



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"

FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de
INGENIERO EN MINAS

**TÍTULO: CARACTERIZACIÓN MINERO AMBIENTAL DE
LA SOCIEDAD MINERA CATOCA DE LA
REPUBLICA DE ANGOLA**

Autor: Carnoth Júlio Cambuta Tchivikwa

Moa, junio de 2014
"Año 56 de la Revolución"



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"

FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de
INGENIERO EN MINAS

**TÍTULO: CARACTERIZACIÓN MINERO AMBIENTAL DE
LA SOCIEDAD MINERA CATOCA DE LA
REPUBLICA DE ANGOLA**

Autor: Carnoth Júlio Cambuta Tchivikwa

Tutores: Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés.

Dr.C. Domingos das Neves Margarida

Moa, junio de 2014

"Año 56 de la Revolución"

DECLARACIÓN JURADA DEL AUTOR

Por medio de la presente, declaro ante el Consejo de Dirección de la Facultad de Minería y Geología que el Trabajo de Diploma presentado es de mi propia autoría; no contiene material escrito por otra persona que no haya sido referenciado debidamente en el texto. En su totalidad, no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Diploma de una institución nacional o extranjera.

Moa, 18 de junio de 2014.

Firma del autor

Carnoth Júlio Cambuta Tchivikwa

AGRADECIMIENTOS

A Dios mi protector, por permitirme nacer y acompañarme a transitar todos los caminos, los rudos y los más dóciles. Por mostrarme la luz del conocimiento.

A mis padres, Francisca Vamuevale y Benedito Tchivikwa, por estar siempre a mi lado, por guiarme para llegar hasta aquí, y darme el amor para superar cada obstáculo que nos pone la vida. A pesar de la distancia, su presencia es permanente.

A mis tutores Dra. Mayda Ulloa Carcasés y Dr. Domingo Das Neves Margarita, por su constante preocupación y apoyo hasta el final.

Al compañero Pedro Mutindy, Ministro de Hotelería y Turismo de la República de Angola. Gracias por la atención y el cariño dispensado durante mi formación.

A mi cuñado, Diputado de la Asamblea Nacional de Angola, Lic. José Mario Katiti. Muchas gracias por su colaboración desde los primeros días de mi formación en Cuba y por su sencillez. Que Dios le proteja.

A mis hermanos (as) Edvirgem, Francia, Júlia Simão, Vivi, Loya, Padre Barnabe, Agripina, Tina Simão, Tina Gaby Orlando, a mi tío Hanguala, Fidel, Bibi, Neusa, Sorte, Chico Simão, Davineth, Ana y a todos. Por su amor incondicional y su apoyo para lograr esta meta de mi vida y todos mis cuñados y cuñadas.

A mis sobrinos y sobrinas, gracias por su atención y consejos.

Al Lic. Francisco Domingos Caetano, Jefe del Sector Estudiantil de la Embajada de Angola en Cuba. Por su amistad y apoyo en estos años.

Al Dr. Manuel Baptista, Financiero de la Embajada de Angola en Cuba. Por sus consejos de siempre. Gracias.

A mi abuela Suzana Ndevelo, por ser tan especial y darme optimismo para luchar. Su ejemplo de una vida de luchas, me ha inspirado siempre.

A todos mis tíos, tías y mi familia en general. Ellos han sido parte del impulso para esforzarme, por su apoyo incondicional y ayudarme a llegar hasta este momento de culminación.

Al Dr. Roberto Watson Quesada por su preocupación en mi formación.

Al Dr. Moises Kafala Neto, Director del INAGBE. Gracias por su apoyo incondicional y sus consejos siempre válidos. Que Dios le bendiga.

A los Doctores Rafael Noa Monjes, Pedro Beyris, Orlando Belete, Santiago Bernal, Naísma, Gustavo Rodríguez Bárcenas, y a los profesores Máster en Ciencias Julio Montero, Alexis Montes de Oca, Yoandro Diéguez, Roílber Lambert, Elvita Toirac y Yoander Aguilera; así como a todos los otros profesores que han sido ejemplos a seguir por sus conocimientos y amistad verdadera.

Al Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y al Presidente del consejo de estado y de ministros, General Raúl Castro Ruz, por su humanismo y haber facilitado que llegáramos a Cuba en gesto eterno de solidaridad con los pueblos del mundo, que ha permitido la formación de muchos africanos, especialmente angolanos, uno de los cuales defiende hoy.

A la madre de mi hijo, próximamente Dra. en Ciencias Sociológicas. Gracias por su ayuda y preocupación por mi formación.

A mi amiga para siempre Josefa Mestre Lamorú y su hijo Leonardo Rodríguez Lamorú. Ellos han sido amigos incondicionales que me han ofrecido amistad sincera, apoyo en cada momento que lo he necesitado y consejos oportunos continuamente.

A mis suegros Julio y Denis, que me acogieron en su casa como un hijo más durante todos estos años.

A mis compañeros de clase, en especial a Helio Miguel dos Santos (Zé Du), Justino Tomas Antonio (Beto Kangamba), Igor Damião Fernandez (el Flow) que me han acompañado estos cursos en Cuba y su amistad ha sido muy valiosa e inolvidable. En cada lugar que estemos cada uno, siempre nos recordaremos y ayudaremos, si Dios nos lo permite.

A mi gran amigo Dr. C. Alberto Turro Breff, actualmente Rector de la Universidad de Guantánamo, por su aprecio, su confianza en mí como dirigente estudiantil para extranjeros en el ISMMM y por ayudarme cada vez que fue necesario.

Al Rector Dr. C. Ángel Oscar Columbié Navarro, Rector del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, por haber apoyado en el proceso de mi futuro Doctorado.

Al Dr. C. Manuel Vega Almaguer, por su constante apoyo y preocupación constante en mi vida profesional.

Al compañero Apolo Ndinoulenga, Administrador del Municipio de Namacunde, gracias por su colaboración en mi formación en Cuba.

A la Dra. Teresa, a mi madrina Ileana y su familia, al compañero Doca, al Lic. Julio Nepela, a mi amigo Lic. Pelágio Pukulukeni, a todos profesores y trabajadores del ISMMM, gracias por su apoyo.

Al pueblo de Moa y todos los amigos buenos que he hecho en Cuba.

Al Gobierno de la República de Angola y de la República de Cuba. Que viva la amistad para siempre.

A mi hijo Leonardo Carnoth Tchivikwa Hernández, el mejor premio que tengo en mi vida para siempre. Gracias Dios.

A mi amigos: Marcio Kafala, Ana Bibiana, Iluminado (el empresario), Orlando OCR, Wiliame, Aneth, Leza, Budared, Rebeca, Pastor Faustino (Congole), Helvi Mbango (Namibia), Gobierno de Calle, Bosalale, Teyd Jandira, Francisca Soreia, Valdir, Frank (Panana), Yussan, Mendonca, Mirelis, Nelson Paulo, Helder Vemba, Vladimir, Sonia, Tania, Chiaque (Xangongo), y todos los que pueda haber olvidado nombrar, a todos colegas angolano y otras nacionalidades presentes en el ISMMM.

DEDICATORIA

La vida es una prueba, la muerte es un derecho. Dedico este trabajo a todos mis familiares que ya no están con nosotros, a mi Abuelo Júlio, a mi hermana Rosa de Lima, Elidio, Gigi, Dino, mi madre Natalia, padre Simão y todos aquellos que quizás en este momento de tanta alegría y a la vez de tristeza no consigo recordar. A ustedes, van todo mi afecto y consideración para siempre. Donde quiera que estén, están con toda la familia. Que Dios les Bendiga.

A toda mi familia, especialmente a mi hijo Leonardo Carnoth Tchivikwa Hernández y su madre, Dra. Yuliuva Hernández García

PENSAMIENTOS

Aprovechemos el tiempo en función de nuestras necesidades.

Carnoth Júlio C. Tchivikwa

El capital humano no depende solamente de la ciencia, sino también de la conciencia y la capacidad de hacer las cosas con mucho o poco que se tenga.

Fidel castro Ruz

RESUMEN

En esta investigación, se analizó la estructura productiva de la Sociedad Minera Catoca y sus características geológicas y minero - técnicas; se identificaron los efectos ambientales que se producen debido a la explotación a cielo abierto del yacimiento kimberlítico y las medidas generales de mitigación de los impactos ambientales negativos. En su elaboración se aplicaron métodos empíricos y teóricos de la investigación científica para cumplir adecuadamente los objetivos planificados. Se siguió una metodología en la que se resumen las técnicas, procedimientos y métodos de estudios, que permitieron entender, evaluar y concebir la influencia del proyecto de explotación de la Sociedad Minera Catoca sobre el medio ambiente. Las principales conclusiones del trabajo se relacionan con que las acciones mineras que se desarrollan en la Sociedad Minera Catoca producen impactos ambientales significativos que afectan a la vegetación, la fauna, el suelo, el agua superficial y subterránea, la atmósfera, la población, la economía y el paisaje, y que el análisis de las características geológicas y minero- técnica, del proceso de producción y la identificación y relación de los impactos ambientales de la Sociedad Minera Catoca, permitió caracterizar minero-ambientalmente su actividad y proponer medidas para lograr una minería responsable.

ABSTRACT

In this research, the production structure of the Catoca Mining Company and its geological and mining features discussed - technical; environmental effects that occur due to opencast the kimberlitic deposit and general mitigation of negative environmental impacts were identified. In preparing theoretical and empirical methods of scientific research that enabled adequately meet the planned objectives were applied. Methodology was followed, which summarizes the techniques, procedures and methods of study, which allowed to understand, evaluate and develop the influence of the mining project Catoca Mining Company on the environment. The main conclusions relate to that mining activities taking place in the Catoca Mining Company produced significant environmental impacts affecting vegetation, fauna, soil, surface and ground water, the atmosphere, the people, the economy and landscape, and analysis of technical-mining, geological characteristics and manufacturing process, and the identification and relationship of the environmental impacts of the Sociedad Minera Catoca let characterize environmentally mining activity and propose measures to achieve responsible mining.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACION.....	9
1.1 Antecedentes y actualidad del tema a nivel internacional	9
1.2. Antecedentes y actualidad del tema en Angola.....	19
1.2.1 Legislación minero ambiental en Angola.....	27
1.3. Metodología de evaluación de impacto ambiental	27
CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN MINERO-TECNICA Y GEOLÓGICA DE LA SOCIEDAD MINERA CATOCA.....	30
2.1. Características generales.....	30
2.2. Características geológicas del área.....	34
2.2. Características minero técnicas de la Sociedad Minera Catoca.....	37
2.2. Principales operaciones mineras	42
CAPITULO III. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA SOCIEDAD MINERA DE CATOCA.....	49
3.1. Características ambientales de la Sociedad Minera Catoca	49
3.2 Sistema de medidas preventivas, correctoras y de mitigación.	56
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

INTRODUCCIÓN

La minería constituye una de las más importantes fuentes de obtención de materias primas para la humanidad. Su práctica afecta considerablemente el medio ambiente y algunas empresas que practican esta actividad, no conceden adecuada importancia a la rehabilitación de los espacios degradados por la misma. Actualmente son cada vez más notables los impactos negativos que causa la minería, sobre todo a cielo abierto; razón por la cual muchos países han elaborado normas legislativas que obliguen a las entidades mineras a respetar el medio ambiente y que presenten un plan de rehabilitación de las áreas degradadas, para evitar de esta forma mayores daños a la naturaleza.

La conciencia sobre el medio ambiente surgió a comienzo de la década del setenta del siglo XX en los países más avanzados, donde el bienestar económico, fruto del desarrollo, iba acompañado de secuelas no deseadas sobre la naturaleza y que eran inaceptables para los pueblos. Por esto se han desarrollado desde entonces muchos encuentros y conferencias internacionales con el fin de prevenir este fenómeno, como por ejemplo: la Conferencia sobre Medio ambiente Humano, celebrada en Estocolmo, Suecia, 1972; la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo en 1987, donde se establece el concepto de “Desarrollo Sostenible”. Por su parte, la Cumbre de Río de Janeiro en junio de 1992, marcó un viraje y puso el concepto de medio ambiente al alcance de todos los ciudadanos del planeta; posteriormente, la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, también conocida como la Cumbre de la Tierra en la que se desarrolló y legitimó una agenda de medidas relacionadas con el cambio medioambiental, económico y político.

