medio socioeconómico. Para la ejecución del proceso de rehabilitación minera se aplican las siguientes acciones en coordinación a las necesidades del yacimiento objeto de estudio:

Preparación técnica del terreno

1. Se unificó la superficie irregular, una vez terminada la explotación minera por cada hectárea.
2. Se conformaron terrazas de plataforma constante donde la pendiente sobrepasaba los 10° de inclinación.
 - Las terrazas se conformaron por las zonas más altas, de forma tal que con corte y compensación se rellenaron las depresiones y partes bajas.
 - El ancho de la plataforma fue de 5 metros y con todo el largo que el terreno lo permitió, sin inclinación en sus lados para evitar la erosión del suelo.
 - La culminación de las terrazas conformadas o rellenadas fue con la capa vegetal que se encontraba conformada como escombrera y su espesor osciló entre 20 y 40 cm.

La remediación del terreno

1. Técnica de neutralización:
 - Se diseñaron taludes en bordes activos e inactivos, para que fueran estables.
 - Se tuvo en cuenta que la pendiente máxima de los taludes de los bordes inactivos, situados aguas arriba, fuera de 30° para asegurar la estabilidad y disminuir la formación de cárcavas.

La rehabilitación biológica del terreno

1. Selección de las especies florísticas:
 - Se seleccionaron las semillas para plantar: casuarina, guayaba y marañón, certificadas por los estándares de calidad.

- En ocho hectáreas del yacimiento se realizó el intercalamiento de casuarina y herbácea, lo que facilitó la regeneración del suelo y la incorporación de reptiles y anfibios.
- En cinco hectáreas se sembró guayaba y marañón como parte del intercalamiento de especies, lo que ayuda a la alimentación de los trabajadores como forma de autoconsumo y ayuda al retorno de la fauna en el yacimiento.
- Se realizará el mantenimiento a las plantaciones de forma mensual, lo que permitirá una mejor supervivencia y follaje de la plantación.

2. Aplicación de fertilizantes:

- En la siembra se incorporó el fertilizante orgánico, que se aplicó en el fondo del hoyo de la plantación en el momento de una adecuada humedad y el fertilizante mineral (NPK 8-10-10), también se procedió después de realizada la plantación a 10 – 12 cm alrededor del tronco y en surco en forma de media luna.
- Se aplicó una dosis individual de 2 kg por cada plantación.

3. Marcos de plantación:

- Se realizó el marco de plantación de las especies 2 x 2 metros lo que facilitó el crecimiento y aclimatación de las plantas forestales y se intercalaron barreras herbáceas, guayaba y marañón entre las hileras de casuarina y se expandió materia orgánica para asegurar el crecimiento.

4. Regeneración de las especies faunísticas:

- Se confeccionaron casas artificiales en las 13 hectáreas rehabilitadas que posibilitaron, con el proceso natural, la reincorporación de la fauna.

Recuperación económica:

- Las especies seleccionadas cuentan con un valor económico en el mercado e inciden en una mejor calidad de vida.
- Se utiliza la capa vegetal para disminuir la utilización de fertilizante.
- Se logra disminuir los gastos en la explotación al dejar núcleos naturales.

Paso 12. Elaboración de los indicadores económicos, sociales y ambientales

Para llevar a cabo el cálculo de los indicadores diseñados para evaluar el proceso de rehabilitación minera en la empresa ECG se implementan los mismos en el departamento de Contabilidad y Finanzas y el Consejo técnico de la mina para su cuantificación:

Tabla 2.6 Indicadores económicos, sociales y ambientales para la rehabilitación minera. Período 2017 – 2018

| Dimensiones | Nombre del indicador | Fórmula propuesta | Cálculo en el año 2017 | Cálculo en el año 2018 |
|----------------------------------|--|--------------------------------|---|---|
| Económico | Eficacia económica de la rehabilitación minera | $EERM = GRARM / GAPRM * 100$ | $522\ 213,01 / 697\ 945,93 * 100 = 74,82\%$ | $529\ 306,06 / 529\ 306,06 * 100 = 100\%$ |
| | Cumplimiento del Plan de rehabilitación minera | $CPRM = HE / HPR * 100$ | $11,92 / 11,92 * 100 = 100\%$ | $13 / 13 * 100 = 100\%$ |
| | Comportamiento de los costos ambientales de la rehabilitación minera | $CCARM = CARM / CTRM * 100$ | | $529\ 306,06 / 6\ 967\ 014,62 * 100 = 7,60\%$ |
| Económico Ambiental | Comportamiento de la rehabilitación | $CR = THR / THE * 100$ | $11,92 / 17,92 * 100 = 66,52\%$ | $13 / 13 * 100 = 100\%$ |
| | Efectividad del plan de acciones por la rehabilitación minera | $EPARM = ARR / APRM * 100$ | $7 / 8 * 100 = 87,5\%$ | $28 / 28 * 100 = 100\%$ |
| Económico Ambiental Social | Eficacia en la recuperación de la flora afectada | $ERFLA = TFR / TFA * 100$ | | $13 / 13 * 100 = 100\%$ |
| | Eficacia en la recuperación de la fauna afectada | $ERFA = TEFR / TEFA * 100$ | | $20 / 106 * 100 = 18,87\%$ |
| Social Social | Calidad de la salud del trabajador | $CST = TTE / TTS * 100$ | $10 / 31 * 100 = 32,26\%$ | $3 / 31 * 100 = 9,68\%$ |
| | Tasa específica de enfermedades respiratorias agudas | $TEERA = NCERA / TCER * 100$ | $29 / 229 * 100 = 12,66\%$ | $18 / 247 * 100 = 7,29\%$ |
| Social Ambiental | Estabilidad química del terreno | $EQT = TTTDC / TTTDP * 100$ | $4 / 4 = 100\%$ | $6 / 6 * 100 = 100\%$ |
| Ambiental | Calidad de la conformación del terreno | $CCT = THC - THPE / THC * 100$ | $11,92 - 4 / 11,92 * 100 = 66,44\%$ | $13 - 2 / 13 * 100 = 84,62\%$ |
| | Estabilidad física del terreno | $EFT = TTC / TTP * 100$ | $0 / 1 * 100 = 0\%$ | $1 / 1 * 100 = 100\%$ |

