

Especialidad – Minas

*Trabajo de Diploma en opción
al título de Ingeniero en Minas*

**PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO
PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS
YACIMIENTOS LATÉRITICOS**

Autor: Carlos Kamilonga Nlandu

Curso: 2018-2019
“Año 61 de la Revolución”

Especialidad – Minas

*Trabajo de Diploma en opción
al título de Ingeniero en Minas*

**PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO
PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS
YACIMIENTOS LATÉRITICOS**

Autor: Carlos Kamilonga Nlandu

Tutores: Dr. C. Yordanys Esteban Batista Legrá

MS. c. Amparo Velázquez Velázquez

Curso: 2018-2019
“Año 61 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Carlos Kamilonga Nlandu, autor del presente trabajo y los tutores Dr. C. Yordanys Esteban Batista Legrá y MS. c. Amparo Velázquez Velázquez, certificamos la propiedad intelectual de este trabajo, a favor del ISMM y de la Facultad de Geología – Minas del mismo instituto, los cuales podrán hacer uso del mismo con la finalidad que estimen conveniente.

Diplomante: Carlos Kamilonga Nlandu

Tutores

Dr. C. Yordanys E. B. Legrá

MS. c. Amparo Velázquez Velázquez

DEDICATORIA

*Dedico esta Tesis primeramente a Dios por haberme permitido cumplir una meta más en mi vida, a mi querida madre Maria Mansanga Jovelino por su educación, apoyo y amor incondicional y a mi querido padre Sebastián Nlandu por ser la fuente de mi vida y que Dios le tenga en su santa Gloria
A mis hermanos (as) por el apoyo incondicional que siempre me han dado, aunque estando lejos de mí, a mi querido hijo Simão M. Nlandu por ser la fuerza de mi formación y a mis sobrinos Sebastião landu y Luisa P. D. landu por ser en la parte de esta fuerza.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza y la capacidad en los momentos más difíciles de mi vida, por guiar mis pasos y enseñarme siempre el camino correcto.

A mi familia, por el apoyo y en especial en especial mi querida madre por darme todo su apoyo y confiar en que este un día el sueño se haría realidad, a mi padrastro Antonio D. Castelo a mis hermanos; José M. M. Nlandu, Isabel Helena, Felizalda Castelo, Luisa Castelo, Pedro Castelo y Domingos Alfredo, A mi querida novia Lic. Joana Paula de Carvalho Rangel por todos sus consejos y apoyo incondicional durante mi formación. A mis tíos (as) y Primos (as) que siempre me han apoyado, Manuel José Antonio, Valentino Días, Engracia Pedro Buzo, Maria Mavinga José, Panzo Pedro, Pedro Vicente e Augusto Vicente.

A mis tutores Dr. C. Yordany Esteban Batista Legrá y MS. c. Amparo Velázquez Velázquez por la ayuda depositada durante la realización de la tesis. A profesora Isabel Salgado Rodríguez y a Nereida Viñals por sus apoyos incondicional en mi formación.

A mis amigos que siempre me han apoyado en las buenas y en las malas, Zacarias Salimanda, Fausto Aderito, Elías Branco, Indira Garcia, Miguel Pacheco, Salvador Wanga, Antonio Marcos, José Rodrigues, Garciano José, Francisco Maiamona, Francisco Salvador, Paulo Quixibo y Killas Sebastião.

A todos mis compañeros de aula, en especial; Marinela, Invancine, Arlindo, João Lucamba, Marcos, Mutoca, Inocencio, Galcion, Abel, Rodrigues, Javier, Julián, Álvaro, Eugenio, José y a todos mis compañeros angolanos en especial; Teydi, Sueby, Nicolau, Bruno, Bartolomeu, Rodriga, Antonia, Piter, Carnoth, Delson, Lukenia, Irina, Nilton, Rodrigues, Dumildes, Edson Correa, Justino, Vemba, sin olvidar a los haitianos y los cubanos que de una forma u otra me brindaron su ayuda y colaboración,

A todos los profesores del ISMMM, en especial a los del departamento de Minería por sus consejos y apoyo durante el desarrollo de esta Tesis y por ser la fuente del saber.

A los Gobiernos de Angola y Cuba por contribuyeren en mi formación.

PENSAMIENTO

Cuando la tierra está enferma y contaminada, la salud humana es imposible, para sanarnos a nosotros mismos debemos sanar nuestro planeta y para sanar nuestro planeta, debemos sanarnos a nosotros mismos.

Bobby McLeod

Si realmente crees que el medio ambiente es menos importante que la economía, intenta aguantar la respiración mientras cuentas tu dinero.

Dr. Guy McPherson.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo perfeccionar el procedimiento para el diagnóstico ambiental establecido en la Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel incorporando las nuevas posibilidades de la computación para el análisis de imágenes satelitales y la modelación de datos topográficos. Los resultados del análisis de información topográfica y cartográfica le incorporan un valor agregado al procedimiento vigente incorporando un análisis cuantitativo de los yacimientos lateríticos que se investigan para lograr medidas correctoras oportunas y debidamente justificadas en los costos que cada proyecto incurre. En el perfeccionamiento del documento rector se incorporan los análisis de las elevaciones, las pendientes y sus orientaciones en cada yacimiento. El procedimiento perfeccionado se aplica a un caso de estudio específico del yacimiento Yagrumaje Sur. La investigación aporta mejoras significativas a los diagnósticos ambientales en yacimientos lateríticos.

Palabras Claves: Diagnóstico Ambiental, Pendientes, Procedimiento, Cartografía, Topografía, Mapa.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

ABSTRACT

The objective of this work is to improve the procedure for environmental diagnosis established in the Nickel Engineering and Projects Company, incorporating the new possibilities of computing for the analysis of satellite images and the modeling of topographic data. The results of the topographic and cartographic information analysis allow us to add added value to the current procedure by incorporating a quantitative analysis of the lateritic deposits that are investigated in order to achieve timely corrective measures and duly justified in the costs incurred by each project. With the improvement of the governing document, analyzes of the elevations, slopes and orientation of the slopes are incorporated in each deposit. The perfected procedure is applied to a specific case study (Yagrumaje Sur Field) and when compared with the previous report, significant improvements to the environmental diagnosis in lateritic deposits can be evidenced.

Key Words: Environmental Diagnosis, Slopes, Procedure, Cartography, Topography, Map.

**PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS**

INDICE

INTRODUCCIÓN	- 1 -
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN ...	- 5 -
1.1 – Estudio del Impacto Ambiental (EIA).....	- 5 -
1.2 – Marco legal nacional e internacional de la investigación.....	- 6 -
1.2.1. – Leyes y normas cubanas para el medio ambiente	- 6 -
1.2.2 – Normas internacionales ISO	- 10 -
1.3 – Topografía en el medio ambiente	- 12 -
1.4 – Cartografía Ambiental.....	- 13 -
1.5 – Herramientas informáticas (<i>Software</i>).....	- 14 -
1.5.1 – AutoCAD Civil 3D	- 14 -
1.5.2 – SAS Planet	- 16 -
1.6 – Análisis de los trabajos precedentes relacionados con la temática en Cuba y a nivel internacional.....	- 16 -
CAPÍTULO II – PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS	- 20 -
2.1 – Alcance	- 20 -
2.2 – Responsabilidades.....	- 20 -
2.3 – Definiciones	- 20 -
2.3.2 – Listado de planos.....	- 21 -
2.4 – Introducción	- 21 -
2.5 – Características físico-geográficas de la región de estudio	- 22 -
2.6 – Antecedentes.....	- 22 -
2.7 – Alcance del proyecto	- 23 -
2.8 – Medio natural y Socioeconómico	- 23 -
2.8.1 – Identificación de las unidades de paisaje	- 23 -
2.8.2 – Evaluación de la calidad visual del paisaje	- 24 -
2.9 – Marco legal	- 26 -
2.10 – Microlocalización de los focos de contaminación	- 26 -
2.11 – Estudio topobatimétrico	- 28 -
2.11.1 – Levantamiento Topográfico	- 28 -
2.11.2 – Batimetría.....	- 29 -
2.12 – Metodología y volúmenes de los trabajos realizados para la valoración hidroquímica.....	- 29 -
2.13 – Caracterización hidroquímica	- 29 -

**PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS**

2.13.1 – Parámetros de valoración	- 29 -
2.13.2 – Valoración según las Normas Cubanas	- 30 -
2.13.3 – Valoración del muestreo en la época de seca	- 30 -
2.13.4 – Valoración de la erosión.....	- 30 -
2.14 – Medidas de mitigación	- 32 -
CAPÍTULO III – APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN EL YACIMIENTO YAGRUMAJE SUR.....	- 33 -
3.1 – Características físico-geográficas del yacimiento Yagrumaje Sur.....	- 33 -
3.2 – Antecedentes del Yacimiento Yagrumaje Sur	- 37 -
3.3 – Alcance del proyecto del Yacimiento Yagrumaje Sur.....	- 37 -
3.4 – Medio natural y Situación socioeconómica de la región.....	- 38 -
3.4.1 – Medio natural.....	- 38 -
3.4.2 – Situación socioeconómica de la región	- 41 -
3.5 – Evaluación de la calidad visual del paisaje	- 41 -
3.5.1 – Determinación de las unidades de paisaje en el yacimiento Yagrumaje Sur.....	- 41 -
3.5.2 – Calidad Visual del paisaje en el yacimiento Yagrumaje Sur	- 42 -
3.6 – Marco legal aplicado en el Yacimiento Yagrumaje Sur.....	- 43 -
3.7 – Microlocalización de los focos de contaminación del Yacimiento Yagrumaje Sur.....	- 44 -
3.7.1 – Foco contaminante número uno.....	- 45 -
3.7.2 – Foco contaminante número dos.....	- 45 -
3.7.3 – Foco contaminante número tres.....	- 46 -
3.7.4 – Foco contaminante número cuatro	- 46 -
3.8 – Medidas de mitigación de los focos contaminantes en el yacimiento Yagruma Sur.....	- 48 -
CONCLUSIONES	- 59 -
RECOMENDACIONES	- 60 -
BIBLIOGRAFÍA	- 61 -
ANEXOS	- 65 -

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 2. 1: Parámetros de transformación del WGS84 al sistema de coordenadas nacionales	- 27 -
Tabla 2. 2: Parámetros para la conversión de coordenadas	- 27 -
Tabla 3. 1: Análisis las elevaciones	- 34 -
Tabla 3. 2: Análisis de las Pendientes	- 35 -
Tabla 3. 3: Orientaciones de las Pendientes.....	- 35 -
Tabla 3. 4: Determinación de las unidades de paisaje en el yacimiento Yagrumaje Sur.....	- 42 -
Tabla 3. 5: Calidad Visual del paisaje en el yacimiento Yagrumaje Sur	- 43 -
Tabla 3. 6: Medidas de mitigación de los focos contaminantes encontrado	- 49 -

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 2. 1: Flujograma del Procedimiento de la Empresa CEPRONIQUEL	- 21 -
Figura 3. 1: Ubicación del yacimiento Yagrumaje Sur	- 34 -
Figura 3. 2: Áreas recién rehabilitadas con deficiente desarrollo	- 35 -
Figura 3. 3: Zonas erosionada con presencia de surcos	- 36 -
Figura 3. 4: Imagen satelital que ocupa el yacimiento Yagrumaje Sur	- 36 -
Figura 3. 5: Observación de un desarrollo Vegetativo importante.....	- 38 -
Figura 3. 6: Estrato arbóreo irregular que fluctúan entre 20 a 30 m....	- 38 -
Figura 3. 7: Flora observada durante el recorrido.....	- 39 -
Figura 3. 8: Área donde se observa talud erosionado con cárcavas...	- 39 -
Figura 3. 9: Zona rehabilitada del Yagrumaje Sur en Noviembre de 2016	- 40 -
Figura 3. 10: Área rehabilitada del Yagrumaje Sur en Diciembre de 2016	- 40 -
Figura 3. 11: Mapa temático de los focos de contaminación.....	- 44 -
Figura 3. 12: Foco contaminante número uno.....	- 45 -
Figura 3. 13: Foco contaminante número dos.....	- 45 -
Figura 3. 14: Foco contaminante número tres.....	- 46 -
Figura 3. 15: Foco contaminante número cuatro	- 47 -
Figura 3. 16: observación del foco contaminante número cinco .-	- 48 -
Figura 3. 17: Ocultación mediante la planificación de la explotación..	- 52 -
Figura 3. 18: Ocultación por accesos sinuosos	- 53 -
Figura 3. 19: Orientación del frente de trabajo perpendicular al eje de visión de un observador situado en una posición dominante.....	- 53 -
Figura 3. 20: Apantallamiento con el terreno y reforestación.....	- 54 -
Figura 3. 21: Remodelación de las bermas y taludes	- 55 -
Figura 3. 22: Diseños posibles de una escombrera, de mayor a menor impacto visual.....	- 57 -
Figura 3. 23: Plantación perpendicular a las curvas de nivel	- 57 -
Figura 3. 24: Plantación en forma diagonal.	- 58 -
Figura 3. 25: Vegetación en los bordes del camino	- 58 -

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1: Análisis de las elevaciones del Yacimiento Yagrumaje Sur..	- 65 -
Anexo 2: Análisis de las Pendientes del Yacimiento Yagrumaje Sur...	- 66 -
Anexo 3: Orientaciones de las Pendientes del Yacimiento Yagrumaje Sur	- 67 -
Anexo 4: Tabla de cuencas Hidrográficas del Yacimiento Yagrumaje Sur	- 68 -
Anexo 5: Modelo Digital de elevaciones del Yacimiento Yagrumaje Sur	- 69 -
Anexo 6: Mapa temático General	- 69 -
Anexo 7: Mapa Temático de Bosques Nativos	- 69 -
Anexo 8: Mapa temático de Áreas Reforestadas	- 69 -
Anexo 9: Mapa General de Cárcavas	- 69 -
Anexo 10: Mapa temática de los focos contaminantes	- 69 -
Anexo 11: Flujograma del Procedimiento para el diagnóstico ambiental en los yacimientos lateríticos.	- 69 -

INTRODUCCIÓN

El progresivo deterioro del medio ambiente como consecuencia de las múltiples actividades industriales y la posibilidad tangible del agotamiento de los recursos, ha conducido a estudiar el impacto del ser humano y sus actividades sobre el ambiente, en un intento por entender sus dimensiones y proponer medidas preventivas, de control o de mitigación. Muchas industrias generan graves problemas ambientales, por la gran cantidad y diversidad de sus procesos de producción y por la naturaleza contaminante de los mismos, lo cual ha incrementado la preocupación por mantener y mejorar la calidad ambiental.

La minería a través de los años se ha convertido en un factor de gran importancia para la economía mundial, la misma en general, produce varios impactos en el entorno físico y social en todas sus etapas, desde el reconocimiento geológico, la prospección, la exploración, así como en la explotación y el cierre de la mina.

Las operaciones y procesos que componen la explotación de un proyecto minero producen afectaciones notables sobre el medio natural, que se manifiestan de muchas maneras y que en general tiene como principales causas el manejo deficiente de residuales sólidos y emisiones a la atmósfera, la insuficiente aplicación de enfoques preventivos, la falta de conciencia ambiental de muchos de los actores involucrados en la gestión ambiental a los diferentes niveles, las debilidades en la aplicación de la legislación y normas vigentes y la carencia de recursos materiales y financieros para acometer las inversiones requeridas, sustituir tecnologías obsoletas e implementar un sistema de monitoreo ambiental que sustente la toma de decisiones.

Según, Flores (2016), desde hace varias décadas el ser humano ha tomado conciencia de las enormes alteraciones que la minería viene causando en la naturaleza. Esas alteraciones tienen efectos, no solo dentro de un ámbito local o regional, sino que afectan a la tierra en su globalidad, esa toma de conciencia hace que se hayan producido iniciativas para evitarlas partir del estudio del diagnóstico y evaluación del impacto ambiental.

Para desarrollar una minería sustentable con el mínimo de afectación al medio, es necesario promover una cultura ambiental basada en el conocimiento de los efectos que produce la extracción minera sobre el entorno y la valoración de

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

todos los impactos para realizar acciones de tratamiento a partir de los resultados obtenidos en la evaluación.

Para ejecutar la evaluación de la Evaluación de los impactos ambientales que los proyectos mineros generan sobre el medio ambiente es necesario realizar un diagnóstico ambiental previo del entorno donde se ejecuta el mismo.

La Empresa de Ingeniería y Proyectos de Níquel de Moa especializada en la prestación de servicios de ingeniería, diseño y gestión de proyectos, surgió el 19 de octubre de 1985, para dar respuesta a los requerimientos del pujante desarrollo que experimentaba este territorio en la rama níquelífera.

El Grupo de Medio ambiente de la División de Minas y transporte minero desarrolla dentro de sus actividades el diagnóstico ambiental y para ello cuentan con una Instrucción de trabajo para la ejecución del Diagnóstico Ambiental (MA-002), considerando los siguientes parámetros:

- Características Físicas-Geográficas de la Región de Estudio.
- Medio natural y socioeconómico.
- Marco legal.
- Microlocalización de los focos de contaminación.
- Estudio Topobatimétrico.
- Metodología y volúmenes de los trabajos realizados para la valoración hidroquímica.

En el mundo el uso de técnicas digitales asociados a *Softwares* diseñados para el Diagnóstico del medio ambiente, de ellos tenemos: FAMASostenible, Eco2biz e ISOLución del medio ambiente, estos softwares están basados en las normas internacionales de referencia como ISO 14001 e ISO 9001.

Partiendo de que el mundo ya se manejan softwares especializados como herramientas para realizar diagnósticos ambientales, la instrucción usada en CEPRONIQUEL tiene la limitante al no incorporar en sus procesos el análisis de la topografía y su vinculación con las afectaciones al medio ambiente

Por tal razón surge como **problema** la necesidad de perfeccionar el procedimiento para el diagnóstico ambiental en los yacimientos lateríticos incorporando los análisis topográficos en con ayuda de *Software* especializados.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Objeto de estudio: procedimiento para el diagnóstico ambiental.

Campo de acción: yacimiento Yagrumaje Sur.

El **objetivo general** radica en perfeccionar el procedimiento para el diagnóstico ambiental en los yacimientos lateríticos incorporando los análisis topográficos con ayuda de *software* especializados.

Hipótesis: si se analiza el procedimiento para el diagnóstico ambiental en los yacimientos lateríticos, se recopila información Topográfica y Cartográfica y se realiza un análisis geoespacial de los parámetros a estudiar con el uso de los *softwares* especializados, entonces es posible perfeccionar el procedimiento para el diagnóstico ambiental en los yacimientos lateríticos implementado por la empresa CEPRONIQUEL.

Objetivos Específicos

1. Analizar el procedimiento para el diagnóstico ambiental en los yacimientos lateríticos implementado por la empresa CEPRONIQUEL en el contexto actual y perspectiva del diagnóstico ambiental.
2. Recopilar información Topográfica y Cartográfica del yacimiento.
3. Realizar un análisis geoespacial de los parámetros que se valoran en el diagnóstico ambiental.
4. Aplicar el procedimiento a un caso de estudio

Los métodos de la investigación científica que se emplearon fueron los siguientes.

Métodos empíricos

- La observación facilitó un acercamiento a la realidad mediante la percepción directa del fenómeno a través de la participación en los Yacimientos para conocer las realidades de los trabajos, las características minero-técnicas y el estado del medio ambiente en el área de estudio.
- Entrevistas permitió recoger opiniones y valoraciones de los especialistas para fundamentar los resultados de las observaciones y para tener en cuenta las medidas de mitigación.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Métodos teóricos

- El análisis–síntesis, permitió realizar una adecuada fundamentación teórica precisando informaciones diversas de fuentes documentales estudiadas y luego arribar a conclusiones certeras en el tema de investigación.
- El método histórico–lógico permitió conocer el desarrollo y evolución de la explotación en los yacimientos latériticos.
- El inductivo-deductivo se asumió para la realización de razonamientos lógicos acerca de la explotación en los yacimientos para la formulación y verificación de la hipótesis.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se persigue aplicar una serie de conceptos, principios y leyes que permiten encauzar de un modo eficiente el proceso de la investigación científica de forma sistemática y controlada sin dejar espacio a la casualidad, así como revisar y analizar la información que ofrecen las fuentes bibliográficas consultadas.

1.1 – Estudio del Impacto Ambiental (EIA)

El Diagnóstico Ambiental está constituido por un conjunto de estudios, análisis y propuestas de actuación y seguimiento que abarcan el estado ambiental en todo el ámbito Empresarial, (Manual de Introducción a la Gestión Ambiental Municipal de Salvador, 2014).

Para que el diagnóstico ambiental no se reduzca a un inventario de datos sin valor operativo, se entiende que el proceso debe incluir una propuesta realista de acciones de mejora que resuelva los problemas diagnosticados y un sistema de parámetros que permitan su medición, control y seguimiento. La determinación clara y el liderazgo del proceso por parte de los representantes políticos, constituye un elemento esencial en su desarrollo.

La realización de un Diagnóstico Ambiental ofrece:

- El conocimiento del estado ambiental de un territorio a partir del cual podemos definir una correcta política ambiental que haga posible el desarrollo sostenible de los recursos.
- La identificación de aquellas incidencias ambientales que afectan al territorio, con el objetivo de subsanarlas.
- El conocimiento del cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.
- El aporte al territorio de un punto de arranque para la ejecución y establecimiento de actuaciones ambientales en el territorio (proyectos, estudios, organización interna).
- La facilidad de la puesta en marcha de los sistemas de participación ciudadana y la identificación del punto de partida para el desarrollo y la aplicación de los procedimientos en el territorio.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), en el contexto actual, se puede definir como un proceso de análisis que pronostica el futuro de los impactos ambientales, tanto negativos como positivos de acciones humanas permitiendo escoger las diversas alternativas que, cumpliendo con las metas propuestas, maximicen los beneficios y disminuyan los impactos no deseados en las diferentes organizaciones empresariales del país (Díaz, 2018).

Cuba introduce en su legislación (Ley 81) la evaluación ambiental de planes y programas, también conocida como evaluación ambiental estratégica, constituye un instrumento de prevención que permite integrar los aspectos ambientales en la toma de decisiones de planes y programas públicos, basándose en los impactos causados por minería.