En Diciembre de 2009, durante la clausura de la Cumbre de Copenhague, Dinamarca, auspiciada por Naciones Unidas, el mundo recibía la decepcionante noticia, de que en la misma no se había logrado un consenso para aprobar un documento en el que por lo menos se reconocan los acuerdos del Protocolo de Kyoto, en cuya declaración final no se tienen en cuenta, como esperaba la mayor parte del mundo, la aprobación de las medidas necesarias para disminuir progresivamente las acciones que propician el cambio climático (Parrotta y Knowles, 2001).

En la actualidad, con el aumento de la capacidad humana de transformar el entorno natural, se ha originado un desequilibrio entre los deterioros ocasionados y la capacidad de recuperación del medio frente a los mismos. Pero a la vez, es evidente que no se puede prescindir de la minería porque es la actividad básica dedicada a la obtención de los georecursos para el abastecimiento a la sociedad de las materias primas necesarias para mejorar su calidad de vida, su progreso y su destino.

Sin embargo, la conciencia que se tiene hoy de la limitación de los recursos naturales, así como la de los diversos elementos que componen los ecosistemas, obligan a solucionar los problemas de la demanda de materias primas en equilibrio con la conservación de la naturaleza, permitiendo así salvaguardar el patrimonio que representa el medio y los recursos naturales para poder legarlos a las futuras generaciones (Carbonell, 2003)

La extracción de materiales a cielo abierto es un tipo de disturbio antrópico que afecta todos los factores del ecosistema (vegetación, fauna, suelos), las geoformas del terreno y las condiciones microclimáticas. Las áreas de extracción de materiales, en muchos casos, se encuentran localizadas en los

límites de las ciudades. Cuando la extracción de materiales se realiza irracionalmente sin una planeación de la explotación, los problemas generados después del abandono son muy graves debido a que los taludes quedan inestables y se producen deslizamientos, que a su vez pueden generar pérdidas de vidas humanas. Otros problemas ocasionados por una explotación no planificada, es la pérdida del suelo superficial, contaminación de las aguas superficiales, emisiones de polvo y de ruido (Bradshaw, 1993).

Angola, cuenta con más de diez minas de diamantes, entre las que se destacan la Sociedad Minera Catoca, Sociedad Minera del Luó, Sociedad Minera del Cuango, Sociedad de Desarrollo Mineiro, Proyecto Chitotolo, Proyecto Fucauma, Proyecto Lucapa, Ferrangol, Geomineral Angola . El país posee grandes reservas de diamantes (estimado en 180 millones de quilates), principalmente en las provincias de Lunda Norte y Lunda Sur, en la parte central y noreste del país.

Hasta la fecha, aproximadamente 700 kimberlitos se han localizado en el territorio nacional. La mayoría de los kimberlitos de diamantes ricos, se encuentran a lo largo de noreste suroeste que se extiende hasta la República Democrática del Congo. La minería de diamantes es una importante fuente de ingresos de divisas para el país, que genera más de \$ 650 millones al año, aunque las cifras exactas son inciertas debido a la cantidad de minas de diamantes ilegales y el contrabando.

El país en la actualidad vive un momento importante para su crecimiento y desarrollo sustentable que se basa en políticas y estrategias definidas por el gobierno sobre la necesidad de que la minería sea compatible con la preservación y recuperación ambiental y el ordenamiento territorial.

En la provincia de Lunda Sur se explotan numerosos yacimientos de diamantes, muchos de los cuales no cuentan con un proyecto de rehabilitación de las áreas afectadas por la minería integrado con el de explotación, incumpliendo así con lo establecido en Ley 1/92 respecto a las actividades mineras y geológicas.

En su Artículo 75, esta Ley plantea que las actividades geólogo-mineras deben procesarse de acuerdo con las normas, técnicas y reglamentos de racionalidad minera, de modo que puedan permitir, en lo posible, la rehabilitación de los suelos para los fines que se destinaban antes de iniciar las actividades mineras o para otro uso alternativo, sin perjuicio del medio ambiente. Las empresas autorizadas a la práctica de la minería deben, después de terminados los trabajos, proceder a la rehabilitación de los suelos y la recuperación del paisaje, conforme a lo previsto por los estudio de evaluación impacto ambiental.

Además, la Ley plantea que antes de abandonar definitivamente el área de la concesión, las empresas deben solicitar al ministerio correspondiente, la revisión del área de operaciones mineras, en correspondencia con un plan de cierre y abandono de las operaciones mineras. En los términos de este código los concesionarios están obligados a preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área, elaborar estudios y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar el impacto derivado de su actividad tanto en dicha área como en las áreas y ecosistemas que puedan ser afectados.

La Sociedad Minera Catoca en el área de Saurimo, explota su yacimiento a cielo abierto. Posee un Sector de Medio Ambiente, como parte integrante del

Departamento de Sustentabilidad, cuyas atribuciones en la estructura de su organización son: elaborar Políticas y Programas de Gestión Ambiental y dirigir el Plan Director de Medio Ambiente basado en la ISO 14001. Su política ambiental se basa en el lema “La minería es necesaria, preservar el medio ambiente es posible” que aspira a desarrollar de forma responsable (Endiama EP, 2012).

No obstante lo anterior, aún su actividad ambiental no es comparable con los estándares internacionales. Produce importantes niveles de contaminación al no incluir la dimensión ambiental en todo el proceso de producción según lo establecido en la legislación ambiental del país. Hasta la fecha, no se han realizado las investigaciones necesarias para establecer correctamente sus efectos ambientales y no se cuenta con una caracterización general de la empresa que incluya, además de los aspectos minero- técnicos, la situación ambiental de la cantera.

Lo anterior, ha generado la necesidad de realizar un estudio para caracterizar desde el punto de vista minero-ambiental la actividad de la Sociedad Minera Catoca, con el fin de valorar su influencia sobre el medio ambiente, lo cual constituye **el problema** de esta investigación.

Los procesos minero-ambientales y la actividad minera de la Sociedad Minera Catoca, constituyen respectivamente **el objeto y el campo de acción** de este estudio.

El **objetivo general** que se persigue es realizar una caracterización minero-ambiental de la Sociedad Minera Catoca para establecer sus efectos sobre el

medio ambiente y proponer medidas que contribuyan a minimizar los impactos negativos.

Para alcanzar el objetivo general se desarrollaron los siguientes **objetivos específicos**:

1. Analizar las características geológicas y minero- técnica de la empresa.
2. Analizar la estructura productiva de la Sociedad Minera Catoca.
3. Identificar y relacionar los efectos ambientales que produce.
4. Proponer medidas generales de mitigación de impactos negativos.

La **hipótesis** que sustenta esta investigación se basa en que “si se analiza las características geológicas y minero- técnica, el proceso de producción minero, y se identifican y relacionan los impactos ambientales de la Sociedad Minera Catoca, se puede caracterizar minero-ambientalmente su actividad y proponer medidas para contribuir a minimizar los impactos negativos”.

Los **principales aportes** de la investigación lo constituyen la caracterización minero ambiental y la propuesta de recomendaciones para contribuir a minimizar los impactos ambientales provocados por la minería de diamantes de la Sociedad Minera Catoca.

Ante la escasez de estudios en el contexto angolano, que se dirijan a caracterizaciones minero-ambientales en zona afectadas por las actividades mineras, la realización de esta investigación constituye un referente de importancia teórico-práctica para próximos estudios del tema. Con ella, se contribuye a ir llenando los vacíos teóricos aún existentes en ese campo científico de la minería, especialmente en un país donde los acercamientos al tema se están iniciando, a partir de contextualizar los análisis en la Sociedad

Minera Catoca y ofrecer un conjunto de recomendaciones útiles al diseño de políticas ambientales futuras para la minería en Angola.

En el desarrollo de la investigación se emplearon métodos teóricos y empíricos de la investigación científica.

Entre los métodos teóricos se encuentran el analítico-sintético, utilizado para desglosar el problema en sus partes esenciales y sintetizar e incorporar los aportes del conocimiento científico; el histórico-lógico, para el análisis de la evolución de la temática estudiada; el deductivo-inductivo para el análisis de la temática, primero de forma general y después particularizar en la Sociedad Minera Catoca, mediante un procedimiento que podrá generalizarse en el futuro a otras partes del país.

Entre los métodos empíricos utilizados se encuentran la revisión documental y la recopilación y procesamiento de los datos y la entrevista a expertos.

Para la realización de esta investigación se siguieron las siguientes fases metodológicas, en los que se resumen las técnicas, procedimientos y métodos de estudios, que permiten entender, evaluar, concebir la influencia del proyecto de explotación de la Sociedad Minera Catoca sobre medio ambiente, a saber:

1. Identificación de los referentes teórico-conceptuales que permiten la realización de una caracterización minero-ambiental.
2. Análisis de la estructura productiva de la Sociedad Minera Catoca.
3. Análisis de las características geológicas y minero- técnica de la empresa.

4. Identificación y caracterización de los impactos ambientales y establecimiento de relaciones entre las acciones productivas y los efectos sobre el medio que producen.
5. Proponer medidas generales de mitigación de impactos negativos.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACION

Este capítulo tiene como objetivo principal sustentar teóricamente el problema de la afectación al medio ambiente producido por la actividad minera a cielo abierto y de las estrategias para enfrentarlo, referido por la literatura especializada, particularizando en la caracterización minero ambiental. Se considera que este análisis puede servir como referencia, en los esfuerzos para contrarrestar este problema en Angola, y a nivel mundial, principalmente en la industria extractiva de diamantes.

A lo largo de esta revisión, se consultaron libros, trabajos fin de carrera, tesis de maestría y doctorados, páginas de internet y trabajos realizados sobre el tema en otros contextos que marcan objetivos similares que esta investigación.

1.1 Antecedentes y actualidad del tema a nivel internacional

La minería a cielo abierto es una actividad industrial de alto impacto ambiental, social y cultural. Se considera insostenible por definición, en la medida en que la explotación del recurso supone su agotamiento. Las innovaciones técnicas que ha experimentado a partir de la segunda mitad del siglo XX, han modificado radicalmente la actividad; de modo que se ha pasado del aprovechamiento de vetas subterráneas de gran calidad, a la explotación en minas a cielo abierto de minerales de menor calidad diseminada en grandes yacimientos.

Actualmente son numerosos los artículos e investigaciones realizadas acerca de la caracterización minero ambiental y la afectación que causa la minería a

cielo abierto al medio ambiente, como consecuencia del desarrollo de cada una de las etapas del proceso productivo; a saber, prospección y exploración de los yacimientos minerales, desarrollo y preparación de las minas, explotación de minas y tratamientos de los minerales obtenidos en instalaciones respectivas con el objetivo de obtener productos comerciables.

Salinas (1993, citado por AECO-AT¹), identifica las siguientes actividades individuales como posibles causas de impactos ambientales durante la fase de exploración:

- Preparación de los caminos de acceso.
- Mapeos topográficos y geológicos.
- Montaje de campamentos e instalaciones auxiliares.
- Trabajos geofísicos.
- Inversiones hidrogeológicas.
- Aperturas de zanjas y pozos de reconocimiento.
- Tomas de muestras.

Durante la fase de explotación, los impactos que se producen están en función del método seleccionado para utilizar, según la característica del yacimiento. Diversos autores (Vaughan, 1989; Salinas, 1993; Elizondo, 1994; citados por AECO-AT), abordan los principales impactos ambientales como consecuencia de la minería a cielo abierto (MCA), que en su fase de explotación son los siguientes:

- Afectación de la superficie: la minería a cielo abierto devasta la superficie, modifica severamente la morfología del terreno, apila y deja al descubierto

¹ Las siglas AECO-AT, significan: Asociación Ecológica Costarricense - Amigos de la Tierra. Trabajan junto al Frente Nacional de Oposición a la Minería de Oro a cielo Abierto de Costa Rica.

grandes cantidades de material estéril, produce la destrucción de áreas cultivadas y de otros patrimonios superficiales, puede alterar cursos de aguas y formar grandes lagunas para el material de desecho.