Fuente: Elaboración Propia

EERM: En el año 2017, el gasto real de la rehabilitación minera se cumplió en el 74,82%, se dejaron de ejecutar \$38 045,92; en el 2018 el gasto real fue del 100% de ejecución.

CPRM: Para el año 2017 se logró alcanzar el 100% de las hectáreas ejecutadas en relación con las planificadas; ya en el 2018 existe un cumplimiento de 100% en el plan de rehabilitación minera.

CARM: En el año 2017 no se tuvo en cuenta este indicador por los especialistas que desarrollan la actividad; pero en el 2018 con la cuantificación del ecosistema se logró estimar un costo ambiental que permitió evaluar la calidad ambiental en la rehabilitación minera de 7,60%.

EPARM: Se alcanza el 87,5% de la efectividad en las acciones planificadas para desarrollar en el proceso de rehabilitación minera porque de ocho planificadas se incumple con el talud de malla, se dejan de ejecutar \$ 37 906,07, respecto del año 2018 en que se obtiene el 100% de efectividad, con resultados superiores.

ERFLA: Para el año 2017 no se tuvo en cuenta este indicador por los especialistas que desarrollaron la actividad; en el 2018 se logra mediante las acciones propuestas para alcanzar en las 13 hectáreas, lo que representa el 100% de efectividad y se identifican cuatro especies que se incorporan de forma natural y una de ellas se encuentra en peligro.

ERFA: Los especialistas que desarrollan esta actividad no tuvieron en cuenta este indicador en el año 2017; para el año 2018 se listó solo un total de 20 especies faunísticas, que representan el 18,87%, lo que permitirá que el yacimiento pueda tener una recuperación biológica.

CST: De un total de 31 trabajadores activos en el proceso de rehabilitación minera, en el año 2017 estuvieron enfermos, por inadecuadas condiciones de trabajo diez trabajadores, esto representa el 32,26%; en el 2018 se disminuye las enfermedades por inadecuadas condiciones de trabajo en tres, lo que representa el 9,68%.

TEERA: En el año 2017 de 229 trabajadores que padecieron de enfermedades respiratorias agudas, por inadecuadas condiciones de trabajo, se incrementaron 29 nuevos casos para el 12,66%, lo que reportó un costo al sistema de salud en medicina, personal y materiales de \$ 638,00 por día; en el año 2018 se incrementaron 18 nuevos casos, lo que representa el 7,29%, ello reporta un costo al sistema de salud en medicina, personal y materiales de \$ 396,00 por día.

EQT: Para lograr la estabilidad química del terreno se planifica para el año 2017, tres trampas de sedimentación y una trinchera, se logra cumplir al 100%; y para el año 2018 se planificó una trampa de sedimentación, cuatro trincheras antierosivas y un dique filtrante, esto permitió el 100% de lo planificado.

CR: En la rehabilitación minera para el año 2017 no se corresponden las áreas explotadas con las rehabilitadas, pues no se planifican seis hectáreas, para un monto de \$ 65 374, 47 distribuido en 51 851, 19 CUP y 13 523, 28 CUC; mientras que en el 2018 se logra rehabilitar el 100% de las hectáreas explotadas.

CCT: De un total de 11,92 hectáreas conformadas en el yacimiento Camarioca Este en el año 2017, cuatro presentaron proceso erosivo para el 66,52% por incumplimiento de las normas técnicas planificadas; sin embargo, en el 2018 de las 13 hectáreas conformadas, solo hubo proceso erosivo en dos, para el 84,62% donde se encontraban identificados arroyos.

EFT: En el año 2017 se dejó de ejecutar un monto de \$ 37 906,07, de ellos 16 912,38 CUP y 20 993,69 CUC al no cumplirse con un talud con malla; en el año 2018 se cumple con lo planificado.