1.2 – Marco legal nacional e internacional de la investigación

1.2.1. – Leyes y normas cubanas para el medio ambiente

➤ Ley No 81 de Medio Ambiente

La Ley No. 81 del Medio Ambiente fue promulgada el 11 de julio de 1997; según esta ley, corresponde al Ministerio de Energía y Minas reglamentar y controlar la actividad minera y las áreas mineras reservadas, sin perjuicio de la competencia que la legislación le confiere a otros órganos y organismos estatales. La Ley del Medio Ambiente en el Artículo 27 y en el artículo 6 de la Resolución 77/99 de CITMA, se recogen los elementos sustantivos del proceso de EIA.

Esta ley dispone de forma muy acertada que la obligación que asume el concesionario de rehabilitar el área afectada por la actividad minera se extiende, además, a los ecosistemas vinculados con las áreas en cuestión y que puede realizarse cualquier otra actividad relacionada con la protección del medio ambiente según dispongan los organismos correspondientes como forma de compensación del daño causado.

Según las guías para la realización de las solicitudes de licencias ambientales y los Estudios de Impacto Ambiental del Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA), en el acápite 5.3: Guías Específicas para los estudios de Impacto Ambiental en la Industria Minera, para realizar estudios de impacto ambiental correspondientes a proyectos de obras o actividades de minería se utilizarán la Guía General y los indicadores definidos en esta guía específica. Dicho estudio

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

debe abarcar los impactos causados por las acciones propias del proyecto y su relación con las infraestructuras ubicadas dentro del área de impacto.

La ciencia y la tecnología son de gran importancia como instrumentos de la política y la gestión ambiental, toda vez que contribuyen a descubrir, evaluar, controlar, evitar y combatir los riesgos que amenazan el medio, para solucionar los problemas ambientales. Con la realización de investigaciones científicas y los avances tecnológicos se ha logrado anticipar el conocimiento sobre problemas ambientales, así como contar con los instrumentos para mitigarlos o solucionarlos y con ello incrementar la calidad de vida de la población.

El artículo 51 de la Ley No. 81, "Del Medio Ambiente", formula que la creación de políticas ambientales tomará como fundamentos, entre otros, los resultados del proceso de investigación científica e innovación tecnológica. Por ello, la propia disposición normativa contiene varios preceptos dedicados a la promoción, fomento y desarrollo de estudios, investigaciones y proyectos de innovación tecnológica para el logro de los fines propuestos anteriormente mencionados.

La actividad de la Oficina Nacional de Recursos Minerales, que ejerce la inspección estatal sobre el uso racional de los recursos, la adopción de los programas de preservación del medio ambiente y su control.

El fundamento legal de los trabajos de rehabilitación, lo constituyen: la Ley No 76 (Ley de Minas), el Decreto 222 Reglamento de la Ley de Minas, la Ley 81 del Medio Ambiente, la Resolución 77/99 del CITMA y el Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

➤ Ley No 76 de Minas

La Ley No 76 de Minas promulgada en 1994, constituye el instrumento jurídico más importante en cuanto a la gestión de los recursos minerales. A continuación, se analizará brevemente los artículos relacionados con la rehabilitación. Especial importancia reviste para la protección de los recursos naturales, la norma del Artículo 34 de la Ley de Minas, sobre el contenido del instrumento mediante el cual el Consejo de Ministros o su Comité Ejecutivo otorgan una concesión minera, donde queda dispuesta la cuantía de los fondos financieros para restaurar el medio ambiente. Los fondos según el Artículo 87 del Decreto 222,

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

tienen que ser de una cuantía suficiente para cubrir los gastos derivados de las labores de restauración del área de la concesión y de las áreas devueltas, el plan de control de los indicadores ambientales y los trabajos de mitigación de los impactos directos e indirectos ocasionados por la actividad minera.

En su Capítulo VIII, sección segunda plantea “Sobre las obligaciones generales de los concesionarios” que:

Artículo 41. Todos los concesionarios están obligados a:

c) Preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área objeto de la concesión, elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades, tanto en dicha área, como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que puedan ser afectados.

En la Sección Cuarta “De la explotación y el procesamiento”, del mismo capítulo, recoge que:

g) Planificar los trabajos necesarios para la restauración o acondicionamiento de las áreas explotadas, en los términos que se establezcan por el órgano local del Poder Popular y la autoridad minera competente, según el caso, creando los fondos financieros necesarios para estos fines.

En su capítulo XI “De cierre de minas” considera de manera especial los aspectos ambientales:

Artículo 62. -El cierre temporal de una mina puede tener lugar debido a razones técnicas, económicas, minero - geológicas, hidrogeológicas, incendios, daños al medio ambiente u otras, que no permitan continuar la explotación del yacimiento.

Artículo 65.-Autorizado el cierre total o parcial con carácter temporal, el concesionario garantiza durante todo el período de cierre y hasta la extinción de la concesión:

g) el programa de restauración de la superficie afectada y un informe sobre las afectaciones provocadas al medio ambiente.

➤ Ley No 85 de Forestal

La Ley No 85 Forestal, fue decretada en agosto de 1998, tiene entre sus objetivos establecer los principios y regulaciones generales para la protección, incremento y desarrollo sostenible del patrimonio forestal de la nación.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

En el artículo 19, establece como bosques protectores de las aguas y los suelos situados en las cabeceras de las cuencas hidrográficas a las fajas forestales de las zonas de protección de embalses, ríos y arroyos, así como todos los situados en pendientes mayores de 45% o en zonas susceptibles al desarrollo de la erosión hídrica y eólica.

El ancho de las fajas forestales de las zonas de protección de embalses y cauces fluviales será establecido conjuntamente por el ministerio de la agricultura y las entidades que ocasionen la eliminación permanente de la vegetación en las zonas declaradas como bosques protectores. En este sentido, establece las regulaciones generales para la protección, la conservación, el desarrollo sostenible, el incremento y el uso racional de los bosques y la fauna silvestre, así como, de las especies forestales, y controla sus recursos faunísticos y valores florísticos, mediante sus regulaciones. Para el caso particular de las explotaciones mineras, el artículo 16 de su capítulo III, de la primera sección, establece que cualquier inversión que pueda perjudicar un patrimonio forestal o alterar el hábitat o las condiciones de vida y reproducción de las especies de la fauna silvestre, antes de su ejecución, se deberá consultar con el Ministerio de la agricultura, el cual explicará, cuando proceda, la correspondiente autorización. Además, que semejante actividad perturbadora de las condiciones medioambientales en el área forestal requiera de la correspondiente Licencia Tecnológica y Medio Ambiente.

En la cuarta sección, del artículo 25, se exige como medida correctiva y de restauración, la reforestación de las áreas del patrimonio forestal, en las cuales se realice la explotación de minerales, y por otras razones de protección al medio Ambiente, sea recomendable reforestar.

El artículo 27 se refiere que, en los trabajos de reforestación, se utilizarán especies que mejoren la calidad y las condiciones del lugar, las que estén en peligro de extinción, incluidos los de reconocido valor económico, así como, las que sean útiles para la fauna silvestre.

➤ Normas cubanas para el medio ambiente

Según la Norma Cubana 93-06-101 (1987), los paisajes son sistemas territoriales compuestos de elementos naturales y complejos de diferente rango

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

taxonómico, formados bajo la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora de la sociedad humana, que se encuentran en permanente interacción y se desarrollan históricamente. Cada geocomplejo se analiza como un sistema de recursos, un medio de vida y de actividad del hombre, un sistema que conserva fondo genético, un laboratorio natural y como fuente de sentimientos estéticos.

- NC 93-05-202 1988. Sistema de normas para la protección del medio ambiente. Bosques y áreas colindantes. Medidas de prevención contra incendios forestales antes del período crítico.
 - NC 66 2000. Calidad del suelo. Suelos forestales. Clasificación y utilización.
 - NC: 28-1999 Calidad del suelo. Clasificación de las tierras afectadas para la Restauración. Esta Norma Cubana establece la clasificación de las tierras afectadas para la restauración y los criterios sobre sus posibles usos.
- Resolución No. 132 /2009 Reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental.

El Consejo de Estado de 2 de marzo de 2009 elaboró un reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental donde Ministro de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente son las entidades de están designados a resolver estos problemas. En la cual están divididos en 4 capítulos relacionándolos con la ley 81 del Medio Ambiente, donde si describen en capítulos importantes a la hora de realizar un diagnóstico ambiental.

1.2.2 – Normas internacionales ISO

La palabra ISO deriva de la palabra griega “isos”, que significa “igual”. La definición larga es que las siglas hacen referencia a “Organización Internacional de Normalización” (International Organization for Standardization, en inglés).

La Empresa CEPRONIQUEL desarrolla los trabajos de estudio del impacto ambiental a partir del procedimiento que se denomina Instrucción de trabajo de Medio Ambiente para Diagnóstico Ambiental MA-002, el mismo está sustentado en la norma ISO 10013.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

- Norma ISO 10013 directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad.

Las ISO 10013 es la norma que rige en los procedimientos documentados, válida tanto para sistemas de gestión de la calidad basados en ISO 9001 como para otros sistemas de gestión basados en normas diferentes, así como también para la del medio ambiente (ISO 14001).

Procedimientos documentados

Los procedimientos documentados según las normas ISO 10013, deben seguir la estructura siguiente:

- Estructura y formato
- Contenido
- Revisión, aprobación y modificación
- Identificación de los cambios

Los procedimientos son documentos complementarios que responden a ¿qué?, ¿quién lo hace?, ¿cuándo? y ¿dónde?

- ISO 9001:2015 – Sistemas de Gestión de la Calidad

La norma ISO 9001:2015 es la base del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC). Es una norma internacional que se centra en todos los elementos de la gestión de la calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios. Esta Norma Internacional se basa en los principios de la gestión de la calidad descritos en la Norma ISO 9000. Las descripciones incluyen una declaración de cada principio, una base racional de porqué el principio es importante para la organización, desempeño de la organización cuando se aplique el principio. Los principios de la gestión de la calidad son:

- enfoque al cliente;
- liderazgo;
- compromiso de las personas;
- enfoque a procesos;
- mejora;
- toma de decisiones basada en la evidencia;
- gestión de las relaciones.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

➤ ISO 14001 Sistema de Gestión Ambiental

La norma ISO 14001 es la norma internacional de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), que ayuda a su organización a identificar, priorizar y gestionar los riesgos ambientales, como parte de sus prácticas de negocios habituales. El propósito de esta Norma Internacional es proporcionar a las organizaciones un marco de referencia sistemático para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las necesidades socioeconómicas, mediante la especificación de requisitos para un sistema de gestión ambiental que posibilita que una organización mejore su desempeño ambiental mediante un enfoque sistemático a la gestión ambiental puede suministrar información a la alta dirección para alcanzar el éxito a largo plazo y crear opciones para contribuir al desarrollo sostenible.

1.3 – Topografía en el medio ambiente

La topografía siempre ha tenido gran incidencia en el desarrollo de proyectos que benefician a la comunidad y al país en general, en los últimos años los gobiernos han manifestado sus interés y preocupación por la protección y conservación de los recursos naturales, así como, gestionar diversos proyectos y políticas de carácter ambiental que involucran toda actividad profesional que ejerza influencia directa e indirecta sobre el medio ambiente; esto no es más que el reflejo de la problemática ambiental que se presenta en el ámbito mundial.

Tabares (2002), en el marco del III encuentro nacional de estudiantes de Topografía realizado en la Universidad del Valle los días 10 a 12 de Mayo de 2001, organizado y ejecutado por la Asociación de Estudiantes de Ingeniería Topográfica, considera que: se identifica a la Topografía como la base para toda construcción, por tanto es de primordial importancia la conceptualización de una visión global con relación al desempeño de su papel como ente social y cuyo fin debe ser el bienestar común mediante su participación en la protección y conservación del Medio Ambiente.

Para ello se deben determinar las relaciones de la Topografía con el medio ambiente, definiendo la incidencia que cada una de las aplicaciones topográficas pueda tener en este.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

La topografía debe impulsar modelos y principios de Gestión Ambiental y orientar las acciones del estado acorde al Desarrollo Sostenible. La estrategia de ciencia y tecnología se orienta hacia el conocimiento sistemático de la Biodiversidad, lo cual conducirá a laborar eficazmente y obtener beneficios económicos, políticos y sociales sin detrimento de la riqueza natural.

Uno de los principales retos del futuro para los topógrafos consiste en garantizar la conservación de los ecosistemas y de los recursos naturales conexos.

De esta forma la incorporación de análisis topográfico y cartográfico a partir de *softwares* especializados, se podrá lograr una posible conservación y protección del medio ambiente a través de la planeación, gestión y control de los proyectos de planificación de la empresa CEPRONIQUEL.

1.4 – Cartografía Ambiental

En la redacción de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), cobra especial importancia la realización de un análisis cartográfico exhaustivo relacionado con la zona de afección del proyecto evaluado. Para ello, resulta imprescindible contar con una cartografía de calidad para asegurar un buen resultado en el proceso de elaboración del inventario ambiental que debe contener EIA.

Las metodologías de reconocimiento, diagnóstico y modelización del medio se componen de una aplicación de inventarios sectorializados que ignoran la esencia relacional del medio ambiente y su indisociable territorialidad. Dentro de esta concepción disyuntiva del medio, el entramado de elementos, objetos y relaciones fruto de la actividad humana se entiende como algo "añadido" al medio natural, el cual todavía puede ser "rescatado" bajo las transformaciones de origen antrópico. (Lobera, 1997).

La cartografía ambiental abarca temáticas muy diversas, como cartografía de vegetación e potencial, cartografía de conectividad y barreras, cartografía de uso, recurso y aprovechamiento de territorio, o cartografía de medio natural (bioclimática, biogeográfica, geológica, edafológica, geomorfológica, hidrológica, hidrogeológica, etc.); y en combinación con los Modelos Digitales del Terreno (MDT) permiten la producción de mapas de gran calidad y contenido para múltiples proyectos y aplicaciones.

1.5 – Herramientas informáticas (*Software*)

El *software* es una herramienta tecnológica ampliamente difundida e utilizada en la sociedad actual y la minería no es la excepción. Hoy se usa *software* en su definición genérica en todos los procesos, tanto en la presentación y manejo de información (office) como toma de decisiones en toda la cadena de valor, desde la exploración, diseño y planificación de minas, hasta la simulación de minero-metalúrgico y control de gestión de una empresa. (Minería Chilena 2014).

En los últimos años, se ha notado que los futuros profesionales de diferentes sectores de trabajo, deben tener en cuenta que todos los trabajos técnicos, incluidos, como es lógico, los relacionados con el sector ambiental necesitan trabajadores capaces de desarrollar el conocimiento y aplicación de las potentes herramientas informáticas que existen en el mercado, de tal forma que, al igual que nadie concibe un personal administrativo sin conocimientos de programas tipo OFFICE, nadie concibe un técnico calificado que no disponga de amplios conocimientos de programas tipo AUTOCAD, PRESTO o *PROJECT*.

Según Justo Sanz Montero director general de la empresa Consultora de Ingeniería y Medio Ambiente y colaborador en el Instituto Superior Medioambiental España (ISM), como docente en el Aula de *Software Ambiental*, alega que en su empresa, "nada le sirve un trabajador que hable cinco idiomas, si no es capaz de abrir, modificar o crear un plano, un presupuesto o una programación de obra", de ahí la importancia de que un técnico calificado debe tener conocimiento de las herramientas informáticas ya mencionadas.

Como lo visto anteriormente existen muchos *softwares* para el diagnóstico y evaluación del medio ambiente, en esta investigación si va a trabajar con el *Software AutoCAD Civil 3D* y SAS Planet, por ser la herramienta informática que nos brindan mayores facilidades para realizar los análisis cartográficos y topográficos.

1.5.1 – AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D es un potente *software* para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructura diversa, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía y redes de tuberías. Es un producto de

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Autodesk que comparte muchas herramientas con AutoCAD 2D y 3D, herramientas usadas por muchos ingenieros y topógrafos. (Carrera 2017)

Las principales funciones y las más usadas son:

- Importación de puntos: la importación de puntos se puede hacer desde un equipo topográfico o desde una computadora en formato. (csv)
- Generación de superficies de terreno: las mismas que se pueden generar a partir de la importación de puntos del paso anterior o también a partir de líneas existentes y otras metodologías.
- Generación de reportes de volumen: se usa en movimiento de tierras haciendo una comparación de dos superficies, generalmente se compara la superficie inicial y la superficie final o alguna generada en un punto de control, ambas superficies estarán en dentro de las mismas coordenadas, lo único que varía son las cotas o elevaciones.
- Generación de perfil longitudinal: el perfil longitudinal es generado para evaluar la topografía de un área específica, se puede observar los valles o depresiones, los picos o crestas del terreno en evaluación.
- Generación de secciones transversales: las secciones transversales se generan en estructuras u obras lineales como carreteras. canales, tuberías, acueductos, etc. Sirven para evaluar la sección transversal de cada punto evaluado según la topografía del terreno (nos dará una idea si es necesario hacer cortes / rellenos o si es una zona llana simplemente ver el ancho de la sección).
- Edición de ensambles: son las plantillas de las secciones transversales típicas que se tiene que generar o editar para aplicar a una determinada longitud de obra lineal, Ej. la sección transversal de una carretera, incluyendo cunetas o canales para drenaje, pendientes, bombeo y otros.
- Diseño de plataformas, posas y diques de contención: estas estructuras se diseñan haciendo uno de líneas características, líneas en 3D y otros métodos, y sirve para dimensionar la estructura y calcular los volúmenes de corte y relleno.

1.5.2 – SAS Planet

SAS Planet es una de las herramientas que se puede emplear para descargar mosaicos de mapas temáticos provenientes de los principales proveedores de servicios de mapas e imágenes satelitales. Un sencillo programa con el que eliges el nivel de resolución y la fuente de mapa deseado para componer una imagen a partir de *tiles*. Pese a ser incómoda la aplicación y disponer de otras herramientas mejores para descarga de imágenes a máxima resolución (dispones de WMS y plataformas de teledetección), *SAS Planet* puede ser un buen aliado para jugar con mapas temáticos siguiendo la rutina de trabajo de aplicaciones análogas. De manejo sencillo, aunque se tiene que lidiar con los servidores y las conexiones de mapas que una y otra vez fallan impidiendo descargar parte de los mapas disponibles. Aunque *SAS Planet* puede ser gestionado como un visor cartográfico desde el que se realiza mediciones y se visualiza capas temáticas, la obsesión por el programa viene de la capacidad de descargar en diferentes formatos ráster los datos de los mapas base empleados en visores y navegadores. Desde el menú superior se puede seleccionar la fuente del mapa deseado y, desde la barra lateral izquierda, se puede gestionar el nivel de zoom deseado. Una vez se seleccione la zona podrás crear una zona AOI desde el botón Selección Manager para trazar el polígono de la zona en la que estés interesado adquirir la imagen. Una nueva ventana de gestión permite configurar la descarga y resolución de la composición.

1.6 – Análisis de los trabajos precedentes relacionados con la temática en Cuba y a nivel internacional

En Cuba y el mundo, varios autores han desarrollado investigaciones concernientes al Estudio del Impacto Ambiental (EIA), con diferentes temáticas, como caracterización minero-ambiental, rehabilitación de áreas dañadas por la minería, evaluación minero-ambiental, pero pocos han estudiado el uso de *Softwares* de análisis cartográficos y topográficos para el diagnóstico ambiental. Milián et al (2012), en su trabajo de investigación con el tema Procedimiento para la rehabilitación minero-ambiental del yacimiento piríticos polimetálicos cubanos, en la tabla 1, hacen énfasis en las principales variables que inciden en la elección del tipo de rehabilitación, siendo una de estas variables la topografía, también

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

mencionan varias medidas a tener en cuenta en la implementación de la rehabilitación minera, donde la remodelación topográfica no deja de ser una de estas medidas, pero no mencionan la importancia de la topografía en la rehabilitación minera. También utilizan la página *Web* como la única herramienta Informática para explicar el procedimiento, tampoco tuvieron en cuenta los *softwares* de análisis topográficos.

Villa (2014), en su Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Master en medio ambiente y desarrollo, propone un modelo de restauración de áreas degradadas por la minería, limitándose en la revisión de la cartografía de la zona usando aerofotografía, aunque su trabajo, obtuvo resultados relevantes, se considera que es necesarios el uso de las herramientas informáticas para el análisis cartográficos y topográfico.

Sánchez (2013), en su tesis de opción de grado científico de Doctor en Ciencias forestales, con el tema de Rehabilitación de las áreas degradadas por la minería a cielo abierto en la región de Nicaro-Mayari, Cuba y Lucas (2017), en su Trabajo de Diploma para la opción al título de Ingeniero en Minas, con el título de Rehabilitación de las áreas dañadas por la minería en el yacimiento Camarioca Este, ambas en sus investigaciones, no tienen en cuenta el uso de *softwares* para análisis topográfico en la rehabilitación minera y tampoco tienen en cuenta cualquier tipo de trabajo topográfico vinculado a la rehabilitación minera.

Magaña (2014) del Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Colima, elaboró una Guía para la realización del manifiesto de diagnóstico ambiental, donde explica cuatro etapas importantes para el manifiesto de diagnóstico ambiental, en la primera etapa se debe tener en cuenta la ubicación física del proyecto, es decir, que se debe anexar el plano de localización de la zona, indicando las coordenadas UTM haciendo referencia al datum en las que se sitúa el sitio del proyecto y en la segunda etapa, se debe hacer la preparación del terreno, esto es necesario tenerlo en cuenta en cualquier tipo de obra civil (desmontes, nivelaciones, relleno, desempiedre, desecación de lagunas o alteración a manantiales, etc.).

Terratest Medioambiente (2008), explica sobre la recuperación ambiental con AutoCAD Civil 3D, donde especifican dos soluciones alcanzadas con el uso de esta potente herramienta, Estela Pozas (Directora del Departamento Delineación

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

y Proyectos de la compañía Terratest Medioambiente en 2008), explica que, con el uso de esta herramienta les ahorró el 80% del tiempo de diseño de los proyectos.

Mínguez et al (2009), crearon un sistema de evaluación de impacto ambiental, en la cual tuvieron en cuenta varios factores y que también el usuario podría modificar estos factores a su gusto, como añadir o eliminar factores, con esto se quiere decir que, si no consideran el análisis de topografía en su *Software*, se podría añadir considerando que es un factor importante.