- Afectación del entorno en general: la minería a cielo abierto, transforma radicalmente el entorno, éste pierde su posible atracción y esencia y se ve afectado por el ruido producido en las distintas operaciones, como por ejemplo, en la trituración y en la molienda, en la generación de energía, en el transporte y en la carga y descarga de minerales y de materiales estéril sobrante de la mina y de las plantas beneficiadoras.
- Contaminación del aire: el aire puede contaminarse con impurezas sólidas, como polvo y combustibles tóxicos o inertes, capaces de penetrar hasta los pulmones, provenientes de diversas fases del proceso. También se puede contaminar el aire con vapores o gases de cianuros, mercurio, dióxido de azufre, contenidos en gases residuales, procesos de combustión incompleta o emanaciones de charcos o lugares de aguas no circulantes con materia orgánica en descomposición.
- Afectación de las aguas superficiales: los residuos sólidos finos provenientes de área de explotación pueden dar lugar a una elevación de la capa de sedimentos en los ríos de la zona. Diques y lugares de oxidación mal construido o mal mantenidos, o inadecuados manejo, almacenamiento o transporte de insumos (como combustibles, lubricantes, reactivos químicos y residuos líquidos), pueden conducir a la contaminación de las aguas superficiales.
- Afectación de las aguas subterráneas o freáticas: aguas contaminadas con aceite usado con reactivos con sales minerales provenientes de las pilas o

botaderos de productos sólidos residuales de los procesos de tratamiento, así como aguas de lluvias contaminadas con contenidos de dichos botaderos, aguas provenientes de pilas o diques de colas o aguas de proceso contaminadas, pueden llegar a las aguas subterráneas. Además puede haber un descenso en los niveles de estas aguas subterráneas cuando son fuente de abastecimiento de agua fresca para operaciones de tratamiento de minerales.

- Afectación de los suelos: la minería a cielo abierto implica la eliminación del suelo en el área de explotación y produce la sequía del suelo en la zona circundante, así como una disminución del rendimiento agrícola y agropecuario. También suele provocar hundimientos y la formación de pantanos en caso de que el nivel de las aguas subterráneas vuelva a subir. Además, provoca la inhabilitación de suelos por almacenamiento de estéril.
- Impacto sobre la flora: la minería a cielo abierto, implica la eliminación de la vegetación en las áreas de las operaciones mineras, así como una destrucción parcial o una modificación de la flora en el área circunvecina, debido a la alteración del nivel freático. También puede provocar una presión sobre los bosques existentes en el área, que pueden verse destruidos por los procesos de explotación.
- Impacto sobre la fauna: la fauna se ve perturbada y/o ahuyentada por el ruido y la contaminación del aire y del agua, la elevación del nivel de sedimentos en los ríos. Además, la erosión de los amontonamientos de residuos estériles puede afectar particularmente la vida acuática. Puede darse también envenenamiento por reactivos residuales contenidos en aguas provenientes de la zona de explotación.

- Impacto sobre las poblaciones: la minería a cielo abierto puede provocar conflictos por derechos de utilización de la tierra, dar lugar al surgimiento descontrolado de asentamientos humanos, ocasionando una problemática social y destruir áreas de potencial turístico. Puede provocar una disminución en el rendimiento de las labores de pescadores y agricultores debido a envenenamiento y cambios en el curso de los ríos debido a la elevación de nivel por sedimentación. Por otra parte, la minería a cielo abierto puede provocar un impacto económico negativo por el desplazamiento de otras actividades económicas locales actuales y /o futuras.
- Cambios en el microclima: la minería a cielo abierto puede causar cambios en el microclima y puede provocar una multiplicación de agentes patógenos en charcos y áreas cubiertas por aguas estancadas.
- Impacto escénico posterior a la explotación: la minería a cielo abierto deja profundos cráteres en el paisaje. Su eliminación puede conllevar costos tan elevados que puedan impedir la explotación misma.

A nivel internacional, en especial en Latinoamérica, también se han desarrollado importantes estudios (Vaughan, 1989; Salinas, 1993; Elizondo, 1994; citados por AECO-AT) sobre los impactos negativos en el medio ambiente por las actividades mineras, en especial, la minería a cielo abierto. Existe consenso en la literatura sobre el tema, en el sentido de que ninguna actividad industrial es tan agresiva ambiental, social y culturalmente como la minería a cielo abierto.

En el caso de la extracción de oro, la MCA utiliza de manera intensiva, grandes cantidades de cianuro, una sustancia muy tóxica, que permite recuperar el oro

del resto del material removido. Para desarrollar todo este proceso, se requiere que el yacimiento abarque grandes extensiones y que se encuentre cerca de la superficie. Como parte del proceso, se cavan cráteres gigantescos, que pueden llegar a tener más de 150 hectáreas de extensión y más de 500 metros de profundidad.

La MCA remueve la capa superficial para hacer accesibles los extensos yacimientos de mineral de baja calidad. Los modernos equipos de excavación, las cintas transportadoras, la gran maquinaria, el uso de nuevos insumos y las tuberías de distribución permiten hoy remover montañas enteras o parte de ellas, haciendo rentable la extracción de menos de un gramo de oro por tonelada de material removido.

Según Kussmaul (1989, citado por AECO-AT), el impacto ambiental provocado por cualquier actividad minera está relacionado con cuatro factores principales:

1. Tamaño de la explotación, que se refiere al volumen de producción de la explotación, el cual tiene como consecuencia una determinada dimensión de actividades y producción de desechos y aguas residuales.
2. Localización, que representa el sitio en el que se lleva a cabo la explotación, las poblaciones aledañas y la naturaleza de la topografía local.
3. Métodos de explotación, que dependen del tipo de yacimientos a explotar y que están directamente relacionados con la naturaleza y extensión del impacto. Se utilizan tres métodos principales: Minería a cielo abierto (o minería superficial); Minería subterránea; Minería por lavado y dragado.
4. Características de los minerales y de su beneficio, que se refiere al hecho de que la naturaleza del mineral determina el tratamiento a emplear.

Otro caso de América Latina lo constituye Colombia. En relación con el total de minas que se explotan en ese país, 1531 utilizan el sistema subterráneo lo cual equivale a 72 % y 598 minas corresponden a explotaciones a cielo abierto, lo cual implica una prevalencia de las explotaciones de filón en el mismo. La minería artesanal realizada en Colombia se produce con herramientas manuales como picos, barrenos y palas.

En Colombia, las investigaciones de Lagos, Blanco & Torres (2012), han identificado el estado real y los tipos de afectaciones que ocasionan al medio ambiente las actividades mineras. Por ello se han propuesto acciones comprometidas a preservar y restaurar el patrimonio natural, mejorar las condiciones ambientales de vida de los ciudadanos y generar opciones de desarrollo, aprovechando la diversidad bajo el concepto de trabajo con tecnologías limpias.

Atendiendo lo expuesto anteriormente, se considera que el nivel de impacto ambiental es alto, debido al porcentaje de las minas que son explotadas a cielo abierto y los tipos de equipamientos que son utilizados. En este sentido, se considera necesario un plan de gestión ambiental para mejor control de los efectos negativos que la MCA produce en Colombia.

En Ecuador, los efectos de la minería se valoran en determinados casos como negativos. Pero a su vez, es una actividad necesaria que constituye una nueva fuente de desarrollo para el país. Los efectos negativos que produce la minería, se manifiestan de forma general sobre el medio ambiente, la salud y el medio social.

En la minería artesanal y pequeña minería existen situaciones muy diversas, pero en todos los países estudiados se considera que las políticas del Estado son insuficientes aun para resolver los problemas de este sector, tanto en los planos económico, social, ambiental y en la seguridad laboral.

En Cuba, la legislación ambiental vigente regula las relaciones de las empresas mineras con el medio ambiente y obliga a realizar estudios de evaluación de impacto y a rehabilitar los espacios degradados por esta actividad. Un ejemplo importante lo constituye la actividad minera en Moa, provincia de Holguín. En esta zona operan dos empresas que se dedican a la explotación de yacimientos de níquel más cobalto por método a cielo abierto. Los principales impactos que provoca son los siguientes: pérdida de cobertura vegetal, pérdida de biodiversidad de especies en la flora y la fauna, deforestación, erosión de suelos y cambios en la morfología del relieve, contaminación de las aguas superficiales (arrastre de azolves) y cambios de cauce de ríos.

Otros impactos, propios de la actividad industrial lo constituyen el deterioro de la calidad del aire, generación de desechos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas con residuales líquidos, pérdida de especies por cambios de PH y temperatura.

Para la recuperación de las áreas degradadas por la minería del níquel, en el territorio de Moa existe una Empresa de Rehabilitación Minera (REMIX), con énfasis en la recuperación de los suelos (Foto 1.1). En estos yacimientos se cuenta con vasta experiencia en materia de recuperación y es práctica habitual en las minas Comandante Ernesto Che Guevara y Pedro Soto Alba (Osorio, 2013).



Foto 1.1. Zona rehabilitada en Moa, Cuba

El autor de esta investigación considera que en Cuba se aplican consecuentemente los sistemas de gestión ambiental y se acumula experiencia interesante en materia de rehabilitación.

En el continente africano, el caso de Sudáfrica es representativo respecto al manejo ambiental. La mayor mina de diamantes se explota por método subterráneo, minimizando de esta forma los impactos ambientales. No obstante, en algunas áreas del país es notable la minería artesanal, realizada por personas individuales. En este sentido, se considera que ello constituye un factor para la afectación de los factores ambientales, debido a que no existe una cultura minero-ambiental adecuada. Al mismo tiempo, no se emplea equipamiento apropiado, se pone en peligro la vida humana, se afectan las cuencas hidrográficas y el suelo, entre otros.

En Costa de Marfil la mina de diamantes Tortiya ha producido la tala de grandes superficies de bosque, se remueven extensas áreas de suelo y se cavan varias centenas de metros de profundidad. (Foto 1.2)



Foto 1.2. Zona minada en la mina Tortiya, Costa de Marfil

Como consecuencia, una vez que las minas son abandonadas, el ambiente queda totalmente destruido, haciendo prácticamente imposible la rehabilitación del terreno, al no haber tenido en cuenta la rehabilitación progresiva durante el ciclo de explotación de las minas.

En la explotación de esos minerales, se considera que se produce un manejo ambiental inadecuado, ya que los procesos de erosión y desertificación, desestabilización y deslizamientos, acompañados de la escasez de agua, intensa radiación solar y pérdida progresiva de fertilidad de suelos, motivan que en estas zonas se actúe principalmente buscando el equilibrio geomorfológico que evite procesos erosivos y de desestabilización irreversibles, sobre el cual

sea factible una regeneración biótica en la medida en que las condiciones climáticas lo permitan.

Sobre la base de la experiencia internacional, es criterio de este autor, que el desarrollo de la actividad extractiva requiere un modelo de recuperación integral en el que no sólo se contemplen actuaciones de rehabilitación ecológica del medio degradado, si no que se dé un nuevo uso al territorio dotándolo de un valor complementario al que posee por la existencia del recurso mineral a explotar.

1.2. Antecedentes y actualidad del tema en Angola

El panorama mundial sugiere que el desarrollo de las sociedades debe hacerse teniendo en cuenta no solamente la viabilidad económica, sino también social y ambiental; o sea, de forma sostenible. En la actualidad, Angola vive un momento importante para su crecimiento y desarrollo sostenible, basándose en las políticas definidas por el Gobierno. Es necesario entonces que a estas se una el componente minería, con la preservación, la recuperación del medio ambiente y el ordenamiento territorial, de acuerdo con la legislación vigente en el país.

Endiama EP (2012) realizó un seminario sobre medio ambiente que tuvo como objetivo principal caracterizar la etapa organizacional de desarrollo del sector minero y particularmente del subsector diamantífero, como medio para fortalecerlo, disminuir su vulnerabilidad y eliminar paulatinamente las prácticas nocivas como la minería artesanal, *garimpo* y otras, que atentan sobre los esfuerzo de ajuste a las perspectivas de desarrollo sustentable de las áreas mineras en el país. (Foto 1.3.)



Foto 1.3. Degradación ambiental producida por *garimpo*

Se asume que el desarrollo de Angola debe ser sustentable; por ello debe prestarse mayor atención a los aspectos referentes la racionalidad de la extracción de los recursos naturales.

Actualmente los investigadores angolanos se dedican al estudio del tema debido al impacto que causa la minería al medio ambiente (Foto 1.4). En Angola, hasta el momento todas las minas que explotan yacimientos diamantíferos se explotan a cielo abierto. A continuación se analizan las características principales de algunas importantes explotaciones de diamantes del país.

El área minera de Cuango, cuenta con una superficie de 6.818 km². Está situada en el extremo sudoeste de la provincia de Lunda Norte. Según estimados, tiene una población de 140.000 habitantes. En esta zona se desarrollan tres proyectos diamantíferos: Sociedad de Desarrollo Minero, Sociedad Minería del Cuango y Sociedad Minería Luminas.