En resumen, mediante el análisis de los indicadores diseñados en el procedimiento de gestión socioambiental y económico en el proceso de rehabilitación minera se evidencia que existen mejores resultados en el año 2018 tras incorporar las acciones en el plan de rehabilitación minera, por lo que se logra el retorno de la flora y fauna, el cumplimiento del presupuesto aprobado, la disminución de las enfermedades respiratorias agudas y se disminuye el proceso erosivo en el ecosistema.

La propuesta de indicadores económicos, sociales y ambientales para la rehabilitación minera no incluye indicadores para evaluar el agua y el suelo. En entrevistas realizadas a expertos y consultas efectuadas a las normativas ambientales demuestran que estos componentes naturales se pueden medir técnicamente con una expresión física y química, a partir de la presencia de sustancias químicas y sedimentos resultantes del proceso minero que pueden ser eliminados mediante el diseño de trampas de sedimentación, trincheras y diques filtrantes. Para el caso específico del agua, la Norma Cubana de Agua Potable de 1995 establece la evaluación y el control de la calidad de los recursos hídricos.

Paso 13. Estimación de los beneficios en la gestión socioambiental y económica

Económica:

1. Se logra cuantificar el valor económico total de los bienes y servicios del ecosistema objeto de estudio en tres etapas: ante de explotación (\$ 7 016 712, 537 CUP; \$ 3 365 512 197, 2 CUC), posterior a la explotación (\$ 6 947 831, 79 CUP; \$ 44 784, 37 CUC) y en la recuperación del ecosistema (\$ 4 300 CUP).
2. Se logra una sistematización en el análisis cualitativo y cuantitativo de los impactos ambientales que produce la explotación minera.
3. Mediante la planificación del presupuesto elaborado para el año 2018 se realiza el desglose por indicador de la cuenta de repoblación forestal.
4. La ejecución de la partida de repoblación forestal por cada servicio contratado y el chequeo sistemático de las acciones propuestas para el proceso de rehabilitación minera, permitió analizar los gastos en los que se incurre por dicha actividad.
5. Se diseñan y aplican indicadores económicos, sociales y ambientales, que permiten la evaluación cualitativa y cuantitativa de la ejecución del proceso de rehabilitación minera y la recuperación del ecosistema.
6. Se logra reducir los gastos en 191 913,86 pesos en la corrección de cárcavas de mediana profundidad y profundas en el proceso de rehabilitación minera, mediante las acciones propuestas en la preparación técnica del terreno.
7. Con la incorporación de las medidas propuestas en el plan de rehabilitación minera como: la utilización de la capa vegetal antes de los seis meses del desbroce y la incorporación del mantenimiento mensual a las plantaciones, se logra reducir el tiempo de entrega de las tierras ya rehabilitadas a la empresa Agroforestal.
8. La utilización de la casuarina proporciona la obtención de 4 300 CUP anualmente, equivalente a su crecimiento en 5,3 m³ /ha.
9. El proceso de rehabilitación minera intencionada con la utilización de la capa vegetal y el proceso de intercalamiento de otras especies potencia la emisión de dióxido de carbono y proporciona un ahorro de \$ 36 000,89 CUC por este concepto.

Social:

1. Permite minimizar las afectaciones respiratorias agudas como el asma bronquial, bronquiolitis y rinitis alérgica, provocada por las inadecuadas condiciones de trabajo.
2. Se logra recuperar el área objeto de estudio, lo que permitirá devolver al patrimonio del estado las áreas para el uso de hábitat natural.
3. Se logra la captación de gases de efecto invernadero en un 70% y se reduce la emisión de polvo a la atmósfera por el recubrimiento del terreno por las herbáceas y el intercambio de las especies (guayaba, marañón y casuarina).
4. El intercalamiento de especies (casuarina con herbácea, guayaba y marañón) genera nuevas fuentes de empleo.
5. El consumo de las frutas intercaladas contribuye con una mejor calidad de vida de la población.

Ambiental:

1. Se logra recuperar el funcionamiento del ecosistema, lo que permitirá un uso futuro del hábitat natural, con potencialidades del recreativo.
2. Se minimizan los procesos erosivos por una adecuada preparación de los terrenos, ya que se unificó la superficie irregular, una vez terminada la explotación minera por cada hectárea, y se conformaron las terrazas de plataforma constante, donde la pendiente sobrepasaba los 10^o de inclinación.
3. Se logra alcanzar un intercalamiento de especie (casuarina con herbácea, guayaba y marañón), lo que posibilita el incremento de la captación del carbono, el retorno de la fauna silvestre, la polinización y el crecimiento de las producciones.
4. Se reduce un 85% la sedimentación en el cauce de los ríos y la contaminación de las aguas fluviales.
5. Se logra la cuantificación, en las áreas rehabilitadas, 20 especies faunísticas: *Chordeiles gundlachii* (querequeté); *Calisto israelí* (mariposa diurna); *Amazona leucocephala* (cotorra); *Osteopillus septentrionales* (rana platanera); *Anolis porcatus* (lagartijos); *Calupte helenae* (zonzuncito), *Mesocapromys melanurus* (jutía andaraz); *Aratinga euops* (catey) y *Teretistris fornsi* (pechero oriental) esta última fue la más vista en el período analizado.