Sánchez y Neri (2012), en su trabajo de investigación hablan de la implantación de las medidas de recuperación, en la cual incluyen trabajos que se pueden ser clasificados en cuatro grupos: prácticas edáficas, prácticas topográficas y geotécnicas, prácticas hídricas y prácticas ecológicas.

Risco (2016), en su tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias técnicas, elaboró un procedimiento con el empleo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para la recuperación de las áreas degradadas de las canteras de áridos, pero no cita en ningún momento la vinculación del SIG con la topografía.

Fernández et al (2016), hablan de impacto visual generado por la explotación minera en el yacimiento Punta Gorda, Moa, en al cual hacen referencia del método indirecto del Bureau of Land Management implementado a través de herramientas informáticas (Surfer 8.0, Didger 3.02, Gemcom 4.11, AutoCAD Civil 3D), en las cuales les permitió determinar las unidades de paisaje visual y las principales cuencas visuales de acuerdo con el criterio seleccionado, consideran que el uso de estas herramientas, son muy importantes ya que constituyen un factor fundamental para garantizar ahorro de energía y tiempo en la obtención de las características de la cuenca visual, en el análisis topografía del paisaje.

Quintero (2018), en su trabajo de diploma, hace un estudio de impacto visual generado por la minería en la cantera cerro calera Bariay, teniendo en cuenta las mismas herramientas informáticas de Fernández et al (2016), pero para los análisis topográficos tuvo en cuenta dos herramientas, *software* Geosig, AutoCAD Civil 2014 se cartografió y se delimitó mediante una imagen satelital las unidades de paisaje.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Ambas investigaciones obtuvieron resultados relevantes, mostrando que es importante el uso de las herramientas informáticas para los análisis topográficos en el diagnóstico ambiental.

Belete (2012), en su tesis de maestría realiza un procedimiento para los trabajos topográficos en áreas en proceso de rehabilitación, tiene en cuenta los análisis topográficos con el uso de herramientas informáticas como AutoCAD civil 3D, pero considerando solo la construcción de red de apoyo topográfica (poligonales).

Rodríguez (2012), en su tesis de maestría elabora un procedimiento para el diseño geométrico de caminos mineros con el software AutoCAD Civil 3D, en la cual se demostró que con la aplicación del procedimiento se logra una elevada precisión en el diseño de viales con AutoCAD Civil 3D y además, se disminuye en el costo por concepto de errores técnicos.

Fuentes (1998), en su tesis doctoral: Vía para el perfeccionamiento del cálculo de volumen de mineral extraído, propone una metodología para valorar la exactitud del modelo digital del terreno y propone una nueva tecnología, pero vincula esta nueva tecnología con análisis cartográficos y topográficos.

Lobera et al (1997), proponen desarrollar y aplicar una nueva metodología de análisis y diagnóstico ambiental, a partir del concepto del medio como sistema territorial complejo, donde la metodología de análisis se basó esencialmente en el estudio del medio a partir del concepto de individuo geográfico, siendo así necesario la elaboración de una cartografía específica, la misma cartografía está basada en el concepto de individuo geográfico donde abarca conjunto de territorios. Para la elaboración de la dicha cartografía tuvieron en cuenta las principales fuentes de información de base y herramientas a utilizados en su proyecto, que son las siguientes: Imagen SPOT, Ortofotomapas 1:2500 formato papel Ortofotomapas 1:2500 formato Digital, SIG, ERDAS Imágenes, Computadora y Estación de trabajo UNIX HP.

CAPÍTULO II – PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Este capítulo tiene como objetivo presentar la propuesta de procedimiento, denominada Instrucción de trabajo (IT), para la elaboración de diagnósticos ambientales, que permitan evaluar cualitativamente y cuantitativamente los impactos ambientales causados por la minería y contribuir así a la mitigación de los mismos.

2.1 – Alcance

Este procedimiento se aplica a todos los proyectos o servicios realizados por CEPRONIQUEL que requieren de un diagnóstico ambiental en los yacimientos lateríticos.

2.2 – Responsabilidades

El especialista principal de Medio Ambiente es el responsable de la aplicación de este procedimiento.

El Director de Proyecto es responsable de dar seguimiento al cumplimiento del procedimiento durante la ejecución del proyecto.

Los Directores de División controlan su correcta implementación.

Los especialistas de control de la calidad son responsables del cumplimiento del procedimiento propuesto.

2.3 – Definiciones

Diagnóstico ambiental

Es un procedimiento que permite realizar un análisis ambiental de la situación en un punto específico en el tiempo determinado, para identificar posibles problemas o áreas de conflictos ambientales.

El diagnóstico ambiental está constituido por un conjunto de estudios, análisis, propuestas de actuación y seguimiento que abarcan el estado ambiental en todo el ámbito empresarial.

2.3.1 – Generalidades

El presente procedimiento muestra el algoritmo de trabajo para cumplir con la tarea de identificar y evaluar los posibles impactos ambientales que afectan al

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

medio ambiente durante el proceso de explotación minera. Tiene una dimensión que abarca lo descriptivo y el análisis de información cartográfica y topográfica en función de aportar elementos técnicos para otras proyecciones ingenieriles (figura 2.1).

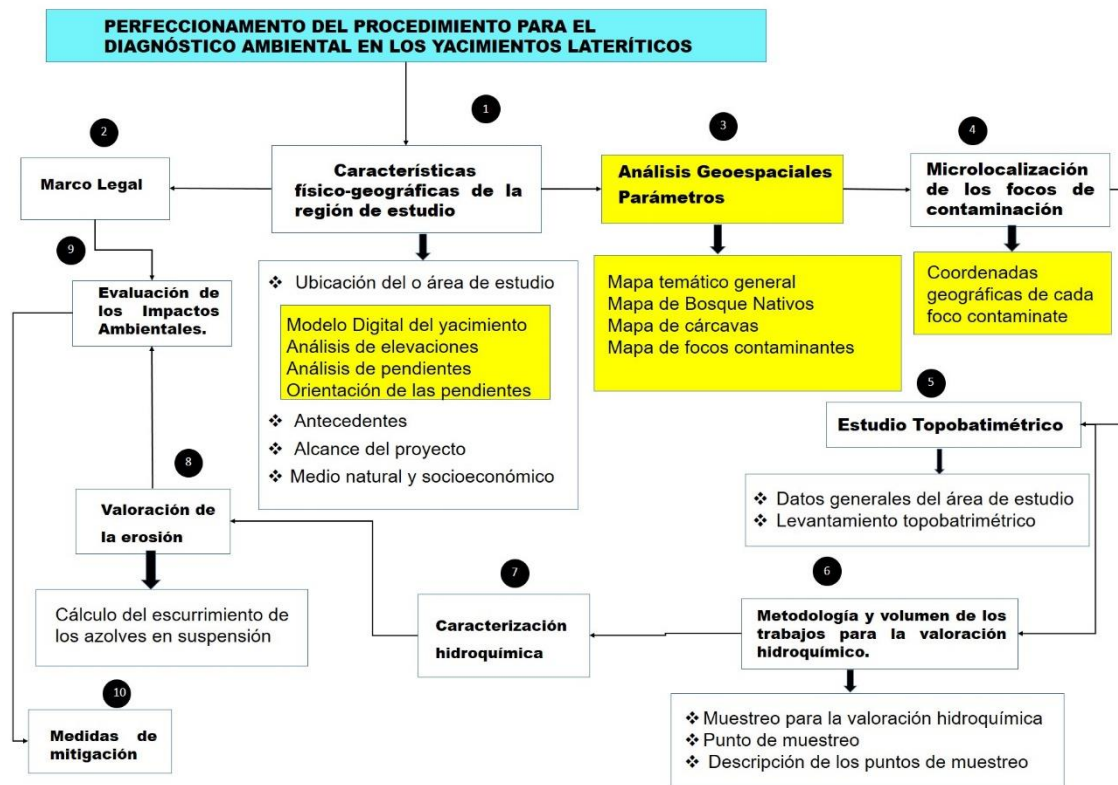


Figura 2. 1: Flujograma del Procedimiento para el diagnóstico ambiental en los yacimientos lateríticos.

2.3.2 – Listado de planos

- Ubicación general del área de trabajo
- Localización de los focos de contaminación
- Hidroquímico en tiempo de seca
- Hidroquímico en tiempo de lluvia
- Levantamiento topobatimétrico
- Ubicación de perfiles del levantamiento topobatimétrico

2.4 – Introducción

Se elaborará una breve introducción donde se reflejen los aspectos siguientes:

- Objetivo del diagnóstico ambiental.
- Cliente que solicita el servicio.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

- Métodos utilizados para darle cumplimiento a la tarea técnica.
- Breve descripción de los resultados obtenidos.

2.5 – Características físico-geográficas de la región de estudio

- Ubicación de la obra o área de trabajo

Se reflejará la ubicación de la obra o área de trabajo a través de las coordenadas nacionales donde se identifique la nomenclatura de la hoja cartográfica a escala 1: 25 000. Si interviene un sistema local de coordenadas debe identificarse, se hará referencia a los accidentes geográficos colindantes u obras de importancia. Se generará un anexo donde se muestre un croquis de Microlocalización considerando los elementos descriptos en este epígrafe.

Para realizar estos análisis es necesario preparar la información cartográfica. Para cual se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Para generar el anexo donde se recoge la situación geográfica, sistemas de coordenadas y principales objetos de obra, se deberá trabajar con mapa topográfico digital georeferenciado a escala 1: 25000 con la utilización del software AutoCAD Civil 3D.
- Se utilizarán imágenes satelitales y se verificará su actualización en el terreno, ubicando con coordenadas GPS navegadores los elementos naturales y artificiales que no se encuentran en la imagen satelital, en este proceso se utilizará el *software SAS PLANET*
- La imagen satelital será georeferenciada en el *software* AutoCAD Civil 3D considerando los parámetros siguientes:
 - Sistema de referencia NAD27
 - Cuba Norte: cuando se realicen proyectos que se encuentren en la región geográfica desde Camagüey hasta Pinar del Rio.
 - Cuba Sur: cuando se realicen proyectos que se encuentren en la región geográfica desde las Tunas ocupando todo el oriente del país.

2.6 – Antecedentes

Deben mencionarse los trabajos que se han realizado con anterioridad al proyecto en cuestión.

2.7 – Alcance del proyecto

Se plasmará el alcance del proyecto.

2.8 – Medio natural y Socioeconómico

El medio natural y socioeconómico contiene la descripción detallada del área, estado de la flora, fauna, el suelo, las aguas y el aire. Además, se incluye la descripción cuantitativa y cualitativa de las principales especies de animales y plantas, detalles de las principales características del suelo, identificación de las corrientes de agua y su estado físico-químico, la calidad del aire y se profundiza en aquellos elementos que pudieran verse deteriorados con la nueva obra.

En este aspecto se debe realizar una evaluación de la calidad visual del paisaje para esto se seguirán los pasos siguientes:

- Identificación de las unidades de paisaje.
- Evaluación de la calidad visual del paisaje.

2.8.1 – Identificación de las unidades de paisaje

Las unidades de paisaje se establecen sobre la base de los aspectos visuales o de carácter de los factores considerados como definitorios del paisaje. Para determinar una UP se debe seguir el siguiente procedimiento (Bastola, 2010):

- a) Determinar el componente central, que es el más representativo en el área de estudio, por ejemplo, puede tomarse la vegetación o el relieve.
- b) Cartografiar el área de estudio generando unidades homogéneas en base al elemento central escogido.
- c) Agregar los componentes restantes del paisaje a las unidades homogéneas generadas.

Se proponen como componentes centrales, la cubierta vegetal y la morfología del terreno. La cubierta vegetal, considera los diferentes tipos de cubierta del suelo, desde las hierbas ralas a los bosques nativos densos. La morfología del terreno está determinada por la forma, textura y estructuras de la superficie del área a estudiar (Bastola, 2010). La forma estará definida principalmente por la pendiente; la textura considera los aspectos visuales de la cubierta del terreno y la estructura da cuenta de la mezcla de las formas y texturas.

La selección de componentes centrales depende de los ecosistemas que se pretendan estudiar, para yacimientos lateríticos que se encuentran regularmente

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

en zonas montañosas, si predomina mayormente la vegetación se debe escoger la cubierta vegetal como componente central, en caso que predomine el desbroce de debe seleccionar la morfología del terreno.

2.8.2 – Evaluación de la calidad visual del paisaje

Como calidad visual se entiende la suma de una serie de parámetros, para lo que es necesario determinar cuáles son esos parámetros y su importancia en la caracterización y definición del paisaje.

Para realizar una valoración de la calidad visual del paisaje, asumiendo el carácter subjetivo del análisis, debido a los condicionantes y mecanismos sensitivos y perceptivos inherentes al propio observador, se toman en cuenta tres elementos de percepción (Bastola, 2010):

- Características intrínsecas del punto.
- Calidad visual del entorno inmediato.
- Calidad visual del fondo escénico.

Siguiendo ésta metodología, los componentes valorados para las diferentes unidades paisajísticas definidas han sido las siguientes:

- Calidad fisiográfica.
- Cubierta vegetal.
- Láminas de agua.
- Composición.
- Elementos artificiales.
- Fondo escénico.
- Condiciones de visibilidad.

Factores de valoración paisajística:

- Morfología

Según la pendiente del terreno:

Paisaje montañoso (pendiente superior al 30%. Calificación máxima 5).

Accidentado (pendiente entre 15% – 30%. Calificación 3).

Ondulado (pendiente entre 5% a 15%. Calificación 2).

Llano (pendiente entre 0% a 5%. Calificación 1)

- Vegetación

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Masas boscosas y gran variedad de tipos de vegetación a espacios con poca o ninguna variedad de vegetación. Calificación máxima de cinco y mínima de un punto.

➤ Agua

Apariencia limpia y clara de aguas blancas (cascadas o láminas de agua en reposos a inapreciable o ausente. Calificación máxima de cinco puntos y mínima cero puntos.

➤ Color

Variaciones cromáticas intensas y variadas o contrastes agradables entre el suelo, vegetación, roca y agua. Calificación máxima de cinco puntos y mínima cero puntos.

➤ Fondo escénico

El paisaje circundante incrementa mucho la calidad visual del conjunto, es decir, el paisaje adyacente no ejerce influencia. Calificación máxima de cinco y mínima de un punto.

➤ Rareza

Espacio de gran rareza y con elementos singulares o bien una región común. Calificación máxima de seis, mínima de un punto.

➤ Usos del suelo

Suelos libres de actuaciones humanas o poco antropizados (como el suelo no urbanizable estrictamente protegido) o bien suelos intensamente ocupados y muy antropizados. Calificación máxima de dos puntos, mínimo cero.

- Excelente (más de 30 puntos)

- Muy Alta (de 21 a 30 puntos)

- Alta (de 16 a 20 puntos)

- Moderada (de 10 a 15 puntos)

- Baja (de 0 a 9 puntos)

Situación socioeconómica, es la descripción de los asentamientos poblacionales más cercanos y que pudieran recibir el impacto del proyecto, se deberá prestar atención a los factores que influyan en la salud, la educación y el modo de vida de la población.

2.9 – Marco legal

Análisis de la legislación vigente, sin detrimento de otras, las siguientes:

- Ley N°.81/97 de Medio Ambiente. 11 de julio de 1997.
- Ley N°.76/94 de Minas. 21 de diciembre 1994.
- Ley N°.85 de Forestal. Agosto 1998.
- Normas cubanas para el medio ambiente
- Otras regulaciones.

2.10 – Microlocalización de los focos de contaminación

Para la microlocalización de los focos de contaminación se realiza un recorrido por toda el área de estudio y se localizan los focos de contaminación y estos se registran con tomas de fotografías y se miden su posición con sistemas GPS navegadores o instrumentos topográficos:

- Desbroce de la vegetación.
- Contaminación química por vertimiento.
- Erosión de taludes.
- Acumulación de sedimentos.
- Residuos sólidos.
- Otros focos contaminantes.

Los puntos de contaminación se ubican dentro de un mapa temático georeferenciado. Cuando se determina la posición de los focos contaminantes con el empleo de GPS navegadores o aplicaciones Androide, se obtienen las coordenadas en el sistema WGS 84 y es necesario transformar al sistema de coordenadas nacional. Según la Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia (ONHG), se deben considerar en cualquier *software* utilizando los parámetros de transformación de la tabla 2.1.

**PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS**

Tabla 2. 1: Parámetros de transformación del WGS84 al sistema de coordenadas nacionales

Parámetros	Modelo de transformación	
	<i>Molodensky – Badekas</i>	<i>Bursa - Wolf</i>
Desplazamiento dx (m)	5,217	-2,478
Desplazamiento dy (m)	-137,062	-149,752
Desplazamiento dz (m)	-181,773	-197,726
Rotación alrededor del eje X (Rx)"	0,52636	0,52636
Rotación alrededor del eje Y (Ry)"	0,49797	0,49797
Rotación alrededor del eje Z (Rz)"	-0,50083	-0,50083
Factor de escala FE (p.p.m)	-0,6852	-0,6852
Origen de la rotación:		
X _o (m)	1127509,983	-
Y _o (m)	-5812922,92	-
Z _o (m)	2338930,057	-

Fuente: Normas de la ONHG

Para especificar la zona del sistema de coordenada (Cuba Norte y Cuba Sur) se deben tener en cuenta los parámetros que se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2. 2: Parámetros para la conversión de coordenadas

Parámetros		Sistema de coordenadas	
		Cuba Norte	Cuba Sur
Paralelo central	φ_0	22 ° 21'	20 ° 43'
Meridiano central	λ_0	81 ° 00'	76 ° 50'
Paralelo Normales	φ_1	23 ° 00'	21 ° 18'
	φ_2	21 ° 42'	20 ° 08'
Coordenadas del falso origen			
Abscisa (m)	X ₀	500000,000	500000,000
Ordenada (m)	y ₀	280296,016	229126,939

Fuente: Normas de la ONHG

Luego se realizará un comentario acerca del estado y del aporte de estos focos de contaminación al objeto de estudio, (ríos, arroyos, playas y bosques).

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

2.11 – Estudio topobatimétrico

Este estudio se realizará en los proyectos que se requiera de acuerdo con la ubicación del área de estudio, la información cartográfica existente y la solicitud del cliente.

Es estudio topobatimétrico está formado por dos etapas fundamentales.

- Levantamiento topográficos
- Batimetría

2.11.1 – Levantamiento Topográfico

Se solicitará a los especialistas la realización de un levantamiento topográfico a escala 1:500 de la zona y se deberán considerar los siguientes aspectos establecidos en las instrucciones técnicas para levantamientos topográficos a escala 1: 100, 1:500, 1:1000 y 1:2000 del año 1987 del Ministerio de la Construcción:

- Equidistancia entre contornos del relieve entre 10 y 15 m.
- Representación en el levantamiento de los elementos naturales y artificiales que sus dimensiones sean mayores a 0.50 m.
- Representación de las cárcavas y zanjas tomando los bordes y la invertida en intervalos de cada 15 m.
- Relación de los puntos topográficos de apoyo empleados pertenecientes a la red geodésica nacional o los construidos por los especialistas.
- Planificación correcta de las mediciones en campo que permita minimizar los números de trochas.
- Representación en el plano de las construcciones de superficie de las minas (edificios administrativos, transportadores, facilidades temporales, parqueos, etc.).
- Las obras de fábrica se tomarán las mediciones en el superior e invertida y caracterizar el diámetro y sentido de la corriente.
- En lagunas de sedimentación se tomará el nivel de agua, borde superior e invertido.
- El plano topográfico contará con una leyenda de símbolos convencionales

2.11.2 – Batimetría

La batimetría se realizará en los ríos, lagunas de sedimentación, arroyos, excavaciones mineras inundadas y considerando lo siguiente:

- Realización por perfiles y conservación de la distancia entre puntos de un mismo perfil de cinco metros y separación entre perfiles de 10 m.
- En puentes y obras de fábricas, en ríos o arroyos realización de dos perfiles uno aguas arriba y otras aguas debajo de la obra de fábrica a una distancia de 20 m. La distancia entre puntos en estos perfiles será de un metro.
- En todos los casos medir nivel normal de las aguas

2.12 – Metodología y volúmenes de los trabajos realizados para la valoración hidroquímica

- Muestreo para la valoración hidroquímica

Deberá hacerse una valoración del objetivo del muestreo, la explicación del recorrido realizado por los puntos y la toma de muestras, así como tener en cuenta la época en que se realiza el trabajo.

- Puntos de muestreo

La metodología para la obtención de muestras debe garantizar la representatividad de las mismas. Se explicarán los métodos de análisis tanto para muestras de sólidos como líquidos. Se hará referencia al plano de puntos de muestreo.

- Descripción de los puntos de muestreos

Se relacionan la cantidad de puntos de muestreo, y se describen las condiciones de los puntos teniendo en cuenta por ejemplo: color, olor, caudal, temperatura, lugar de la toma, ya sea superficial, intermedia o de fondo, si existe o no vegetación.

2.13 – Caracterización hidroquímica

2.13.1 – Parámetros de valoración

- Diagrama de Stiff (según Custodio 1965)

En este diagrama se toman tres rectas paralelas igualmente espaciadas, cortadas por una normal quedando así tres semirectas: izquierdas (campo de

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

cationes) y otras semirectas derechas (campo de aniones). Sobre cada recta se toma un segmento proporcional a los por cientos equivalentes por litros del ion correspondiente y se unen los extremos dando un polígono representativo; la disposición de estas rectas será la siguiente Na +K; Mg; Ca; Cl; + NO₃; SO₄; CO₃H; CO₃.

➤ Diagrama de Piper

Este diagrama consta de dos triángulos, uno para cationes y otro para aniones, con sus bases alineadas, cada vértice representa el 100% de un ion particular o grupo de iones.

La composición con respecto a los cationes se indica por medio de un punto en el triángulo de los cationes, basándose en los porcentajes de los tres grupos que se consideran.

La parte central del diagrama tiene forma de rombo, sobre el cual se proyectan después los puntos de cada uno de los triángulos por medio de una recta paralela al borde superior de la figura. La intersección de estas dos rectas representa la composición del agua.