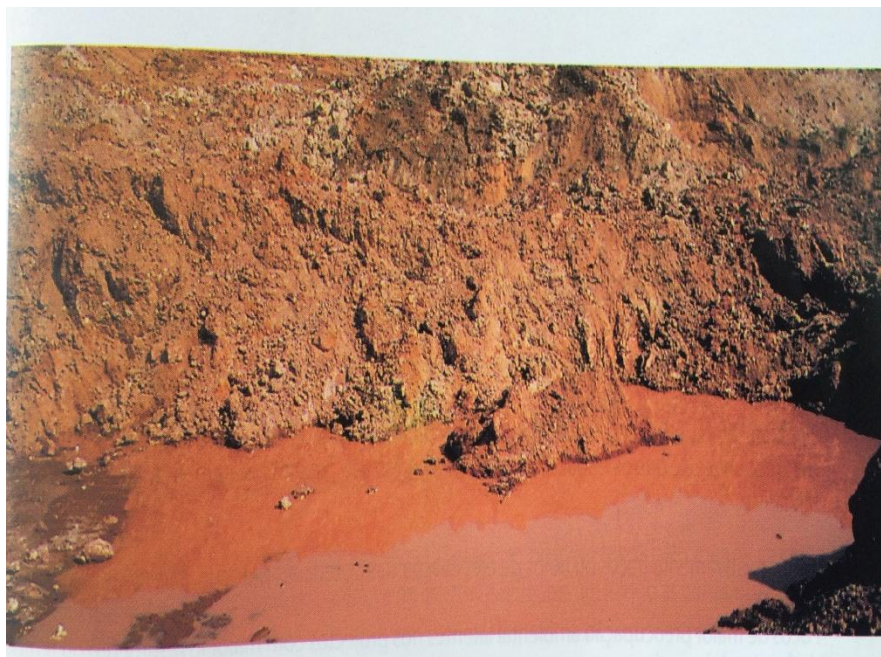


Foto 1.4. Área degradada por la explotación de diamantes.

Todas las empresas de la zona del Cuango explotan diamantes en los cursos y lecho del río, principalmente en el río Cuango. Generalmente la técnica utilizada es desviar el río del área a explotar y montar el equipamiento de explotación y pre tratamiento de la misma área. Los estudios del impacto o plan de contingencia ambiental, no están incluidos en los proyectos de explotación o en los planes de implementación.

En los tres proyectos se realiza minería a cielo abierto que ha provocado desvío de ríos (Foto 1.5), erosión de tierras, deforestación y represamiento de los ríos. Este último impacto a su vez ha provocado la destrucción de la geomorfología, dificultad de establecimiento de especies acuáticas, remoción de la vegetación ribereña, aumento de riesgos de inundaciones, alteración significativa del caudal, y de la variación de la velocidad del agua, cantidad de sedimentos depositados y turbidez del agua, que afecta su calidad y el desarrollo de los organismos acuáticos.

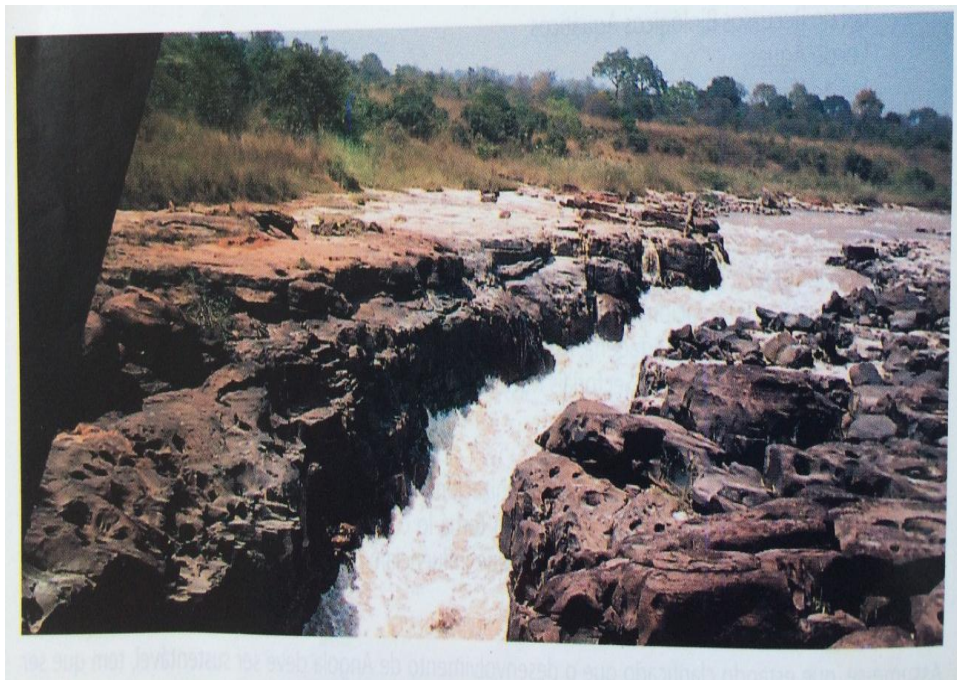


Foto 1.5. Vista parcial de desvío de río (curso construido)

Uno de los proyectos mencionados anteriormente, cuenta con un plan de recuperación ambiental, pero los trabajos realizados no proporcionan una recuperación significativa, debido a los niveles relativamente escasos o nulos de efectividad de las potenciales preocupaciones ambientales. Esta situación constituye un foco de preocupación ambiental latente en los proyectos con mayor inversión o tiempo de funcionamiento, lo cual se agrava por la dificultad en emplear personal con la preparación necesaria para el desarrollo de las actividades relacionadas con la preservación del medio ambiente.

Existen de forma general, graves problemas de impactos antrópicos negativos al ambiente que se traducen en desvío de ríos al nuevo curso definitivo, curso y lecho de río explotado y abandonado sin un debido tratamiento de restauración, agua de tratamiento de los inertes retornado al río sin tratamiento previo, deforestación y quemas de la vegetación (Foto 1.6), contaminación de las aguas, polución del aire y ruido en la área de explotación. Esta situación impone la necesidad urgente de adopción de un mecanismo que obligue a los

proyectos de mineros diamantíferos a cumplir lo establecido en la legislación minero-ambiental en vigor y lo relativo al Decreto 51/04, respecto a la evaluación de impacto ambiental (EIA). Otro aspecto importante es la de promover urgentemente la elaboración de planes de contingencia en los proyectos en curso.



Foto 1.6. Vegetación quemada dentro del área de concesión

En la zona de Saurimo se desarrollan el proyecto Catoca (objeto de este estudio) a 20 km del mismo el Proyecto Luemba y el Proyecto Alto Cuilo. El Proyecto Luemba se encuentra en la fase de prospección. Los impactos causados son reducidos, el volumen de mineral extraído durante los trabajos de búsqueda geológico-minera es de pequeña escala, los pozos abiertos son debidamente tapados con material de los alrededores. Hasta ahora el área no ha sufrido grandes impactos por la actividad minera. La fauna, con la prohibición de quemaduras y caza en el interior de la concesión, se mantiene intacta.

Por su parte el Proyecto Cuilo, se encuentra en fase de exploración y reconocimiento de cuerpos kimberlíticos y secundarios de diamantes. Los principales peligros son los explosivos dejados durante el conflicto armado en el país. El proyecto adopta una serie de medidas de aseguramiento en trabajo de educación ambiental y el respeto por la vida animal y vegetal. En estos proyectos practican medidas adecuadas, aunque todavía los trabajos realizados no son de gran escala. Se recomienda hacer los trabajos de exploración y prospección y la rehabilitación progresiva de las áreas afectas, como lo plantea el autor.

Proyecto Luenga, también en fase de exploración ya cuenta con estudio en fase inicial. No se han presentado aspectos ligados a la gestión ambiental, a semejanza de otros proyectos homólogos. Posee alguna información relativa al cumplimiento de la legislación ambiental (el Decreto No. 51/04 sobre evaluación del impacto ambiental); pero ya se observan algunas dificultades en el tratamiento del suelo causada por la minería artesanal, lo que provoca riesgos de impactos ambientales. Esta situación necesita con urgencia la presentación de un estudio de impacto ambiental del proyecto, la implementación de un sistema de gestión ambiental que contemple la educación ambiental del personal de la mina.

La Asociación en participación de Chimbongo empezó a trabajar en Mayo 2000 (búsqueda de los yacimientos y reservas) y comenzó la actividad de explotación en 2004. Alrededor del mismo existe una gran cantidad de minería artesanal en la margen derecha del Río Luembe. Este autor considera que en este caso, como en el anterior, existe la necesidad urgente de elaborar un plan

de rehabilitación, de manera que se puedan recuperar aquellas áreas explotadas anteriormente.

El estudio bibliográfico de la realidad minera angolana ha permitido establecer que a pesar de que existen regulaciones nacionales para la protección del medio ambiente en zonas de laboreo minero, no todas las empresas mineras las ponen en práctica, por lo que se producen afectaciones al medio ambiente y la salud humana. Se considera indispensable además, que el Estado defina claramente a los *garimpos* desde una perspectiva económica y social, de tal forma que puedan tener acceso a diversos instrumentos de gestión, y también se requiere que se simplifique los procesos de legalización para el establecimiento de *garimpos*.

Para profundizar, argumentar, sustentar la metodología a emplear se revisaron algunas investigaciones realizadas en el contexto cubano, que sirven de referentes a este estudio:

Milanés (1996), realiza una caracterización detallada de todos los yacimientos de materiales de la construcción de la provincia Santiago de Cuba y del medio ambiente de cada uno de los yacimientos; la identificación de los sistemas ambientales alterados por minería y su área de influencia. Además, seguidamente realiza el diagnóstico de los problemas, calcula el impacto y propone medidas para cada yacimientos y finaliza con un estudios de morbilidad y mortalidad de las áreas de salud del municipio Santiago de Cuba.

Por su parte, Romero (1998), realiza una caracterización de los yacimientos teniendo en cuenta solo la ubicación y materia prima que se explota. No tiene en cuenta la geología, clima, topografía, hidrografía y la descripción del medio

biológico. Sobre esta base, efectúa un diagnóstico ambiental en forma general de todos los yacimientos de materiales de la construcción de la región oriental, sin particularizar en cada yacimiento.

Viage (2000), detalla el funcionamiento de los diferentes sectores técnicos administrativos y de control de una empresa de materiales de la construcción. En este trabajo plasma una serie de cuestiones de vivo interés que permiten establecer parámetros técnicos y económicos que ayudan al mejor funcionamiento de la empresa. Considera que deben primeramente reflejarse las características físico-geográficas, económicas y geológicas de la zona de estudio y por último, analizar la situación ambiental de los yacimientos.

En el año 2005, Gómez describe diferentes parámetros de los yacimientos como su ubicación geográfica, la geología de la zona, las reservas de materia prima, tipo de rocas, características minero técnicas con el equipamiento de que disponen y el que necesitan para poder cumplir su plan de producción y el estado actual de la infraestructura de beneficio y preparación mecánica con sus características generales.

Estos trabajos abordan el problema de la contaminación ambiental de canteras, en la esfera de los materiales de construcción. Emplean como metodología las listas de chequeo y las matrices causa-efecto, lo que les permitió realizar adecuadamente la caracterización minera y ambiental de las empresas estudiadas. Resultaron de gran interés para su generalización en el caso de estudio angolano.

1.2.1 Legislación minero ambiental en Angola

Desde el punto de vista jurídico, existe gran preocupación por el grado de cumplimiento de la legislación en vigor sobre la protección ambiental y las actividades mineras. En este sentido, los primeros intentos sobre la protección del ambiente se centran en las siguientes leyes:

- Ley Base de Ambiente,
- Decreto de Evaluación de Impacto Ambiental,
- Ley de Recursos Biológicos Acuáticos,
- Ley de Aguas,
- Ley de Minas,
- Ley de los Diamantes,
- Ley del Fomento Empresarial,
- Ley de Tierras.

Además de estas normas, se trabaja en la promulgación de nuevos instrumentos legales de apoyo. Es importante señalar que existe la necesidad de la integración paulatina al plano nacional de los compromisos asumidos en convenciones internacionales ya ratificadas. Angola es parte de la Convención de la Biodiversidad, Protocolo de Cartagena, Agenda 12, Convención Internacional sobre Residuos, así como de las estrategias y programas sectoriales y regionales en materia del ambiente y desarrollo sustentable.

1.3. Metodología de evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impactos ambientales surge en Estados Unidos en 1970 con la promulgación de la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA). Desde entonces, un creciente número de países han adoptado la EIA,

aprobando leyes y creando organismos para garantizar su implementación.

Entre los países que pronto siguieron esta orientación están Canadá (1973), Nueva Zelanda y Australia (1974), Alemania (1975), Francia (1976), Filipinas (1977), Luxemburgo (1978), Holanda (1981), Japón (1984) y la Comunidad Europea como tal (1985).