Se recuperan cuatro especies amenazadas de extinción todas fueron vertebrados, esencialmente de aves el *Aratinga euops* (catey); *Calypte helenae* (zonzuncito) y la *Amazona leucocephala* (cotorra cubana) y un mamífero la *Mesocapromys melanurus* (jutía andaraz)

6. Se logran recuperar 13 hectáreas con flora y las principales especies son: guayaba; marañón; casuarina; herbácea; *Metopium venosum* (guao); *Oeceoclades maculata* (orquídea terrestre); *Spathoglottis plicata* (orquídea terrestre) y *Manilkara mayarensis* (acana) esta última identificada como especie en peligro.

2.2.6 Etapa VI: Seguimiento de las acciones del proceso de rehabilitación minera

Esta etapa permite, con los pasos propuestos, establecer un cronograma de evaluación de los indicadores diseñados y establece las auditorías que se implementarán internamente y, posteriormente las acciones de mejora.

Paso 14. Elaboración del plan de mejoras en correspondencia a los resultados

En esta etapa se reunió el grupo de trabajo multidisciplinario, los especialistas encargados del medio ambiente, al igual que el consejo técnico de la mina donde se presentaron algunas causas como el arrastre de sedimentos desde las zonas altas y existencia de fallas en especies como la guayaba y el marañón, a partir del cual se proponen nuevas acciones que permitan mejorar el ecosistema:

Tabla 2.7 Plan de mejora para la rehabilitación minera

| No | Incidencias | Acciones propuestas | Fecha | Ejecuta | Responsable | Financiamiento |
|----|----------------------------------|---|------------------|-------------------------------|---|----------------|
| 1. | Proceso erosivo en dos hectáreas | Conformar dos barreras protectoras con madera y con rocas | Enero-Abril/2019 | Empresa Rehabilitación Minera | Especialista de Medio Ambiente y Jefe Técnico | \$ 36 701,80 |
| | | Realizar limpiezas de los diques filtrantes cerca de los colectores | Marzo-Abril/2019 | Empresa Rehabilitación Minera | Especialista de Medio Ambiente y Jefe Técnico | \$ 15 500,00 |
| 2. | Supervivencia | Realizar la reposición de especies de guayaba y | Diciembre/2018 | Empresa Rehabilitación | Especialista de Medio Ambiente | \$ 5 568,46 |

| | | | | | | |
|--|---------------------------|--|----------------|----------|--------------------------------|-----------|
| | de las especies plantadas | marañón en las hectáreas | – Febrero/2019 | Minera | y Jefe Técnico | |
| | | Incrementar en 10 las casas artificiales | Todo el año | UEB Mina | Especialista de Medio Ambiente | \$ 500,00 |

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

La elaboración del procedimiento para la gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera permitió incorporar las dimensiones económica, social y ambiental desde el proceso de prospección minero hasta el cierre del yacimiento.

La implementación del procedimiento en el yacimiento Camarioca Este de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara ofrece una solución al problema científico planteado en la investigación y demuestra su utilidad mediante la validación de la hipótesis propuesta, lo que contribuyó alcanzar estadios superiores en la rehabilitación minera, a través de la recuperación del ecosistema afectado y el logro de su sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera Klink, F., y Alcántara, V. (2011). De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica (pp. 242).
Doi: 33.999-1994
- Alegre, L., Berne, C., y Galve, C. (2009). Fundamentos de economía de la empresa: perspectiva funcional.
Revista: La Economía p 9 - 24
- Alfaro Coles, M. J., Camacho Varela, S., Molina Rodríguez, F., y Santos Villarreal, M. (2010). La gestión socio-ambiental en los proyectos hidroeléctricos cariblanco, Toro 3 y Reventazón del instituto Costarricense de Electricidad. Una sistematización de experiencias. Período 2004 - 2009. (Tesis pregrado), Universidad Nacional -CAMPUS OMAR DENGOL, Escuela de Planificación y promoción social.
- Alpízar, F. (2014). Valoración del impacto de eventos climáticos extremos: daños ambientales en el caso cubano. Inédito: Informe de Consultoría. La Habana.
- Andersen, A. (2010). El Management en el Siglo XXI. Buenos Aires, Argentina: Editores Amorrortu pp. 331.
- Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impactos ambientales en proyectos, obras o actividades.
- Arnoletto, E. y Díaz, A. (2009). Un aporte a la Gestión Pública, Hacia nuevos enfoques en la gestión organizacional, de la administración pública. Córdoba – Argentina.
- Asamblea del Poder Popular. (1995). Ley 76 Ley de Mina (pp. 33). Gaceta Oficial de la República de Cuba: La Habana.
- Asamblea del Poder Popular. (1997). Ley 81 Medio Ambiente (pp. 47). Gaceta Oficial de la República de Cuba: La Habana.
- Asamblea del Poder Popular. (1998). Ley 85 Forestal (pp. 773). Gaceta Oficial de la República de Cuba: La Habana.
- ASGMI. (2008). Evaluación y Recuperación Ambiental de Espacios Mineros. Pasivos Ambientales Mineros. Acta de Conclusiones y Acuerdos del Seminario de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos, Santa Cruz de la Sierra.