2.13.2 – Valoración según las Normas Cubanas

Esta valoración se realiza para conocer la calidad del agua para el consumo humano, para ello se aplica la Norma Cubana NC 827 2012 Agua potable - Requisitos sanitarios (obligatoria). Se presenta la clasificación de las aguas por su mineralización, por su pH y por el diagrama de Stiff.

2.13.3 – Valoración del muestreo en la época de seca

En la valoración del muestreo en la época de seca se resumen las afectaciones que reciben las aguas y los métodos de análisis que se emplearon. Se dan a conocer los resultados de los análisis físico-químicos de las muestras tomadas.

2.13.4 – Valoración de la erosión

➤ Cálculo del escurrimiento de los azolves en suspensión

Este cálculo está determinado por el grado de estudio hidrometeorológico de la región, así como por sus características físico-geográficas. De acuerdo con las características específicas que posee el río, a continuación se presenta el siguiente ejemplo:

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

Por estar el río Moa en un área montañosa con gran energía del relieve y por tanto con una turbiedad media hiperanual del agua mayor de 300 g/m^3 y que en ella predominan los suelos de tipo laterítico (latosoles), el cálculo del módulo de escurrimiento de los azolves en suspensión se realiza según el método propuesto por Projorienko (ecuaciones 2.1, 2.2 y 2.3).

$$M_S = R_0 * t/A \quad (2.1)$$

Siendo:

$$R_0 = 0.36 * Q^{1,05}, \text{ Para zonas con tuberías mayor de } 300 \text{ g/m}^3 \quad (2.2)$$

$$M_S = 1,22 * M * Q^{1,05} \text{ Para zonas con suelos latosólicos} \quad (2.3)$$

Donde:

M_S = es el módulo del escurrimiento sólido.

R_0 = es el escurrimiento sólido.

Q = es el gasto medio hiperanual.

A = es el área de la cuenca.

T = tiempo de un año en segundos.

Para validar los resultados obtenidos se aplicó la fórmula propuesta por Batista J.L., para ríos de la región Oriental ecuación 2.4 y 2.5.

$$M_S = (13,47 * M_0 - 21,2) * K \quad (2.4)$$

Donde:

K = es el coeficiente adimensional calculado para esta región como 1.3.

M_0 = módulo del escurrimiento adimensional calculado en la ecuación 2.5.

$$M_0 = Q/A \quad (2.5)$$

Para estos cálculos se realizaron cierres en cada cuenca, en este caso el río Moa, M_2 ubicado ante la confluencia con el río Cabañas y no tiene en cuenta tampoco el aporte de los arroyos los Lirios y La Vaca y M_3 cerca de la desembocadura, así incluye todos los tributarios.

- Cálculo de la Erosión hídrica utilizando la ecuación universal de las pérdidas de suelos.

Con el objetivo de conocer la cantidad de suelo que se pierde al año en el sector del río objeto de estudio, se realizó un modelo de erosión basado en la Ecuación Universal de pérdidas de suelos, tomando como referencia las diferentes morfologías del terreno evaluándose para cada factor.

Se tomó como referencia la Ecuación de Wishmeier y Smith (ecuación 2.6).

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

$$A = 2,24 * R * K * L * S * C * P \quad (2.6)$$

Se realizaron para dos áreas con características diferentes:

A₁ = alrededores de la cuenca (tercio inferior), con materia orgánica y vegetación.

A₂ = alrededores de la cuenca, parte del yacimiento Punta Gorda, donde se han realizado trabajos mineros y no hay contenido de materia orgánica.

Donde:

A = pérdida de suelo, T\ha.

R = factor lluvia. Capacidad que tienen las precipitaciones para erosionar el suelo. Este es el único factor que no puede aplicarse universalmente. (tn\ha.).

Ecuación 2.7.

Factor K = credibilidad absoluta de un suelo, es decir, aquella que depende de sus propiedades físicas y químicas, independientemente de su posición topográfica, (tn\ha).

$$100K = 21 * M^{1,14}(10^{-4}) * (12a) + 3,25(b - 2) + 2,5 * (c - 3) \quad (2.7)$$

Donde:

M = (porcentaje de limo y arena fina) (100 – porcentaje de c)

a = porcentaje de materia orgánica.

b = código de estructura.

c = clase de permeabilidad del perfil.

Factor C.= se refiere a la cobertura vegetal u otros materiales que puedan estar sobre el área para impedir el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo.

2.14 – Medidas de mitigación

Las medidas correctivas están encaminadas a detener las principales afectaciones que ocurren en estos momentos en el área. También incluye aquellas dirigidas a prevenir el inicio de una secuencia de sucesos que puedan conducir a un resultado de riesgo significativo y donde se deben incluir consideraciones sobre el diseño, garantías constructivas de calidad y de inspección, entre otras.

CAPÍTULO III – APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN EL YACIMIENTO YAGRUMAJE SUR

Generalidades del Capítulo

En este capítulo se aplicará el procedimiento propuesto a un caso de estudio. Se reflejan los resultados del diagnóstico ambiental realizado al yacimiento Yagrumaje Sur.

Introducción

El presente diagnóstico ambiental tiene como objetivo identificar y evaluar el estado geoambiental del yacimiento Yagrumaje Sur, previsto en la planificación del plan para cinco años de Minería, en el período comprendido entre los años 2017 al 2021, en la Empresa Comandante “Ernesto Che Guevara” cliente que solicita el servicio. Se muestran los resultados obtenidos a partir de los trabajos de recorrido y medición en campo y el procesamiento de la información cartográfica y topográfica actualizada. A partir del diagnóstico se puede identificar que el procedimiento existente no cuenta con análisis topográficos tales como: los análisis de las elevaciones, las pendientes y de las orientaciones de las pendientes del yacimiento Yagrumaje Sur, así como, el mapa temático general del yacimiento (mapa temático de bosques nativos, reforestadas, de cárcavas y de los focos contaminantes), dificultando de este modo el trabajo del Grupo de Medio ambiente de la División de Minas y transporte minero en la Empresa CEPRONIQUEL.

3.1 – Características físico-geográficas del yacimiento Yagrumaje Sur

➤ Ubicación del yacimiento en estudio

El yacimiento Yagrumaje Sur, está situado al Noreste del municipio de Moa en la provincia de Holguín, representado en el mapa topográfico a escala 1: 25 000 con nomenclatura 5277-IV-b, se encuentra aproximadamente a 4,5 km de la Planta Metalúrgica Comandante Ernesto Che Guevara, tiene una extensión de 3 520 ha. El mismo limita al Norte con la porción este del yacimiento Yagrumaje Norte y el poblado de Punta Gorda Arriba, al Sur con el yacimiento Camarioca Este, al Este con el río Cayo Guam y al Oeste con el yacimiento Yagrumaje Norte y el río Punta Gorda (Figura 3.1).

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

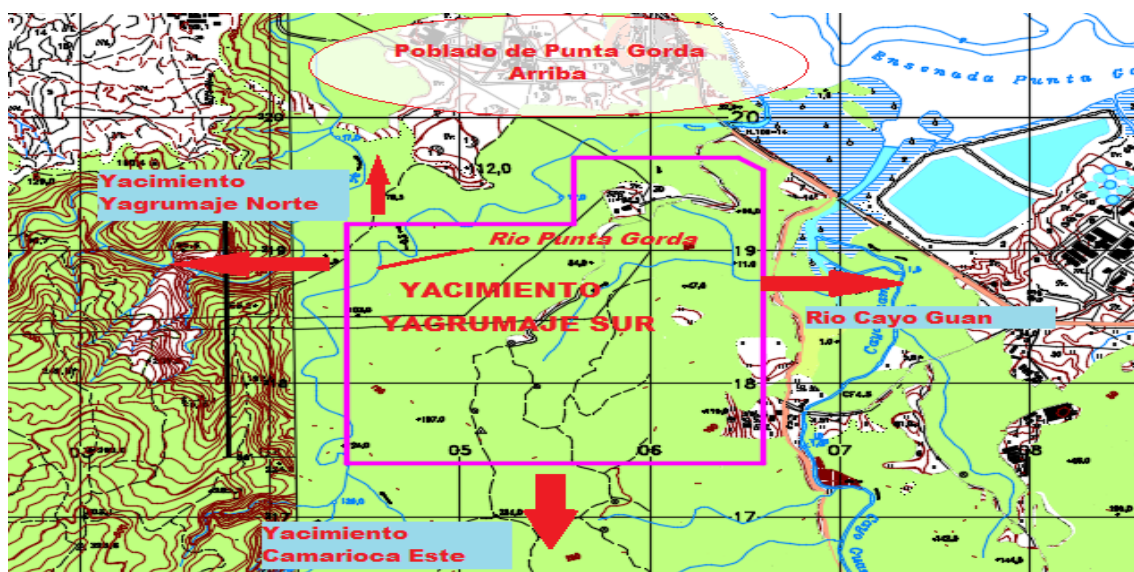


Figura 3. 1: Ubicación del yacimiento Yagrumaje Sur

El relieve es montañoso con áreas de difícil acceso, la red de caminos mineros no garantiza el acceso en vehículo a toda el área. Las alturas mínimas y máximas se encuentran entre el intervalo de 20 y 222 m sobre el nivel medio del mar y la pendiente promedio en la región está en un intervalo de $\pm 8\%$ (anexos 1, 2 e 3). Las alturas que más predominan en el yacimiento se localizan en el rango comprendido entre 90 y 140 m sobre el nivel medio del mar (tabla 3.1). Las pendientes que más prevalecen se encuentran en el rango entre 17 y 23% (tabla 3.2). Las pendientes donde se define el mayor escurrimiento de las aguas se encuentran en rangos superiores al 32% (tabla 3.3). En el Anexo 4 se muestra las tablas de las cuencas Hidrográficas del yacimiento Yagrumaje Sur.






Tabla 3. 1: Análisis las elevaciones

Número	Elevación Mínima	Elevación Máxima	Área	color
1	20.00	50.00	413926.76	
2	50.00	70.00	685567.93	
3	70.00	90.00	776266.22	
4	90.00	140.00	1345029.47	
5	140.00	220.00	1076115.78	

Fuente: Elaboración Propia






**PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS**

Tabla 3. 2: Análisis de las Pendientes

Número	Pendiente Mínima	Pendiente Máxima	Área	color
1	0.00 %	11.27 %	1064686.33	
2	11.27 %	17.36 %	1286709.27	
3	17.36 %	23.48 %	945856.58	
4	23.48 %	32.90 %	677227.29	
5	32.90 %	229,61 %	322426.69	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. 3: Orientaciones de las Pendientes

Número	Pendiente Mínima	Pendiente Máxima	color
1	0.00 %	11.27 %	
2	11.27 %	17.36 %	
3	17.36 %	23.48 %	
4	23.48 %	32.90 %	
5	32.90 %	229,61 %	

Fuente: Elaboración Propia

En dirección al oeste - noroeste, el terreno es notablemente ondulado, y las principales cañadas y arroyos, que tributan sus aguas a los ríos Punta Gorda y Cayo Guam, corren en dirección Norte y Noreste respectivamente. Se observan depresiones de color roja a gris y una extensa zona rehabilitada con parches de vegetación con diverso desarrollo, al fondo se aprecia especies con desarrollo notable, en la parte media, parches de mediano desarrollo y en los alrededores áreas recién rehabilitadas con deficiente desarrollo (Figura 3.2).



Figura 3. 2: Áreas recién rehabilitadas con deficiente desarrollo

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

En algunas zonas del yacimiento se aprecia un relieve caracterizado por llanuras y premontañas escalonadas, estas se han formado como producto de las operaciones mineras ya ejecutadas que han provocado la formación de este tipo de paisaje donde se observan extensas zonas erosionadas con presencia de surcos. En la misma fueron ejecutadas actividades de rehabilitación las cuales no han fructificado y persisten las afectaciones, (figura 3.3). En el anexo 5 se puede observar el Modelo Digital de elevaciones que muestra la forma del relieve.



Figura 3. 3: Zonas erosionada con presencia de surcos

Con el análisis de la imagen satelital que ocupa el yacimiento (figura 3.4) en el software AutoCAD Civil 3D se generó un mapa temático general donde se reflejan todos los elementos naturales que integran el yacimiento (anexo 6).



Figura 3. 4: Imagen satelital que ocupa el yacimiento Yagrumaje Sur

3.2 – Antecedentes del Yacimiento Yagrumaje Sur

En el yacimiento Yagrumaje Sur se han realizados investigaciones anteriores que favorecen los resultados del diagnóstico actual. La empresa Geominera Oriente hizo un informe de la exploración orientativa y detallada para el níquel, este informe fue basado en los estudios geológicos realizados en los años 1988-1989, con cálculos de reservas según el estado 1/06/1993. Se realizó una prueba tecnológica a nivel de banco para la dar la conclusión del informe, también se procesaron en la Empresa CEDINIQ dos muestras tecnológicas a escala semindustrial. Para facilitar la información de los recursos minerales se tomó como base el recálculo realizado en el mes de noviembre 2015, aprobado por la ONRM, " re-estimación de los recursos en el yacimiento Yagrumaje Sur, según modelo de bloque, al 01/01/2016. Partiendo de la re-estimación de los recursos se procedió a descontar los recursos afectados por el medio ambiente, en este caso los correspondientes a la franja protectora de ríos y arroyos. La misma Empresa en 2016 realizó el proyecto de explotación para actualizar el plan cinco años de minería correspondiente a la etapa (2017-2021), donde se analizaron dos variantes fundamentales:

- Sustituir la minería prevista en Yagrumaje Sur para el año 2017 por la planificada para el año 2020.
- Incrementar la participación de Camarioca Este por presentar las minerales características similares a los de Yagrumaje Sur.

La empresa Geocuba Oriente Sur ha realizado estudios topográficos para el restablecimiento de la red de puntos de apoyo para el control de las actividades mineras el Departamento de Topografía de la Dirección de Minas de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara realiza el control sistemático del volumen de extracción en los frentes de arranque y la actualización del levantamiento Topográfico.

3.3 – Alcance del proyecto del Yacimiento Yagrumaje Sur

Identificar y evaluar el estado geoambiental del yacimiento Yagrumaje Sur, previsto en la planificación del plan cinco años de Minería para el período comprendido entre los años 2017 al 2021 en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

3.4 – Medio natural y Situación socioeconómica de la región

3.4.1 – Medio natural

En el yacimiento se aprecia un desarrollo vegetativo importante, las alturas oscilan entre 12 y 15 metros, el diámetro del tronco de los árboles es de 14 cm aproximadamente, aquí se realizaron correcciones de las cárcavas con fragmentos de rocas. Se debe realizar trabajo silvicultural para evitar las competencias entre los mismos. (Figura 3.5).



Figura 3. 5: Observación de un desarrollo Vegetativo importante

Estrato arbóreo irregular y fluctúa entre 20 y 30 m, los emergentes varían entre 30 y 35 m. Las especies más frecuentes son *Calophyllum utile*, *Guapira rufescens*, *Guatteria spec. div.*, *Tabebuia dubia*, *Sideroxylon jubilla*, *Hieronyma nipensis*, *Sloanea curatellifolia*, *Jacaranda arborea*, *yagruma macho* y *hembra*, entre otras. Los estratos arbustivo y herbáceo están bien desarrollados (Figura 3.6).



Figura 3. 6: Estrato arbóreo irregular que fluctúan entre 20 a 30 m

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

Las floras observadas durante el recorrido están representadas por algunas especies endémicas e introducidas, tales como: Mitonia Safari, Dracaena Cubensis, Orquídea silvestre, Moriviví, Leucaena, entre otras, (Figura 3.7).

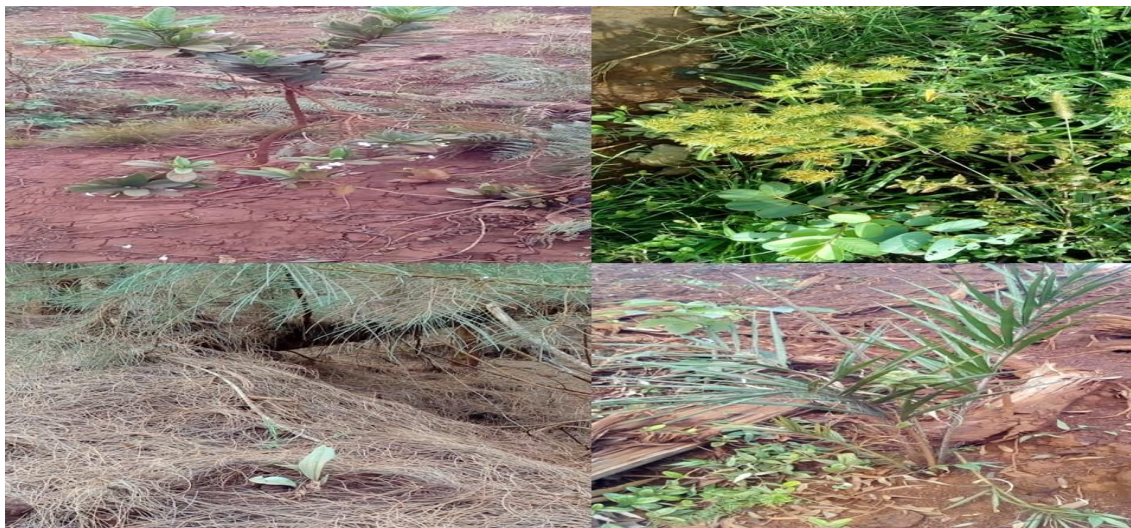


Figura 3. 7: Flora observada durante el recorrido

En el área se observa talud con cárcavas de mediana magnitud de un metro de ancho por unos 15 m de largo en sentido del escurrimiento superficial, en suelos ferríticos de color rojo vino muy descubiertos, lo que trae como consecuencia el arrastre de sedimentos hacia cuerpos de aguas cercanos, debido a los insuficientes trabajos de rehabilitación biológica ejecutados. Como muestra la figura 3.8.



Figura 3. 8: Área donde se observa talud erosionado con cárcavas

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

El área representada muestra una zona del yacimiento rehabilitada en noviembre de 2016, donde no se logró el desarrollo vegetativo esperado, provocado por la aplicación de prácticas incorrectas (fragmentos de rocas duras colocadas de forma vertical en el talud y emparrillado de ramas simples), deficiente conformación del terreno, todo esto aceleró el desarrollo de cárcavas (Figura 3.9).



Figura 3. 9: Zona rehabilitada del Yagrumaje Sur en Noviembre de 2016

Área rehabilitada en diciembre, donde se observa un área rehabilitada, con buen desarrollo vegetativo de las casuarinas las cuales alcanzan 0.50 m de alto, con una separación de dos metros. Además, se aprecian surcos transversales a las corrientes de agua para evitar la erosión. Se realizan trabajos de mantenimiento con incorporación de materia orgánica (figura 3.10).



Figura 3. 10: Área rehabilitada del Yagrumaje Sur en Diciembre de 2016

3.4.2 – Situación socioeconómica de la región

Punta Gorda es el segundo asentamiento urbano del municipio Moa. Se divide en dos partes, separadas por la carretera Moa-Baracoa: Punta Gorda Arriba donde se concentran las viviendas urbanas y una infraestructura de servicios y Punta Gorda Abajo que tiene marcados rasgos de ruralidad y de poblamiento disperso, su fundación, crecimiento y desarrollo ha estado muy relacionado con la explotación del Cromo y del Níquel. De 1980 a 1990 su tasa de crecimiento alcanzó la cifra de 3,1%, pero a partir de 1990 empezó a decrecer registrando en el período de 1990-2000 una tasa negativa de -0,74%. El poblado de Punta Gorda surge con la explotación de las minas del cromo en Cayo Guam y Narciso. Antes de 1959 el poblado desarrollaba la minería del cobre en esa zona y la explotación de las riquezas forestales por las compañías extranjeras; las compañías Bettelen Iron Co y Horbenson y Walquer respectivamente. Con el triunfo revolucionario en 1959 se abrió un nuevo horizonte para esta comunidad minera. En 1960 dada las grandes reservas de minerales, la Revolución promulgó la ley de preservación de esta importante región que tanto aportaría a la economía. Así el 12 de agosto de 1960 se realizó la reapertura de las minas de cromo.

En 1963, Comandante Ernesto Guevara y Raúl Castro, hacen una visita a esta población con fines de mantener un desarrollo sostenible a la población que vivían en situaciones precarias. El asentamiento urbano del municipio Moa (Punta Gorda) hoy cuenta con infraestructura que necesita restauración: 6 Bodegas, 2 Cafeterías gastronómicas, 2 Tiendas de Comercio, 6 Consultorios Médicos de la familia, 1 salón de estomatología, 1 Secundaria Básica y 8 Escuelas Primarias.

3.5 – Evaluación de la calidad visual del paisaje

3.5.1 – Determinación de las unidades de paisaje en el yacimiento Yagrumaje Sur

Para determinar las unidades de paisaje en el objeto de estudio, se tuvieron en cuenta los criterios del procedimiento establecido por la Empresa CEPRONIQUEL para el diagnóstico ambiental, tomando en primer lugar el desbroce como componente central y secundariamente los bosques nativos. Se

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

identificaron seis unidades de paisaje dentro de las cuales se encuentra el desbroce como la que más predomina en el área, la segunda unidad de paisaje está compuesta por los bosques nativos adultos. La tercera unidad se forma por las áreas reforestadas, como cuarta unidad de paisaje se identifica la Hidrografía con la presencia de pequeñas lagunas en las zonas ya minadas y en los exteriores de la zona los ríos Cayo Guan y Punta Gorda. La quinta unidad de paisaje está formada por las vías de acceso con la presencia de los caminos mineros principales, secundarios y el vial principal de la carretera Moa Baracoa y como última, están las cárcavas. Con el apoyo de los *softwares* SAS PLANET y AutoCAD Civil 3D 2016 se cartografió y se delimitó mediante una imagen satelital las unidades de paisaje generando mapas temáticos por unidades de paisajes (Anexos 7, 8, 9 y 10). Que están presentes en el estudio (tabla 3.4).