En América Latina, el proceso de institucionalización de la EIA respondió inicialmente a satisfacer los requisitos exigidos para conceder créditos por parte de organismos financieros internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial, etc.

Este proceso comienza más tarde en África. Se aplica la EIA en países como Ruanda, Sudán y Sudáfrica. En Angola estos aspectos se institucionalizaron tempranamente, aunque su aplicación consecuente aun es incipiente. En Guinea Ecuatorial a partir del año 2003, con la promulgación de la Ley Reguladora de Medio Ambiente se implementa de forma obligatoria la EIA.

Existe gran cantidad de metodologías de evaluación de impactos muchas de las cuales se elaboraron para un determinado proyecto, por lo que su generalización no deja de ser muy complicada en ocasiones.

Las clasificaciones más generales, de los sistemas de evaluación de impactos (Ayala Carcedo, 1989; Esteban Bolea, 1991; Arse, 1993; Ruegas y Duran, 1995; Canter 1997; Conesa, 2003; Espinosa, 2007, 2009), agrupan los métodos según el siguiente esquema:

- Listas de chequeo

- Matrices causa-efecto
- Redes de interacción
- Sistemas cartográficos
- Modelación matemática.

Las listas de chequeo son un método de identificación muy simple, por lo que se usa para evaluaciones preliminares. Sirven primordialmente para llamar la atención sobre los impactos más importantes que puedan obtenerse como consecuencia de la realización de un proyecto.

Las matrices de causa-efecto consisten en un listado de acciones y otro de indicadores de impacto ambiental, que se relacionan en un diagrama matricial. Son muy útiles cuando se trata de identificar el origen de ciertos impactos; pero tienen limitaciones para establecer interacciones, definir impactos secundarios o terciarios y realizar consideraciones temporales o espaciales.

A través de consulta de expertos y debido a las características de esta investigación, se llegó a la conclusión de que para este trabajo ambos métodos resultan veraces y efectivos, ya que permiten realizar una evaluación preliminar de los factores del medio afectados y las acciones susceptibles de producir impactos, y al mismo tiempo relacionar estos elementos y determinar las medidas necesarias para minimizar los efectos negativos.

CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN MINERO-TECNICA Y GEOLÓGICA DE LA SOCIEDAD MINERA CATOCA

Las características esbozadas en esta investigación, se apoyan en los datos disponibles en el Ministerio de Geología y Minas de Angola (Servicio Geológico Angolano), de la generalización y sintetización de varios informes, folletos, de las publicaciones y la revisión de materiales del seminario sobre medio ambiente realizado por ENDIAMA EP (empresa diamantífera angolana).

2.1. Características generales

- Ubicación geográfica

Angola se ha convertido en uno de los países más importantes en la producción de diamantes del planeta (Janse y Sheahan, 1995). Esto se debe al papel significativo que ha alcanzado en la explotación del kimberlito diamantífero de Catoca, ubicado al nordeste de la República de Angola, en la provincia de Lunda Sur. El mismo se localiza en las estructuras de Lucapa, en un sistema de fallas extensional del sistema Cretácico que se extiende en dirección NE-SW (Reis, 1972; De Carvalho, et al., 2000; Guiraud, et al., 2005).

Regionalmente, limita al Norte con la Provincia de Lunda Norte, al Sur con la Provincia de Moxico, al Oeste con la Provincia de Malange y al este limita con la República Democrática de Congo. El área de concesión de la Sociedad Minera de Catoca (SMC, Lda.), se encuentra dentro de la hoja topográfica 121-SG34 (escala 1:1 000 000) del Catastro Topográfico del Estado Angolano, ocupando un área de 340 km², delimitada por las coordenadas 20°15'00"–20°24'15" de longitud Este y 9°18'00"–9°29'20" de latitud Sur (Figura 2.1). Las

coordenadas geográficas de la chimenea de Catoca son: 20°18' de longitud Este y 9°25' de latitud Sur. Está situada a 1100 km al Este de la capital del país, a 30 km al norte de Saurimo centro administrativo de la Provincia de Lunda Sur, a 250 km al sur de Dundo centro administrativo provincial de Lunda Norte, y a 160 km al Oeste de la Frontera con la República Democrática del Congo.

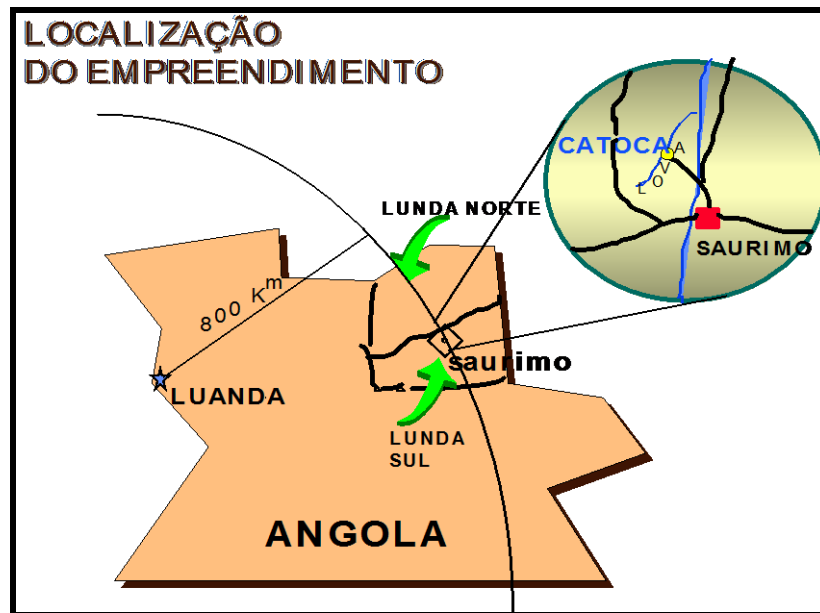


Figura 2.1. Ubicación geográfica de la Sociedad minera de Catoca

- **Clima**

El clima de la región es tropical, con dos estaciones típicas durante el año, la época lluviosa que dura desde finales de agosto hasta inicios de mayo y la estación seca que se extiende de mayo a agosto. La temporada donde se registran más lluvias es de noviembre a marzo. Según las observaciones de la estación meteorológica local, la máxima temperatura registrada es de 37,4°C, y la mínima de 10,6°C. Las temperaturas medias diarias durante el año oscilan entre 22,5 - 22,8°C. Las direcciones predominantes de los vientos, en función de la estación del año, son norte-nordeste y sur-sureste. La velocidad media de los vientos oscila entre 2,0-2,5 m/s, y los valores máximos oscilan

entre 16,6-18,4 m/s.

- Hidrografía

La red hidrográfica está orientada en la dirección norte, es parte de la cuenca hidrográfica del río Congo que comprende los ríos Luembe, Chicapa, Luachimo, Chiumbe y Luxico. El río Chicapa (Figura 2.2) para el presente estudio es el más importante, pues corre a lo largo del límite este de la concesión Catoca, que se encuentra en la vertiente derecha del valle del río Lova, uno de sus afluentes.



Figura 2.2. Río Chicapa, próximo de la concesión de Sociedad Minera de Catoca

Las potencialidades hídricas de este río han hecho posible la construcción de una Central Hidroeléctrica en el río Chicapa. Su potencia está estimada en 17-20 MWatt, satisfaciendo la demanda del Complejo Minero de Catoca y la ciudad de Saurimo, provincia de Lunda Sur.

- Recursos naturales

La región posee importantes recursos naturales. Los diamantes angolanos se caracterizan por alta calidad, presentan los dos principales tipos comercializables: joyería e industria. Además existen materiales de construcción como la arcilla para la fabricación de ladrillos, arenas arcillosas y arcillas-arenosas para relleno; gneises y cuarcitas para la fabricación de áridos. En la actualidad, existen buenas perspectivas de utilización de las rocas estériles (gneises) de la mina de Catoca como material de construcción.

- Vegetación

El relieve de la región está representado por una planicie monótona, que es la parte este del Peniplano Lunda, con inclinación general de la superficie sur - norte, con cotas absolutas entre 1 078 y 1 036 m. Representa una sabana típica – estepa tropical con abundante cobertura herbácea y raros árboles y arbustos que conforman las márgenes de los valles de los ríos (Figura 2.3).



Figura 2.3. Vegetación de la Región de las Lundas

- Características socio-económicas

La instalación de la sociedad minera de Catoca, ha favorecido el flujo migratorio de la población hacia esta región, generando fuentes de empleo, lo que se evidencia en las construcciones de la cercanía del Proyecto y en la misma sede provincial de Saurimo. Las condiciones climáticas y naturales de la región son muy favorables para la práctica de la producción agropecuaria intensiva, como la horticultura y la producción de carne y leche durante todo el año.

Las redes viales son limitadas al transporte por carretera y aéreo. La comunicación vial entre Catoca y las sedes provinciales de Saurimo y Dundo se realiza por carretera asfaltada. Dentro del área de la concesión, las vías están bien definidas y en óptimo estado; el transporte de los trabajadores de Saurimo y de los poblados circundantes, hasta su local de trabajo, se hace diariamente por ómnibus de la empresa.

2.2. Características geológicas del área

- Estructura geológica regional

La región desde el punto de vista tectónico se sitúa en la parte sureste del Escudo Cristalino Cassai, de edad arqueano-proterozoico, confinado con la depresión meso-cenozoica del Congo. Geomorfológicamente, el territorio se localiza en el este del peniplano Lunda, donde están desarrolladas las rocas de plataformas. Las manifestaciones kimberlíticas de edad cretácica se encuentran asociadas a fracturas con dirección submeridional, cuya extensión alcanzan unos 1 200 km. Estructuralmente, en el oeste del Escudo Cassai, se identifican más de 70 chimeneas, las que

son agrupadas en cuatro campos kimberlíticos: Camafuca-Camazamba (19 chimeneas), Camútue (15 chimeneas), Camagia (8 chimeneas) y Catoca (32 chimeneas).

El campo kimberlítico de Catoca está localizado en la cuenca del río Chicapa con orientación submeridional y es el mayor entre los tubos kimberlíticos conocidos de la región, de ahí su gran importancia y la relevancia de la investigación. Las estructuras lineales conforman los elementos principales del yacimiento y se exponen a través de planos que se cruzan en el área, creando nudos tectónicos de diferentes intensidades. En relación con las formas circulares, Catoca es el mayor yacimiento con estructura radial-circular de Saurimo (hasta 200 km en diámetro), morfológicamente similar a las descritas en otras regiones diamantíferas del mundo (Scott Smith, et al., 2008).

El cono de Catoca ocupa un área de 639 000 m², y está clasificado dentro del grupo-1 (Mitchell, 1995). El cráter completo y la diatrema son consideradas de muy complejas (Ganga, et al., 2003), según los criterios de clasificación de Clement y Skinner (1985), y modificado por Scott Smith, et al. (2008) representando un kimberlito de erosión (Figura 2.4).

Está comprobado que el campo kimberlítico de Catoca se encuentra en un solo nódulo de intersección fallas pertenecientes a las zonas de fracturación abisal de categorías continental, regional y local. Ese nódulo es caracterizado también por presencia de vestigios de una estructura circular de 40 km en diámetro, en el epicentro donde está ubicada la chimenea de Catoca.