- Asociación Nacional de Empresarios de Fabricantes de Áridos (ANEFA). (2006). Manual de restauración de minas a cielo abierto (pp. 167). Gobierno de Rioja: España.
- Asociación Nacional de Empresarios de Fabricantes de Áridos (ANEFA). (2006). Manual de Restauración de explotaciones a cielo abierto de Aragón (pp. 130). Gobierno de Aragón.
- Barbier E. et al., (1997). Economic valuation of wetlands. Editorial Ramsar Convention Bureau. Switzerland.
- Batista Martínez, K. (2016). Metodología para el mejoramiento y rehabilitación de ecosistemas degradados por la extracción de níquel en áreas de la Empresa "Comandante René Ramos Latour". (Tesis Maestría), Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Benavides Gaibor, L. H. (2011). Gestión, Liderazgo y valores en la administración de la unidad educativa "San Juan de Bucay" del canton general Antonio Elizalde (Bucay). Durante período 2010 - 2011. (Tesis de Maestría), Universidad Técnica Particular de Loja, Centro Universitario Guayaquil.
- Briceño, J. (2012). Plan de recuperación de áreas afectadas por la actividad minera en la concesión increíble 6. Ubicada en el municipio Rocio y el Callao, EDO. Bolivar. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Experimental de Guayana, General MINING de Guayana, C.A.
- Bruzón Sánchez, N., Herrero Echavarría, G., Salazar Diez, R., y Batista Martínez, K. (2012). Rehabilitación de áreas devastadas por la minería en la región nororiental de Cuba. (1), 4.
- Camisón, C., Cruz, S., y González, T. (2007). Gestión de la Calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Pearson Educación S.A. Madrid, España.
- Campiña, G., Fernández, M. (2010). La Empresa y su entorno. Madrid, España: Editex, (pág. 290)
- Carreño, L. (2011). Administración de Empresas. Funciones del proceso administrativo. Escuela Superior Politécnica de Manabí -MFLI. Ecuador.
- Castro Ruz, F. (1974) Discurso en el acto de masas en la Plaza de la Revolución, 29 de enero de 1974, con motivo de la visita a Cuba del L. I. Brezhnev, secretario general del PCUS, en *Estrecha y eterna amistad*. La Habana, Cuba: Editorial de Ciencias Sociales.

- CEPAL. (2015). Guía metodológica: Instrumentos económicos para la gestión ambiental (pp. 73): Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPRONÍQUEL. (2011). Proyecto 1772 de Explotación del Yacimiento de Camarioca Este (pp. 53): Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.
- Chavarro, A., y Quintero, J. C. (2011). Economía ambiental y economía ecológica: Hacia una visión unificada de la sostenibilidad. *Revista Ideal ambientales* (2), 10.
- Chaviano Beitra, A., Cervantes Guerra, Y., y Pierra Conde, A. (2011). Algunas consideraciones de rehabilitación minera en la minería del níquel: Municipio de Moa, Cuba. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 4(10), 41-52.
- Colegio de bachilleres. (2010). ECONOMÍA I (pp. 148). Recuperado el 30 de octubre del 2016 en: <https://www.google.com/search?q=http%3A%2F%2F>
- Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista. (2016). Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el año 2030: Propuesta de visión de la Nación, Ejes y Sectores Estratégicos. (pp. 32).
- Constitución General República de Cuba. (2019). Epígrafe IV Derechos, deberes y garantías.
- Cordero, D., Moreno Diaz, A., y Kosmus, M. (2008). Manual para el desarrollo de mecanismos de pago/compensación por servicios ambientales. *Global Bussiness*, 112.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (1985). Estudio sobre el uso potencial del suelo, cuenca alta del río Dagua. Cali, Colombia.
- Correa Restrepo, F., y Londoño, J. (2011). Valoración económica de impactos ambientales de los proyectos de generación de hidroelectricidad: el caso del Salto del Buey, Colombia. *CIER Gestión ambiental*, 61.
- Darromán Savigne, C., y Velázquez Leyva, R. (2011). El proceso de gestión y la gestión económica en las empresas. *Observatorio de la Economía Latinoamericana* (145)
- Delgado Díaz et al., (1999) *Ecología y sociedad*. La Habana, Cuba: Editorial de Ciencias Sociales.