Tabla 3. 4: Determinación de las unidades de paisaje en el yacimiento Yagrumaje Sur

No.	Unidades de paisaje	%
1	Desbroce	56
2	Bosque nativo adulto	51
3	Zona reforestada	0.5
4	Hidrografía	0.3
5	Vías de acceso	0.2
6	Cárcavas	0.04

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 – Calidad Visual del paisaje en el yacimiento Yagrumaje Sur

Los elementos del paisaje más relevantes en el yacimiento Yagrumaje Sur lo representan las dos fuentes de aguas superficiales representados por el río Cayo Guam al este y el Punta Gorda al norte, además de su relieve antropizado por las actividades mineras, los suelos y la vegetación afectadas también. De igual manera se incluyen también todos los procesos que se han desencadenado debido a las extensas áreas desprovistas de vegetación. Como resultado de la evaluación del paisaje se obtuvo que el yacimiento Yagrumaje Sur presenta una calidad visual alta (tabla 7). Las valoraciones cuantitativas para cada una de las unidades de paisaje fueron determinadas a partir del procesamiento de las

**PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS**

informaciones cartográficas y topográficas sobre pendientes, áreas, morfología, vegetación y vías de accesos (Mapa Temático de Bosques Nativos, Mapa temático de Áreas Reforestadas, Mapa General de Cárcavas y Mapa Temático de los focos contaminantes).

Tabla 3. 5: Calidad Visual del paisaje en el yacimiento Yagrumaje Sur

VALORACIÓN UPI	MORFOLOGÍA	VEGETACIÓN	AGUA	COLOR	FONDO	RAREZA	USOS DEL SUELO	VALORACIÓN PAISAJÍSTICA	
Desbroce	5	1	3	3	3	5	2	2 2	Muy Alta
Bosque nativo adulto	5	5	2	5	5	5	2	2 9	Muy Alta
Zona reforestada	3	5	2	4	3	3	2	2 2	Muy Alta
Hidrografía	1	3	5	3	3	3	0	1 8	Alta
Vías de acceso	3	1	1	2	2	2	1	7	Baja
Cárcavas	3	1	2	2	1	1	0	1 0	Moderada
<u>Evaluación de la Calidad Visual del Yacimiento</u>								1	Alta
<u>Yagrumaje Sur</u>								8	

Fuente: Elaboración Propia

3.6 – Marco legal aplicado en el Yacimiento Yagrumaje Sur

Análisis de la legislación vigente, sin detrimento de otras, las siguientes:

- Ley N°.81/97 de Medio Ambiente. 11 de julio de 1997.
- Ley N°.76/94 de Minas. 21 de diciembre 1994.
- Ley N°.85 de Forestal 1998
- Norma Cubana 827 2012 Agua potable
- Norma cubana 66 2000. Calidad del suelo. Suelos forestales

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

- Norma Cubana: 28-1999 Calidad del suelo. Clasificación De las tierras afectadas para la Restauración.
- Norma Cubana 93-05-202 1988 Sistema de normas para la protección del medio ambiente
- Resolución No. 132 /2009 reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental
- Otras regulaciones.

3.7 – Microlocalización de los focos de contaminación del Yacimiento Yagrumaje Sur

Al realizar el recorrido por el yacimiento se identificaron los focos contaminantes. Se realizaron mediciones de sus coordenadas con la ayuda del GPS navegador y se fotografiaron. Como resultado de este trabajo se obtiene un mapa temático que identifica cada uno de los focos y sus coordenadas (figura 3.11).

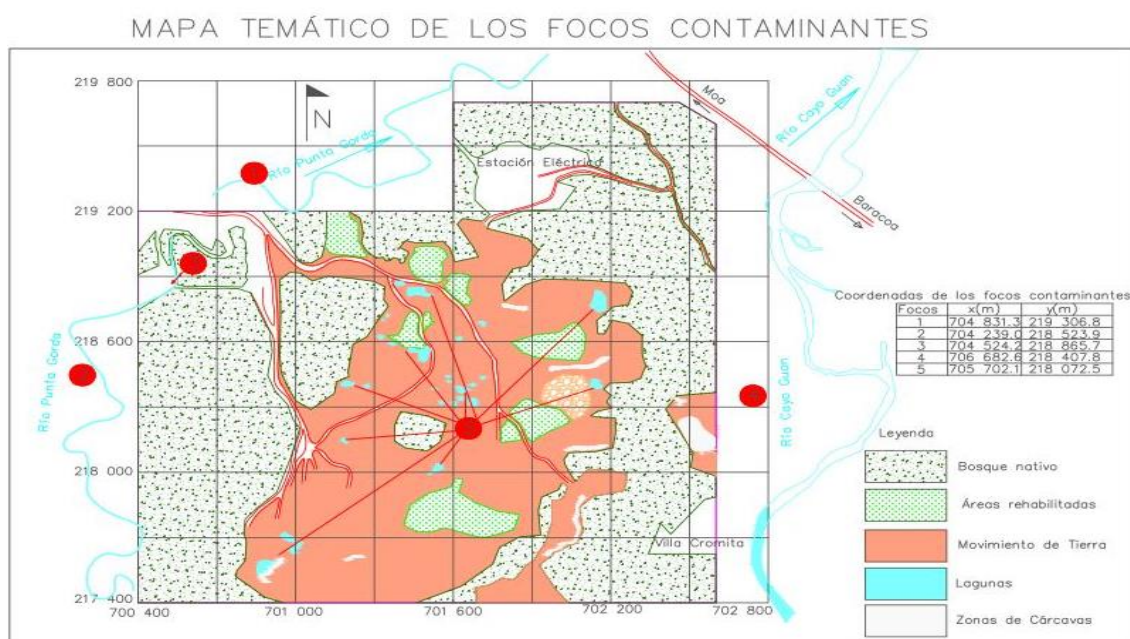


Figura 3. 11: Mapa temático de los focos de contaminación

A continuación, se muestra la caracterización realizada a cada uno de ellos.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

3.7.1 – Foco contaminante número uno

Río Punta Gorda colmado de sedimentos producto al escurrimiento superficial de las zonas descubiertas por la minería (figura 3.12), coordenadas x: 704 831.347m y: 219 306.875 m.

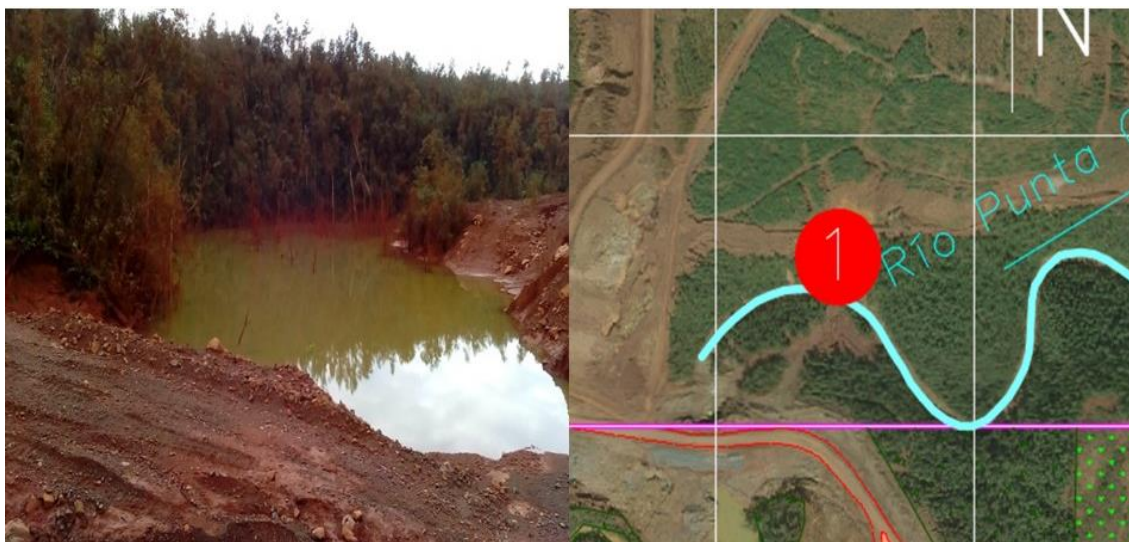


Figura 3. 12: Foco contaminante número uno

3.7.2 – Foco contaminante número dos

A través de la obra de fábrica drenan las aguas subterráneas y las aguas superficiales derivadas de las precipitaciones desde las cotas más altas hacia las cotas más bajas, ubicadas en el Sur y zona central hacia el Norte (figura 3.13) coordenadas x: 704239.039m; y: 218 523.968 m.



Figura 3. 13: Foco contaminante número dos

3.7.3 – Foco contaminante número tres

Se observa una obra de fábrica en el río Punta Gorda compuesto por dos alcantarillas metálicas, donde se aprecia acumulación de sedimentos, solamente circula el agua por una alcantarilla y la otra funciona como aliviadero.

Existe además socavación en el talud descubierto que trae como consecuencia el arrastre de sedimentos hacia el río, se aprecian además gran cantidad de cantos rodados alrededor de las alcantarillas, así como en ambos bordes del río de hasta 1 metro de diámetro (figura 3.14), coordenadas x: 704 524.209m; y: 218865.775 m.



Figura 3. 14: Foco contaminante número tres

3.7.4 – Foco contaminante número cuatro

En esta zona de influencia hacia el río Cayo Guam se construyó un dique con el objetivo de clarificar las aguas procedentes de la minería de Yagrumaje Norte, Sur y Camarioca Este, antes de incorporarlas al río. Como se puede apreciar el dique está desprotegido lo que trae consigo el arrastre de sedimentos en períodos de lluvias. Los sedimentos que son arrastrados por los diferentes frentes de minería hacia esta zona se acumulan y se infiltran a través del dique construido que posee una capa de material rocoso en el fondo para ir escurriendo estas aguas e incorporarlas al río Cayo Guam (figura 3.15), coordenadas x: 706 682.676m; y: 218 407.871 m.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

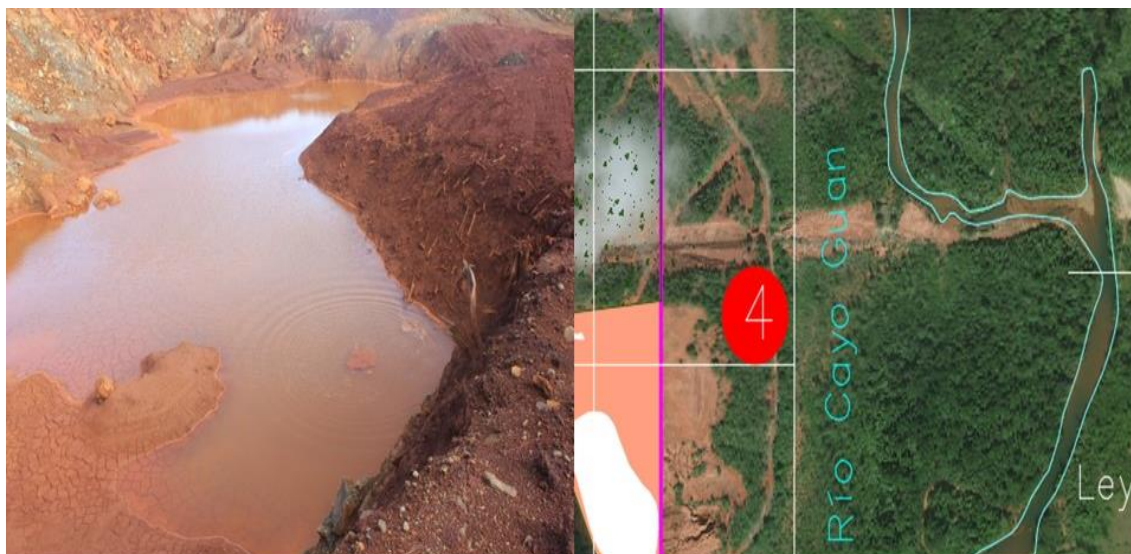


Figura 3. 15: Foco contaminante número cuatro

3.7.5 – Foco contaminante número cinco

En los sectores minados de esta zona se observa la serpentina dura de color gris verdoso, muy agrietada y fracturada por las cuales circulan las aguas superficiales y subterráneas de esta zona hacia la piscina de sedimentación.

Los sedimentos que son arrastrados se acumulan en el vaso de la piscina la cual posee unos cinco metros de ancho y unos ocho metros de largo aproximadamente. Luego mediante un período de reposo determinado se clarifican y se van infiltrando a través del dique construido para luego incorporarse al río Cayo Guam, como si ve en la figura 3.16, coordenadas: x: 705 702.193m; y: 218 072.559 m.

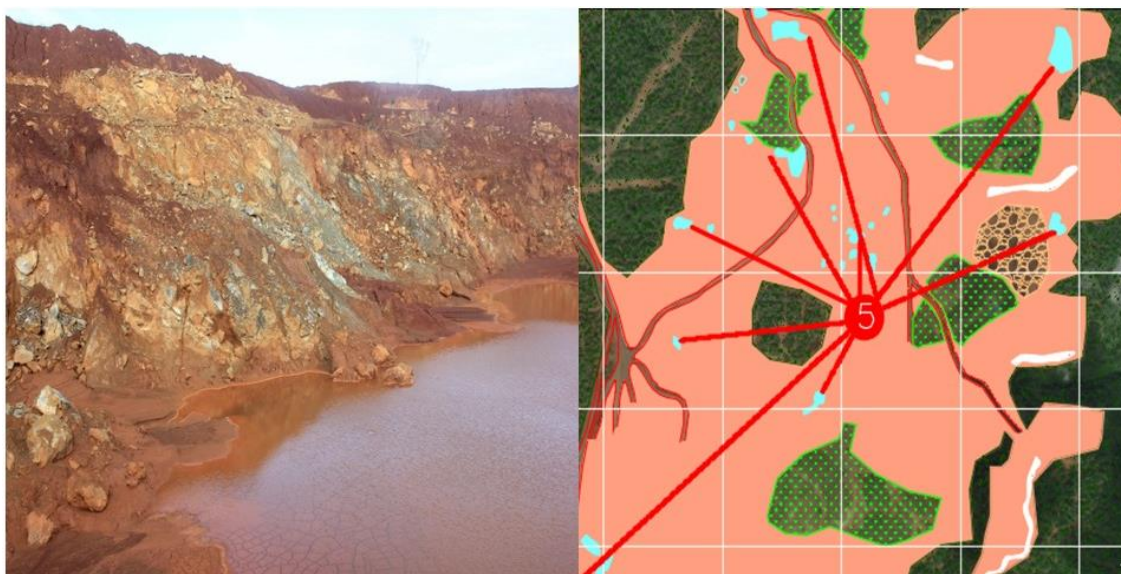



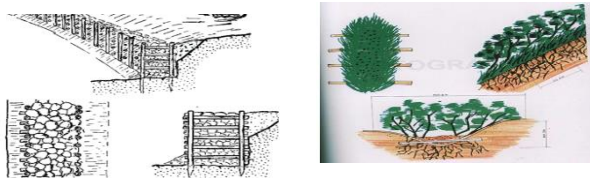
Figura 3. 16: observación del foco contaminante número cinco

3.8 – Medidas de mitigación de los focos contaminantes en el yacimiento Yagruma Sur

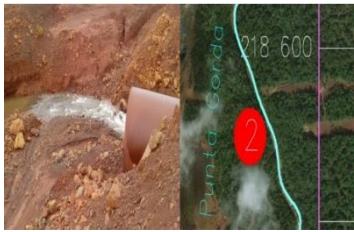
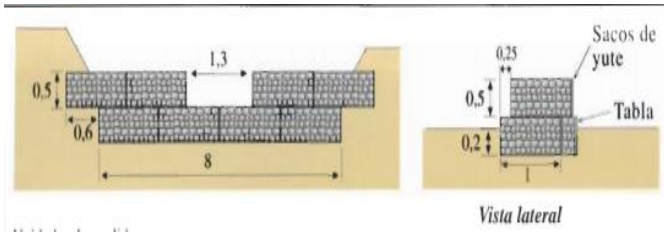

Las medidas de mitigación constituyen un conjunto o acciones que deben acompañar a un proyecto de impacto ambiental: prevención, control, restauración y compensación, a fin de asegurar la protección del medio ambiente.

En la tabla 3.6 se muestran algunas soluciones y las descripciones de los cinco focos contaminantes que fueron encontrados en el yacimiento Yagrumaje Sur. Las soluciones fueron descritas mediante las leyes y normas cubanas e internacionales basadas en el estudio y evaluación de impacto ambiental.

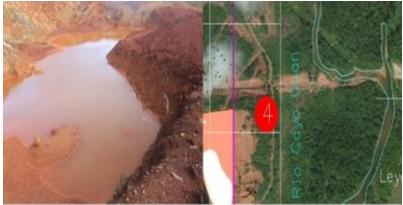
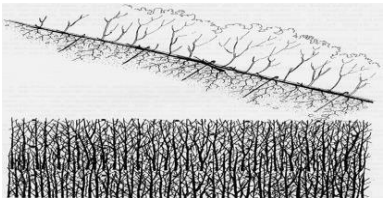
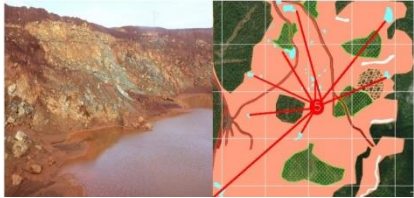
Tabla 3. 6: Medidas de mitigación de los focos contaminantes encontrado

Foco de contaminación	Solución propuesta	Descripción de soluciones
<p>1. Colmatación del Río Punta Gorda</p> 	<ol style="list-style-type: none"> Se propone recuperar la franja forestal según lo establecido en la NC 23/1999. Franjas forestales de las zonas de protección de embalses y cauces fluviales. Para este caso como es considerado un río principal debe establecerse 20 m, en ambas márgenes, medidas en proyección horizontal a partir del borde del cauce natural. Conformación y rehabilitación de los taludes ubicados en ambas márgenes más de la franja forestal encaminados a evitar la erosión y el arrastre de sedimentos. Realizar la corrección de cárcavas y surcos presentes 	<ol style="list-style-type: none"> Corrección de las cárcavas: Para su corrección es preciso construir estructuras no muy profundas (colectoras y/o disipadoras) para facilitar su recubrimiento y controlar la pendiente. En la entrega de las corrientes para la disminución de la velocidad del agua estas deben poseer elementos disipadores vivos o muertos. Diques de rocas en taludes: Tienen por objeto impedir la profundización y formación de surcos y cárcavas en los taludes con concentraciones altas de agua de escorrentía. Con estos se previene el movimiento de sedimentos gruesos de la superficie del talud  <ol style="list-style-type: none"> Lechos de ramas vivas con pequeños arbustos Se colocan alrededor de las cárcavas ramas de varios metros de longitud con el extremo superior hacia abajo. De esta forma, las ramas sobresalen hacia arriba. El otro extremo debe introducirse en terreno compacto aproximadamente 25 cm para obtener una capa lo más gruesa posible y garantizar una formación óptima de raíces.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

<p>2. Obra de fábrica que drene las aguas subterráneas y las aguas superficiales derivadas de las precipitaciones desde las cotas más altas</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dar mantenimiento periódico a la obra de fábrica que drene dichas aguas 2. Construir una Lagunas de sedimentación que retenga los sedimentos contenidos en las aguas drenadas hasta este punto de modo que no se contaminen las aguas del río. 	<p>1 - Dentro de las obras se encuentran los diques filtros y lagunas de sedimentación, las cuales se construyen con el objetivo de regular el escurrimiento superficial de las áreas afectadas por las labores mineras, almacenando los sedimentos movilizados por el escurrimiento superficial, garantizando el vertimiento al medio de las aguas con el mínimo de sólidos en suspensión.</p> 
<p>Obra de fábrica en el río Punta Gorda compuesto por dos alcantarillas metálicas</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se recomienda la sustitución de la alcantarilla que se encuentra obstruida de manera que permita el drenaje de la agua. 2. Se recomienda la protección de los taludes del dique que se encuentran altamente erosionados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Sustitución de la alcantarilla obstruida. 2 - Construcción de colchones de ramas en los taludes 3 - Deben emplearse ramas largas y derechas por lo menos de 150 cm de longitud que enraícen fácilmente. Se necesitarán aproximadamente de 20 a 50 ramas por metro de recorrido, siempre que la longitud de las ramas sea igual que la de ladera. El peso por metro cuadrado de ramas lisas será por lo menos de 5 kg, y con ramas con abundantes ramillas, de 5 a 10 kg. Si no se dispone de suficientes plantas vivas, podrán sustituirse en parte con plantas leñosas muertas, pero deberá entremezclarse muy

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

		bien el material vivo y el material muerto para lograr un crecimiento homogéneo
<p>4. Dique desprotegido</p> 	Proteger los taludes del dique	<p>1 – Diques de rocas en taludes: Tienen por objeto impedir la profundización y formación de surcos y cárcavas en los taludes con concentraciones altas de agua de escorrentía. Con estos se previene el movimiento de sedimentos gruesos de la superficie del talud</p> <p>2 – Construcción de colchones de ramas en los taludes</p> 
<p>5. Taludes de serpentina dura de color gris verdoso, muy agrietado y fracturado</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se recomienda la recuperación de los márgenes del dique con el objetivo de erradicar la erosión. 2. Rehabilitar los taludes del dique de modo que disminuya el arrastre de sedimentos hasta el dique. 	La recuperación implica el restablecimiento del dique. A pesar de que existen instituciones reguladoras se puede requerir diseños complejos de recuperación, los enfoques simples pueden ser muy efectivos. Un enfoque simple consiste en añadir materiales para neutralizar la acidez, además promover el rápido crecimiento de vegetación. Estabilizar taludes, así como plantar vegetación como parte del proceso, estabiliza el material del suelo y evita la erosión

Fuente: elaboración propia

3.8.1 – Medidas a tener en cuenta para preservar la calidad visual del paisaje en el Yacimiento Yagrumaje Sur

➤ Planificación de la explotación

Una buena planificación permite ocultar, en mayor o menor grado, la alteración a los posibles observadores. Se deben utilizar todas aquellas características del terreno que pueden ayudar. Así, explotar un macizo desde el lado opuesto a donde se encuentran los observadores, permitirá que éstos no vean el frente de explotación ni las labores, percibiendo tan sólo la disminución de dicho macizo. El inconveniente de este sistema es que el mineral no se encuentra donde convendría que estuviera. Debido a ello es muy frecuente el que no sea posible comenzar la labor por otra vertiente. En este caso será conveniente ir reforestando la zona que deja visible el avance de la explotación. La zona descubierta para los observadores será menos impactante que si se viera el frente de explotación denudado. El pequeño talud que se deja ente los observadores y la plaza de la mina permite ocultar a éstos, la zona de extracción junto con la maquinaria, permitiéndoles sólo ver la zona ya restaurada (figura 3.17).