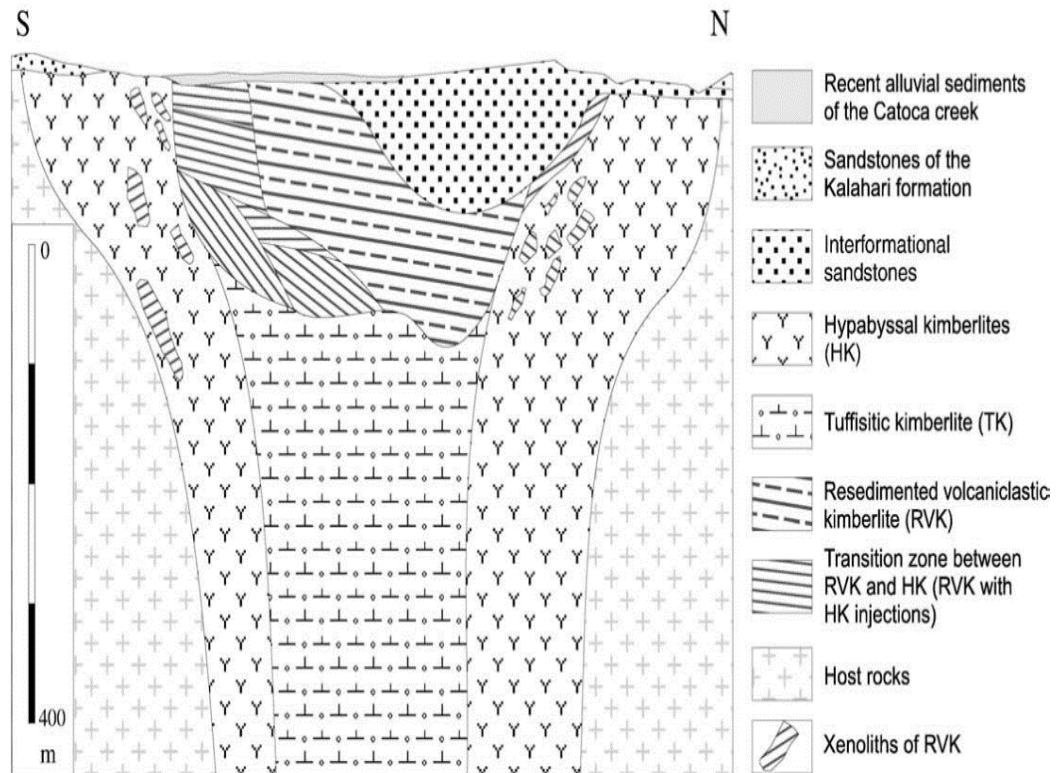


Figura.2.4. Perfil del kimberlito Catoca (adaptado de Kriuchov, et al, 2000).

- Estructura geológica del kimberlito Catoca

Las rocas encajantes de la chimenea son gneises precámbricos de diferentes composiciones y grados de meteorización y las rocas sobreyacentes de cobertura son arenas de la Formación Calahári de edad Paleógeno-Neógeno, arenas interformacionales Paleógenas y sedimentos aluviales y artificiales industriales recientes. Las kimberlitas y las rocas vulcanógenas sedimentarias (RVS) diamantíferas, están vinculadas genéticamente a la formación del propio cuerpo mineralizado según los siguientes tipos principales de rocas: brechas kimberlíticas con textura masiva del cemento (BKM), brechas kimberlíticas autolíticas (BKA); tobas kimberlíticas, brechas tobáceas y tobas gravelíticas con intercalaciones de areniscas tobáceas (BTK); areniscas, areniscas tobáceas, tobas aleurolíticas y

arcillas (RVS), rocas kimberlíticas de la zona de transición (ZT) y del substrato del complejo vulcanógeno sedimentario, saturadas con abundancia de xenolitos gnéisicos encajantes (la llamada zona xenolítica (ZX)), (Llusià, et al., 2005).

Las principales rocas son los gneises de composición feldespática-piroxénica, con intercalaciones de cuarcitas y esquistos cuarzo-biotíticos. Se caracterizan por diferentes grados de meteorización y desintegración, desde saprolitas hasta las variedades monolíticas altamente resistentes. El contacto con las kimberlitas es acentuado y abrupto (hasta subverticales). Generalmente las cotas del techo de los gneises, coinciden con la de las kimberlitas de la chimenea.

2.2. Características minero técnicas de la Sociedad Minera Catoca

Los yacimientos diamantíferos de la región de Catoca, poseen diversos orígenes. La chimenea de Catoca fue descubierta por los garimpeiros en 1968 a través de una veta de diamantes encontrada en los sedimentos aluviales de los valles de los ríos Catoca y Lova.

En el período de 1968-1969, la Compañía DIAMANG procedió a la evaluación geológica-minera del potencial diamantífero de los placeres: de los sedimentos eluviales, de la chimenea y los aluviales en los valles del río Catoca, Lova y sus tributarios Luite y Camitongo. En mayo de 1969 hasta julio de 1971, fueron abiertos pozos de sondeo con una red de densidad de 100x50 m y 50x50 m, con el objetivo de determinar la morfología de la chimenea y obtener nociones de su estructura interna. De febrero de 1970 a diciembre de 1971, se realizó la apertura de pozos de grandes diámetros con

el fin de recoger volúmenes representativos de las muestras para la determinación definitiva de las reservas medias de diamantes. Los primeros contactos realizados para la exploración y explotación geominera de los kimberlitos de Catoca se establecieron en 1980 a través de la empresa mixta angolano-rusa APPC IAKUTALMAZ.

En 1990, la Empresa Nacional de Diamantes de Angola (ENDIAMA) tomó acuerdos con las diferentes empresas y organizaciones geólogo mineras diamantíferas y se realiza la primera versión de Estudios de Viabilidad Técnico- Económica (EVTE) de Aprovechamiento de las Reservas de la Chimenea de Catoca. En 1992 ENDIAMA y la ODEBRECHT MINING SERVICES, INC., ejecutan proyectos de optimización según indicadores técnico-económicos y se establecen plazos de apertura y explotación de las actividades mineras. A partir de 1997, después del arranque y funcionamiento de la mina, comenzaron los trabajos de investigación ingeniero geológica y de búsquedas detallada del yacimiento para una vida útil prevista para 40 años hasta una profundidad de 400 m. La chimenea kimberlítica ocupa un área de 64 hectáreas (990x915m).

En el 2000 la UNEGEO realizó el proyecto de estudio geológico-minero de la actual estructura de la chimenea de Catoca, basado en métodos de prospección geológicos, geofísicos y mineros de exploración-explotación. Desde su inicio hasta hoy la geología y la minería han avanzado notablemente hacia una minería a cielo abierto, siguiendo el contorno del tubo diamantífero; se han extraído más de 30,2 millones de m³ de mineral y se removieron 57,5 millones m³ de estéril, totalizando 87,7 millones m³ de masa minera (Figura 2.5).



Figura 2.5. Inicio en el 2002 de la explotación del yacimiento diamantífero
Catoca.

En 2011 fue elaborado un nuevo proyecto para la optimización de las condiciones técnicas-económicas de aprovechamiento del yacimiento, obteniendo como resultado los indicadores principales siguientes: (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Principales indicadores de explotación de la mina

Profundidad de explotación. m	600
Período de explotación, años.	2011-2034
Tiempo de vida útil, años.	23
Reservas de explotación, millones, t	207,3
Volumen de escombro, m ³	159,4
Coeficiente de destape, m ³ /t	0,77

En la mina de Catoca, la explotación del yacimiento kimberlítico, se realiza a cielo abierto debido a la ubicación del cuerpo mineral. El método de apertura es por trinchera, como se ilustra en la figura 2.6. Los trabajos mineros que se realizan, empiezan desde el desbroce del área a explotar hasta la carga de la masa minera. El desbroce se realiza con buldócer y es uno de los procesos mineros que afecta considerablemente el medio ambiente.

Las escombreras ocupan un área en la superficie de la mina y a través de las precipitaciones en algunos meses del año, las partículas son arrastradas hacia las cuencas hidrográficas, contaminando de esta forma los mantos freáticos existentes en la región; así como también al aire, debido a la formación de polvo por el poco enlace entre las partículas. El proceso minero se desarrolla a través de dos tipos de operaciones: principales y auxiliares.

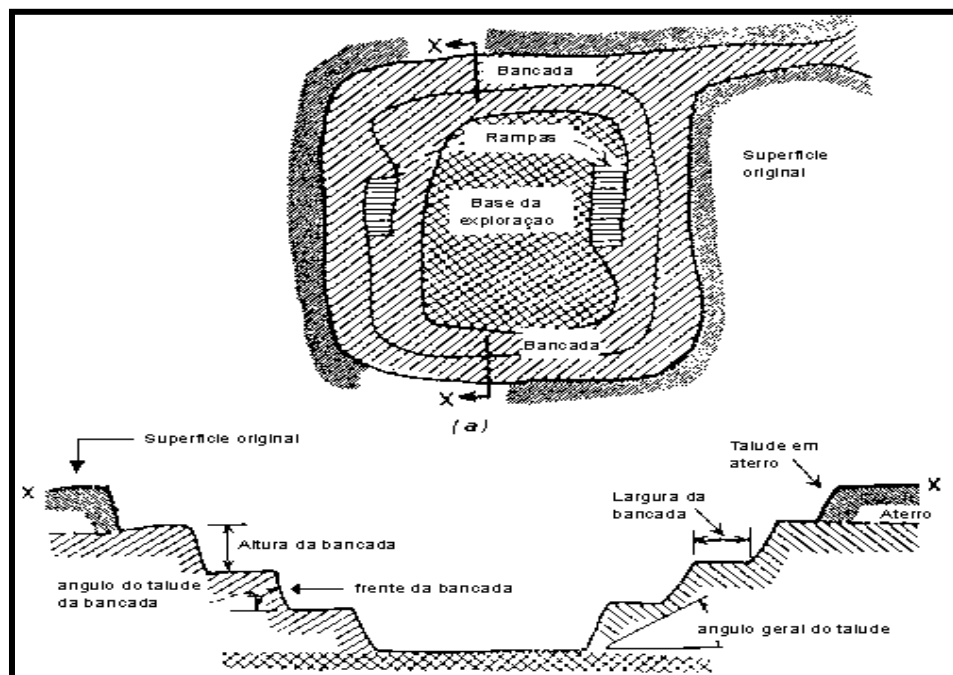


Figura 2.6: Método de apertura de la mina Catoca

La Sociedad Minera de Catoca, cuenta con un departamento de explotación minera (Figura 2.7), conformado por seis sectores: trabajos preparatorios,

explosivos, topografía y geodesia, planeamiento minero, terraplén y operaciones, el cual se compone de cuatro equipos que laboran en turnos rotativos. Además, en la dirección participa un responsable de operaciones y otro para la planificación minera.

- **Objetivo del Departamento de Explotación**

El departamento de explotación tiene la tarea de encaminar el desarrollo de las actividades de explotación, con base a reglas y principios específicos, para garantizar la remoción del estéril y la extracción racional y óptima del mineral de la chimenea kimberlítica y su transportación a las plantas de tratamiento.



Figura 2.7. Estructura organizativa del Departamento de Explotación Minera

Las producciones de estéril y mineral durante el período 2011-2012, se ilustra en el siguiente gráfico.

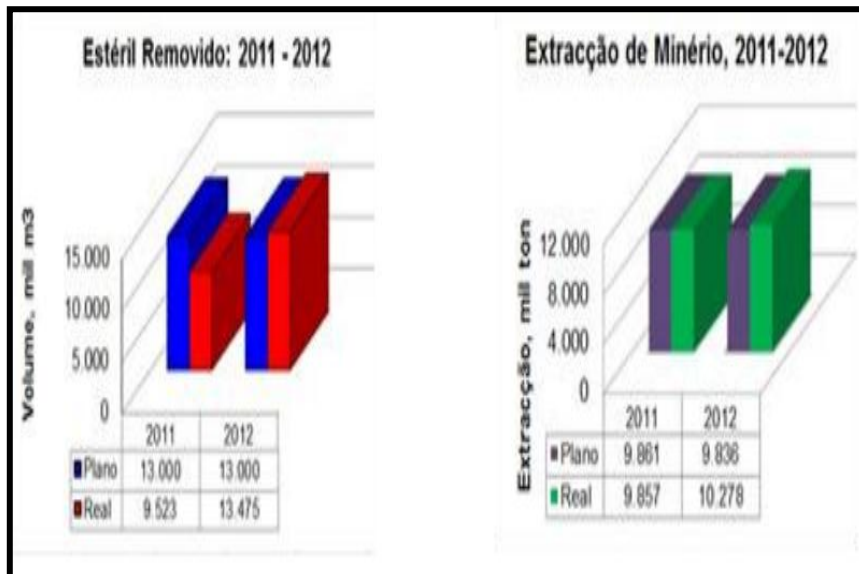


Grafico 2.8. Producción de estéril y mineral durante los años 2011-2012

2.2. Principales operaciones mineras

Las operaciones principales de la mina son:

- Arranque de la roca: con perforación y explosivos para la roca dura (gneises) y con retroexcavadora para roca blanca.
- Carga y transportación de la roca.
- Formación de escombrera.
- Extracción del mineral: con explosivos o sin explosivo.
- Transportación del mineral.
- Tratamiento del mineral.

En la Figura 2.9 se muestra de forma esquemática los principales procesos de la mina.



Figura 2.9. Operaciones fundamentales de una explotación del diamante en la Sociedad Minera Catoca

Los explosivos que se utilizan en Catoca y sus accesorios son fabricados en la misma empresa (Figura 2.10).