- Delgado Díaz, C. J. (2001) Límites socioculturales de la educación ambiental. Acercamiento desde la experiencia cubana, La Habana.
- Díaz, M. (2009). Proyecto de recuperación del yacimiento Carbonato Tanque Viñas. Tercera Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2009, La Habana.
- Dirección de Asuntos Ambientales Mineros de Perú ,2010. Guía para la elaboración de planes de cierre de pasivos ambientales mineros. Recuperado el 20 de noviembre de 2016 en:
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/legislacion/guia_pasivos_Mineros_2010_ag_o_20.pdf.
- Espinoza Calla, J. (2016). Gestión económica y financiera para una adecuada toma de decisiones en la cooperativa de ahorro y crédito Cabanillas-Mañazo LTDA. Períodos 2013 - 2014 (Tesis de pregrado), ALTIPLANO, Universidad Nacional del Altiplano
- Fayol, H. (1949). General and Industrial Management. Pitman & Sons. Londres.
- Fonseca Vásconez, J. F. (2017). La gestión territorial para el desarrollo sostenible. Caso Cantón Baños de agua santa, Tungurahau, Ecuador. (Tesis doctoral), Matanzas, Universidad de Matanzas.
- Fuentes Sardiña, R. I. (2013). Propuesta de planes de manejo como instrumento para la rehabilitación de canteras. Estudio de casos: Cantera la Zamora, Matanzas. (Tesis Doctoral), Pinar del Río.
- García Saltos, M. (2017). Modelo de gestión administrativa para el gobierno autónomo descentralizado del Cantón Echeandía, Provincia Bolívar, República de Ecuador. (Tesis doctoral), La Habana, Universidad de la Habana.
- García, A. E., Bruzón, N., Campos, M., Olivera, J., Miravet, B. L., Jaimez, E., Carballosa, A. (2011). Principales problemas que confronta el proceso de rehabilitación de áreas impactadas por la minería del níquel en Cuba. Cuarta convención cubana de ciencias de la tierra, GEOCIENCIAS'2011., La Habana.
- Garzón, C. (2011). Análisis de los conceptos de administración, gestión y gerencia en enfermería, desde la producción científica de enfermería, en américa latina. (Tesis de Maestría), Bogotá, Colombia,

Universidad nacional de Colombia. Recuperado el 20 de mayo de 2017 en:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/6678/1/claramariagarzonrodriguez.2011.pdf>.

Gelviz Gelvez, S. M. (2013). Especies arbustivas tolerantes al cambio climático, para ser propuestas en proyectos de restauración del matorral xerófilo en el Estado de Hidalgo. (Tesis Doctoral), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Gil Quintero, M. M., Duque Gómez, B. R., Morales Gómez, J. M., y Gaviria Jaramillo, J. E. (2012). Modelo de guía socioambiental para proyectos de infraestructura vial en el departamento de Antioquia. (Tesis de Especialistas en Vías y Transporte), Medellín, Universidad de Medellín.

Gómez Gutiérrez, C. (2013). El desarrollo sostenible: Conceptos básicos, alcance y criterios para su evaluación. Recuperado el 8 de septiembre del 2017 en:
<http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>

Gómez Gutiérrez, C. (2016). Economía Ambiental: Conceptos y aplicaciones prácticas (1ra ed.). La Habana: CITMATEL.

Gómez Pais, G., Gómez Gutiérrez, C., y Rangel Cura, R. (2015). Guía metodológica para la valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos (BSE) y daños ambientales. (pp. 27): CITMA.

Hartley Ballesteros, M. (2008). Economía ambiental y Economía ecológica: Un balance crítico de su relación. Revista Economía y Sociedad (33 y 34), 55 - 65.

Hernández, P. (2011). The enterprise management, an approach of century XX, from the theories administrative scientific, functional, bureaucratic and of human relations.

Herrero Echevarría, G., Bruzón Sánchez, N., Batista Martínez, K., y Herrera Oliver, P. P. (2009). Reforestación para la rehabilitación de terrenos degradados por la industria minera a cielo abierto en la región Nicaro – Mayarí, Holguín, Cuba. Agricultura orgánica, 3.

ISO. (2015). ISO 14001 Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso. Suiza.

Juran, J. (2008), Quality Control Handbook, Seventh. New York, United States: Edition, McGraw-Hill Book Company.

- Labandeira, X., León, C. J., y Xosé Vázquez, M. (2007). Economía ambiental (pp. 376). Recuperado el 20 de junio del 2016 en: https://economydigitals.blogspot.com/2016/11/economia-ambiental-de-xavier-labandeira_14.html Doi: M-42.435-2006
- Lara López, F. (2007). Economía ecológica vs. Economía ambiental: orígenes y diferencias. (Tesis pregrado). Universidad Autónoma Metropolitana. México
- Legrá Lobaina, A. A., y Silva Diéguez, O. R. (2011). La investigación científica. Conceptos y reflexiones. La Habana: Félix Varela.
- Lineamientos de la Política Económica y Social del Estado y la Revolución. (2016). VII Congreso del Partido Comunista de Cuba. La Habana: pp. 38.
- Loustaunau, M. (2014). Aspectos e Impactos Ambientales. La Habana
- Marín Marín, N. (2012). Modelos de recuperación de áreas degradadas por minería de oro de aluvión. Simposio bosques y minería responsable, CIA Sede Central.
- Martínez Idrobo, J. P., y Figueroa Casas, A. (2013). Evolución de los conceptos y paradigmas que orientan la gestión ambiental ¿cuáles son sus limitaciones desde lo glocal? Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 13(24), 13-27.
- Milián Milián, E., Ulloa Carcasés, M., Jornada Krebs, A. S., y Rosario Ferrer, Y. (2012). Procedimiento para la rehabilitación minero-ambiental de yacimientos piríticos polimetálicos cubanos. Revista Minería y Geología, 28 (4), 20-40.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Plan nacional de restauración: restauración ecológica; rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas (pp. 80). Colombia: Bogotá D.C.
- Ministerio de Ciencia; Tecnología y Medio Ambiente. (2009). Resolución 132. Reglamento del proceso de evaluación de Impacto Ambiental. (Vol. 037). Gaceta Oficial de la República de Cuba: Ministerio de Justicia.
- Ministerio de Ciencia; Tecnología y Medio Ambiente. (2016). Estrategia Ambiental Nacional, Provincial y Municipal.