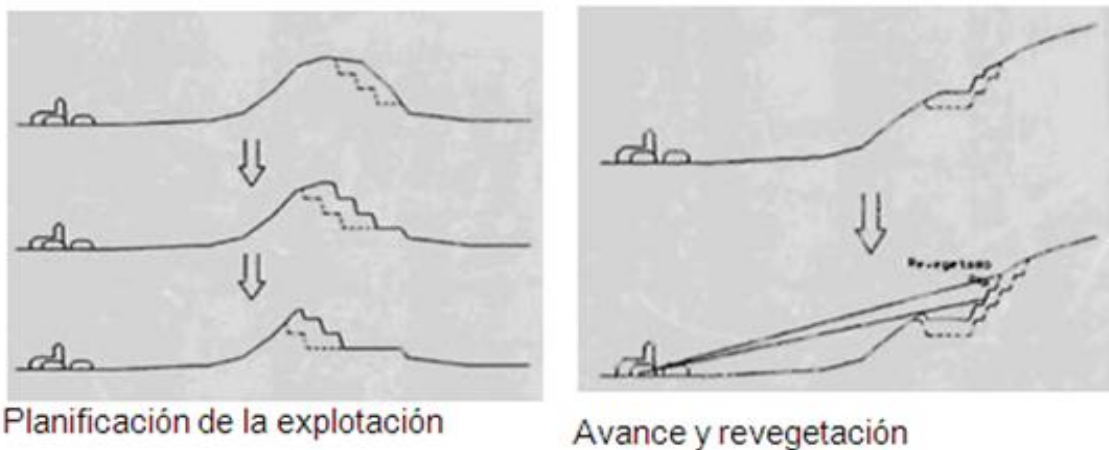


Figura 3. 17: Ocultación mediante la planificación de la explotación

➤ Accesos sinuosos

El acceso a la mina no es aconsejable que sea muy directo. De ser así los observadores verían fácilmente la plaza de la mina con toda la maquinaria y los frentes. Para evitar este inconveniente se debe hacer el camino de entrada más sinuoso, aprovechando la vegetación y la topografía existente.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

En la figura 3.18 se puede observar como en el caso de la derecha la plaza de la mina es bien visible para cualquier persona que circule por la carretera, mientras que si el acceso se realiza según el diseño de la izquierda la masa de árboles y el mismo terreno hacen de pantalla visual natural.



Accesos

Figura 3. 18: Ocultación por accesos sinuosos

- Orientación de los frentes y dirección de avance

Los frentes deben estar orientados de tal manera que los observadores vean en primer plano la actuación de la maquinaria; son mucho más dañinos que si la dirección del avance permite observarlos lateralmente, ocupando mucho campo visual. Si, además, el avance se simultánea con la revegetación, para el observador, las zonas dañadas por la mina se irán recuperando progresivamente, disminuyendo el tiempo, en el que son visibles las labores desde un mismo punto (figura 3.19).



Figura 3. 19: Orientación del frente de trabajo perpendicular al eje de visión de un observador situado en una posición dominante.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

➤ Barreras visuales artificiales

Cuando la vegetación y la topografía no ayudan, es posible utilizar barreras visuales artificiales como masas de arbolado y dunas de tierra. De esta manera, se podrá ocultar la zona de explotación a los posibles observadores. En la figura 3.20 es evidente que para los observadores que utilizan la carretera, en el primer caso la escombrera es totalmente visible. En cambio, si se coloca arbolado esta visión desaparece. Ante el inconveniente de la altura necesaria en los árboles para tapar toda la escombrera la solución está en acercar la barrera visual a la carretera, aumentando ésta su efectividad.

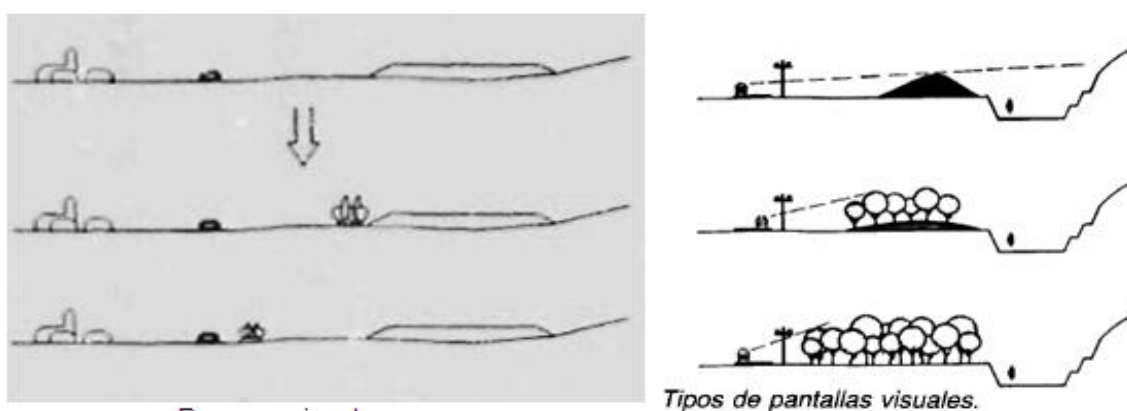


Figura 3. 20: Apantallamiento con el terreno y reforestación

➤ Remodelado final

Una vez que se van a abandonar las labores, es conveniente perfilar las bermas y los taludes, intentando suavizar las líneas. Para ello y mediante voladuras en los cráteres se pueden abrir hoyos donde posteriormente se planten los árboles. Como paso final se debe descabezar los taludes, buscando una geometría más natural.

A la hora de reforestar es importante la homogeneización con el entorno, no cayendo en la saturación del mismo. En la (figura 3.21) se puede observar como un paso intermedio entre la nula colocación de árboles y la saturación del mismo es más homogéneo con el entorno existente. De esta manera la antigua escombrera no destacará ni por su defecto de árboles con respecto al terreno circundante, ni por su exceso del mismo.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Este último supuesto es muy común debido a la asociación de recuperación de impactos con reforestación. No se debe buscar reproducir un medio natural lo más desarrollado posible, sino, lo más natural posible, que se asemeje a la situación previa.

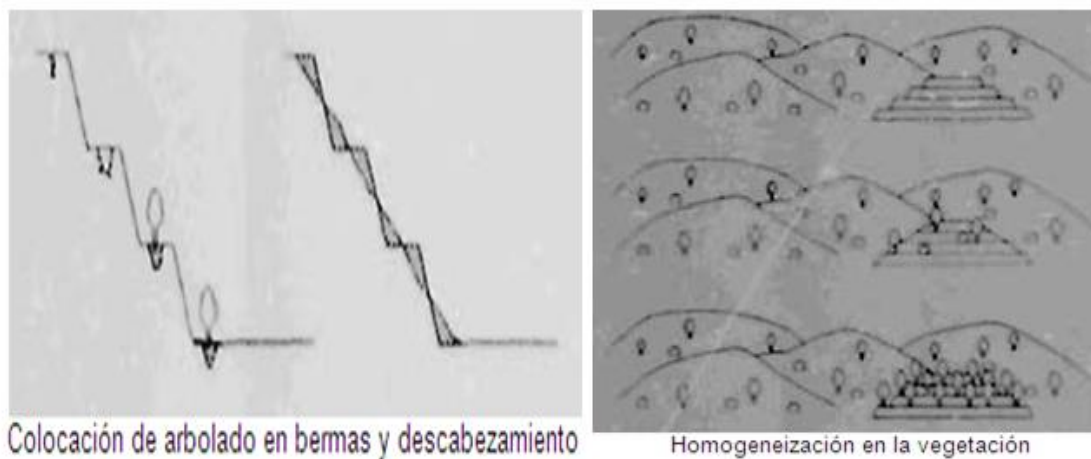


Figura 3. 21: Remodelación de las bermas y taludes

➤ Reutilización del hueco

Si es imposible restaurar el terreno hasta una situación más o menos equilibrada, siempre cabe la posibilidad de reutilizarlo para otras actividades que sean aprovechables por la comunidad. Un lago artificial de recreo, campos de golf, o escuelas de escalada, son algunas de las posibilidades que, con imaginación brindan los terrenos dejados por una explotación minera.

➤ Acondicionamiento de escombreras

Las escombreras tienen su principal problemática en el diseño inicial, puesto que cuando no se ha previsto su integración paisajística, su remodelación resulta compleja.

Debe intentarse reproducir la forma natural de las estructuras geomorfológicas del entorno para alcanzar la máxima integración de la escombrera en el paisaje. Al mismo tiempo, la ubicación tiene que haber sido elegida de forma que se eviten los problemas producidos por colapso de la estructura, avenidas de agua, aguas de escorrentía, etc., permitiendo una sencilla manipulación de los materiales, optimizando la distancia de transporte y evitando que pueda incidir en el futuro avance de la explotación. Puede realizarse la integración paisajística de la escombrera aplicando las técnicas siguientes:

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Ocultación, en depresiones del terreno, tras resaltes, etc., de modo que no pueda ser vista desde zonas pobladas o de tránsito. Normalmente esta posibilidad se aplica en el diseño de nuevas escombreras en el caso de las ya existentes, resulta costoso puesto que ello implicaría su traslado. Otra alternativa para ocultarla consiste en crear una barrera de vegetación en el perímetro exterior de la escombrera para que actúe de pantalla.

Remodelación, aplicando las siguientes reglas visuales (figura 3.22):

- Una masa alargada y de poca altura produce menos impacto visual que otra estrecha y alta, puesto que el ojo humano percibe más las dimensiones verticales que las horizontales.
- El material distribuido sobre una ladera en pendiente hace que la parte más alejada se aprecie como de menor masa aparente.
- Debe evitarse que la altura de la escombrera sobrepase la línea del horizonte.
- El efecto visual de las superficies redondeadas es menor que el de las líneas y cortes rectos que no hacen sino acentuar formas y volúmenes.
- Si resulta posible, apoyar la escombrera sobre una ladera, el efecto visual se reduce ya que se reproducen, en lo posible, las pendientes, formas y líneas naturales del terreno.
- Las litologías con colores fuertes y llamativos (por ejemplo, limonitas) intensifican y agravan las sensaciones ópticas al contrastar con el colorido suave de los suelos y vegetación natural.
- El diseño de bermas o terrazas ayuda a controlar la erosión, la estabilidad y el acceso a las diferentes áreas.
- Una correcta modelación del talud del depósito permite prevenir deslizamientos y evitar la acción erosiva de las aguas de escorrentía.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

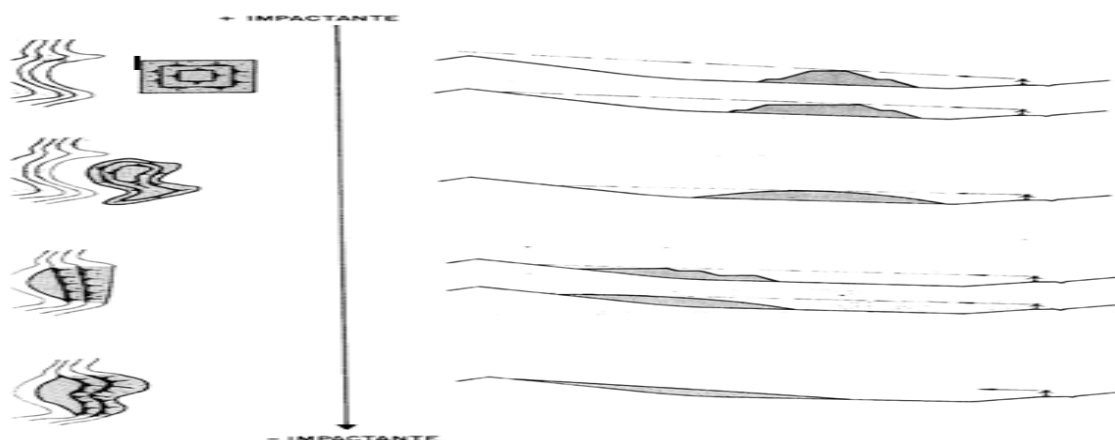


Figura 3. 22: Diseños posibles de una escombrera, de mayor a menor impacto visual.

Además, se recomiendan las siguientes medidas para conservar la calidad visual:

- Evitar grandes áreas de sembrado en formas geométricas, ya que éstas crean contrastes antiestéticos con las formas y líneas naturales del paisaje.
- Evitar los límites de plantaciones perpendiculares o paralelas a las curvas de nivel (figura 3.23) y sustituirla por formas diagonales que tienen un efecto más agradable (figura 3.24).

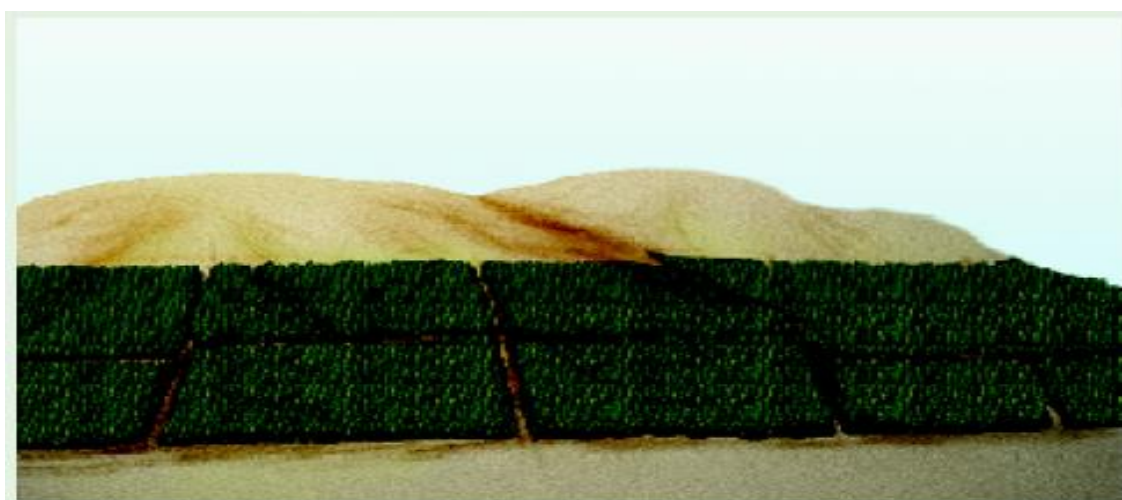


Figura 3. 23: Plantación perpendicular a las curvas de nivel

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

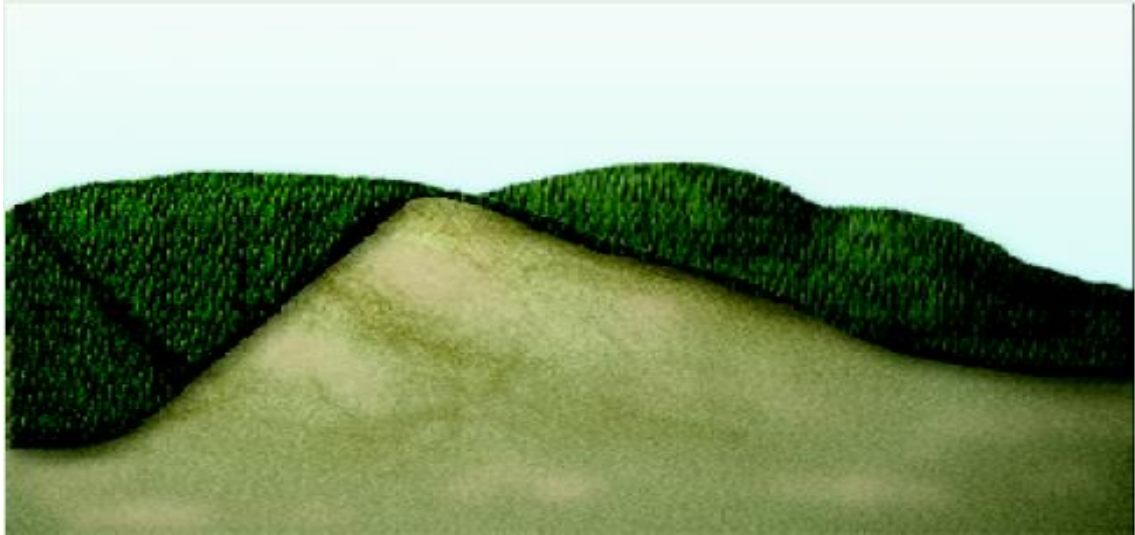


Figura 3. 24: Plantación en forma diagonal.

- Mantener la vegetación en los bordes del camino, especialmente aquellos de grandes taludes de corte, de manera de evitar que sean visibles desde lugares lejanos y sectores de gran amplitud visual (figura 3.25).

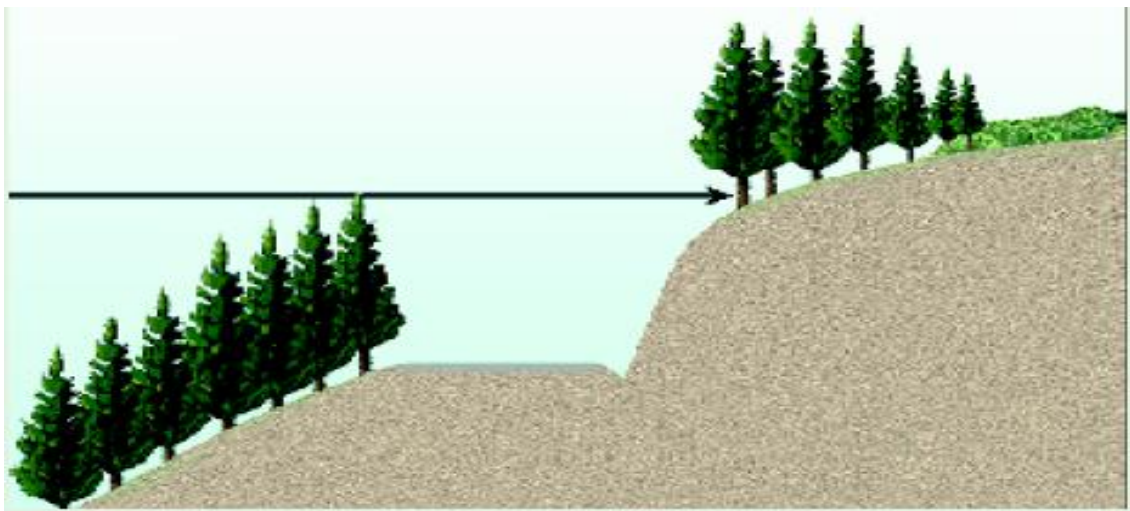


Figura 3. 25: Vegetación en los bordes del camino

CONCLUSIONES

Después de realizado el trabajo se puede concluir que:

1. Las nuevas técnicas de la computación, el procesamiento digital de imágenes satelitales y la cartografía digital permitieron perfeccionar el procedimiento para el diagnóstico ambiental en yacimientos lateríticos implementado por la Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel.
2. El análisis geoespacial de los parámetros que se valoran en el diagnóstico ambiental permitió obtener mapas temáticos con información cuantitativa para aportar datos de gran utilidad a las medidas correctoras que se establecen en los proyectos.
3. La aplicación de este procedimiento perfeccionado en el yacimiento Yagrumaje Sur evidenció mejoras respecto a los resultados obtenidos en el informe realizado para el plan de minería 2017-2021.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso del nuevo procedimiento para el diagnóstico ambiental en futuros proyectos mineros que se ejecuten.