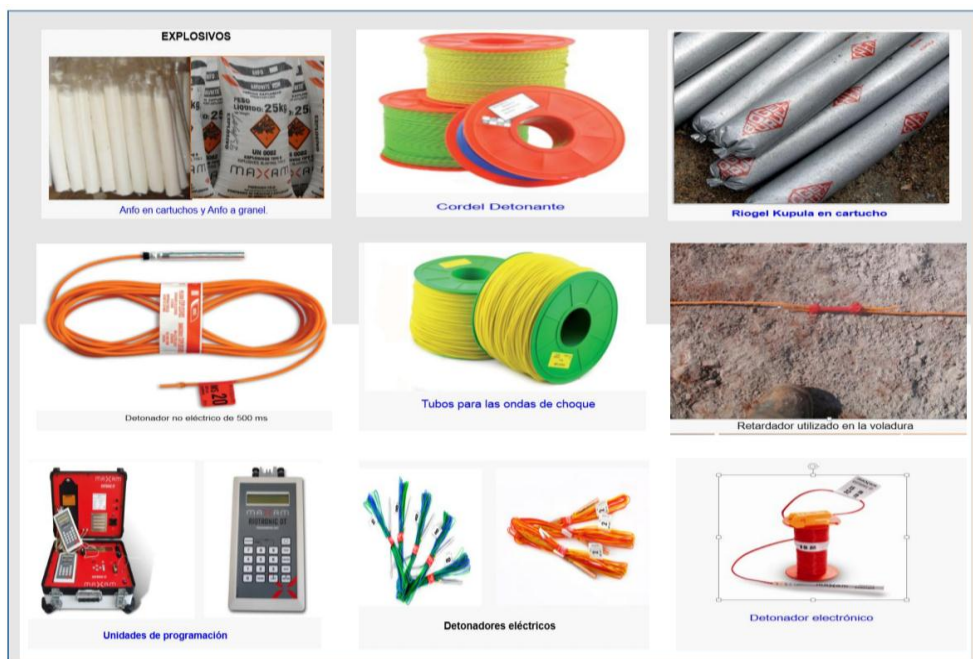


Figura 2.10. Explosivos y accesorios usados en Catoca

Además, se realizan las operaciones auxiliares siguientes:

1. Trabajos topográficos.
2. Construcción de zanjas y diques.
3. Alargamiento de las vías o caminos mineros.

La mina de Catoca posee una geometría circular bien definida, con dimensiones de 900 x 900 m. Los primeros trabajos de apertura se realizaron en la parte septentrional del yacimiento, por ser la que menor relación estéril-mineral presentaba.

En la figura 2.11 se muestra la apertura de la chimenea de Catoca. El sistema de transporte es combinado, empleando retroexcavadoras, excavadoras, camiones y bandas transportadoras.



Figura 2.11. Apertura del yacimiento kimberlítico de Catoca. (Fuente: Neves, 2012)

El esquema tecnológico incluye la remoción directa de las rocas estériles con excavadoras de 5 – 18 m³, el transporte en camiones de 40 -100 toneladas.

Las rocas duras o consistentes se perforan, se cargan y luego se detonan con explosivos producidos en Angola (Figura 2.12).

- Principales parámetros de la mina

Los principales parámetros técnicos se muestran en la tabla 2.2.

- Proyección y planificación minera a medio plazo

Toda la proyección y planificación de la minería se realizan con el sistema Datamine. El cálculo de los volúmenes de mineral se realiza con la ayuda de un modelo tridimensional del cuerpo mineral, construido con el mismo software sobre la base de los datos de la prospección geológica, y los reunidos en el "Informe sobre los Resultados de la Prospección Detallada de la Chimenea Kimberlítica de Catoca ejecutada desde el 1995-2001".



Figura 2.12. Detonaciones de los gneises en la mina Catoca. (Fuente: Neves, 2012)

Tabla 2.2. Principales parámetros de la cantera

Altura de los bancos de trabajo	10 m
Altura de los bancos provisionales no operacionales	10-30 m a partir de la cota +960
Angulo de inclinación de los bancos	45°, 60°, 75° (rocas duras) 30° para bancos triples y 35° en los duplos
Largo de los frentes de trabajo	30-60 m
Ancho de los frentes de las plazoletas de transporte y de seguridad	20- 30 m

Los datos del levantamiento topográfico sirven para la construcción del modelo tridimensional, la situación real de los trabajos mineros, así como la planificación de la actividad minera y los contornos de la mina. Estos trabajos se hacen teniendo en cuenta las estaciones (períodos secos y lluviosos), distribución de los equipamientos mineros por banco y la optimización de la distancia de transportación del estéril hasta las escombreras.

Con la realización de los trabajos de mineros, la mina va adquiriendo una forma cónica (Figura 2.13), característico en la explotación de las minas de diamantes.

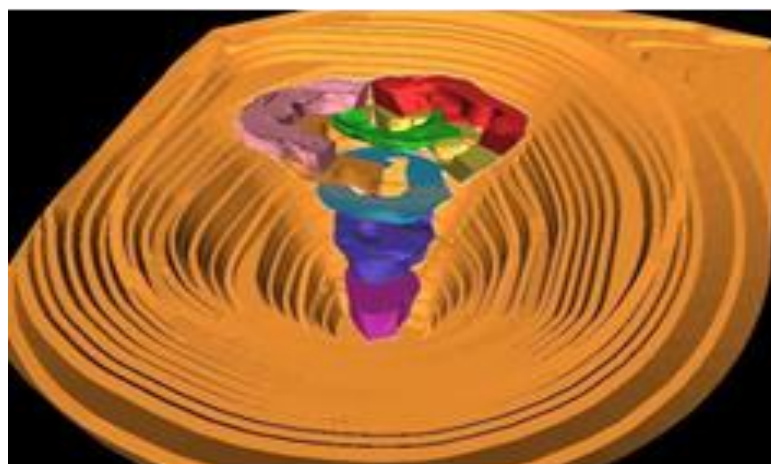


Figura 2.13. Forma que adquirirá la mina Catoca futuramente

Hasta 2012 fueron removidos 97, 2 millones de m³ de estéril y es extraído 48, 1 millones de m³ de mineral, totalizando 145, 3 millones de m³ de la masa minera.

Los equipos de excavación, carga y transporte se muestran a continuación (Tabla 2.3, Figura 2.14 y 2.15).

Tabla 2.3. Principales equipos mineros

Denominación	Cantidad
Camiones regidos de 100 toneladas de capacidad	29 unidades.
Excavadoras de 4,5 - 5 m ³ de capacidad,	6 unidades.
Excavadoras 7 – 18 m ³ de capacidad,	19 unidades.
Cargadoras frontales de 4 a 7 m ³ de capacidad,	9 unidades
Equipamentos Auxiliares,	20 unidades
Banda transportadora	Más de 5 km
Sistema moderno de formación de escombrera	uno



Figura 2.14. Excavadora cargando escombros en la mina Catoca. (Fuente: Neves, 2012)

Los trabajos de perforación y voladura ocupan un lugar importante en el proceso tecnológico por las características del proceso en sí, ya que consume grandes cantidades de sustancia explosiva para fragmentar necesariamente el macizo rocoso (Figura 2.15).



Figura 2.15. Durante una voladura en la mina Catoca. (Fuente: Neves, 2012)

CAPITULO III. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA SOCIEDAD MINERA DE CATOCA

El objetivo de este capítulo consiste en identificar y valorar las principales afectaciones ambientales producidas por la explotación a cielo abierto en la Sociedad Minera Catoca, Lunda Sur, y proponer un plan de medidas para minimizar o mitigar los impactos ambientales productos de la actividad minera en dicha mina.

En el análisis se parte de la determinación de las principales operaciones mineras que tienen implicaciones temporales, los factores ambientales que afectan las mismas y los impactos que se presentan. Su alcance se corresponde con una evaluación de impacto preliminar debido a las características de los datos, y al no poderse determinar ningún indicador cuantitativo de impacto.

Considerando todos los procesos que lleva la minería a cielo abierto, las afectaciones resultan de grandes dimensiones. Sin embargo, el hombre está cada vez perfeccionando más la tecnología de explotación, que en algunas ocasiones no es conciliada con la tecnología de rehabilitación. Los impactos causados por la minería son cada vez más notables nivel mundial; pero algunos países toman medidas pertinentes para disminuir los efectos negativos.

3.1. Características ambientales de la Sociedad Minera Catoca

La Sociedad Minera Catoca explota el yacimiento kimberlítico por el método a cielo abierto. Posee un departamento de Seguridad del Trabajo y el Ambiente y un Sistema de Gestión Ambiental consolidado. Ha adoptado el lema “La

explotación minera es necesaria, preservar el medio ambiente es posible”. En este marco, desarrolla proyectos dedicados a mejorar su desempeño ambiental.

Los expertos consultados identificaron, a través de listas de chequeo, como operaciones principales de la mina susceptibles de producir impactos las siguientes:

- Arranque de la roca: con perforación y explosivos para la roca dura (gneises) y con retroexcavadora para roca blanca.
- Carga y transportación de la roca.
- Formación de escombrera.
- Extracción del mineral: con explosivos o sin explosivo.
- Transportación del mineral.
- Tratamiento del mineral.

El sistema de transporte es combinado, con el empleo de retroexcavadoras, excavadoras, camiones y bandas transportadoras.

Además, se realizan las operaciones auxiliares siguientes:

1. Trabajos topográficos: se realiza el levantamiento del área, para posteriormente empezar los trabajos mineros.
2. Construcción de zanjas y diques. Debido a que el macizo está formado por 37% de agua, cuando se realiza una excavación, son notables pequeños caudales de agua. Para contrarrestar su efecto en la actividad minera, se construyen diques de manera que se pueda dirigir el curso de los mismos.
3. Construcción de caminos mineros: Para la circulación de los medios de transporte en la mina es necesario la construcción de vías de accesos y su

constante mantenimiento, para una buena productiva de los equipamientos de carga y transporte.

Esta investigación centra su objetivo a los aspectos relacionado con los procesos mineros, y no considera la parte correspondiente a la preparación mecánica.

A través de la técnica anterior se determinaron, además, los principales factores del medio susceptibles de recibir impactos ambientales (Tabla 3.1).

Las actividades mineras comprenden diversas etapas cada una de las cuales afecta determinados factores ambientales según se muestran a continuación en la matriz de identificación (Tabla 3.2).

Tabla 3.1. Factores del medio susceptibles de recibir impactos

Medio	Factor ambiental
Medio abiótico	Suelo Atmosfera Agua superficial y subterráneo Paisaje
Medio biótico	Flora Fauna
Medio socio económico	Población Economía

Tabla 3.2. Matriz de identificación de efecto.

Etapas del proceso minero	Factor ambiental
Prospección del yacimiento	Vegetación Fauna Suelo
Desarrollo minero	Agua superficial Atmosfera
Explotación minera	Vegetación Fauna Suelo Agua superficial y subterránea Atmosfera Población Economía Paisaje

La identificación de las acciones mineras y los factores ambientales permitió a través de una matriz de interacción identificar los impactos ambientales en cada uno de los medios (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Matriz de interacción acción-impacto

Operaciones mineras	Impactos ambientales
Prospección del yacimiento	• Pérdida de la vegetación en general y la ribereña acuática en particular. • Migración de la fauna
Desarrollo minero	• Eliminación del suelo • Cambios en la geomorfología • Contaminación de las agua superficial

	• Contaminación atmosférica
Explotación minera	• Pérdida de la vegetación en general y la ribereña acuática en particular. • Migración de la fauna • Alteración del suelo • Cambios en la geomorfología • Contaminación de las agua superficial y subterráneas • Contaminación atmosférica • Perdida de los atributos paisajístico • Aumento del nivel de vida de la población • Aporte económico a la región y al país

La interacción acción- impacto permitió establecer las causas que generaron el impacto y su consecuente caracterización (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 Caracterización de los impactos ambientales

Operaciones mineras	Caracterización de los impactos ambientales
Prospección del yacimiento	• Pérdida de la vegetación en general y la ribereña acuática en particular debido a la tala y eliminación de la misma. • Migración de la fauna por pérdida del hábitat.
Desarrollo minero	• Eliminación del suelo por los trabajos de destape y movimiento de tierra. • Cambios en la geomorfología por la creación de huecos y depresiones. • Cambios de uso del suelo por ocupación de escombreras. • Contaminación de las aguas superficial por la adición de contaminantes líquidos y sólidos debido al desvío y

	represamiento de los ríos. • Contaminación atmosférica por polvos y gases de la explosión y el tráfico de vehículos automotores.
Explotación minera	• Pérdida de la vegetación en general y la ribereña acuática en particular. • Migración de la fauna por ruido y polvo. • Alteración del suelo por huecos y depresiones. • Cambios en la geomorfología. • Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por adición de contaminantes sólidos y líquidos. • Contaminación atmosférica por polvos y gases de la explosión y el tráfico de vehículos automotores. • Modificación de las características visuales y armonía del paisaje. • Aumento del nivel de vida de la población por generación de empleo. • Aporte económico a la región y al país por la comercialización de diamantes.