- Ministerio de Finanzas y Precios. (2001). Resolución 198 Obligaciones tributarias. La Habana.
- Ministerio de Finanzas y Precios. (2009). Precios mayoristas maximos de la madera aserrada um: m³. Gaceta Oficial de la República de Cuba.
- Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación. Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. (2015). Manual de valoración económica del patrimonio natural (Vol. 45). Perú: Lima, Perú.
- Mintzberg (1984). La estructuración de las organizaciones. Ariel. Barcelona
- Molina Núñez, A., y Domínguez De la Cruz, K. (2016). Informe sobre el cálculo del escurrimiento de las aguas superficiales (pp. 215): Recursos hidráulicos.
- Monroy Hernández, R., Valdivia Alcalá, R., Sandoval Villa, M., y Rubiños Panta, J. E. (2011). Valoración económica del servicio ambiental hidrológico en una reserva de la biosfera. Terra Latinoamericana, 29(3), 315-323.
- Montes de Oca Risco, A. (2017). Procedimiento para la recuperación de áreas degradadas en canteras de áridos. (Tesis Doctoral), Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Montes de Oca Risco, A., y Ulloa Carcassés, M. (2013). Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera los Guaos, Santiago de Cuba, Cuba. Luna Azul, 37(74-88).
- Morales Vallejo, (2012). Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos? Recuperado el 20 de julio de 2019 en:
<http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pdf>
- Naime, R. y Garcia, A. C. (2005). Recuperação de áreas degradadas por pedreiras. Uniciências. 9, pp. 59-71.
- Ochoa, M. et al. (2007), -Innovación, tecnología y gestión tecnológicall. Acimed, Vol. 16(4). Recuperado el 17 de mayo del 2017 en: <http://bus.sld.cu/revistas/aci/vol16407/aci081007.html>
- Oficina Nacional de Recursos Minerales de la República de Cuba. (1997) Manual de procedimientos mineros.

- Osorio Múnera, J. D., y Correa Restrepo, F. (2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimulación. *Semestre Económico*, 7(13), 159-193.
- Otaño Noguel, J. (2013). *Nociones de Minería*. Editorial Universitaria: Félix Varela La Habana.
- Oyarzun Muñoz, R. (2011). *Introducción a la Geología de Minas: Exploración & Evaluación* (pp. 175). Recuperado el 14 de abril de 2017 en: www.aulados.net/GEMM/GEMM.html
- Oyarzun, R., Higuera, P., y Lillo, J. (2011). *Minería ambiental: Una introducción a los impactos y su remediación* (pp. 335). Recuperado el 22 de octubre del 2017 en: www.aulados.net/GEMM.html
- Palacios Castillo, G. (2018). Comportamiento de las estrategias de manejo forestal y de conservación, en la minería de níquel, Moa, Holguín, Cuba. *IV Congreso Internacional de Minería y Metalurgia*, La Habana.
- Pérez Campdesuñer, R. (2006). *Modelo y procedimiento para la gestión de la calidad en el destino turístico holguinero*. (Tesis Doctoral). Universidad -Oscar Lucero Moyall, Holguín. Cuba
- Petronzi, A.; Pirazzini, C.; Lancellotti, L. (2016) y (2019). *Listado de precio animal*. Italia. Recuperado el 22 de enero de 2019 en: <http://www.shellauction.net>
- Piñeiro Chousa, J., y Romero Castro, N. (2011). *Directrices para orientar la gestión medioambiental hacia la creación de valor empresarial*. *Revista Galega de Economía*, 20(1), 1-26.
- PNUD/CEPAL. (2000). *Desafíos y propuestas para una implementación más efectiva de instrumentos económicos en la gestión ambiental de América Latina y el Caribe*. XII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, Bridgetown, Barbados.
- Principales indicadores económicos 2016-2018. Banco Mundial. 2018. Recuperado el 20 de febrero de 2018 en: <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado>
- Programa de Desarrollo Sostenible para la Industria Minera del Departamento de Industria; Turismo y Recursos del Gobierno de Australia. (2006). *Manual para la Rehabilitación de Minas*. Recuperado el 5 de marzo del 2017 en: <http://www.servindi.org/actualidad/867>