La implementación del Sistema de Información Geográfica ponderando los mapas generados a partir de este procedimiento perfeccionado.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

BIBLIOGRAFÍA

- Aberturas, A. P. (2017). *La evaluación de impacto ambiental en minería, Estudio Preliminar de Impacto Ambiental*. (Trabajo fin de Máster). Universidad de Oviedo, España.
- Alonso, J. J. (2002). Cartografía Ambiental. Desarrollo y propuestas de sistematización. *Observatorio Medioambiental*, 5, 47-78. doi:ISSN :1139-1987
- Álvarez, N. B. (2013). *Cálculo de las labores de destape y diseño de la escombrera del cuerpo 8 del yacimiento Yagrumaje Sur en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara*. (Trabajp de Diploma). ISMM, Moa.
- Bastola, S. (2010). *Impacto visual generado por la explotación minera en el yacimiento Punta Gorda*. (Trabajo de Diploma). ISMM, Moa.
- Belete, D. I. (2012). *Procedimiento para los trabajos topográficos en áreas en proceso de rehabilitación*. (Tesis de Maestría). ISMM, Moa.
- Carrera, G. J. (2017). *Qué es y para qué sirve el AutoCAD Civil 3D*. Obtenido de Disponible en: www.linkendi.com/pulse/qué-es-y-para-qué-sirve-autocad-civil-3d-gilberto-jara-carrera.
- Castro-Moreira, J. C., & Vélez-Gilces, M. A. (2017). La importancia de la topografía en las ingenierías y arquitectura. *Polo del Conocimiento*, 2, 1071-1081. doi:ISSN-2550-682X
- Céspedes, E. R. (2014). *Determinación de la precisión de las redes de densificación geodésicas en la mina ECG*. (Tesis de Maestría), ISMM, Moa.
- Díaz, Y. G., & Etal. (2017-2018). *Diagnóstico ambiental preliminar y oportunidades de prevención de la contaminación en la Empresa de Productos Cárnicos de Holguín. Cuba*. Santiago de Cuba.
- Fernández, I. A. (2003). *Estudio del impacto ambiental ocasionado por la explotación del Yacimiento de Arena y Grava "Río Nibujón"*. (Tesis de Doctoral). ISMM, Moa.
- Fernández, I. A., & Etal. (octubre-diciembre de 2016). Impacto visual generado por la explotación minera en el yacimiento Punta Gorda, Moa. *Minería y Geología*, v.32 n.4, p. 141-159.
- Fernández, P. A. (10 de February de 2011). Cartography in the context of sciences theoretical and technological Considerantions. *Cartographic Journal The*, 48(1), 4-10. doi:10.1179/1743277411Y.0000000003
- Flores, J. M. (2016). *Impacto de la contaminación minera y su incidencias en la oferta y demanda de los productos agrícolas, caso de la papa, cebada y quinua proveniente del municipio el Choro*. (Trabajo de Diploma). UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, Choro, Lapaz, Bolivia.
- Fonseca, M. D., & Etal. (2018). *Evaluación del desempeño ambiental del matadero "chichi padrón"* (Vols. VOL 45, Julio-Septiembre, 2018). (Y. A. Carvajal, Ed.) Villa Clara, Cuba., <http://centrozucar.uclv.edu.cu/>: Una Publicación de la Editorial Feijóo.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

- Fuentes, O. B. (1998). *Vía para el perfeccionamiento del cálculo de volumen de mineral extraído*. (Tesis de Doctorado). ISMM, Moa.
- Graña, M., & Etal. (2012). *Los SIG y la Cartografía Ambiental, Evaluación Estratégica y de Impacto Ambiental*. Salamanca, España. Recuperado el 2016, de <https://www.researchgate.net/publication/299041224>
- Lázaro, M. H. (2009). Diario de un diagnóstico ambiental. *RSE - GESTIÓN SOSTENIBLE*.
- Ley No 76 de Minas. (2005). *Gaceta oficial de la Republica de Cuba, Ministerio de Justicia*. Obtenido de Disponible en: <http://www.gacetaoficial.cu/>
- Ley No 81 del Medio ambiente. (2015). *Gaceta oficial de la Republica de Cuba*.
- Ley No 85 del Forestal. (1999). *Gaceta oficial de la Republica de Cuba, Edición ordenaria*. La Habana.
- Lobares, C., & Etal. (1997). *Ambiente y Territorio: Un ejemplo de Cartografía ambiental digital*. Universidad de Girona, Girona, España.
- Lucas, L. L. (2017). *Rehabilitación de las áreas dañadas por la minería en el yacimiento Camarioca Este*. (Trabajo de Diploma). ISMM, Moa.
- Magaña, P. D. (2014). *Guía para la realización del manifiesto de diagnóstico ambiental*. Estado de Colima.
- Manual de Introducción a la Gestión Ambiental Municipal de Salvador*. (2014). Salvador.
- Martínez, D. G., & Etal. (2013). Evaluación de impactos ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río. *Científica*, 15(1). doi:ISSN: 1562-3297
- Miguel, Á. G., & Marcos, M. S. (2015). *Manual de Topografía en Ingeniería*. València/España: Universitat Politècnica de València.
- MIGUELÁÑEZ, V. O. (2014). *Diagnóstico ambiental de suelos contaminados por actividades mineras y evaluación de técnicas de estabilización para su recuperación*. (Tesis Doctoral), Universidad de Salamanca, Facultad de Ciencias, Departamento de Geología, España.
- Milián-Milián, E., & Etal. (octubre-diciembre de 2012). Procedimiento para la rehabilitación minero-ambiental de yacimientos piríticos polimetálicos cubanos. *Minería y Geología*, 28 (4), 20-40.
- MineriaChilena. (2014). *Software para minería: Herramientas para disminuir la incertidumbre*. Obtenido de Disponible en: <http://www.mch.cl/informes-tecnicos/software-para-mineria-herramientas-para-disminuir-la-incertidumbre/>
- Mínguez, V. C., & Etal. (2009). *Sistema de evaluación de impacto ambiental*. València.
- Moreno, Y. F. (2016). *Evaluación Minero-Ambiental del yacimiento Polimetálico Castellano en la provincia de Pinar del Río*. (Trabajo de Diploma). ISMM, Moa.
- Norma ISO 10013. (s.f.). *Directrices para la documentación de sistema de gestión de calidad*.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

- Norma ISO 14001. (2015). *Sistema de Gestión ambiental*.
- Norma ISO 9001. (2015). *Sistema de gestión de calidad*.
- Normas cubanas para EIA. (s.f.).
- Patiño, A. A., & Etal. (2013). *Aplicaciones de la topografía en la ingeniería ambiental y replanteo de obras*. Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental Topografía, Tunja / Colombia.
- Perevochtchikova, M. (2011 -2012). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública, XXII(2)*, 283-312. Recuperado el 2013
- Pérez, J. M. (2015). *Aplicación del AutoCAD LAND a proyectos de presas de pantalla impermeable*. (Tesina de Topografía Minera). ISMM, Moa.
- Proyecto de explotación minera del yacimiento Yagrumaje Sur*. (2016). Moa.
- Proyecto Geológico del yacimiento Yagrumaje Sur*. (2016). Moa/ Holguin.
- Quintero, J. A. (2018). *Impacto visual generado por la minería en la cantera cerro calera Bariay*. (Trabajo de Diploma). ISMM, Moa.
- Resolución No 132/2009. (s.f.).
- Ríos, Y. A. (2015). *Evaluación ambiental de los Pasivos Ambientales Mineros de la mina de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara*. (Trabajo de Diploma). ISMM, Moa.
- RISCO, A. M. (2016). *Procedimiento para la recuperación de áreas degradadas en canteras de áridos*. (Tesis en opción al grado científico de Doctor en ciencias técnicas). ISMM, Moa.
- RISCO, M. D., & Etal. (2018). Diagnóstico ambiental de la cantera yarayabo provincia Santiago de Cuba, Cuba. *Holos, 01*, 30-48. doi:10.15628/holos.2018.6728
- Rodríguez, I. T. (2012). *Procedimiento para el diseño geométrico de caminos mineros con el software AutoCAD Civil 3D*. (Tesis de Maestría). ISMM, Moa.
- Rojas, L. F., & Etal. (2013). *Cómo Documentar un Sistema de Gestión de la Calidad según ISO 9001*. *Universidad Libre-Barranquilla*, 115-123; ISSN: 1909-2458.
- Salazar, A. P. (2015). *Caracterización Minero–Ambiental de las Canteras en la Industria de Materiales de la Construcción de Santiago de Cuba*. (Trabajo de Diploma). ISMM, Moa.
- Sánchez, A., & Nari, L. (2012). *Guia de boas práticas de recuperação ambiental em pedreiras e minas de calcário*. En A. B. Ambiental. São Paulo.
- Sánchez, L. G. (2015). *Propuesta para la prevención y mitigación de la contaminación por la actividad minerade oro sobre el canal de dique*. (Trabajo de Diploma). Universidad Santo Tomás/ Departamento de Ingenierías/ Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá.
- Sánchez, N. B. (2013). *Rehabilitación de áreas degradadas por la minería a cielo abierto en la región de Nicaro-Mayarí, Cuba*. Pinar de Río/ Cuba.
- Solicitud de licencia ambiental para vivientas de Punta Gorda*. (2019). Moa: CEPRONÍQUEL.

PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

- Tabares, A. C. (2002). *Topografía: Relación con el medio ambiente*. Universidad de Valle.
- Taborda, J. C. (2014). *Gestión ambiental Mina La Margarita S.A.S.* (Trabajo de Diploma). Corporación Universitaria Lasallista/Faculta de Ingeniería/Ingeniería Ambiental, Caldas - Antioquia.
- Terre Environnement Aménagement. (s.f.). *Environmental diagnosis, Environmental monitoring quality*. France; Gabon; Republic of the Congo and Argentina.
- Villa, H. A. (2014). *Modelo de restauración de áreas degradadas por minería en el Bagre – Antioquia*. (Trabajo de Diploma). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Villegas, E. J. (2016). *Uso, Manejo y Prevención de los recursos naturales (orientación Ecológica)*. (Tesis Doctor en Ciencias), La Paz/ Baja California Sur.
- Yibre, T. L. (2015). *Caracterización minero ambiental del yacimiento de arena natural “tibaracón del toa”*. (Trabajo de Diploma). ISMM, Moa.
- Zamora, Y. L. (2009). *Procedimiento para la ejecución de diagnósticos ambientales en entidades cubanas. Aplicación en la Unidad de Investigaciones para la Construcción ENIA Villa Clara*. Villa Clara/ Santa Clara/Cuba.

http://www.cartogis.org/docs/cartogis_careers.pdf

<http://eimaformacion.com/tipos-de-medidas-para-mitigar-minimizar-impactos-en-la-eia/>

<https://www.clubensayos.com/...Topografía-En-La-Ingeniería-Ambiental/1632030.html>

<http://blogdecalidadiso.es>

<http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9789702409151.pdf>

<http://www.gisandbeers.com/sas-planet-descarga-de-imagenes-y-mapas/>

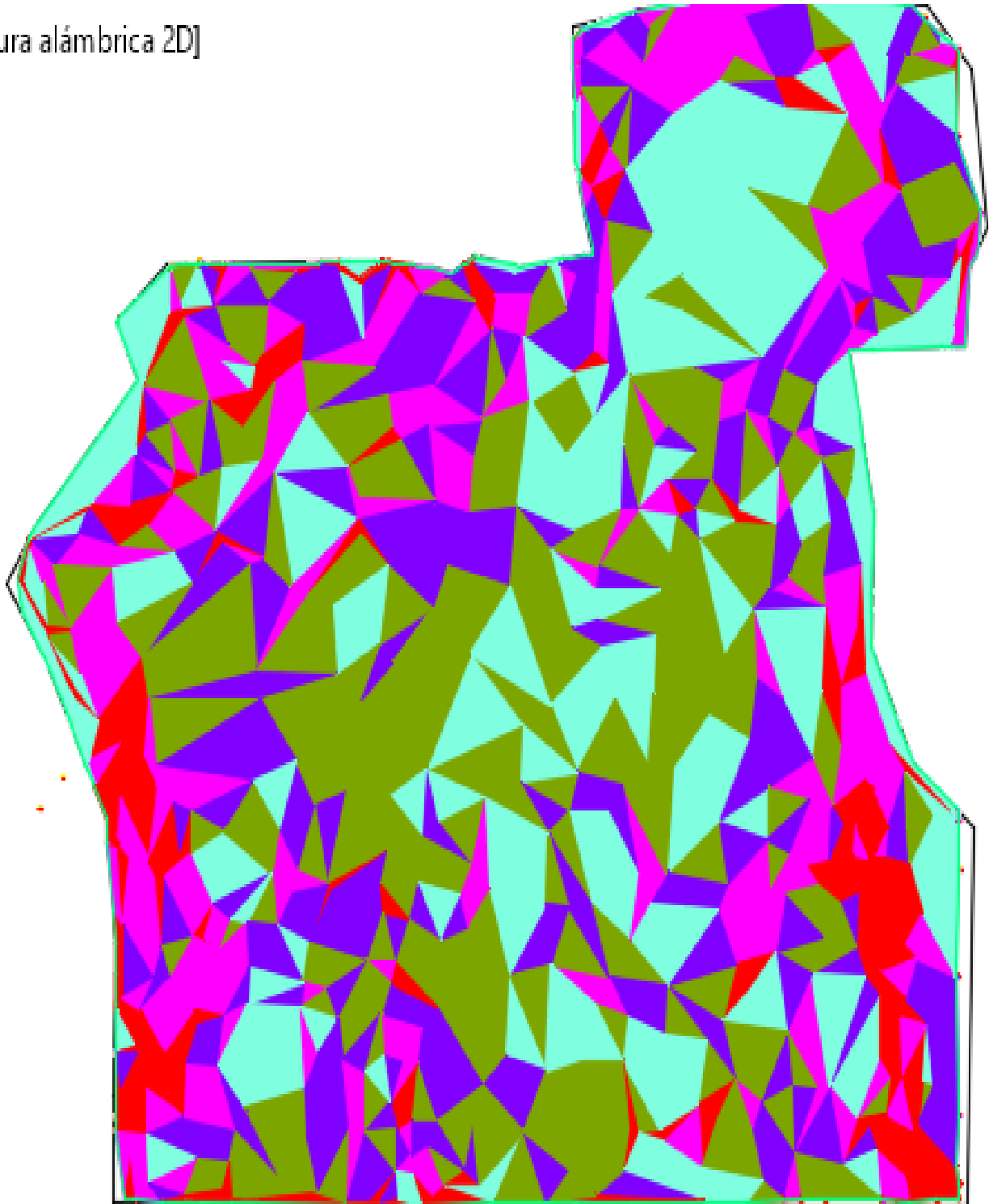
ANEXOS

Anexo 1: Análisis de las elevaciones del Yacimiento Yagrumaje Sur



Anexo 2: Análisis de las Pendientes del Yacimiento Yagrumaje Sur

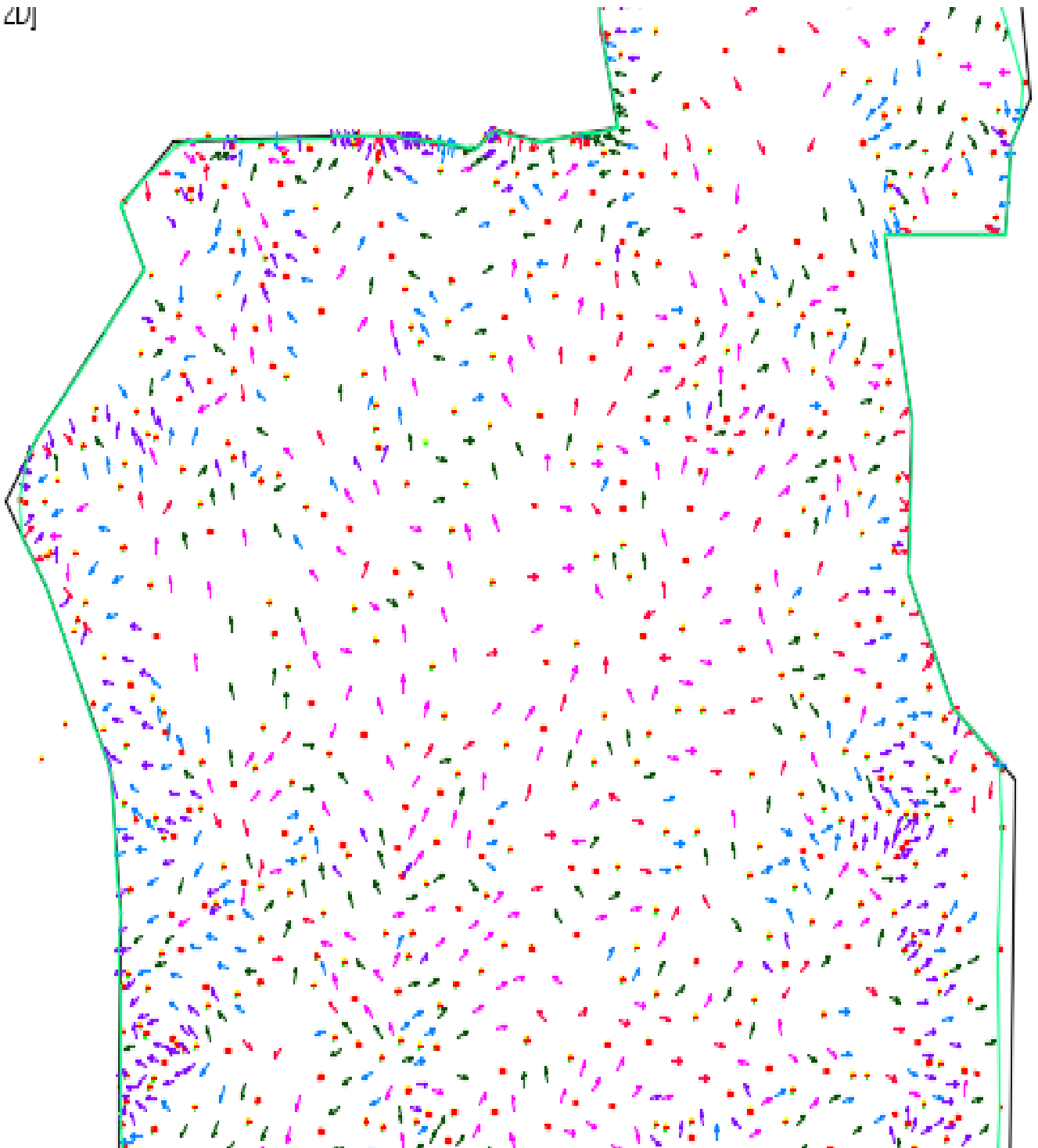
ctura alámbrica 2D]



PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Anexo 3: Orientaciones de las Pendientes del Yacimiento Yagrumaje Sur

rica 2LJ














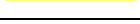
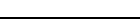
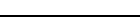

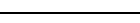
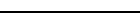
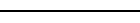
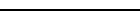
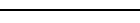
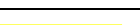
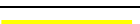
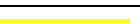
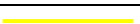



**PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS**

Anexo 4: Tabla de cuencas Hidrográficas del Yacimiento Yagrumaje Sur

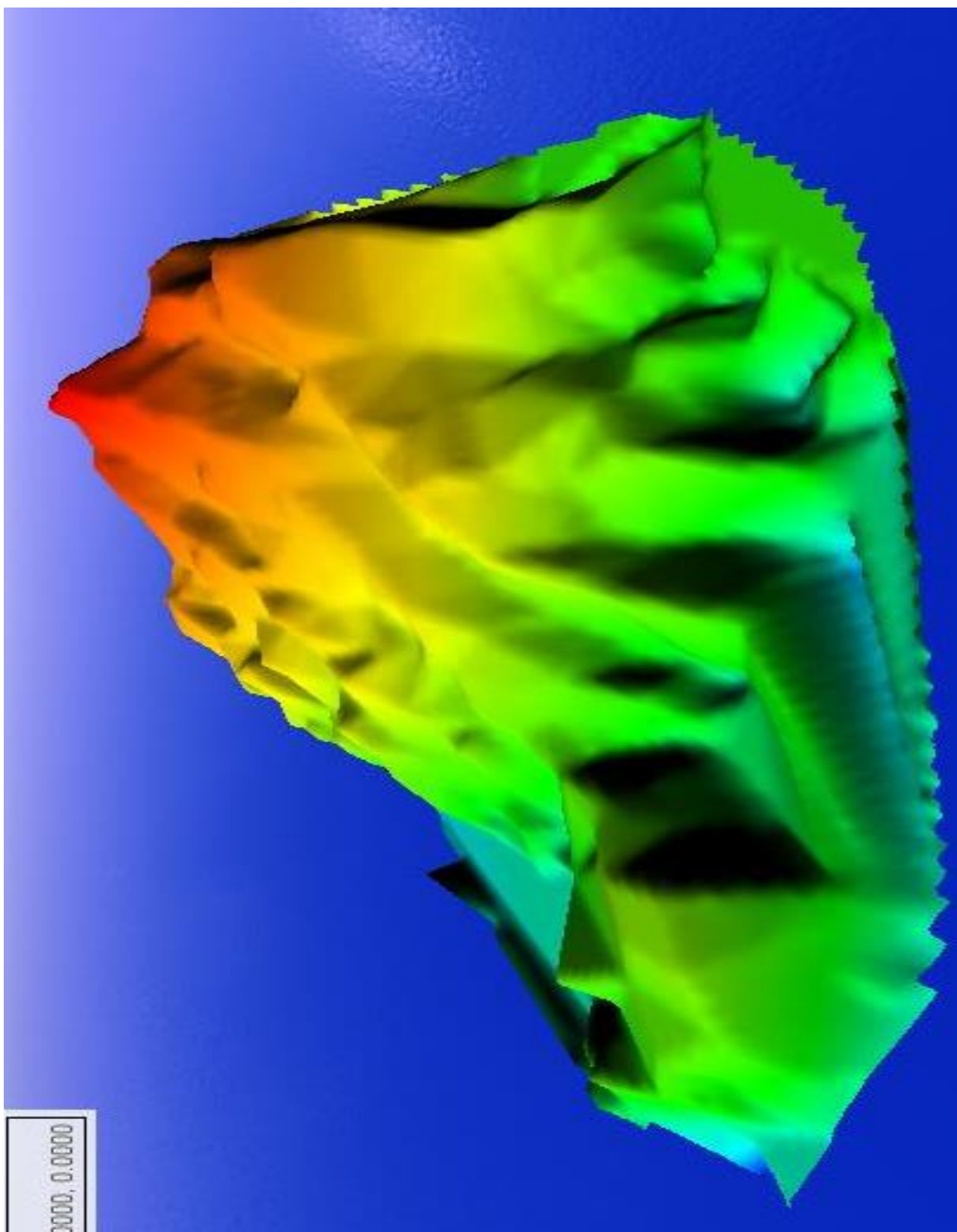
ID	tipo	Drains into	description	Segment display	Área m ²
1	Desagüe puntual		Descripción 1	—————	1064.96
2	Desagüe puntual		Descripción 2	—————	1758.82
3	Desagüe puntual		Descripción 3	—————	9800.76
4	Desagüe puntual		Descripción 4	—————	363.18
5	Desagüe puntual		Descripción 5	—————	1301.24
6	Desagüe puntual		Descripción 6	—————	2875.28
7	Desagüe puntual		Descripción 7	—————	502.44
8	Desagüe puntual		Descripción 8	—————	4907.84
9	Desagüe lineal		Descripción 9	—————	1154.00
10	Desagüe lineal		Descripción 10	—————	76.75
11	Desagüe lineal		Descripción 11	—————	17819.36
12	Desagüe lineal		Descripción 12	—————	599.29
13	Desagüe lineal		Descripción 13	—————	27233.59
14	Desagüe lineal		Descripción 14	—————	1560.87
15	Desagüe lineal		Descripción 15	—————	0.03
16	Desagüe lineal		Descripción 16	—————	21.41
17	Desagüe lineal		Descripción 17	—————	59.31
18	Desagüe lineal		Descripción 18	—————	3145.68
19	Desagüe lineal		Descripción 19	—————	492702.06
20	Desagüe lineal		Descripción 20	—————	1588.62
21	Desagüe lineal		Descripción 21	—————	1664.90
22	Desagüe lineal		Descripción 22	—————	183396.07
23	Desagüe lineal		Descripción 23	—————	4044.12
24	Desagüe lineal		Descripción 24	—————	25564.08
25	Desagüe lineal		Descripción 25	—————	2877.41
26	Desagüe lineal		Descripción 26	—————	1141.20
27	Desagüe lineal		Descripción 27	—————	1261.91
28	Desagüe lineal		Descripción 28	—————	72.66
29	Desagüe lineal		Descripción 29	—————	2110.37
30	Desagüe lineal		Descripción 30	—————	90.39
31	Desagüe lineal		Descripción 31	—————	202.95
32	Desagüe lineal		Descripción 32	—————	81939.37
33	Desagüe lineal		Descripción 33	—————	159429.47
34	Desagüe lineal		Descripción 34	—————	4581.54
35	Desagüe lineal		Descripción 35	—————	1017.43
36	Desagüe lineal		Descripción 36	—————	496.54
37	Depresión		Descripción 37	—————	19917.47
38	Depresión	19	Descripción 38	—————	481966.25
39	Depresión		Descripción 39	—————	417277.94
40	Depresión	41 , 42	Descripción 40	—————	32507.59
41	Depresión	40	Descripción 41	—————	82813.25
42	Depresión	43	Descripción 42	—————	91852.56
43	Depresión		Descripción 43	—————	16636.23
44	Depresión		Descripción 44	—————	383075.36
45	Depresión	41	Descripción 45	—————	39312.99
46	Depresión		Descripción 46	—————	31311.17

**PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS**

47	Depresión		Descripción 47		30044.84
48	Depresión	44 , 73	Descripción 48		174999.72
49	Área plana		Descripción 49		43804.75
50	Área plana	9 , 49	Descripción 50		58785.00
51	Área plana	12, 39, 65	Descripción 51		4211.64
52	Área plana		Descripción 52		19722.39
53	Área plana		Descripción 53		32444.14
54	Área plana	1, 11, 17	Descripción 54		164748.49
55	Área plana		Descripción 55		16767.22
56	Área plana		Descripción 56		146427.61
57	Área plana	19, 38	Descripción 57		25673.30
58	Área plana	6, 26, 42	Descripción 58		7673.56
59	Área plana	41, 45	Descripción 59		61271.73
60	Área plana	40, 41, 42, 58	Descripción 60		37390.51
61	Área plana	13, 38,50,52,54	Descripción 61		38190.96
62	Área plana	38, 44	Descripción 62		32339.93
63	Área plana	5, 23, 24, 27, 37, 38, 53, 55, 61	Descripción 63		20280.29
64	Área plana	42, 56	Descripción 64		41559.95
65	Área plana	33, 38	Descripción 65		332009.35
66	Área plana	3, 21, 22	Descripción 66		8485.57
67	Área plana	42, 44, 56, 64,73	Descripción 67		16515.75
68	Área plana	19, 39, 65	Descripción 68		23072.06
69	Área plana	38, 65	Descripción 69		20341.35
70	Área plana	33, 48	Descripción 70		19018.99
71	Área plana	33, 36, 65	Descripción 71		2652.63
72	Área plana	33, 48, 65	Descripción 72		2295.75
73	Desagüe múltiple	40, 41	Descripción 73		266671.96

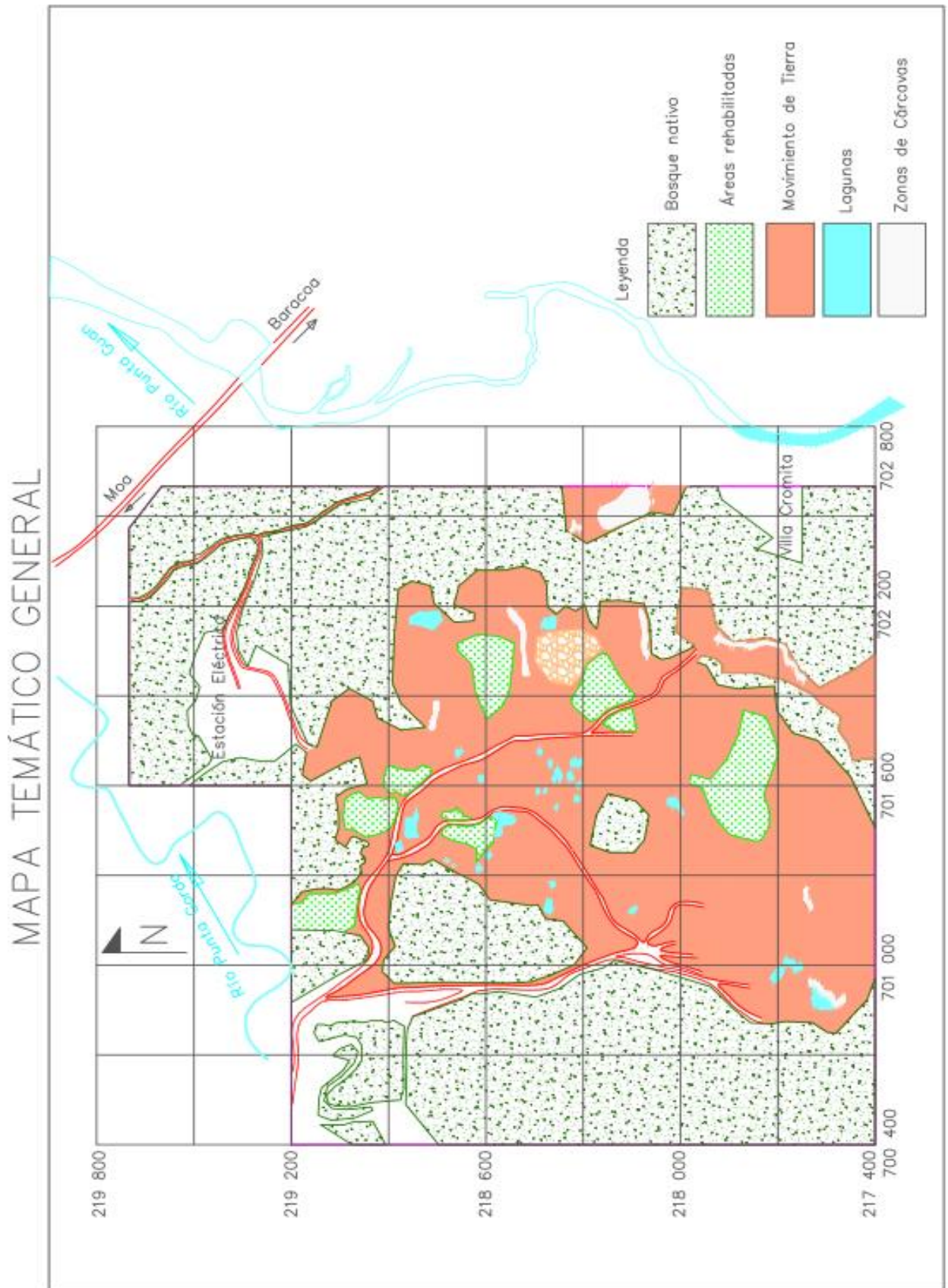
PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRITICOS

Anexo 5: Modelo Digital de elevaciones del Yacimiento Yagrumaje Sur



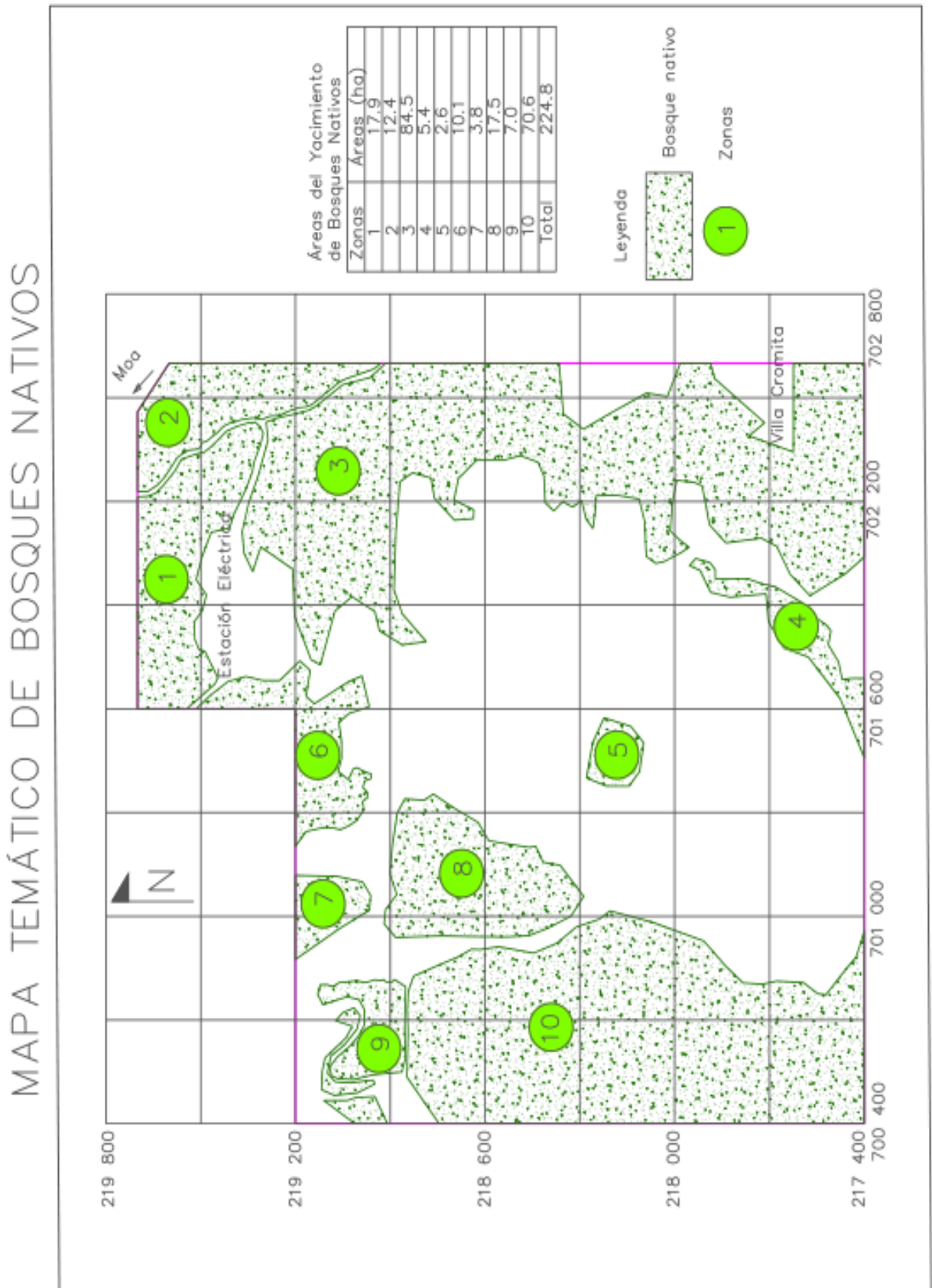
PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

Anexo 6: Mapa temático General



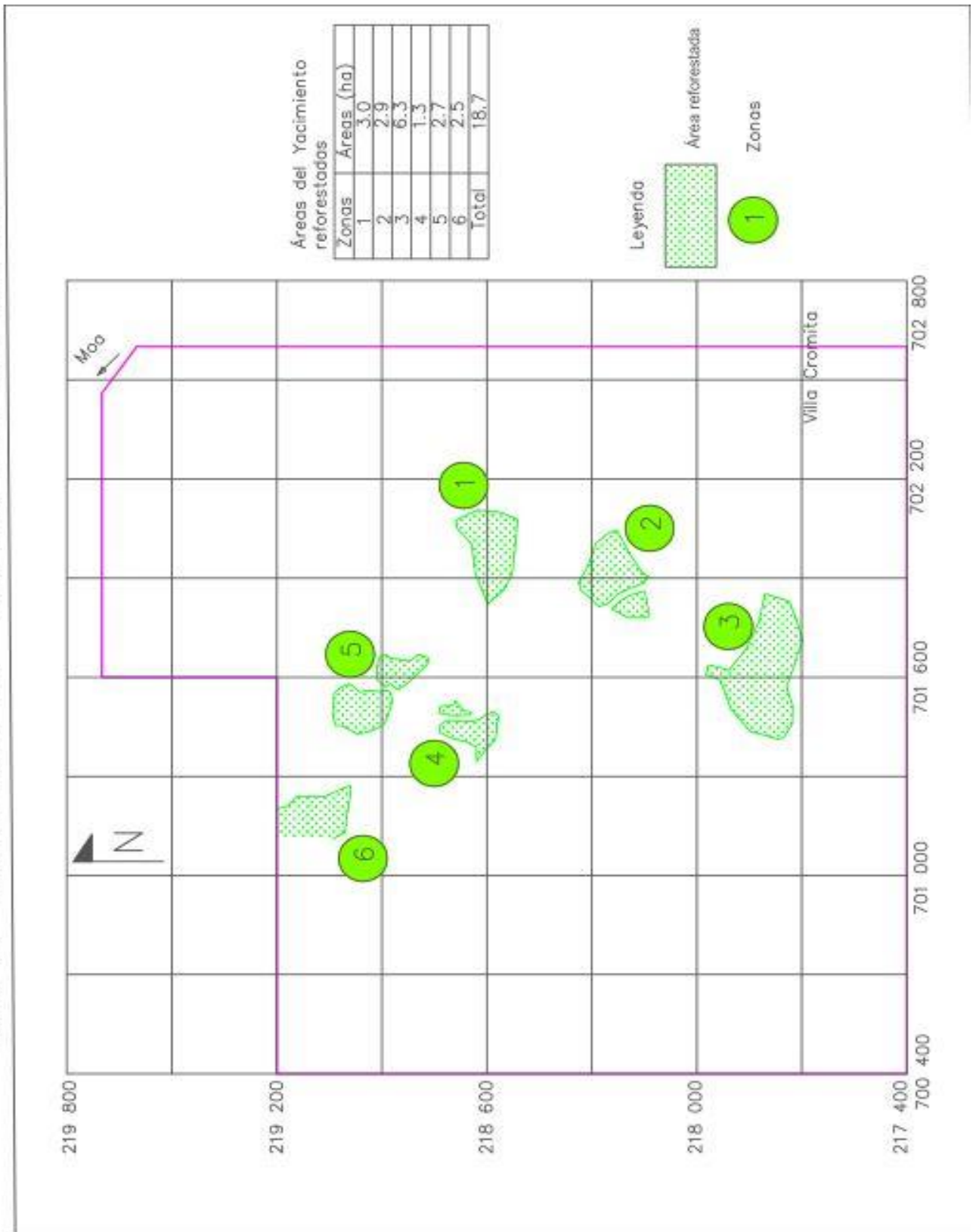
PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

Anexo 7: Mapa Temático de Bosques Nativos



Anexo 8: Mapa temático de Áreas Reforestadas

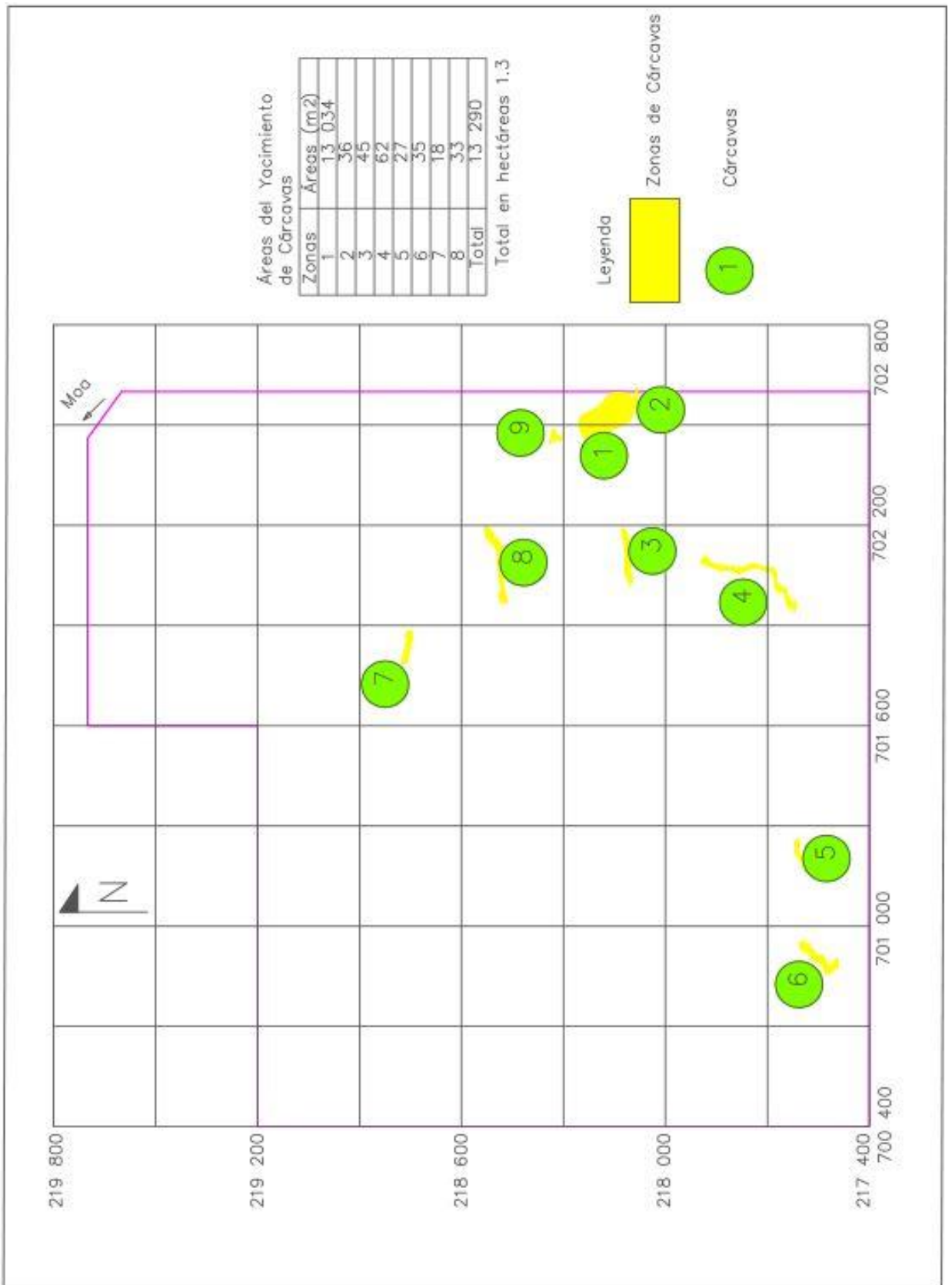
MAPA TEMÁTICO DE ÁREAS REFORESTADAS



PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

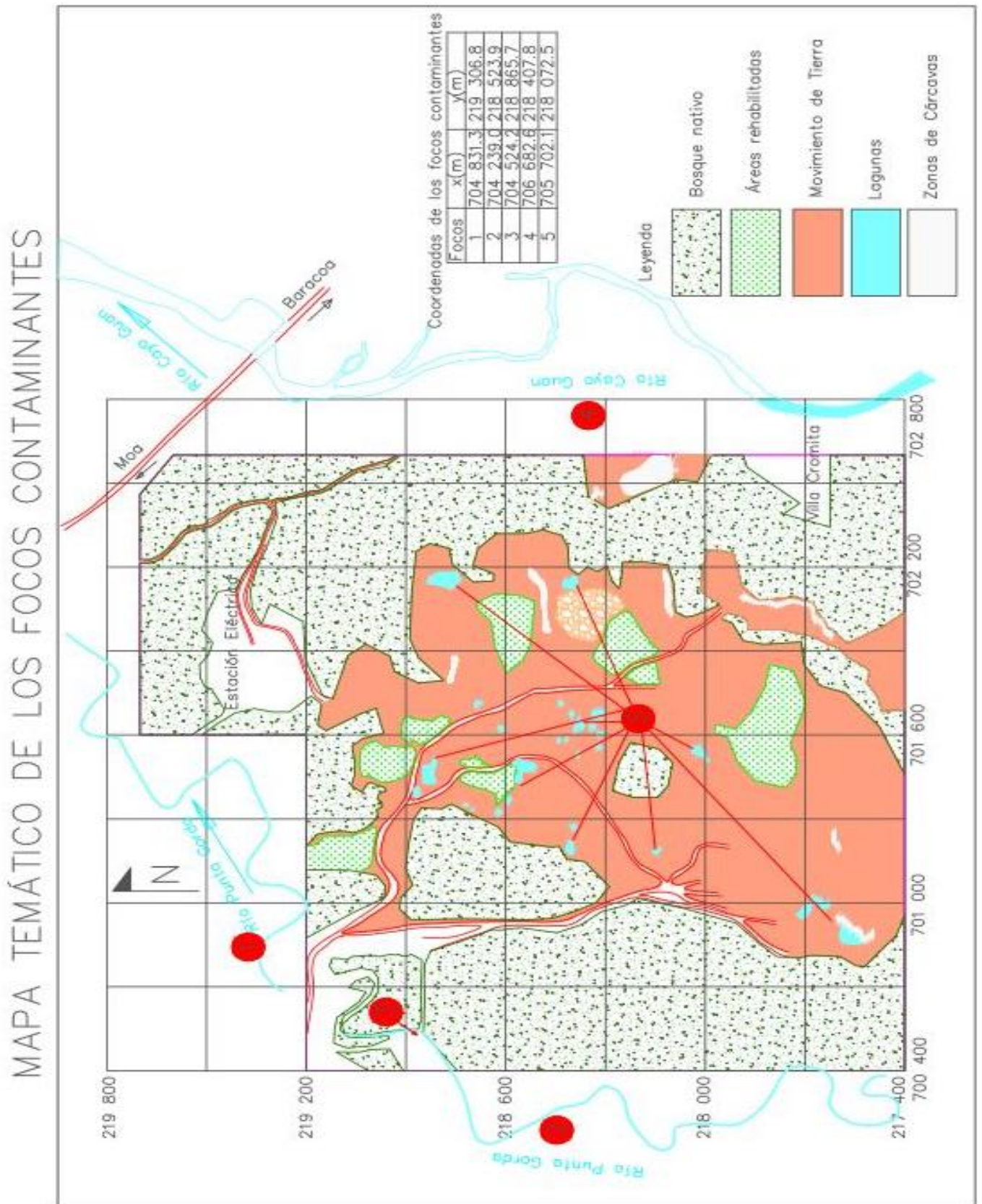
Anexo 9: Mapa General de Cárcavas

MAPA GENERAL CÁRCAVAS



PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

Anexo 10: Mapa temático de los focos contaminantes



PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LOS YACIMIENTOS LATÉRICOS

Anexo 11: Flujograma del Procedimiento para el diagnóstico ambiental en los yacimientos lateríticos.