La recuperación de las áreas degradadas por la minería debe integrarse a los diferentes procesos mineros durante toda la vida útil de la mina de manera ordenada y planificada desde el inicio y la planificación del proyecto de explotación. Evidentemente, esta mina comenzó a operar con anterioridad a la consolidación de la actual visión de minería responsable; por lo tanto, su política ambiental debe adaptarse a las exigencias y prácticas contemporáneas.

Implementar las medidas de recuperación de las áreas degradadas durante todas las etapas de vida de la mina permite:

- a) reducir los pasivos ambientales,

- b) demostrar a los órganos reguladores el cumplimiento de los compromisos de protección y recuperación ambiental,
- c) que la empresa adquiera con antelación los conocimientos y experiencias necesarios para desarrollar un proceso eficiente y eficaz de recuperación ambiental.

Un proceso eficaz de rehabilitación es aquel que cumple los objetivos de recuperación, estos objetivos deben ser establecidos para cada mina. Al mismo tiempo un proceso eficiente de rehabilitación es el que utiliza el menor volumen de recursos (físicos, humanos e financieros) para cumplir sus objetivos.

La recuperación de las zonas degradadas debe tenerse en cuenta en las diferentes etapas de desarrollo de la mina: planificación, operación y cierre.

- En la planificación

La planificación de la rehabilitación ambiental debe formar parte del proyecto de explotación, lo cual constituye una actividad compleja que incluye:

- a) la preparación del plano de rehabilitación de las áreas degradadas durante la planificación inicial de la mina (planificación de los frentes de trabajos y los estudios ambientales correspondientes) y su actualización periódica durante toda la vida útil de la mina.
- b) Estimar los costos de la rehabilitación de las zonas dañadas para garantizar su financiamiento contable.

- Durante la operación

La implementación de programas de rehabilitación de áreas dañadas incluye trabajos que pueden ser clasificados en cuatro grupos:

- (i) Prácticas edáficas
- (ii) Prácticas topográficas y geotécnicas

(iii) Prácticas hídricas y

(iv) Prácticas ecológicas.

Las prácticas edáficas están relacionadas al manejo y protección del suelo, recurso escaso y de gran importancia en la rehabilitación de áreas dañadas. Este grupo de prácticas incluye la remoción selectiva del suelo superficial, acciones de prevención de la contaminación por productos químicos y de prevención de la erosión, entre otras.

Las prácticas de carácter topográfico y geotécnico incluyen el remodelamiento del terreno afectado por las actividades mineras.

Las prácticas geotécnicas apuntan a la estabilidad del área al paso que las prácticas topográficas visan inserir al área de forma armoniosa en su entorno, o establecer condiciones geomorfológicas similares a las condiciones anteriores del área antes de la actividad minera.

Las prácticas hídricas se relacionan con la conservación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

Las prácticas ecológicas tienen que ver con la recuperación de los ecosistemas dañados.

3.2 Sistema de medidas preventivas, correctoras y de mitigación

Las medidas preventivas son aquellas que deben ser tomadas en la fase de localización y diseño del proyecto. Están encaminadas a prevenir y reducir la magnitud de las influencias negativas que tiene un proyecto sobre el medio ambiente, la que se consigue limitando la intensidad de la acción que lo provoca.

Una vez identificados los impactos, corresponde considerar las medidas correctoras que mitiguen los efectos derivados de la actividad contemplada,

teniendo en cuenta que dichas medidas no tengan a su vez repercusiones negativas en el entorno. Es importante valorar que, gran parte de la eficacia de estas medidas depende de su aplicación simultánea con la con el proyecto de explotación.

A continuación se relacionan las diferentes medidas aplicables para la mitigación, reducción y/o eliminación de los efectos causados por los impactos negativos sobre cada componente ambiental.

- Protección al suelo y orillas del río:
 - Extraer cuidadosamente la capa vegetal antes de empezar los trabajos de destapes y dar un determinado para proteger las especies existentes o para posteriormente poder ser utilizadas en algunos lugares a rehabilitar con la misma vegetación.
 - Ocupar menor área de escombros posible en la superficie de la mina
 - Utilizar los escombros y aplicar medidas necesarias para lucha contra la erosión, tratar de disminuir siempre lo más posible que sea su altura.
 - Retornar los ríos después de la explotación de modo a evitar ruptura
- Protección al agua superficial y subterránea:
 - Lavar siempre los equipos de utilizados para la explotación en los lugares apropiados, como por ejemplos en los talleres, de modo a evitar el derrame de sustancias combustibles y lubricantes para no afectar el suelo y también los mantos acuíferos existentes en la región.
 - Minimizar las afectaciones a las áreas de vegetación.
- Protección de la atmósfera: ruido, calidad del aire:

- Aislamiento de la Planta de Preparación Mecánica mediante pantallas sónicas, utilizando el material de rechazo hasta una altura tal que amortigüe el ruido.
- Mantenimiento correcto de la maquinaria, para lograr el uso efectivo del combustible.
- Mejoramiento de las vías de acceso principales al yacimiento y cumplimiento del régimen de velocidad de circulación establecido para los vehículos.
- Regar periódicamente los caminos para reducir la re-suspensión de las partículas de polvo sedimentadas.
- Racionalización de las áreas de excavación.
- Protección a la vegetación:
 - Desbrozar simplemente el área que será explotada de forma a reducir el impacto ambiental.
 - Promover la revegetación entre las organizaciones sociales y de masas de los pobladores de la zona, con ayuda de la empresa minera y de sus trabajadores e impulsar un movimiento de recuperación de plantas endémicas.
- Protección a la fauna:
 - Propiciar con medidas complementarias el retorno de los representantes de la fauna del territorio.
 - Mantener el control constante de las especies existente en la región.
- Protección a la población:

- Ubicar la toma de agua para uso y consumo de la población, fuera de la zona de influencia de la extracción y facilitar a la comunidad afectada los medios para la instalación y acopio de agua potable.
- Apoyar la implementación de un programa de educación para la salud respecto al agua de consumo.
- Realizar seminarios donde se explique sobre la minería y sus impactos al medio ambiente para mejorar el conocimiento de la población y minimizar los efectos negativos.
- Protección al paisaje y morfología:
 - Implementar medidas con el objeto de reducir la visibilidad de las instalaciones ya sea modificando la vía de acceso a la planta para evitar la percepción visual desde las carreteras.
 - Utilizar pantallas visuales para evitar la observación directa de la planta de preparación mecánica desde la carretera.
 - Buscar un uso alternativo de los estériles y materiales no aprovechables.

CONCLUSIONES

1. Se realizó una caracterización minero-ambiental de la Sociedad Minera Catoca para establecer sus efectos sobre el medio ambiente y proponer medidas que contribuyan a minimizar los impactos negativos.
2. Las principales acciones mineras que se desarrollan en la Sociedad Minera Catoca producen impactos ambientales significativos que afectan a la vegetación, fauna, suelo, agua superficial y subterránea, atmosfera, población, economía y paisaje.
3. La aplicación consecuente del sistema de medidas propuestas contribuirán a minimizar los impactos negativos producidos por la explotación minera en la Sociedad minera Catoca.

RECOMENDACIONES

1. Presentar el resultado de este estudio y la propuesta del plan de medidas ante el Consejo de Dirección Ediama para su conocimiento.
2. Realizar un estudio ambiental de la actividad minera de la Sociedad Minera Catoca con mayor grado de profundidad que permita determinar indicadores cuantitativos de impactos.

BIBLIOGRAFIA

1. AECO-AT para el Frente Nacional de Oposición a la Minería de Oro a cielo Abierto de Costa Rica (2007). *Minería de oro a cielo abierto y sus impactos ambientales*. Disponible en el sitio web: http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Mineria/Mineria_de_oro_a_cielo_abierto_y_sus_impactos_ambientales Consultado el 18 de marzo de 2014.
2. Alain, H. (1946). Moa, paraíso de los botánicos. Revista de la Sociedad Cubana de Botánica. Vol. 3, No. 1.
3. Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW), (2010). *Guía Para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros*. USA: Eugene OR.
4. Arse, R. M.: Metodología para la evaluación de impacto ambiental, Escuela de Organización Industrial, Madrid, España. Assessment: EIA Practice, Cap 6. En: *Environmental Methods Review: Retooling Impact Assessment for the New Century*. Alan L. Porteer and John J. Fittipaldi Eds. Published Fargo North Dakota, USA: The Press Club, March 1998.
5. Ayala Carcedo, F. J., et al (1989). *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impacto ambiental en minería*. Madrid: Instituto Tecnológico Geomimero de España.
6. Borhidi, A. (1996). *Phytogeography and vegetation Ecology of Cuba*. Budapest: Akademiai kiado.
7. Canter, L. W. 1998. *Methods for Effective Environmental Information*.
8. Capote, R. P. & R. Berazaín. (1984). Clasificación de formaciones vegetales de Cuba. Revista del Jardín Botánico Nacional. Vol. 5, No. 2, 27-25.

9. Chaviano Beitra, A., Cervantes Guerra, Y. & Pierra Conde, A. (2011). Algunas consideraciones de rehabilitación minera en la minería del níquel: municipio de Moa, Cuba. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible. Vol 4, No. 10.*
10. Clement, C.R., Skinner, E.M.W., (1985). A textural-genetic classification of kimberlites. *Transactions of the Geological Society of South Africa. Vol. 88, 403–409.*
11. Conesa, Fernández-Victoria V (2007). *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental 3ª edición.* Madrid: Editorial Mundi-Prensa.
12. Congreso Internacional UNESCO – PNUMA sobre la Educación y la Formación relativas al medio ambiente. Agosto 1987. Moscú, p. 17 -21.
13. ¿Cómo influyen los factores ambientales en la mayoría de especies en los ecosistemas? Disponible en el sitio web: <https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20120120111349AALDmNd> Consultado el 18 de marzo de 2014.
14. Corporación Autónoma Regional. (2002). *Inventario y caracterización minero ambiental de los municipios de Tibasosa y Firavitoba.* Colombia: Corporación Autónoma Regional.
15. De Carvalho, H.; Tassinari, C.; Alves, P.H. (2000). Geochronological review of the Precambrian in western Angola: links with Brazil. *Journal of African Earth Sciences. Vol. 31, No. 2, 383-402.*
16. Dos Santos Neves Margarida, D. M. (2012). *Evaluación geotécnica de los Deslizamientos en los taludes de la Mina kimberlítica de Catoca, Angola.* Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Técnicas. Departamento de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

17. Endiama, E.P. (2012). *Seminario sobre medio ambiente: explotar es necesario y preservar es posible*. Gobierno de la República de Angola: Offset.
18. Espinoza G. (2007) *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago de Chile.
19. Ganga, J.; Rotman, A.Y.; Nosiko, S. (2003). Pipe Catoca, an example of the weakly eroded kimberlites from North-East of Angola. En: *The 8th International Kimberlite Conference*, Extended Abstract.
20. García Arce, Y. (2013). Propuesta de un plan para la rehabilitación de las áreas degradadas por la extracción de arena. *Monografias.com*. Disponible en el sitio web: <http://www.monografias.com/trabajos88/propuesta-plan-rehabilitacion-areas-degradadas/propuesta-plan-rehabilitacion-areas-degradadas.shtm> Consultado el 23 de abril de 2014.
21. Gómez Orea, D. (1994). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Editorial
22. Guiraud, R.; et al. (2005). Phanerozoic geological evolution of Northern and Central Africa: an overview. *Journal of African Earth Sciences*. Vol. 43, 83– 143.
23. Janse, A.J.A.; Sheahan, P.A. (1995). Catalogue of world wide diamond and kimberlite occurrences: a selective and annotative approach. *Journal of Geochemical Exploration*. Vol. 53, 73– 111.
24. Kriuchkov, A.; et al. (2000). Kimberlite pipe of Catoca. Geology, substantial analyses of the rocks and characteristics of diamonds. *Geolunda 2000 Abstract volume*, 91–92.
- Lagos, G., Blanco, H., Torres, V., y Bustos, B. (2001). Minería, minerales y desarrollo sustentable en Chile. En: *Minería, minerales y desarrollo*