- Rabilero, M. (2013). Metodología para la rehabilitación biológica que propicie la recuperación paulatina de los terrenos minados de la empresa Pedro Soto Alba Moa-Nikel S.A. Quinta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias´2013 [CD-ROM], La Habana.
- Ramírez Pérez, J. F. (2011). Desarrollo local sostenible: Su aplicación a partir del Manejo Turístico de un área natural, La Terrazas (Cuba) (pp. 184).
- Rendón Díaz, C. J. (2011). Herramientas de gestión de transferencia tecnológica para la recuperación de áreas degradadas por minería. (Tesis de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería Administrativa en Gestión Tecnológica), Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Reynaldo Argüelles, C. L. (2013). Procedimiento para la valoración económica y ambiental en la actividad minera de níquel. (Tesis Doctoral), Santiago de Cuba, Instituto Superior Minero Metalúrgico. Recuperada el 18 de febrero de 2015 en: <http://www.ismm.edu.cu/edum>
- Robbins, S. y Coulter, M. (2005). Administración. Octava Edición. Pearson Educación. México.
- Rodríguez Córdova, R. G. (2002). Economía y recursos naturales. Una visión ambiental de Cuba: Apuntes para un libro de texto. Universitat Autònoma de Barcelona: Servei de publicacions.
- _____ (2005). Evaluación de Impactos ambientales (pp. 128). Universidad autónoma de Nicaragua.
- Rodríguez, C. (2010). Procedimiento para estudiar las necesidades informativas de los directivos en la EHTC -Hermanos Gómez. Aplicación de AMIGA. Universidad de Camagüey. Centro de Estudios Multidisciplinarios para el turismo. Camagüey – Cuba.
- Ruiz Bolívar, C (2002). Instrumentos de Investigación Educativa. CIDEG. Barquisimeto. Lara. Venezuela.
- Sabeedra, G. (2010). Introducción a la Gestión Corporativa.
- Sanabria, M. (2007). De los conceptos de administración, gobierno, gerencia, gestión y management: algunos elementos de corte epistemológico y aportes para una mayor comprensión. Univ. Empresa, Vol. 6(13), p. 155-194.

- Sánchez Angulo, L. A. (2009). Impactos ambientales. Universidad los ángeles de Chimbote. Recuperado el 19 de septiembre de 2017 en:
http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%20sobre%20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20ULADECH/14. Impacto ambiental lectura 2009.pdf
- SENDECO2. (2016). Precios del CO2. Recuperado el 28 de septiembre de 2018 en:
<https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- SENDECO2. (2018). Precios del CO2. Recuperado el 28 de septiembre de 2018 en:
<https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- Serrada Hierro, R. (2000). Apuntes de Repoblaciones Forestales. FUCOVASA. Madrid. 77.
- Stoner, J. (1996). Administración. Sexta edición. Prentice Hall. México.
- _____ (2010), Dirección .Capítulo 3, Parte 2. La Administración en el siglo XXI. Sexta Edición ®, Editorial Prentice Hall. Ciudad México.
- Tanaka, G. (2005). Análisis de los Estados Financieros para la toma de decisiones. Lima: Editorial de la pontificie Universidad Catolica del Perú.
- Tandioy, M (2001). Nuevo enfoque de la gestión socioambiental para exploración y producción de hidrocarburos en territorios indígenas. Recuperado el 19 de octubre del 2017 en:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/mtandioy.pdf>
- The London Metal Exchange. (2016). Featured LME Prices. Recuperado el 14 de diciembre de 2016 en:
www.lme.com
- Torres Batista, Y., Rodríguez Córdova, R., y Reynaldo Argüelles, C. L. (2018). Modelo de gestión económico-ambiental para la rehabilitación minera en función del desarrollo sostenible. Revista Caribeña de las Ciencias Sociales, 11.
- Torres Peñafiel, N. (2017). Fomento de una cultura organizacional autóctona en aras de una mejor gestión para los gobiernos autónomos descentralizados Municipales de la Provincia de CHIMBORAZO. (Tesis doctoral), La Habana, Universidad de la Habana.

- Triton. (2016) y (2019). Listado actualizado de animales disponibles. Madrid. Recuperado el 22 de enero de 2019 en: <http://www.tritonreptiles.com>
- UNESCO. (2012). Education for Sustainable Development Sourcebook (pp. 53). Recuperado el 8 de septiembre de 2017 en: <http://unesdoc.unesco.org>
- Urbino Rodríguez, J., Díaz Martínez, B., y Sigarreta Vilches, S. (2016). Rehabilitación ambiental minera. Villa Clara. Cuba. Editorial Feijóo.
- Vega Matos, R., y Rodríguez Vázquez, J. C. (2015). Enfermedades respiratorias en trabajadores expuestos al polvo lateríticos. *Revista Cubana de Medicina*, 54(4), 337-347.
- Vilariño Corella, C. M. (2013). Dinamización de la gestión ambiental desde la estrategia empresarial. Caso empresa del Níquel Comandante Ernesto Che Guevara. (Tesis Doctoral), Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Holguín.
- Zamora Molina, T. (2017). Sistemas de gestión y su integración. Caso de estudio: Centro de inmunología molecular. (Tesis doctoral), La Habana, Universidad de la Habana.